



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Valoración de modelos de fatiga para pavimentos flexibles en la región  
costera ecuatoriana.**

**AUTORES:**

**Carranza Luna, Ronny Jahir**

**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Vila Romani, Rolando, PhD**

**Guayaquil, Ecuador**

**24 de febrero del 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Carranza Luna, Ronny Jahir y Loayza Rodas, Frank Jhonatan**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

**TUTOR**

f. 

Ing. Vila Romani, Rolando, PhD.

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. 

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.

Guayaquil, a los 24 del mes de febrero del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Carranza Luna, Ronny Jahir**  
**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**

**DECLARAMOS QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Valoración de modelos de fatiga para pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 24 del mes de febrero del año 2025**

**LOS AUTORES:**

f. 

**Carranza Luna, Ronny Jahir**

f. 

**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **Carranza Luna, Ronny Jahir**  
**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Valoración de modelos de fatiga para pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 24 del mes de febrero del año 2025**

**LOS AUTORES:**

f.

**Carranza Luna, Ronny Jahir**

f.

**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**

**REPORTE DE COMPILATIO**



# FRANK\_LOAYZA RONNY\_CARRANZA

**8%**  
Textos sospechosos

**0%** Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

**1%** Idiomas no reconocidos

**6%** Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: FRANK\_LOAYZA RONNY\_CARRANZA.docx  
ID del documento: a180aad943df2f88e388b12ca859c648f406acc0  
Tamaño del documento original: 3,96 MB  
Autores: []

Depositante: Clara Catalina Glas Cevallos  
Fecha de depósito: 14/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 14/2/2025

Número de palabras: 18.319  
Número de caracteres: 115.365

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15736/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-366.pdf">repositorio.ucsg.edu.ec</a>   Agrietamiento por fatiga top-down en pavimentos asfáltic... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15736/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-366.pdf 8 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (297 palabras)
2	<a href="https://www.doi.org/10.1080/14680629.2013.774748">www.doi.org</a>   Shear test to evaluate the fatigue of asphalt materials https://www.doi.org/10.1080/14680629.2013.774748 39 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (131 palabras)
3	<a href="https://revue.umtmo.dz/index.php/JMES/article/view/3621">revue.umtmo.dz</a>   Evaluation of fatigue behaviour of bituminous mixtures using a 4-... https://revue.umtmo.dz/index.php/JMES/article/view/3621 31 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
4	<a href="https://www.doi.org/10.1080/14680629.2017.1306928">www.doi.org</a>   Predicting fatigue performance of hot mix asphalt using artificial neur... https://www.doi.org/10.1080/14680629.2017.1306928 22 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (106 palabras)
5	<a href="https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/128794">repositorio.ufsc.br</a>   Desenvolvimento e estudo do comportamento reológico e des... https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/128794 17 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (95 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://www.doi.org/10.1061/9780784413005.094">www.doi.org</a>   [American Society of Civil Engineers 2013 Airfield & Highway Paveme... https://www.doi.org/10.1061/9780784413005.094	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.12542/3620">hdl.handle.net</a>   Estudio de las variables locales requeridas por la metodología MEP... https://hdl.handle.net/20.500.12542/3620	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
3	<a href="https://www.doi.org/10.1016/JJTTE.2020.08.002">www.doi.org</a> https://www.doi.org/10.1016/JJTTE.2020.08.002	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
4	<a href="https://www.doi.org/10.1080/14680629.2021.1924842">www.doi.org</a> https://www.doi.org/10.1080/14680629.2021.1924842	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
5	<a href="https://www.doi.org/10.1080/14680629.2020.1808517">www.doi.org</a> https://www.doi.org/10.1080/14680629.2020.1808517	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

**Fuente ignorada** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis Ronny, Frank, sin anexos.docx   Tesis Ronny, Frank, sin anexos #f3da21 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (18.319 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://ltd.idaho.gov/highways/research>
- <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1969018>

**TUTOR**

f.   
Ing. Vila Romani, Rolando, PhD.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la sabiduría y fuerza de seguir adelante a pesar de las adversidades, guiándome con su mano en cada desafío que se ha presentado.

Expreso mi agradecimiento infinito a mi mamá, Martha L. por ser el pilar de mi vida, por cada palabra de ánimo y de cariño que han moldeado el hombre que soy.

A mi papá, Fabrizio C. por el sacrificio diario que hace por mí y mi familia, su apoyo, consejos y ejemplo me han motivado para no rendirme.

A mis abuelos, Roberto L. y Nubia Z. por su apoyo incondicional, palabras de aliento y cariño infinito que me han brindado.

A mi hermano Roberto C. por las ocurrencias que me han sacado más de una risa en los momentos de desánimo en la carrea.

A Ana M. por ser mi apoyo en los buenos y malos momentos, y darme el valor de demostrarme lo que soy capaz de lograr.

A mis mejores amigas: Ing. Milena C. por brindarme su lealtad desde el primer momento y por su apoyo incondicional que me motivó a seguir adelante; y a la próxima ingeniera Franchesca R. por su firme amistad, momentos de risas y enojos que hicieron más llevadera la carrera. Su amistad, es uno de los mayores regalos que me dio la carrera.

A mi compañero de tesis Frank L. por su ayuda durante todo este proceso, sin su aporte esto no hubiera sido posible

Al PhD. Rolando Vila, su guía y aporte durante todo este ciclo fue fundamental para este trabajo. Además de brindarme la confianza y la oportunidad de aprender a través de sus experiencias.

A los demás compañeros y amigos que hice durante este largo camino, por su ayuda y risas que alivianaron la carga de estrés durante los días difíciles.

Por último y no menos importante a mis mascotas, porque fueron mi dosis de alegría durante los días malos, y por su incondicional compañía durante las largas noches.

**Carranza Luna, Ronny Jahir**

## **DEDICATORIA**

Este logro es dedicado a mi familia, mis padres, hermano y abuelos, por su apoyo incondicional, paciencia y palabras de ánimo que no me permitieron desfallecer en cada semestre. Gracias por la confianza, ejemplo de perseverancia y superación que me han brindado. Este logro es suyo.

A mis estrellas en el cielo, Sonia M. y Sub. Tnte. (B) Víctor L. por cuidarme cada día y guiar mi camino.

A mi fiel mascota, Pelusa, por acompañarme durante todos los procesos de cambio que he pasado para llegar a este logro y ser motivo de mis alegrías.

**Carranza Luna, Ronny Jahir**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios por ayudarme a culminar una nueva etapa de mi vida y brindarme su bendición.

También agradezco a mis padres que siempre están apoyándome en lo que hacía tanto en la carrera como en mi vida diaria.

A de mi compañero de tesis Ronny Carranza que sin él esta tesis no hubiera sido posible.

A todos mis compañeros que me he encontrado en la carrera de ingeniería civil con los cuales hemos pasados buenos momentos: Néstor, Isaac, Kevin, Fran, Jacob, Eduardo, Ignacio.

A todos mis ahora colegas ingenieros también por haber hecho la carrera más llevadera: Valeria, Karla, Raúl, Luis, Elian, Galo, Cristhian, Santiago, Eliot.

Al Dr. Rolando Vila, por brindarme su amistad, y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**

## **DEDICATORIA**

Este logro quiero dedicárselo a mis padres, ya que con el apoyo de ellos pude enfrentarme a todos los problemas que se me han presentado en la vida, también por ser esa guía que he necesitado para ser una mejor persona.

A mí mismo por haber sido perseverante.


**Loayza Rodas, Frank Jhonatan**




**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

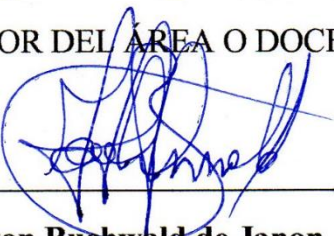
f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Vila Romani, Rolando, Ph.D.**  
TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany, M.Sc**  
DIRECTOR DE CARRERA

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Varela Torreros, Nancy, Ph.D.**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. von Buchwald de Janon, Federico, Ph.D.**  
OPONENTE

# ÍNDICE

RESUMEN .....	XV
ABSTRAC .....	XVI
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Consideraciones del fenómeno de fatiga en los métodos de diseño.....	4
1.3. Diseño de pavimentos flexibles en Ecuador.....	7
1.4. Objetivos de este trabajo.....	8
1.4.1. Objetivo general .....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5 Metodología.....	9
CAPÍTULO II CARACTERIZACIÓN DE LA FATIGA EN LA CAPA ASFÁLTICA .....	10
2.1 Generalidades .....	10
2.2 Factores importantes que afectan el desempeño ante la fatiga .....	13
2.2.1 Patrones de carga aplicada.....	13
2.2.2 Modo de carga aplicada.....	13
2.2.3 Intervalos de tiempo entre cargas sucesivas .....	15
2.2.4 Temperatura.....	15
2.2.5 Configuración de los ejes actuantes.....	17
2.2.6 Características constitutivas de las mezclas asfálticas .....	18
2.2.7 Envejecimiento de la mezcla asfáltica.....	18
2.3 Predicción de la vida útil en fatiga .....	20
2.3.1 Introducción.....	20
2.3.2 Predicción de la vida útil basada en la deformación .....	20
2.3.3 Predicción de la vida en fatiga utilizando energía disipada.....	30
CAPÍTULO III MÓDULO DINÁMICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO REPRESENTATIVAS.....	34
3.1 Introducción.....	34
3.2 Determinación de los módulos dinámicos de las mezclas.....	34
3.2.1 Ecuación de predicción de Witczak.....	34
3.2.2 Viscosidad ( $\eta$ ).....	35
3.2.3 Tráfico .....	37
3.2.4 Efecto de la temperatura .....	38

3.2.5 Temperaturas estimadas .....	39
3.3 Estructuras de pavimento representativas.....	40
3.4 Datos obtenidos del reómetro de corte dinámico (DSR).....	43
3.5 Determinación de la viscosidad y módulos dinámicos.....	44
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS MECANISISTA Y AJUSTE DE ECUACIÓN DE PREDICCIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1. Metodología.....	46
4.2. Coeficiente de Poisson.....	46
4.3 Determinación de deformaciones unitarias críticas en WINJULEA.....	47
4.4. Estructuras de pavimento con 0, 4 y 8 años de envejecimiento. ....	49
4.4.1. Pavimento con CA de 15 cm .....	49
4.4.2. Pavimento con CA de 20 cm .....	49
4.4.3 Pavimento con CA de 25 cm .....	50
4.5. Estructuras de pavimento con 0, 8, y 15 años de envejecimiento. ....	51
4.5.1. Pavimento con CA de 15 cm .....	51
4.5.2. Pavimento con CA de 20 cm .....	52
4.5.3. Pavimento con CA de 25 cm .....	53
4.6. Deformaciones unitarias máximas.....	54
4.7 Repeticiones permitidas según AASHTO 2002 y 2008 .....	54
4.8 Análisis comparativo .....	55
4.9 Propuesta de ecuación de predicción de fatiga para capas asfáltica gruesas.....	59
4.10 Análisis de sensibilidad .....	63
4.10.1 Variación en el módulo dinámico del asfalto .....	63
4.10.2 Variación en porcentaje de vacíos .....	64
4.10.3 Variación del asfalto.....	66
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Recomendaciones .....	69
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de grietas generadas por fatiga en la capa asfáltica. ....	2
Figura 2. Falla tipo piel de cocodrilo.....	3
Figura 3. Grietas descendentes en su etapa inicial .....	4
Figura 4. Comportamiento típico de la mezcla asfáltica a la fatiga .....	5
Figura 5. Incidencia de los módulos en la vida a fatiga .....	6
Figura 6. Desfase entre el comportamiento de laboratorio y de obra.....	6
Figura 7. Comparación de resultados con diferentes modos de carga.....	12
Figura 8. Diferencia entre onda Sinusoidal y Haversine .....	13
Figura 9. La respuesta a la deformación de una capa de asfalto sometida a una carga de un solo eje seguida de una carga de eje en tándem .....	17
Figura 10. Variación de los módulos versus los tiempos en obra y Variación de los módulos obtenidos respecto a los GDA .....	19
Figura 11. Relación deformación-fatiga para diversas rigideces del asfalto .....	23
Figura 12. Curva de histéresis esfuerzo-deformación .....	31
Figura 13. Porcentaje de vehículos pesados que pasan durante 24h en el transcurso de 15 días.....	37
Figura 14. Variación de los deterioros con los ESAL en las vías de la Costa.....	42
Figura 15. Esquema de ubicación de puntos a analizar .....	47
Figura 16. Ejemplo de entrada y salida de datos con WINJULEA .....	48
Figura 17. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 15 cm .....	56
Figura 18. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 20 cm .....	56
Figura 19. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 25 cm .....	57
Figura 20. Resumen del comportamiento en obra con diferentes espesores .....	57
Figura 21. Relación entre ESAL vs espesores de capa asfáltica .....	58
Figura 22. Comparación de los “k’1” obtenidos en cada caso .....	61
Figura 23. Relación general entre “k’1” y los espesores de capa asfáltica .....	62
Figura 24. Sensibilidad de las repeticiones ante el módulo dinámico .....	64
Figura 25. Sensibilidad de las repeticiones ante los porcentajes de vacíos en la mezcla.....	65
Figura 26. Sensibilidad de las repeticiones ante los porcentajes de asfalto (volumen)..	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes modos de pruebas de fatiga.....	11
Tabla 2. Efecto del tipo de ensayo.....	14
Tabla 3. Datos de temperatura en el asfalto en la región Costa.....	39
Tabla 4. Temperaturas del pavimento a diferentes profundidades.....	40
Tabla 5. Diferentes vías analizadas de varias vías principales de la región Costa.....	41
Tabla 6. Ejemplo de salida de datos de prueba de DSR para envejecimiento de 0 años	43
Tabla 7. Determinación de la viscosidad para diferentes temperaturas con 0 años de envejecimiento.....	44
Tabla 8. Datos utilizados en la ecuación de predicción de Witczak.....	45
Tabla 9. Resultado de la ecuación de predicción de Witczak para 2 temperaturas.....	45
Tabla 10. Ejemplo interpolación del módulo para la temperatura de 38.6°C.....	45
Tabla 11. Módulos determinados para diferente temperatura y años de envejecimiento	45
Tabla 12. Coeficiente de Poisson para diferentes temperaturas.....	46
Tabla 13. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 15 cm.....	49
Tabla 14. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 15 cm ..	49
Tabla 15. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 20 cm.....	50
Tabla 16. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 20 cm ..	50
Tabla 17. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 25 cm.....	50
Tabla 18. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 25 cm ..	51
Tabla 19. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 15 cm.....	51
Tabla 20. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 15 cm ..	52
Tabla 21. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 20 cm.....	52
Tabla 22. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 20 cm ..	53
Tabla 23. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 25 cm.....	53
Tabla 24. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 25 cm ..	54
Tabla 25. Valores de deformaciones unitarias máximas a tracción.....	54
Tabla 26. Repeticiones permisibles de acuerdo con el modelo de AASHTO 2002.....	55
Tabla 27. Repeticiones permisibles de acuerdo con el modelo de AASHTO 2008.....	55
Tabla 28. Repeticiones para el fallo por grietas descendentes.....	58
Tabla 29. Comparación de repeticiones según AASHTO 2002 y las obtenidas en obras.....	58
Tabla 30. Comparación de repeticiones según AASHTO 2008 y las obtenidas en obras.....	59
Tabla 31. Deformaciones obtenidas.....	60
Tabla 32. Calibración del parámetro k'1 para 0,4,8 años de envejecimiento.....	60
Tabla 33. Calibración del parámetro k'1 para 0,8,15 años de envejecimiento.....	61
Tabla 34. Resumen de los principales resultados para obtener los módulos.....	67

## RESUMEN

La investigación presente evalúa distintos modelos de fatiga aplicados a pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana, con el propósito de determinar cuál se ajusta mejor a las condiciones locales de clima y tráfico. Se analizan factores clave como la temperatura, el envejecimiento del asfalto, el módulo dinámico de la mezcla y las cargas vehiculares. Para ello, se emplea el software WINJULEA para simular deformaciones en pavimentos con espesores entre 15 y 25 cm, así como la ecuación de Witczak para estimar el módulo dinámico. Además, se contrastan modelos como AASHTO 2002 y 2008 con datos reales de deterioro en vías locales, identificando discrepancias significativas en las repeticiones permisibles de carga. La metodología combina análisis bibliográfico, ensayos reológicos con reómetro de corte dinámico (DSR) y modelación mecanicista, permitiendo un ajuste del parámetro  $k_1$  de AASHTO 2002 mediante ecuaciones calibradas con datos de campo. Los resultados evidencian la sensibilidad de los modelos a variaciones en el módulo dinámico, vacíos y contenido de asfalto, resaltando la importancia de una compactación óptima y el uso de mezclas con alto contenido de ligante para prolongar la vida útil del pavimento. Se concluye la necesidad de adaptar los modelos globales a las condiciones ecuatorianas, proponiendo ecuaciones específicas para estimar repeticiones de fallo por grietas descendentes. Se recomienda validar el modelo ajustado en más tramos viales, evaluar el desempeño de asfaltos modificados e incorporar estos criterios en futuros diseños de pavimentos.

Palabras clave: fatiga, pavimentos flexibles, deformación, módulo dinámico, WINJULEA, predicción de vida útil.

## **ABSTRAC**

The research evaluates different fatigue models applied to flexible pavements in the Ecuadorian coastal region to determine which best fits the local climate and traffic conditions. Key factors such as temperature, asphalt aging, dynamic modulus of the mixture, and vehicular loads are analyzed. For this purpose, the WINJULEA software is used to simulate deformations in pavements with thicknesses ranging from 15 to 25 cm, as well as the Witczak equation to estimate the dynamic modulus. Additionally, models such as AASHTO 2002 and 2008 are compared with real deterioration data from local roads, identifying significant discrepancies in the allowable load repetitions. The methodology combines bibliographic analysis, rheological tests using a dynamic shear rheometer (DSR), and mechanistic modeling, allowing the adjustment of the AASHTO 2002  $k_1$  parameter through equations calibrated with field data. The results highlight the sensitivity of the models to variations in dynamic modulus, air voids, and asphalt content, emphasizing the importance of optimal compaction and the use of mixtures with high binder content to extend pavement service life. The study concludes that global models need to be adapted to Ecuadorian conditions, proposing specific equations to estimate failure repetitions due to top-down cracking. It is recommended to validate the adjusted model on additional road sections, assess the performance of modified asphalts, and incorporate these criteria into future pavement designs.

**Keywords:** fatigue, flexible pavements, deformation, dynamic modulus, WINJULEA, service life prediction

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Las vías principales de nuestro país, especialmente en la región costera, enfrentan diversas problemáticas a lo largo de su vida útil, siendo las grietas en la capa asfáltica uno de los deterioros más comunes. Estas grietas, asociadas al fenómeno de fatiga, son inducidas por las repeticiones de las cargas de los vehículos pesados sobre el pavimento asfáltico. Este fenómeno ha sido estudiado por varios autores desde hace muchos años (Hveem, 1995; Huang, 1993; Kim, et al., 2003; Sun, 2016) y está influenciado por una serie de factores, como son: la calidad de la mezcla asfáltica, el espesor de capa asfáltica en la estructura, la eficiencia del drenaje, la capacidad portante de la subrasante y la incidencia del clima (temperaturas y lluvias).

Debido a la acumulación de repeticiones de carga con el paso del tiempo, estas fallas se manifiestan en forma de agrietamientos por las zonas donde se canaliza el paso de las llantas, afectando gravemente la capacidad estructural y funcional de las vías. En general, pueden distinguirse dos comportamientos: fisuras o grietas que se desarrollan de abajo hacia arriba (Bottom-Up o ascendentes) o de arriba hacia abajo (Top-Down o descendentes). Ver Figura 1.



Figura 1. Tipos de grietas generadas por fatiga en la capa asfáltica.

*Nota.* Tomado de Besa, I. et al. *Prediction of Fatigue Cracking in Flexible and Semi-rigid Asphalt Pavement Sections*, por International Journal of Pavement Research and Technology. 2023, 16, pp 564.

Un factor relevante en el estudio de los tipos de fatiga es el espesor de la capa asfáltica existente en el pavimento. Las grietas ascendentes son comunes en capas asfálticas delgadas en donde las deformaciones por tracción en su parte inferior son elevadas, generándose el tipo de falla denominada "piel de cocodrilo", mostrada en la Figura 2. Este tipo de falla es una de las consideradas usualmente en el diseño de pavimentos flexibles.



Figura 2. *Falla tipo piel de cocodrilo*

*Nota.* Tomado de *Clases de la asignatura Pavimentos. Fac. de Ingeniería. UCSG, por Vila, R 2024.*

En los últimos años se ha investigado y considerado otro tipo de agrietamiento que se genera de arriba hacia abajo (Top-Down Cracking: TDC), Este tipo de grieta descendente es más frecuente en capas asfálticas gruesas, en donde las deformaciones por tracción en su parte inferior son bajas y donde las deformaciones máximas ocurren en otras posiciones. Ver Figura 3.

Según el artículo de Canestrari y Ingrassia (2020) las grietas Top-Down tienen varias etapas:

El TDC se manifiesta inicialmente en el pavimento como una única grieta ubicada cerca de la trayectoria de la rueda. Con el tiempo y el aumento del número de cargas aplicadas, se generan nuevas grietas longitudinales, conocidas como "grietas hermanas", que se forman a una distancia de 0.3 a 1.0 m de la grieta original. En una etapa posterior, estas grietas longitudinales pueden conectarse a través de grietas transversales relativamente cortas. Como resultado, se observa un patrón que recuerda al agrietamiento por fatiga de abajo hacia arriba,

comúnmente denominado “piel de cocodrilo” en la superficie del pavimento (p. 2).



Figura 3. *Grietas descendentes en su etapa inicial*

*Nota:* Tomado de *Clases de la asignatura Pavimentos. Fac. de Ingeniería. UCSG.* Por Vila, R. 2024.

En general, el agrietamiento causado por la fatiga tiende a propagarse por la capa asfáltica, acelerando el deterioro estructural del pavimento, causando infiltración de agua y bombeo en los agregados no tratados de la capa inferior (Priest y Timm, 2006), además de baches.

## **1.2. Consideraciones del fenómeno de fatiga en los métodos de diseño**

El desarrollo de modelos de fatiga para la mezcla asfáltica permite predecir el desempeño de las capas asfálticas en la estructura del pavimento respecto a la presencia de grietas por fatiga; en consecuencia, ofrece un diseño más confiable del espesor necesario de la capa asfáltica, basado en el volumen de tráfico esperado en el período de diseño de la carretera (Melo, 2014). Los métodos utilizados para evaluar el comportamiento a fatiga de una capa asfáltica incluyen pruebas de campo a gran escala, estudios de campo y pruebas de fatiga de a nivel de laboratorio (Deacon et al., 1994; Di Benedetto et al, 2004; West et al., 2012; Zhu et al., 2020)

Entre esos métodos, la prueba de fatiga en laboratorio ha sido ampliamente utilizada por investigadores debido a su bajo costo, alta eficiencia y gran operatividad. Para garantizar la confiabilidad en la evaluación del comportamiento, la prueba de fatiga realizada en el laboratorio debe simular la carga y las condiciones ambientales que inciden

en la capa asfáltica. Las pruebas de laboratorio muestran claramente que existe una relación entre la deformación por tracción en la fibra inferior de una viga en flexión ( $\epsilon_0$ ) y el número de aplicaciones de carga para el fallo ( $N_f$ ), también denominado como vida a fatiga. Este vínculo observado fue extendido posteriormente al pavimento asfáltico. Ver Figura 4.

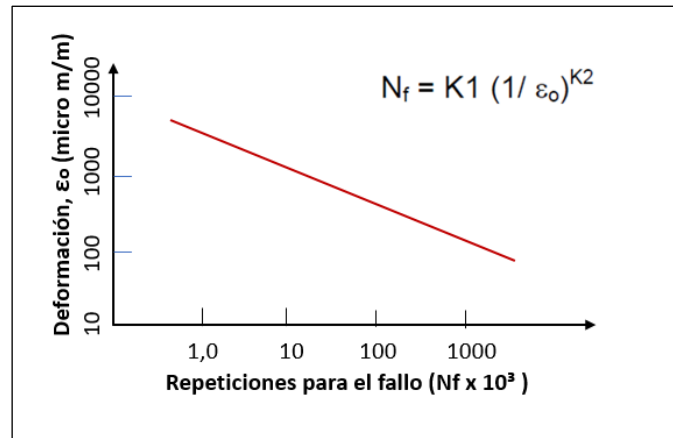


Figura 4. Comportamiento típico de la mezcla asfáltica a la fatiga

Nota. Elaboración propia.

Finn et al. (1977) y Bonnaure et al. (1980) notaron diferencias en los coeficientes de esta ecuación para diferentes temperaturas. Propusieron una fórmula de fatiga utilizando el módulo de rigidez como se muestra a continuación:

$$N_f = K1 * \left(\frac{1}{\epsilon_0}\right)^{K2} * (E)^{K3}$$

*Ecuación 1*

Donde:

E: módulo de rigidez dinámica de la mezcla asfáltica,

$\epsilon_0$ : deformación por tracción,

K1, K2 y K3: coeficientes de ajuste a la data.

Se considera que la introducción del módulo de rigidez dinámica en la relación de fatiga, cuantifica algunas de las diferencias observadas en los coeficientes en las pruebas de laboratorio por las variaciones de temperatura, como se muestra en la Figura 5.



Por otra parte, en la literatura se encuentran diferentes valores para el coeficiente K3. (Finn et al., 1977), encontró que el coeficiente K3 era -0,854, mientras que Bonnaure et al., (1980), encontró que K3 podría tener dos valores: -1,4 y -1,8 según el modo de carga. El coeficiente K2 tiene valores generalmente superiores a 3, mientras que los valores de K1 variaron significativamente entre diferentes agencias.

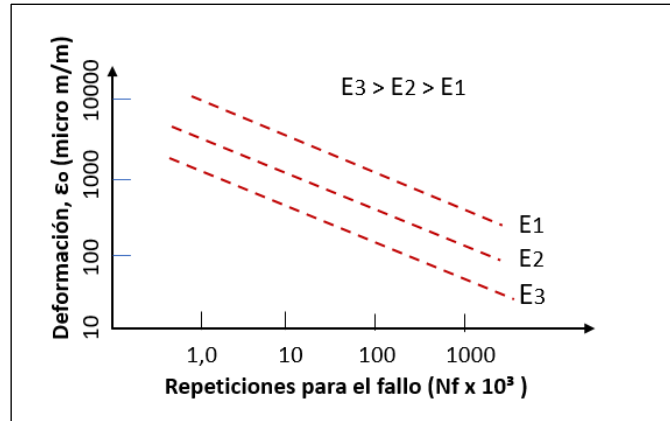


Figura 5. Incidencia de los módulos en la vida a fatiga

Nota. Elaboración propia.

De esta forma, a partir de la década de los setenta las instituciones o empresas relacionadas con las carreteras o el uso del asfalto, como el Instituto del Asfalto, AASHTO, Shell entre otras, comenzaron a considerar estos criterios en sus métodos de diseño. En los mismos, también se incluyeron en base a la experiencia, parámetros relacionados con la calidad de la mezcla y un factor de ajuste para relacionar las repeticiones para el fallo a nivel de laboratorio con las esperadas en obra. Ver Figura 6. El desfase típico se encuentra en el orden de 8 a 20 veces.

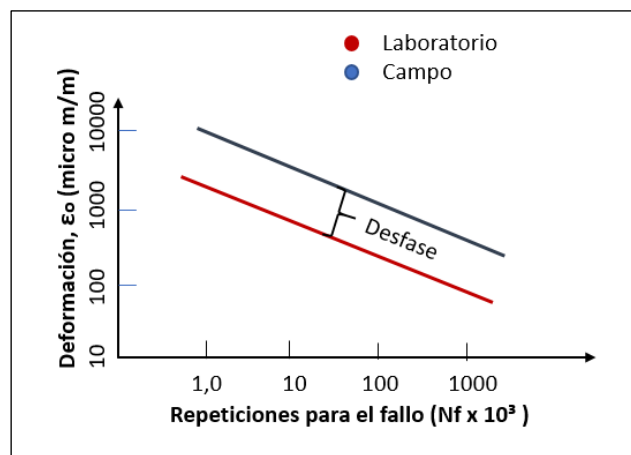


Figura 6. Desfase entre el comportamiento de laboratorio y de obra

Nota. Elaboración propia.

Llama la atención, que fue a partir del inicio del siglo XXI cuando comenzó a considerarse formalmente el agrietamiento descendente en las normas de diseño, siendo la primera ocasión en la normativa AASHTO 2002, donde se muestran modelos de fatiga vinculadas a grietas tanto ascendentes y como descendentes.

### **1.3. Diseño de pavimentos flexibles en Ecuador**

Los diseños de nuestros pavimentos flexibles se realizan bajo los procedimientos de la norma AASHTO 93. Esta norma es utilizada en varios países latinoamericanos e incluso en algunos estados de los EE.UU. por la gran experiencia acumulada en su empleo. Como se conoce, en AASHTO 93 tanto los nomogramas como la ecuación que les da origen corresponden a una regresión lineal múltiple, calibrada con base en los resultados de la pista a escala real acelerada de AASHO (1958-60). Por otra parte, el método hace una gruesa aproximación al diseñar asumiendo una temperatura de 20°C en la capa asfáltica y no las temperaturas particulares correspondientes a los sitios del proyecto en cuestión.

Por esta razón, el Ministerio de Obras Públicas y Transporte del Ecuador, desde hace algunos años recomienda complementar los resultados de los diseños realizados por AASHTO 93 con análisis adicionales aplicando criterios mecanicistas. Estos comprenden el cálculo de las respuestas (esfuerzos-deformaciones) mediante algún programa y la aplicación de modelos de fallo por fatiga y deformación.

Entre los programas para los cálculos tenso-deformacionales se encuentran:

- ALIZE III
- CHEVRON
- DAMA (INSTITUTO DEL ASFALTO)
- ELSYM 5
- BISAR 3.0 (SHELL)
- WINJULEA (AASHTO)

Como modelos de fallos se pueden mencionar, entre otros:

- ILLINOIS DOT/UNIVERSITY OF ILLINOIS MODEL
- SHRP A-404 MODEL
- THE ASPHALT INSTITUTE MODEL
- SHELL PAVEMENT DESIGN MANUAL MODEL

- TRANSPORT AND ROAD RESEARCH LABORATORY (TRRL) MODEL
- THE MOBIL PAVEMENT DESIGN MANUAL (U. K.) MODEL
- THE BELGIAN ROAD RESEARCH CENTER MODEL
- THE NATIONAL ROAD DIRECTORATE OF DENMARK MODEL
- FRENCH FATIGUE CRITERIA
- PDMAP – NCHRP PROJECT 1-10B

Debido a que en Ecuador no se generó un modelo particular de análisis y de que existen, como se ha mostrado, muchos modelos a nivel internacional, se considera necesario valorar los mismos, especialmente de fatiga en capa asfáltica, para chequear cual de estos modelos se aproxima mejor al comportamiento de nuestros pavimentos.

#### **1.4. Objetivos de este trabajo**

##### **1.4.1. *Objetivo general***

Valorar diferentes modelos de vida por fatiga en mezclas asfálticas para seleccionar y/o ajustar el modelo más conveniente al comportamiento observado en los pavimentos asfálticos en vías principales de la región costera ecuatoriana, mediante la comparación de los resultados al aplicar dicho modelo con el comportamiento a la fatiga real obtenido en estudios previos de diferentes estructuras, lo que permitirá hacer recomendaciones para nuestros diseños.

##### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Recopilar y analizar diferentes modelos de fatiga correspondientes a normas de diseño o de instituciones viales.
- Analizar el efecto de la temperatura y el envejecimiento de la mezcla en los módulos de las capas asfálticas gruesas.
- Determinar con la ayuda del software WINJULEA la posición de los puntos críticos de mayor deformación unitaria a flexotracción en dichos pavimentos.
- Ajustar un modelo de fatiga compatible con los comportamientos de diferentes estructuras conocidas en la región costera, afectados con fatiga descendente.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Realizar recomendaciones.

## **1.5 Metodología**

Se realizará con la aplicación del método general de análisis y síntesis. Se hará estudio bibliográfico, procesamiento de datos y análisis de diferentes modelos de fatiga.

Se utilizará el programa WinJULEA para evaluar el estado tenso-deformacional de estructuras de pavimentos reales bajo las condiciones de la costa ecuatoriana para ajustar un modelo de fatiga de acuerdo a comportamientos conocidos en varios tramos de vías.

## **CAPÍTULO II**

### **CARACTERIZACIÓN DE LA FATIGA EN LA CAPA ASFÁLTICA**

#### **2.1 Generalidades**

La resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas se define generalmente como su habilidad para responder a las cargas repetidas del tráfico bajo las condiciones ambientales imperantes, sin agrietamiento significativo. El fenómeno de fatiga es considerado como un mecanismo de destrucción primario de los pavimentos asfálticos.

Se han desarrollado varios métodos y modelos de pruebas de laboratorio para evaluar el rendimiento de fatiga de la mezcla asfáltica. Uno de los métodos de prueba más populares es la prueba de viga a flexión, que mide la vida a fatiga de una mezcla compactada sometida a flexión repetida, prueba adoptada por el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (SHRP) (Tangella et al., 1990, Tayebali et al., 1995). También se han propuesto otras técnicas, como el ensayo de fatiga trapezoidal (Rowe, 1993), el ensayo de tracción directa (Raithby y Sterling, 1972) y el ensayo de tracción indirecta (Roque y Buttlar, 1992; Roque y Buttlar, 1994; Nascimento et al., 2010).

En la Tabla 1 se resumen los diagramas esquemáticos de los patrones de carga y las muestras utilizadas en los diferentes modos de carga. Dicha tabla incluye las referencias más importantes con sobre su procedimiento y/o empleo. Los distintos ensayos de carga tienden generar resultados de fatiga diferentes, como se muestra en la Figura 7. Estudios recientes identifican que el modo de carga 4PB (flexión por cuatro puntos) es mucho más preciso para simular los comportamientos mecánicos reales de la capa asfáltica de campo, en comparación con el modo UC / UT y el modo IDT (Cheng et al., 2022a, 2020b, 2022c). Así, el modo de carga 4PB se sugiere como la opción preferida para evaluar el comportamiento de fatiga de la mezcla asfáltica.

Además, al seleccionar el modo de carga, es importante considerar las fuentes para obtener las muestras de la mezcla asfáltica objetivo. En particular, al evaluar las respuestas a la fatiga de la mezcla asfáltica en servicio, puede preferirse el modo de carga IDT ya que permite una fácil extracción de muestras cilíndricas directamente de la capa asfáltica en el campo. Por otro lado, la obtención de muestras en viga de la mezcla asfáltica en servicio es un proceso más laborioso y que consume más tiempo.

Tabla 1. *Diferentes modos de pruebas de fatiga*

Modo de carga	Diagrama esquemático	Especificación/Referencia
Compresión/Tensión uniaxial UT/UC		AASHTO (2018), Di Benedetto et al. (2011), Witzak et al. (2013), Zeiada et al. (2014)
Flexión de vigas 3PB		CEN (2018a), Ren et al. (2021), Sun et al. (2018)
4PB		AASHTO (2014a), ASTM (2010), CEN (2018a),
2PB		CEN (2018a), Li et al. (2019), Maggiore et al. (2012)
Tensión indirecta IDT		CEN (2018a), Cheng et al. (2021a), Nguyen et al. (2013)
Flexión semicircular SCB		AASHTO (2016), CEN (2018b)
Cizalla dinámica DS		AASHTO (2014), Ahmed and Khalid (2015), Apostolidis et al. (2018)

Nota. Tomado de *Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review* por Cheng et al., 2022.

Más allá de los diferentes protocolos de prueba que se apliquen, también difieren los métodos de análisis. La técnica más simple y, como resultado la más común, implica realizar varias pruebas de fatiga y ajustar los resultados a una llamada ley de fatiga, que es esencialmente una relación del tipo ley potencial en la que los efectos del nivel de deformación o esfuerzo aplicado y las propiedades del material (el módulo, por ejemplo), se vinculan a los ciclos necesarios hasta alcanzar la falla. Este procedimiento constituye el también llamado modelo fenomenológico, que en general será el tratado en este trabajo.

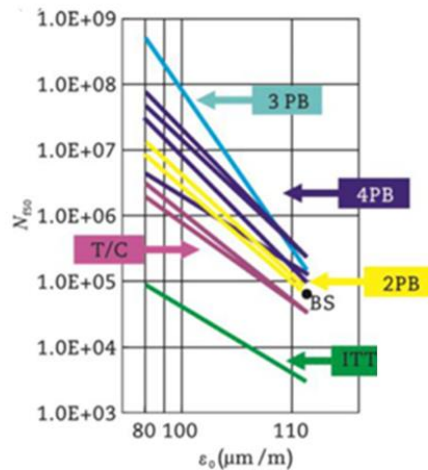


Figura 7. Comparación de resultados con diferentes modos de carga.

Nota. Tomado de *Fatigue of bituminous mixtures: different approaches and RILEM group contribution* por Di Benedetto et al., 2003

Sin embargo, otros investigadores han analizado los resultados de las pruebas utilizando métodos basados en la energía, Shen y Carpenter, 2007; mecánica de fracturas Majidzadeh et al., 1971; Salam, 1971; Monismith & Salam, 1973; conceptos de daño termomecánico (Lundstrom et al., 2004; Bodin et al, 2004; y la mecánica del daño continuo Bodin et al., 2004; Bazant & G, 1989; Kim, Y.R; D.N, Little;, 1990; Lee & Y.R, 1998a; Lee & Y.R, 1998b; Daniel & Y.R, 2002; Hou y otros, 2010; Babadopulos, 2014; Nascimento y otros, 2014.

En muchos de los procedimientos o modelos empleados para el análisis de fatiga, en especial los fenomenológicos, la estimación del daño por fatiga se basa en la Ley de Miner, que establece que el daño viene dado por la siguiente relación:

$$D = \sum_{i=1}^T \frac{n_i}{N_i}$$

Ecuación 2

Siendo:

D: Daño.

T: número de total de niveles de deformación empleados.

ni: tráfico esperado con el nivel de deformación “i”.

Ni: tráfico permitido con el nivel de deformación “i”.

## 2.2 Factores importantes que afectan el desempeño ante la fatiga

### 2.2.1 Patrones de carga aplicada

Varios patrones de carga, incluyendo ondas de forma sinusoidal, haversine, cuadrada y triangular, con y sin períodos de reposo, se utilizan en las pruebas para simular los impulsos de carga del tráfico en el campo. Las formas de ondas más comunes utilizadas en los ensayos de fatiga de mezclas asfálticas son la onda haversine y la onda sinusoidal Di Benedetto, de la Roche, Baaj et al., 2004; ASTM, 2010; AASHTO, 2014; Mateos y otros, 2018, como se muestra en la Figura 8.

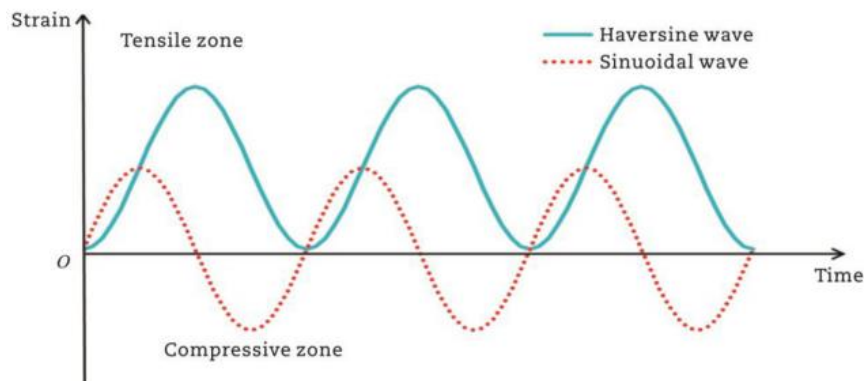


Figura 8. Diferencia entre onda Sinusoidal y Haversine

Nota. Tomado de *Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review* por Cheng et al., 2022.

En el ensayo de onda haversine, la muestra de mezcla asfáltica se somete a tensión continua. Por el contrario, durante el ensayo de onda sinusoidal, la muestra presenta una respuesta de deformación que alterna tensión y compresión. La onda haversine o sinusoidal utilizada en las pruebas pueden ser continuas o incluir períodos de descarga, permitiendo simular el intervalo de descanso entre cargas de tráfico consecutivas (Daniel & Kim, 2001; Kim et al., 2003; Powell et al., 2010).

### 2.2.2 Modo de carga aplicada

En las pruebas de fatiga bajo deformación controlada, la magnitud del desplazamiento permanece constante, mientras que la fuerza requerida para mantener el nivel de deformación inicial disminuye gradualmente después de que aparece la grieta,



debido a la reducción efectiva de la rigidez a la flexión de la mezcla. El punto de falla o terminación se determina arbitrariamente como una reducción específica en la rigidez inicial, comúnmente del 50%, ya que no se observa una fractura claramente definida en la muestra. Este modo de carga controlado por deformación simula las condiciones en pavimentos asfálticos más delgados, de menos de 100 mm de espesor.

En el modo de esfuerzo controlado, la magnitud del esfuerzo se mantiene constante. Debido a la aplicación repetida de esta fuerza, la amplitud del desplazamiento aumenta hasta duplicar la amplitud inicial, momento en el cual la rigidez a la flexión se reduce a la mitad de su valor inicial, lo que indica falla. El final de la prueba está determinado por la fractura de la muestra. Este modo de carga se asocia convencionalmente a respuestas en pavimentos de mayor espesor, con un espesor superior a 100 mm. La Tabla 2 muestra la comparación entre las pruebas bajo esfuerzo y deformación controlada.

Tabla 2. *Efecto del tipo de ensayo*

VARIABLES	ESFUERZO CONTROLADO (CARGA)	DEFORMACIÓN CONTROLADA (DEFLEXIÓN)
Definición de la falla número de ciclos	Bien definido desde las fracturas del espécimen	Arbitrario en el sentido que la prueba es discontinua cuando el nivel de carga ha sido reducido a alguna proporción de su inicial valor; por ejemplo, a 50 por ciento del nivel inicial
Dispersión de los datos de prueba de fatiga	Menor dispersión	Mayor dispersión
Número requerido de muestras	Más pequeño	Más grande
Simulación de influencias a largo plazo	Las influencias a largo plazo tales como envejecimiento conducen a un módulo de rigidez creciente y probablemente a un aumento de la vida de fatiga	Influencias a largo plazo que llevan a un módulo de rigidez en aumento llevará a la vida de fatiga reducida
Magnitud de vida de fatiga, N	Vida generalmente más corta	Vida generalmente más larga
Efecto de variables de la mezcla	Más sensible	Menos sensible
Proporción de dispersión de energía	Más rápidamente	Más lento
Proporción de propagación de la grieta	Más rápidamente que in situ	Más representativo de las condiciones in-situ
Efectos del periodo de descanso	Efecto beneficioso mayor	Menos efecto beneficioso

Nota. Tomado de *Estado del arte en el estudio de la fatiga de materiales bituminosos* por González y Velandia, 2006.

### ***2.2.3 Intervalos de tiempo entre cargas sucesivas***

Los pavimentos están sujetos a tráfico vehicular intermitente con diferentes cargas por eje y distribución, velocidad y frecuencia. Durante un período de descanso entre cargas de tráfico, se dice que la relajación de tensiones o recuperación y curación química de microfisuras ya formadas en la fase de ligante ocurren simultáneamente (Kim et al., 1990; Kim et al., 1994). Esto puede resultar en una mejora importante en la vida de fatiga de la capa asfáltica en el campo. Esto constituye un factor de curación, que prolonga el inicio del daño por fatiga.

Durante las repeticiones de carga, el asfalto se ve sometido a daños por fatiga que se inician como microfisuras. Cuando se retira la carga aplicada, seguida de un período sin carga, es decir, un período de descanso, el asfalto se recupera debido a la relajación de las tensiones y se produce la "curación" del daño por fatiga, cuyo grado depende de las propiedades viscoelásticas de la mezcla. Los conceptos de energía de fractura se han utilizado como base para estimar el factor de cambio entre el rendimiento de fatiga en el laboratorio y en el campo (Al-Balbisi y Little, 1990).

(Tseng y Lytton, 1990) han sugerido que la mejora en la vida de fatiga debido al período de descanso y la curación puede deberse a diferencias en las energías de fractura requeridas para obtener una apertura de grieta similar en carga continua y discontinua (es decir, después de un período de descanso). Según (Kim y Little, 1989), después de un período de descanso, la curación da como resultado un mayor nivel de trabajo que se requiere para impulsar (propagar) la fisura que antes del período de descanso.

También se cree que la curación en forma de recuperación del módulo de rigidez ocurre incluso si no se aplican períodos de descanso y la curación se considera un proceso de difusión (Pronk, 1995). La tasa de recuperación de la rigidez a la flexión después de un período de descanso y la tasa de disminución de la rigidez a la flexión durante los ciclos de carga posteriores, pueden depender de la duración del período de descanso entre los ciclos de carga (Pronk, 1997). Cuanto más duro es el betún, más difícil es que se produzca la curación.

### ***2.2.4 Temperatura***

Desde hace mucho tiempo fue confirmado que la temperatura influye en los comportamientos de fatiga de mezcla asfáltica debido a las propiedades viscoelásticas de

este tipo de material (Pell y Cooper, 1975). Debido a la influencia de la temperatura en el comportamiento frente a la fatiga, es esencial establecer una temperatura adecuada cuando se realizan pruebas de fatiga en la mezcla asfáltica. Para simplificar, algunas especificaciones recomiendan utilizar una temperatura representativa. Específicamente, la guía de diseño de Estados Unidos sugiere una temperatura de prueba de 20°C, ya que está cerca del nivel crítico de temperatura para la mayoría de los pavimentos de EE. UU. (ASTM, 2010).

Sin embargo, esas temperaturas representativas adoptadas están en dificultad para revelar las distribuciones reales de temperatura dentro de la capa de pavimento asfáltico ubicada en diferentes zonas climáticas. Para abordar esto, se han desarrollado algunos modelos para predecir las temperaturas de las pruebas de fatiga que son adecuadas para varias regiones climáticas. El modelo propuesto por el programa SHRP se muestra de la siguiente manera (Cominsky et al., 1994).

$$T_{eff} = 0.8MAPT - 2.7$$

*Ecuación 3*

$$MAPT = T_{air} - 0.006181at^2 + 0.22891at + 42.2x0.9545 - 17.78$$

*Ecuación 4*

Donde:

$T_{eff}$  = temperatura de la prueba de fatiga

MAPT = temperatura media anual del pavimento (°C)

$T_{air}$  = temperatura media anual del aire (°C)

lat = latitud de la ubicación del pavimento asfáltico.

Los modelos anteriores guían la determinación de la temperatura efectiva a la fatiga para pavimentos asfálticos en diferentes zonas climáticas. Sin embargo, los valores de temperatura derivados de esos modelos suelen oscilar entre 5 C y 25 C. Esto puede deberse a que el agrietamiento por fatiga en la capa de asfalto generalmente se considera que ocurre dentro de la temperatura intermedia (Tangella et al., 1990; Bonnetti et al., 2002; El-Basyouny y Jeong, 2009). Sin embargo, los resultados del proyecto Hong Kong Tolo Highway indican que el agrietamiento por fatiga tiende a aparecer a temperaturas más altas. La temperatura en el fondo de la capa asfáltica fue superior a 30°C durante la

mayor parte de la vida útil (Chow et al., 2011; Wang et al., 2014b). Sin embargo, la fatiga ascendente fue considerable.

### 2.2.5 Configuración de los ejes actuantes

La onda provocada por una carga vehicular en una capa asfáltica exhibe una forma de pulso más complicada que la onda Haversine o Sinusoidal. En la Figura 9 se presentan los típicos pulsos de deformación inducidos por el eje en movimiento (Cheng et al., 2021b).

Claramente, la onda en la capa asfáltica del campo es diferente de la onda haversine/sinusoidal utilizada actualmente. La onda de deformación real contiene una zona de carga de compresión aparente a medida que se acerca la carga del eje y se aleja. Esta zona compresiva genera potencialmente un efecto de consolidación sobre la mezcla asfáltica y ayuda a curar la mezcla de microfisuras.

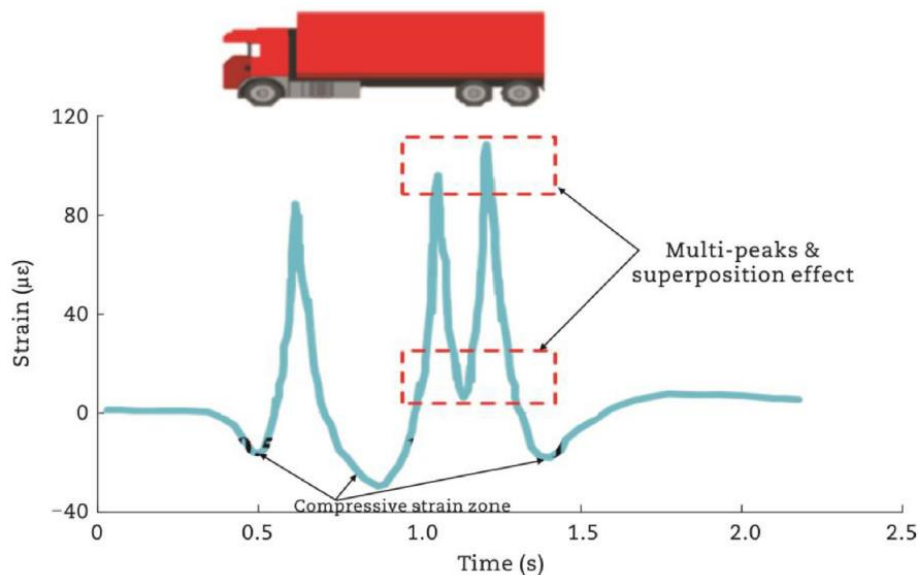


Figura 9. La respuesta a la deformación de una capa de asfalto sometida a una carga de un solo eje seguida de una carga de eje en tándem

Nota. Tomado de *Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review* por Cheng, 2022.

Además, la onda de deformación inducida por el vehículo multi-ejes (por ejemplo, el eje tándem en la Figura 12) contiene múltiples picos de tracción y muestra un fenómeno de superposición. La superposición de varios ejes prolonga la duración total de la carga

de la zona de deformación por tracción, que es muy probable que acelere el proceso de agrietamiento por fatiga de la mezcla asfáltica.

### ***2.2.6 Características constitutivas de las mezclas asfálticas***

La práctica ha demostrado que la vida en fatiga es más sensible a los porcentajes de vacíos obtenidos en obra que a la granulometría propiamente, lo que resalta la importancia de una buena compactación. En general se prefieren agregados rugosos, con pocas partículas planas y alargadas y con una absorción de agua muy pequeña. Así mismo, la mezcla deberá tener un contenido suficiente de asfalto que permita un buen comportamiento a la fatiga sin crear problemas de deformaciones plásticas. El manejo de los tipos de asfaltos a emplear depende del modo de ensayo: con asfaltos muy rígidos la vida en fatiga disminuye en los ensayos con esfuerzo controlado, como los que se realizan con nuestro equipo NAT (con cabezal de tracción indirecta), y aumenta en los ensayos a deformación controlada. Esta problemática con asfaltos muy rígidos, luego del mezclado en planta, es algo que nos impacta en Ecuador.

### ***2.2.7 Envejecimiento de la mezcla asfáltica***

Durante la vida útil de los pavimentos asfálticos, el ligante bituminoso se endurece a largo plazo debido a la exposición al oxígeno atmosférico, es decir, la oxidación, y se vuelve quebradizo. El envejecimiento del asfalto está influenciado por los huecos de aire en la capa compactada. En general, cuantos menores sean los huecos de aire, más resistente es la mezcla al envejecimiento. Además, es probable que la mezcla sea más susceptible al envejecimiento con un alto nivel de huecos de aire (7% a 10%).

La velocidad de endurecimiento del asfalto debido al envejecimiento en la vida útil temprana del pavimento también está influenciada por la durabilidad del ligante, así como por la temperatura. A medida que el ligante se endurece, el módulo de rigidez cambia y, en consecuencia, el envejecimiento del asfalto influye en la rigidez. La deformación en la parte inferior de la capa de asfalto también cambia dependiendo del espesor de la capa y, en última instancia, de la vida útil por fatiga del asfalto.

Esta situación fue recientemente estudiada en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Vila y Mera, 2024) con el empleo de los grados días acumulados para comparar el envejecimiento en capas asfálticas en la región costera (altas temperaturas) y andina (bajas temperaturas) con diferentes tiempos de colocación. Ver Figura 10.

Los GDA se calcularon mediante la suma de la temperatura máxima diaria por encima del punto de congelación para todos los días, considerando el tiempo desde la construcción de un tramo hasta el momento del muestreo o extracción del núcleo (Newcomb et al., 2015). Trabajando con grados Celsius, el punto de congelación del agua es 0 °C, entonces:

$$GDA(^{\circ}C - \text{días}) = \sum_{i=1}^n Tdmáx$$

Ecuación 5

Donde: Tdmáx es la temperatura máxima diaria del aire (°C) y n es el número de días acumulados.

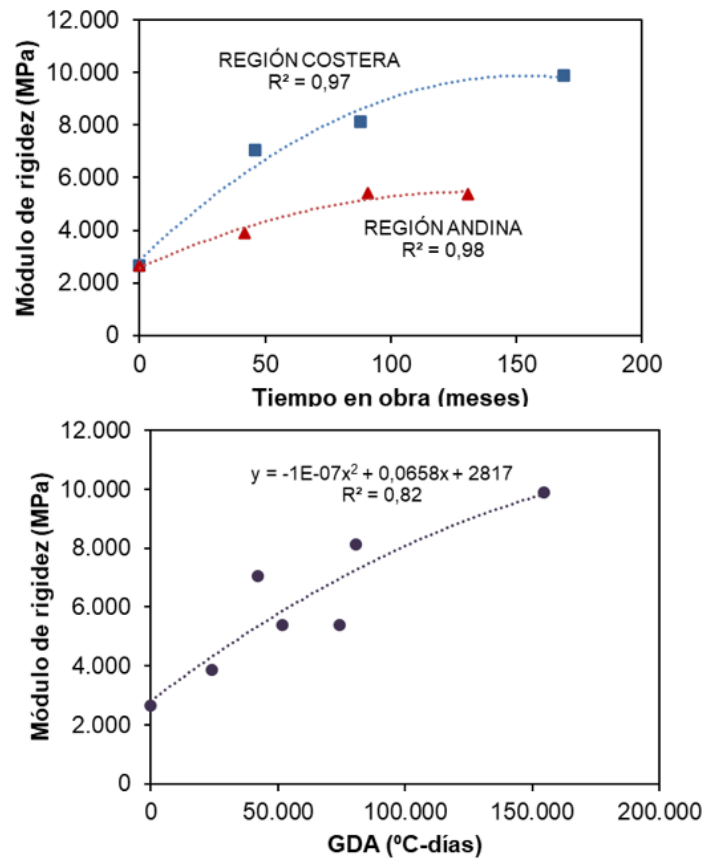


Figura 10. Variación de los módulos versus los tiempos en obra y Variación de los módulos obtenidos respecto a los GDA

Nota. Tomado de *El envejecimiento del asfalto ecuatoriano y su impacto en la durabilidad de los pavimentos* por Vila y Mera, 2024.

## **2.3 Predicción de la vida útil en fatiga**

### **2.3.1 Introducción**

El deterioro físico en los firmes asfálticos, que se manifiesta como agrietamientos o ahuellamientos, se origina principalmente por la tensión y la deformación causadas por las cargas del tráfico y las variaciones de temperatura. Es importante en estos análisis sobre pavimentos considerar las diferencias entre daño y deterioro, de la siguiente manera:

- el daño se refiere a la consecuencia de una carga, ya sea única o repetitiva, que lleva a la formación de grietas o ahuellamientos;
- el deterioro es el efecto acumulativo de esos daños que resulta en un nivel observable y medible de agrietamientos o ahuellamientos.

La vida a fatiga de un pavimento asfáltico se define como la cantidad de tráfico que puede soportar, expresada en número de ejes estándar equivalentes (ESAL), que representan ejes individuales o ruedas dobles con una carga de 80 kN y un exponente de daño de 4, antes de que se observe un deterioro en forma de agrietamiento en un porcentaje específico de la superficie de rodadura. El porcentaje de agrietamiento que se considera tolerable puede variar según la carga de tráfico de diseño, aunque generalmente se sitúa entre el 10% y el 45%, aunque muchos métodos de diseño lo establecen en 20%. Esto implica que el factor de conversión de laboratorio a campo, que se utiliza para estimar la vida a fatiga medida en condiciones de laboratorio en comparación con la vida a fatiga esperada en el campo (es decir, el agrietamiento en la superficie de rodadura), también cambia en función del nivel de agrietamiento tolerado en el diseño del pavimento asfáltico.

### **2.3.2 Predicción de la vida útil basada en la deformación**

#### **2.3.2.1 Solo deformación**

La magnitud de la deformación por tracción en la parte inferior de la capa asfáltica es el factor que se considera responsable de la micro fisuración, así como del inicio de fisuras y del fallo por fisuración en bloque o en cocodrilo. En el laboratorio, se realizan ensayos de fatiga aplicando diferentes niveles de tensión o deformación máxima en la fibra extrema de la viga. La relación entre la deformación y el número de ciclos hasta el

fallo es fundamental para evaluar el comportamiento a la fatiga del material. Esta relación entre la deformación inicial y la vida a fatiga es el criterio clave que se utiliza para determinar el espesor de la capa asfáltica en el diseño estructural de pavimentos.

El enfoque de la deformación, que también se denomina enfoque fenomenológico, permite analizar el comportamiento del asfalto en pruebas de flexión repetidas. A partir de este análisis, se puede relacionar la vida útil a fatiga de la mezcla con la tensión de tracción aplicada, utilizando una ecuación de regresión sencilla:

$$N_f = A \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^b$$

*Ecuación 6*

Donde

- $N_f$  = número de ciclos hasta el fallo por fatiga en el laboratorio
- $\varepsilon_t$  = deformación inicial por tracción, y
- $A$  y  $b$  son el intercepto y la pendiente respectivamente, determinados por regresión lineal.

Esta relación es crucial para cualquier modelo que busque predecir la vida útil a fatiga, ya que la deformación por tracción en la capa asfáltica influye en el número permitido de repeticiones de tráfico, dependiendo de la rigidez del asfalto. Sin embargo, las constantes  $A$  y  $b$  que se relacionan con la vida a fatiga y la deformación inicial son específicas para cada tipo de mezcla asfáltica, así como para su composición volumétrica, el tipo de ligante y los parámetros utilizados en las pruebas de laboratorio.

Los criterios de diseño y rendimiento para el agrietamiento por fatiga en pavimentos asfálticos se han desarrollado a partir de las relaciones de fatiga obtenidas en laboratorio, considerando distintos niveles de temperatura y deformaciones dinámicas iniciales. Estas relaciones varían según el tipo de mezcla y las condiciones de prueba, lo que resulta en diferentes valores de intercepción y pendiente.

Un ejemplo de estos criterios, desarrollado en el Reino Unido para bases de carreteras de macadán bituminoso denso, es el trabajo de Powell et al., en 1984.

$$\log N = -9.38 - (4.16x \log \varepsilon_T)$$

*Ecuación 7*



donde

- $N$  = tráfico acumulado (en millones de ejes estándar), y
- $\epsilon_t$  = deformación admisible inducida por una carga de rueda estándar de 40 kN a una temperatura del pavimento de 20°C

### 2.3.2.2 Deformación y rigidez de la mezcla

Como se ha mencionado anteriormente, es fundamental que las relaciones de predicción de la vida útil a la fatiga consideren diversos factores, como las propiedades volumétricas de la mezcla, la temperatura, el tiempo de carga, el envejecimiento y el proceso de curación, entre otros. Dado que el asfalto presenta un comportamiento viscoelástico, a temperaturas y tiempos de carga moderados, la inclusión de la rigidez de la mezcla en la ecuación de predicción de la vida útil puede mitigar los efectos de la temperatura y el tiempo de carga. Varios investigadores han reconocido ampliamente la influencia de la rigidez del asfalto en las tensiones y deformaciones que se generan en la parte inferior de la capa de pavimento asfáltico.

En su revisión sobre la deflexión de la capa asfáltica y los datos de comportamiento de las secciones de prueba de carreteras AASTHO, (Kingham, 1973) concluyó que las tensiones o deformaciones horizontales críticas en la capa asfáltica, generadas por el tráfico vehicular, están notablemente afectadas por la rigidez del asfalto. Esta rigidez también varía con la temperatura, la velocidad de carga y la composición volumétrica de la mezcla. La respuesta a la fatiga de una mezcla asfáltica frente a cargas repetitivas en ensayos de laboratorio puede ser representada mediante una relación generalizada que integre la deformación aplicada y la rigidez de la mezcla, como lo proponen Monismith, Epps y otros en 1970

$$N_f = A \left( \frac{1}{\epsilon_t} \right)^b \left( \frac{1}{S_{mix}} \right)^c$$

*Ecuación 8*

Donde:

- $N_f$  = número de ciclos hasta el fallo por fatiga en el laboratorio
- $\epsilon_t$  = deformación por tracción
- $S_{mix}$  = rigidez inicial de la mezcla asfáltica

- A, b y c son constantes en función de las propiedades del material

Uno de los primeros avances en los modelos de predicción del agrietamiento por fatiga se originó a partir del trabajo realizado por NCHRP (Finn et al., 1977), con modelos de agrietamiento por fatiga fundamentados en ensayos de laboratorio y observaciones en el campo, expresados en términos del porcentaje de área agrietada. Los datos de fatiga de laboratorio utilizados fueron proporcionados por Monismith et al., 1972.

Las relaciones entre la deformación y la vida útil en fatiga para varias rigideces de mezcla se muestran en la Fig. 11.

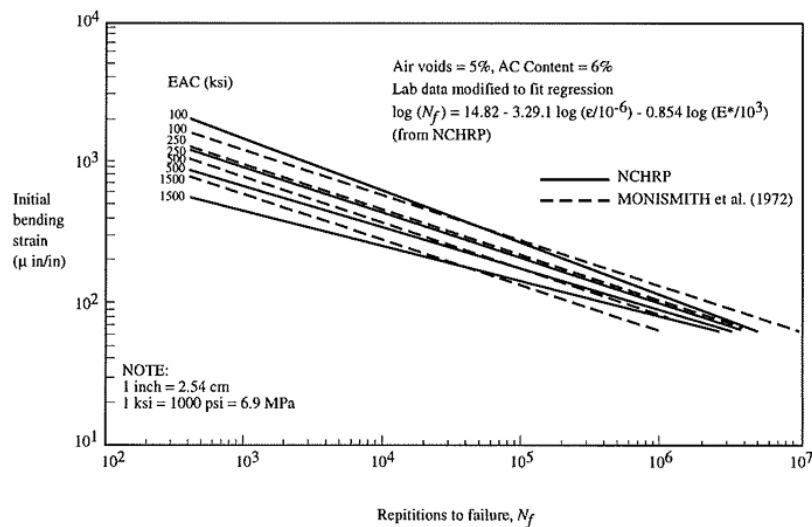


Figura 11. Relación deformación-fatiga para diversas rigideces del asfalto

Nota. Tomado de *Development of pavement structural subsystems* por Finn et al., 1986.

Es fundamental destacar que la ecuación básica para predecir la vida útil a la fatiga se deriva de ensayos de fatiga realizados en laboratorio. Este modelo predice el número de ciclos de carga hasta la aparición del agrietamiento inicial, es decir, el comienzo del agrietamiento. Posteriormente, el modelo de laboratorio se ajusta mediante un factor de ajuste para correlacionarlo con los distintos niveles de agrietamiento observados en el campo, lo que permite realizar una predicción del agrietamiento por fatiga en condiciones reales, como se detalla a continuación:

$$N_{field} = N_{lab} \times SF$$

Ecuación 9

Donde:

- $N_{\text{field}}$  = número de aplicaciones de carga para causar cierto porcentaje de agrietamiento por fatiga en la trayectoria de la rueda en la vía
- $N_{\text{lab}}$  = aplicaciones de carga obtenidas en el laboratorio
- SF= factor de ajuste (Shift Factor) de aproximadamente 3 a 10, dependiendo del espesor de la capa de asfalto, nivel de carga por ejes equivalentes (ESAL), clima y calidad de construcción.

### 2.3.2.3 Deformación, rigidez y volumen de asfalto

El contenido de aglutinante, o volumen de aglutinante, es un factor crucial que influye en el rendimiento a la fatiga del asfalto, debido a su impacto en la rigidez de la mezcla. Las mezclas asfálticas se consideran sistemas de tres componentes, donde el aglutinante, el agregado y el aire constituyen los elementos fundamentales. Con un contenido de vacío de aire específico, un menor contenido de aglutinante implica una mayor proporción de agregado, lo que a su vez resulta en una rigidez incrementada de la mezcla.

El impacto del aumento del contenido de aglutinante en el rendimiento a la fatiga varía según el modo de carga aplicado durante las pruebas de fatiga. En ensayos de deformación controlada, se anticipa que un mayor contenido de aglutinante resultará en una vida útil a la fatiga más prolongada, dado que la mezcla presenta una menor rigidez inicial a la flexión.

#### **a) Modelo de predicción de vida en fatiga de Shell**

Utilizando datos de ensayos de fatiga con deformación controlada en 13 mezclas diferentes de capas de base y rodadura empleadas en varios países, así como las relaciones entre: deformación, rigidez, volumen de asfalto y vida en fatiga, (Shell, 1978) desarrolló el modelo siguiente:

$$\varepsilon_{FAT} = \left( (0.856xV_b) + 1.08 \right) x (S_{mix})^{-0.36} x (N_{FAT})^{-0.2}$$

*Ecuación 10*

Esta relación ha sido integrada como un nomograma en el modelo de predicción de fatiga de Shell, y posteriormente en los años noventa, en el software de diseño de pavimentos flexibles de Shell. La relación que considera la deformación, la rigidez a la flexión de la mezcla y el volumen de aglutinante en la mezcla,  $V_b$ , es la siguiente:

$$N_f = \left[ \frac{6918(0.856xV_b + 1.08)}{S_{mix}^{0.35} x \mu \epsilon} \right]^5$$

*Ecuación 11*

Donde:

- $N_f$ = número admisible de repeticiones de la carga
- $\mu \epsilon$ = deformación por tracción producida por la carga (micro deformación)
- $V_b$ = porcentaje en volumen de betún en la mezcla asfáltica
- $S_{mix}$ = rigidez a la flexión de la mezcla (MPa)

Tomando en consideración las diferencias entre las repeticiones de carga y las condiciones ambientales en el campo, el modelo de Shell propone un factor de ajuste (SF) entre 10 y 20. El SF hacia una vida prolongada fue de 2 a 10 debido a la curación y a las cargas intermitentes, y 2.5 por las distribuciones transversales de las cargas por ruedas. Una reducción en la vida de diseño por un factor de 1 a 3 fue asignado a las variaciones de temperatura (promedio ponderado de la temperatura del aire anual) en el espesor de la capa asfáltica. Un factor de temperatura más bajo fue aplicado a las temperaturas bajas y moderadas y/o a espesores delgados de capa asfáltica, mientras que el factor más alto pudiera aplicarse a temperaturas más altas y espesores más gruesos.

#### **2.3.2.4 Deformación, rigidez y huecos rellenos de asfalto**

La rigidez a la flexión y la vida útil en fatiga también dependen del volumen de asfalto (incide en el espesor de la película) y del nivel de compactación de la mezcla (porcentaje de huecos de aire). Para una mezcla asfáltica con un contenido de aglutinante del 5% (en peso) y un 5% de huecos de aire, una reducción del 1% en el contenido de aglutinante, junto con un aumento del 1% en los huecos de aire, resultaría en una disminución del 39% en la vida a la fatiga. Además, se podría anticipar una reducción del 70% en la vida a la fatiga si se presenta la misma disminución del contenido de aglutinante, pero con un incremento de 3% en los huecos de aire (Harvey et al., 1995).

El volumen de asfalto ( $V_b$ ) y los vacíos de aire ( $V_a$ ) en la mezcla pueden expresarse como vacíos rellenos de asfalto (VFB), donde:

$$VFB = \frac{V_b}{(V_b + V_a)}$$

*Ecuación 12*

Se ha demostrado que la vida útil en fatiga se incrementa con el aumento VFB en la mezcla (Tayebali et al., 1992), siendo este parámetro valioso en los modelos de predicción de la vida en fatiga (The Asphalt Institute, 1981; SHRP, 1994; Said, 1997)

### **a) Modelo de predicción de vida en fatiga del Instituto del Asfalto**

Este modelo (Asphalt Institute 1981) también se fundamenta en la deformación y la rigidez, pero considera además el impacto del VFB en la fatiga e incluye también un factor de ajuste (SF) de los resultados del laboratorio a las condiciones de campo utilizando la ecuación:

$$SF = 18.4x(10^M)$$

*Ecuación 13*

Siendo:

$$M = 4.84x(VFB - 0.69)$$

*Ecuación 14*

El modelo del Instituto del Asfalto viene dado por la siguiente ecuación:

$$N_f = 18.4x10^M x(4.325x10^{-3}x(\epsilon)^{-3.291}xE^{-0.854})$$

*Ecuación 15*

Donde:

Nf = número de ejes simples equivalentes de 18,000 lb,

ε= deformación por tracción en la capa asfáltica, (in/in), y

E= modulo dinámico de la mezcla asfáltica (psi).

Para una mezcla asfáltica con Va igual a 5% y Vb igual a 11%, el valor de M es cero, lo que resulta en un SF de 18,4 para un 20% o más de agrietamiento por fatiga, calculado sobre el área total del pavimento.

## **b) Modelo de predicción de vida en fatiga de AASHTO 2002**

La enorme magnitud de los gastos anuales en pavimentos justifica la aplicación de los mejores procedimientos de diseño posibles. Por esta razón, la NCHRP de los EE.UU. emprendió el Proyecto 1-37A, que permitió en su momento el desarrollo de una nueva guía de diseño, conocida como AASHTO 2002 Pavement Design Guide.

El modelo de fatiga incorpora modificaciones importantes. Dado que los pavimentos delgados y gruesos muestran un comportamiento diferente cuando se analizan con el modelo fenomenológico convencional, pasando de una deformación constante en capas asfálticas delgadas a tensiones constantes en capas gruesas, se decidió incluir una variable que se relacione con los espesores. Además, en AASHTO 2002 las ubicaciones críticas pueden estar en la superficie y provocar grietas de arriba hacia abajo (descendentes) o en la parte inferior de la capa asfáltica y provocar grietas de abajo hacia arriba (ascendentes), constituyéndose en la primera norma de diseño que consideraba estos dos tipos de fatiga.

Dicho modelo en general puede asumirse como:

$$N_f = C k_1 \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{k_2} \left( \frac{1}{E} \right)^{k_3}$$
$$N_f = \beta_{f1} k_1 (\varepsilon_t)^{\beta_{f2} k_2} (E)^{\beta_{f3} k_2}$$

*Ecuación 16*

donde:

$N_f$  = número de repeticiones hasta el agrietamiento por fatiga.

$\varepsilon_t$  = deformación por tracción en el lugar crítico.

$E$  = rigidez del material.

$k_1, k_2, k_3$  = coeficientes de regresión de laboratorio.

$\beta_{f1}, \beta_{f2}, \beta_{f3}$  = parámetros de calibración.

$C$  = factor de ajuste de laboratorio a campo.

La relación utilizada para la predicción del número de repeticiones al agrietamiento por fatiga se obtuvo a partir de ajustes y adecuaciones al modelo del Instituto del Asfalto, que se basa en el criterio de esfuerzo constante. La ecuación final se puede expresar como:

$$N_f = 0.00432 * k'_1 * C * \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3.9492} * \left(\frac{1}{E}\right)^{1.281}$$

Ecuación 17

$$C = 10^M$$

Ecuación 18

$$M = 4.84 \left( \frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.69 \right)$$

Ecuación 19

donde:

Vb = contenido efectivo de ligante asfáltico (%).

Va = vacíos de aire (%).

En esta ecuación se ha introducido el parámetro "k'1" para proporcionar una corrección para diferentes efectos del espesor de la capa de asfalto

#### **Agrietamiento de abajo hacia arriba (bottom-up)**

$$k'1 = \frac{1}{0.000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{(11.02 - 3.49 * hac)}}$$

Ecuación 20

#### **Agrietamiento de arriba hacia abajo (top-down)**

$$k'1 = \frac{1}{0.01 + \frac{12}{1 + e^{(15.676 - 2.8186 * hac)}}$$

Ecuación 21

Siendo "hac" es el espesor total de la capa asfáltica en pulgadas.

#### **c) Modelo de predicción de vida en fatiga de AASHTO 2008**

Según el documento "A Manual of Practice" de AASHTO, julio 2008, el número permitido de aplicaciones de carga por eje necesarias para el fallo por fatiga se muestra en la ecuación:

$$N_f = k_{f1}(C)(C_H)B_{f1}(\epsilon_t)^{k_{f2}B_{f2}}(E)^{k_{f3}B_{f3}}$$

Ecuación 22

Donde:

$N_f$  = número de repeticiones de aplicaciones de carga por eje, para pavimentos flexibles y recapeos.

$\epsilon_t$  = deformación unitaria por tensión en la posición crítica y calculados con un modelo de respuesta estructural (in/in).

$E$  = módulo dinámico de la mezcla asfáltica medido a compresión (psi).

$k_{f1}$ ,  $k_{f2}$ ,  $k_{f3}$  = parámetros globales de calibración

$$k_{f1} = 0.007566, k_{f2} = -3.9492 \text{ y } k_{f3} = -1.281$$

$\beta_{f1}$ ,  $\beta_{f2}$ ,  $\beta_{f3}$  = constantes de calibración de campo específicos de la mezcla

$$C = 10^M$$

$$M = 4.84 \left( \frac{V_{be}}{V_a + V_{be}} - 0.69 \right)$$

$V_{be}$  = contenido de asfalto efectivo en volumen (%)

$V_a$  = porcentaje de vacíos con aire (%)

$C_H$  = factor de corrección para los diferentes espesores de capa cual depende el tipo de agrietamiento

La ecuación requiere más afinamientos por calibraciones que la versión de 2002.

#### **Agrietamiento de abajo hacia arriba (bottom-up)**

$$C_H = \frac{1}{0,000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{(11.02 - 3.49H)}}$$

#### **Agrietamiento de arriba hacia abajo (top-down)**

$$C_H = \frac{1}{0,01 + \frac{12.00}{1 + e^{(15.676 - 2.8186H)}}$$

Siendo  $H$  es espesor total de la capa de asfalto en pulgadas.



#### **d) Modelo de predicción de vida en fatiga de AASHTO 2015**

Según el documento “A Manual of Practice” de AASHTO, agosto 2015, se mantienen las mismas expresiones de cálculo que en AASHTO 2008, con la diferencia de los valores de los parámetros globales de calibración de campo, que son corregidos y ahora pasan a ser:

$$kf1 = 0.007566, kf2 = +3.9492 \text{ y } kf3 = +1.281$$

#### ***2.3.3 Predicción de la vida en fatiga utilizando energía disipada***

##### **2.3.3.1 Generalidades**

Los enfoques que se centran en la energía disipada durante el proceso de fatiga sugieren una relación directa entre la vida útil de un material sometido a fatiga y la cantidad total de energía acumulada que es capaz de disipar antes de fallar. Este concepto se aplica independientemente de las condiciones específicas de las pruebas cíclicas, como el tipo de prueba seleccionada o la temperatura a la que se realiza la prueba. Esencialmente, este método supone que el comportamiento a la fatiga de un material está intrínsecamente relacionado con su capacidad para absorber y liberar energía, lo que lo convierte en un criterio para evaluar su resistencia en diferentes escenarios de prueba.

##### **2.3.3.2 Energía disipada**

La energía disipada durante un ciclo de un ensayo de fatiga se calcula mediante una ecuación que corresponde al área del bucle de histéresis en la curva tensión-deformación, la cual describe el comportamiento cíclico del material. Esta ecuación (23) permite determinar la cantidad de energía transformada en cada ciclo, ya sea en forma de calor u otros mecanismos de disipación (Vargas, 2014).

$$W_i = \pi \cdot \sigma_i \cdot \epsilon_i \cdot \sin \phi_i$$

*Ecuación 23*

donde:

$W_i$  = energía disipada en el ciclo  $i$

$\sigma_i$  = nivel de esfuerzo en el ciclo  $i$

$\epsilon_i$  = nivel de deformación en el ciclo  $i$

$\phi_i$  = ángulo de fase en el ciclo  $i$

De manera gráfica, la energía disipada es representada por el área dentro de la curva de histéresis, formada por la relación entre esfuerzo y deformación para cada ciclo de carga y descarga, como se muestra en la Figura 12.

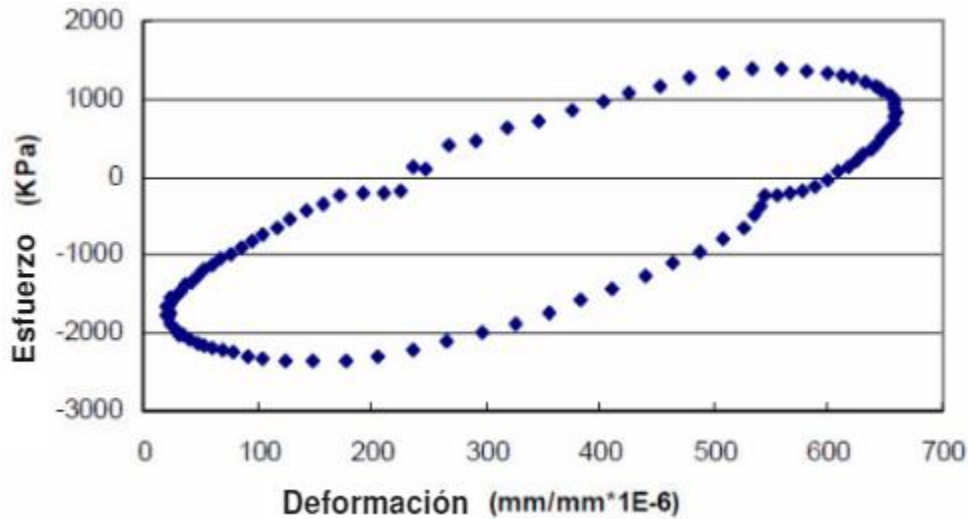


Figura 12. Curva de histéresis esfuerzo-deformación

Nota. Tomado de *Dissipated Energy Concepts for HMA Performance: Fatigue and Healing* por Shen y Carpenter, 2007.

Para el caso de ensayos realizados a deformación controlada, la curva de energía disipada en función de los ciclos de carga, crece hasta encontrar un valor máximo donde es constante, valor que indica el lugar donde se produce el fallo. Por otra parte, para ensayos a tensión controlada, la energía aumenta con cada ciclo de carga hasta un punto donde crece de forma exponencial, indicando el ciclo donde se produce el fallo (Reyes, 2009)

### 2.3.3.3 Modelos de predicción

#### **a) Factor de intensidad de estrés cíclico ( $K_{IC}^*$ )**

El modelo ampliamente utilizado del Asphalt Institute Ec. (24) se utilizó como base para desarrollar un modelo para estimar el factor de intensidad de tensión cíclica ( $K_{IC}^*$ ) que se calcula a partir de la prueba de fatiga. Utilizando un análisis de sensibilidad, se encontró que la carga estática última (monotónica) ( $P_{max}$ ) y el módulo dinámico ( $|E^*|$ ) a la misma carga, la frecuencia de aplicación a la prueba cíclica podría

utilizarse eficazmente para estimar la  $K_{IC}^*$ . El modelo se describe en la Ec. (25). (Abdo y Jung, 2013)

$$N_f = 0.0796(\varepsilon_t)^{-3.291}(|E^*|)^{-0.854}$$

*Ecuación 24*

Donde,

$N_f$ : número de carga aplicada a la falla.

$\varepsilon_t$ : deformación por tracción en la parte inferior de la capa de mezcla asfáltica.

$|E^*|$ : módulo dinámico de la mezcla asfáltica.

$$K_{IC}^* = 2.11 \times 10^6 (P_{max})^{0.584339} (|E^*|)^{-4.8}$$

*Ecuación 25*

donde,

$K_{IC}^*$ : factor de intensidad de tensión para ensayos de fatiga (cíclico) (MPa.m<sup>0,5</sup>)

$P_{max}$ : carga monótona (fractura) última (N)

$|E^*|$ : módulo dinámico de la mezcla asfáltica a 1Hz (MPa).

### **b) Número de ciclos hasta el fallo (nf)**

Este modelo se desarrolló utilizando un enfoque presentado por (Van Dijk et al., 1972). Desarrollaron un modelo que predijo el número de ciclos hasta el fallo en una prueba de fatiga de mezclas de betún y asfalto y agregados basado en los conceptos de energía disipada ( $W_{fat}$ ) de la siguiente manera:

$$W_{fat} = AN_f^Z$$

*Ecuación 26*

Donde,

$W_{fat}$ : Energía disipada total hasta la falla (J)

$N_f$ : Número de ciclos hasta la falla

$A$ : Coeficiente de ajuste del material (J)

$Z$ : Exponente de ajuste, relacionado con el mecanismo de fatiga

Suponiendo que la energía total de la deformación en una prueba monotónica se disipa en su mayor parte, el modelo de Van Dijk se modificó para que coincidiera con esa suposición como se muestra en la Ec. (27)

$$N_f = 16.835 \left( \frac{U}{t} \right)^{1.871}$$

*Ecuación 27*

# CAPÍTULO III

## MÓDULO DINÁMICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO REPRESENTATIVAS

### 3.1 Introducción

El módulo elástico es un parámetro mecánico fundamental para estudiar el comportamiento de mezclas asfálticas en caliente y simular su comportamiento viscoelástico bajo diferentes condiciones térmicas y de carga. Es una herramienta principal para analizar el comportamiento de las capas asfálticas en las carreteras bajo las cargas del tráfico vehicular y las variaciones de temperatura. Sin embargo, las pruebas de laboratorio para determinar este parámetro requieren mucho tiempo y son muy costosas. Por esta razón se han desarrollado varios modelos predictivos para estimar el módulo dinámico, desde modelos reológicos hasta modelos de regresión empíricos.

### 3.2 Determinación de los módulos dinámicos de las mezclas

Muchos investigadores han explorado métodos para predecir el módulo, con miras a obtener un valor que pueda usarse en el diseño de pavimentos (Witczak y Bari, 2004; Cho, Park y Hwang, 2010). Las investigaciones han establecido que existen tres métodos principales de predicción: ecuaciones de predicción empíricas (basadas en análisis de regresión), métodos de predicción mesomecánicos (basados en la teoría de materiales compuestos) y simulación numérica (basada en tecnología informática) (Wu et al., 2024).

Los modelos de Witczak para NCHRP 1-37A (Andrei et al., 1999) y NCHRP 1-40D (Bari Y Witczak, 2007) son los modelos más populares para predecir el módulo dinámico de una mezcla asfáltica virgen convencional. Estos dos modelos de regresión empírica se basan en una función sigmoidea. La buena capacidad de predicción de estos métodos ha llevado a su incorporación a la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico-Mecánico (MEPDG) reconocida por AASHTO para el diseño de pavimentos.

#### 3.2.1 Ecuación de predicción de Witczak

El modelo se desarrolló sobre la base de 2.750 puntos de datos  $E^*$  medidos de 205 mezclas diferentes de mezcla asfáltica caliente, incluidos aglutinantes modificados y no modificados, que han sido recopilados periódicamente por Witczak y sus colegas desde 1969. Predice  $E^*$  a diferentes temperaturas en función de la gradación del agregado de la

mezcla, las propiedades volumétricas, la frecuencia de carga y la viscosidad del aglutinante. El modelo es el siguiente:

$$\log_{10} E^* = -1249937 + 0.02923\rho_{200} - 0.001767(\rho_{200})^2 - 0.0022841\rho_4 - 0.058097V_a - 0.82208 \frac{V_{beff}}{V_{beff} + V_a} + \frac{3.871977 - 0.0021\rho_4 + 0.003958\rho_{38} - 0.000017(\rho_{38})^2 + 0.00547\rho_{34}}{1 + e^{(-0.603313 - 0.313351 \log f - 0.393532 \log \eta)}}$$

*Ecuación 28*

Nota. Tomado de *Implementation of the MEPDG for Flexible Pavements in Idaho* por Bayomy et al., 2012.

Donde:

- $E^*$  = Módulo dinámico del asfalto,  $10^5$  psi
- $\eta$  = Viscosidad del asfalto envejecido a la edad y temperatura de interés,  $10^6$  poise
- $f$  = Frecuencia de carga, Hz
- $V_a$  = Porcentaje de vacíos de aire en la mezcla, por volumen
- $V_{beff}$  = Porcentaje de contenido efectivo de aglutinante, por volumen
- $\rho_{3/4}$  = Porcentaje retenido acumulado en el tamiz  $3/4''$  (19.1 mm)
- $\rho_{3/8}$  = % retenido acumulado en el tamiz  $3/8''$  (9.5 mm)
- $\rho_4$  = % retenido acumulado en el tamiz No. 4 (4.76 mm)
- $\rho_{200}$  = % pasante del tamiz No. 200 (0.074 mm)

La principal complejidad de este modelo es que caracteriza el aglutinante en términos de la viscosidad ( $\eta$ ).

### 3.2.2 Viscosidad ( $\eta$ )

La viscosidad es una propiedad de los fluidos que explica la relación entre la fuerza aplicada para moverlos y la velocidad con que se mueven. Un fluido con una viscosidad alta resiste el movimiento porque su composición molecular le da mucha fricción interna y viceversa. O sea, la viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido a desplazarse.

Esta propiedad en el asfalto es fundamental por su impacto en el proceso de mezclado en planta (bombeo a través de tuberías y mezclado con los agregados minerales) así como la compactación de la mezcla y su comportamiento a futuro. Esta última etapa es crucial debido a que con el envejecimiento de la mezcla en obra la viscosidad va aumentando. En la práctica el impacto del envejecimiento en la viscosidad es difícil de

evaluar, por lo que en los controles usuales solo se mide la viscosidad a 60°C después del ensayo de envejecimiento en el horno de película delgada rotatoria (AASHTO T 240, 2021), que simula la viscosidad del asfalto luego del proceso de mezclado y colocación en obra. Para considerar otros tiempos (meses o años) en obra, se requerirá recuperar el asfalto a través de métodos estandarizados, como con equipo Rotavapor (D5404/D5404M-12, 2017).

Un detalle importante es que el método usual para determinar viscosidad con el equipo Brookfield requiere un volumen de asfalto relativamente elevado respecto al que se necesitaría para utilizar un reómetro de corte dinámico (DSR). En este último, el número de parámetros medidos es considerablemente mayor, así como las condiciones de ensayo: temperatura y frecuencia de carga. Por ejemplo, en una investigación realizada en el Laboratorio de Carreteras de la UCSG (Vila y Mera, 2024) sobre asfaltos con diferentes tiempos de envejecimiento en obra, se realizaron en el DSR barridos de frecuencias de 0.1 Hz hasta 37.5 Hz, variando las temperaturas entre 10°C y 70°C con incrementos de 10°C, sobre las muestras recuperadas.

Por esta razón, se consiguió, luego de una búsqueda exhaustiva, se encuentra la ecuación 29 que permite obtener la viscosidad a partir de las corridas del DSR y así poder emplear la ecuación 28. La expresión (29) se muestra a continuación.

$$|Gb^*| = 0.0051f_s\eta_{f_s,T}(\sin \delta)^{7.152-0.4929f_s+0.0211f_s^2}$$

*Ecuación 29*

Nota. Tomado de *New Predictive Models for Viscosity and Complex Shear Modulus Of Asphalt Binders* por Bari y Witczak, 2007.

Donde:

$|Gb^*|$  = Modulo de corte dinámico (Pa), (Para un  $|Gb^*|$  calculado > 1GPa, use  $|Gb^*|$  = 1Pa)

$f_s$  = frecuencia de la cizalladura dinámica (Hz) usada para determinar  $|Gb^*|$  y  $\delta_b$ .

$\eta_{f_s,T}$  = viscosidad del ligante asfáltico (cP) en función de la frecuencia de carga “ $f_s$ ” (Hz) y de la temperatura “T” (°C).

$\delta_b$  = ángulo de fase (grados)

### 3.2.3 Tráfico

El tráfico diario afecta a las capas asfálticas, sobre todo en rutas principales con muchos vehículos pesados. El peso y la fricción que generan los vehículos pueden desgastar la superficie y también agrietarla o deformarla en función del clima y la calidad de la mezcla. Además, acciones como frenar o girar generan más presión sobre el pavimento y aceleran su deterioro. Por eso, es clave usar mezclas resistentes que soporten adecuadamente las cargas del tráfico dependiendo de las necesidades del diseño.

El tráfico usado en este trabajo de investigación parte de datos recopilados de la vía principal E25 de la costa ecuatoriana, estos datos corresponden a la estación de peaje de Yaguachi y se presentan en la Figura 13, donde se puede observar que en el eje de las ordenadas está representando el porcentaje de vehículos pesados y en las abscisas el tiempo en horas.

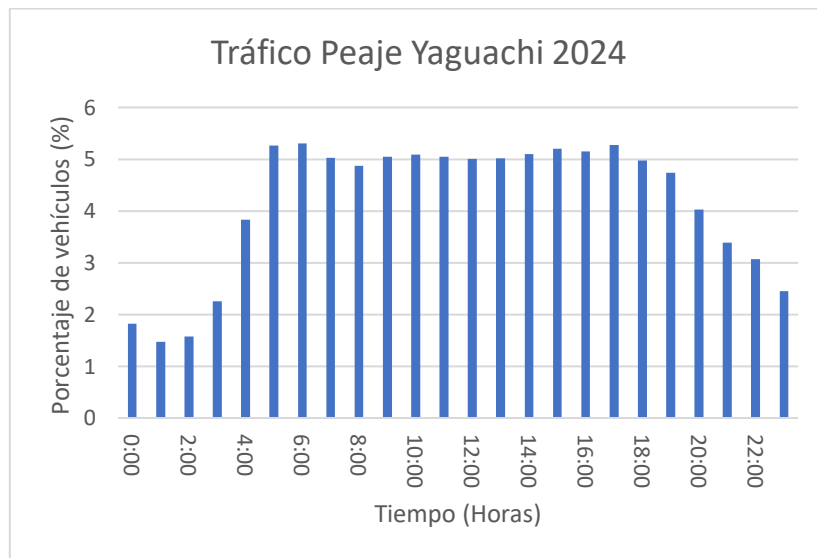


Figura 13. Porcentaje de vehículos pesados que pasan durante 24h en el transcurso de 15 días

Nota. Elaboración propia.

La velocidad vehicular es otro factor importante a tomar en cuenta. Considerando la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (ANT, 2018), se seleccionó la velocidad de 70 km/h, correspondiente a la máxima para vehículos de transporte de carga en vías perimetrales y en carreteras (tramos rectos).

En el documento NCHRP 1-37 A la relación entre tiempo de carga aplicado “ $t$ ” (s), la frecuencia”  $f_s$ ” (Hz) y la frecuencia angular “ $\omega$ ” (rad/s) utilizada es:



$$t = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2\pi f_s}$$

*Ecuación 30*

Ya que también:

$$t = 10^{(0.005h-0.2-0.94V_{op})}$$

*Ecuación 31*

Donde:

$h$ =Profundidad de análisis en la capa asfáltica, mm

$V_{op}$ =Velocidad de operación, km/h

Considerando la velocidad de 70 km/h y en una profundidad representativa de 25 mm se obtendría un tiempo de carga “ $t$ ” de 0.016 s que implica una frecuencia “ $f_s$ ” de 10 Hz, valor que será tomado en cuenta en los próximos análisis.

### ***3.2.4 Efecto de la temperatura***

La temperatura tiene una influencia importante en el estado del asfalto y por ende de la mezcla, así como de su comportamiento con el tiempo. Cuando hace mucho calor, el asfalto se ablanda, lo que puede provocar que se deforme. En cambio, cuando hace mucho frío, se vuelve rígido y frágil, aumentando las posibilidades de que se quiebre. Además, los cambios constantes entre calor y frío generan tensiones que aceleran las fisuras. Por eso es importante usar mezclas asfálticas que se adapten bien al clima de cada lugar.

En todos los lugares del Ecuador las temperaturas promedio del aire de un mes a otro son relativamente constantes. Sin embargo, las fluctuaciones diarias de temperatura a lo largo de las 24 horas son mucho más pronunciadas. Por esta razón, el ciclo diario de cambio de temperatura es mucho más importante que la variación a lo largo del año de la temperatura promedio (Vila, 2017).

En el trabajo de tesis de José Gabriel Jaramillo Briceño “Estudio del comportamiento de las capas asfálticas ante las deformaciones plásticas en las diferentes regiones del Ecuador” se presentaron mediciones de temperatura en el ambiente y en la capa asfáltica a diferentes profundidades. Los resultados correspondientes a las mediciones en la región costa se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. *Datos de temperatura en el asfalto en la región Costa*

Horas	Temperatura °C				
	Ambiente	Superficial	5cm	10cm	15cm
00:00	22.6	28.2	30	32	33
01:00	22.6	28.2	29.2	31.2	32
02:00	22.6	28.4	29	31	31.7
03:00	22.8	29.2	28.7	30.4	31.3
04:00	23	29.3	28.7	30.2	31
05:00	22.9	29	28.4	30	30.6
06:00	23	29.2	28.2	29.6	30.3
07:00	23	29	28.3	29.5	30.3
08:00	23.5	29.1	28.6	29.3	30.3
09:00	25.2	33.4	30.4	30.2	30.2
10:00	27.4	37.7	32.7	31.5	31.2
11:00	30	45	36.8	33	32.2
12:00	30.3	47.4	42	37	35
13:00	30.4	52	43.4	38.5	36.5
14:00	31	56.7	44.6	40.2	37.2
15:00	31.8	57	47	42	38.8
16:00	30.8	53.5	45.4	42.8	40
17:00	29.4	48	43	42	40.2
18:00	28.4	38.6	40	40.2	39.6
19:00	26.4	33.5	37	38.4	38.4
20:00	24.6	32	34.8	36.4	37
21:00	24.4	31	33	35	35.8
22:00	23.4	29.2	32	34	34.8
23:00	23.4	29.1	31	32.9	33.7

Nota. Tomado de “Estudio del comportamiento de las capas asfálticas ante las deformaciones plásticas en las diferentes regiones del Ecuador por Jaramillo, 2015.

### 3.2.5 *Temperaturas estimadas*

La interacción entre el tráfico vehicular y la temperatura en la capa asfáltica está influenciada de manera crucial por la hora específica que se considere. La misma no solo determina ciertas condiciones climáticas como la temperatura y la exposición solar, que afectan directamente la mezcla, sino que también se asocia a los patrones de tráfico.

Para extraer los datos necesarios de los ensayos de DSR, y usarlos en la fórmula Ec. (32) para hallar la viscosidad, es necesario determinar una temperatura representativa de los datos. Para ello se empleó la media ponderada de la temperatura de la capa a diferentes profundidades, respecto al porcentaje de vehículos pesados por hora, obteniéndose los resultados que aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. *Temperaturas del pavimento a diferentes profundidades*

Temperatura	
Profundidad (cm)	T (°C)
0	38.6
5	37.5
10	35.0
15	34.5

Nota. Elaboración propia

### 3.3 Estructuras de pavimento representativas

Los pavimentos flexibles de las vías principales en el Ecuador generalmente presentan espesores totales grandes en sus capas asfálticas, compuestas por una serie de capas que de refuerzo que se han ido acumulando en los trabajos de rehabilitación durante muchos años. Esto ha generado en los pavimentos espesores de capa asfáltica usualmente entre 15 y 25 cm, e incluso mayores en algunos casos.

En un trabajo de titulación desarrollado en el Laboratorio de Carreteras de la UCSG (Naranjo, 2020) se analizaron los resultados de evaluaciones de daños en tramos de carreteras concesionadas en la provincia Guayas del Ecuador, entre 2000 y 2010, realizadas mediante el sistema PAVER por el Ing. Rolando Vila, donde los problemas evaluados fueron mayormente los agrietamientos descendentes. Ver Tabla 5. En dichas vías los espesores totales de capa asfáltica variaron entre 15 y 25 cm

Este trabajo (Naranjo, 2020) permitió determinar las relaciones existentes entre las cargas actuantes, a través del número de ejes equivalentes de 82 kN (ESAL), con los porcentajes de áreas deterioradas por agrietamientos descendentes o TDC en los diferentes tramos de vías seleccionados. Ver Figura 14. La línea de tendencia general que se obtuvo para todos los puntos independientes presentó un coeficiente de determinación  $R^2$  del 74.7%, que puede considerarse un valor aceptable para este tipo de análisis ya que existen muchas variables interrelacionadas.

Tabla 5. *Diferentes vías analizadas de varias vías principales de la región Costa*

No. de la sección	Vía	Tiempo (años)	Área dañada (%)	Repeticiones acumuladas de EE
1	<b>"Durán-Boliche"</b> Calzada sur km 11,3 a 16,1 (2002-2009)	0	0	0
		2	0,1	1.339.653
		4	2,0	3.059.249
		7	24,3	5.998.550
2	<b>"Durán-Boliche"</b> Calzada norte km 6,8 a 11,3 (2002-2009)	0	0	0
		2	0	1.339.653
		4	7,1	3.059.249
		5	10,9	4.012.879
3	<b>"Durán-Boliche"</b> Calzada norte km 11,3 a 16,1 (2002-2007)	0	0	0
		2	0	1.339.653
		4	3	3.059.249
		5	7,1	4.012.879
4	<b>"Km 26-Puerto Inca"</b> km 5,6 a 10,9 (2000-2005)	0	0	0
		4	2,9	2.782.592
		5	6,2	3.651.841
5	<b>"Km 26-Puerto Inca"</b> km 5,6 a 10,9 (2005-2010)	0	0	0
		2	2,5	1.995.402
		4	10,7	4.390.028
5	<b>"Km 26-Puerto Inca"</b> km 5,6 a 10,9 (2005-2010)	5	27,1	6.241.539
		6		
		6		
6	<b>"Durán-Jujan"</b> km 31,5 a 34,1 (2000-2006)	0	0	0
		4	8,2	3.714.939
		6	20,8	5.781.995
7	<b>"Guayaquil-Empalme"</b> km 60,0 a 62,2 (2000-2007)	0	0	0
		4	0,4	3.083.475
			7,5	5.041.833
7	<b>"Guayaquil-Empalme"</b> km 60,0 a 62,2 (2000-2007)	7	14,4	6.066.099
		6		
		6		
8	<b>"Guayaquil-Empalme"</b> km 62,2 a 69,2 (2000-2007)	0	0	0
		4	0,5	3.083.475
		6	5,3	5.041.833
8	<b>"Guayaquil-Empalme"</b> km 62,2 a 69,2 (2000-2007)	7	10,8	6.066.099
		6		
		6		
9	<b>"Guayaquil-Empalme"</b> km 69,2 a 71,0 (2000-2007)	0	0	0
		4	1,1	3.083.475
		6	7,1	5.041.833
		7	13,7	6.066.099

Nota. Tomado de *Agrietamiento por fatiga top-down en pavimentos asfálticos* por Naranjo, 2020.

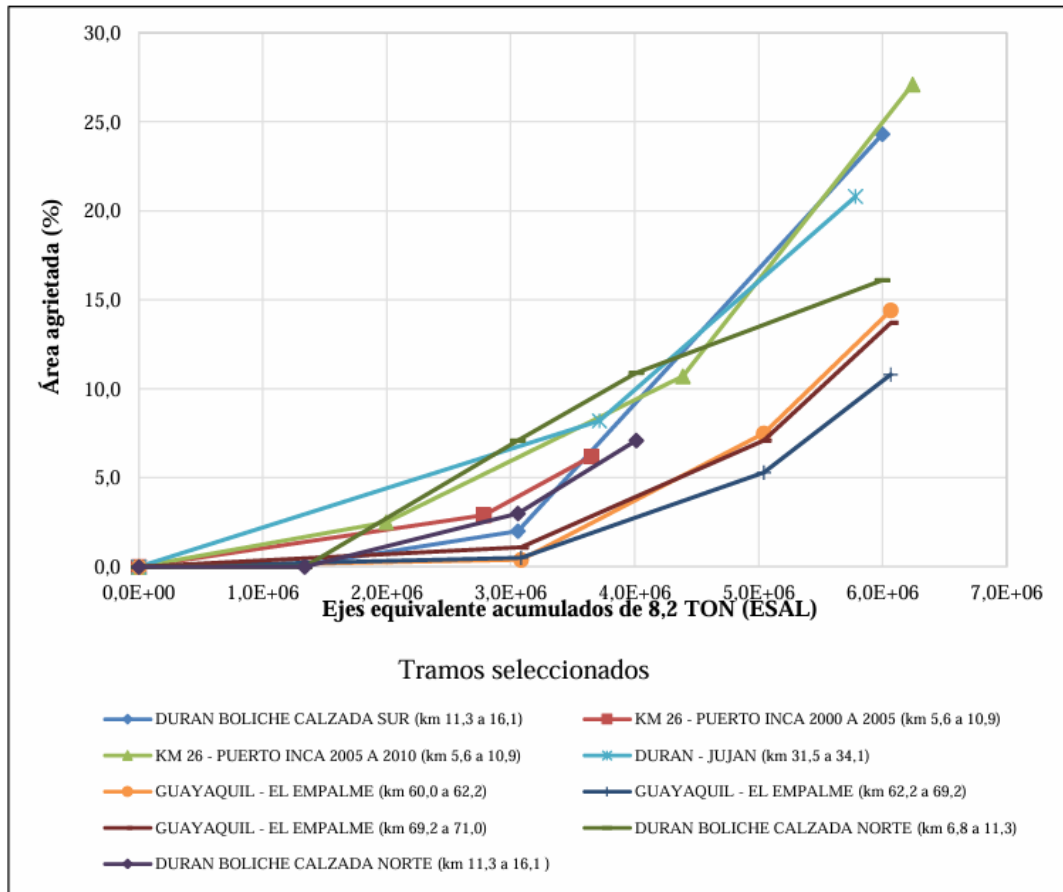


Figura 14. Variación de los deterioros con los ESAL en las vías de la Costa

Nota. Tomado de *Agrietamiento por fatiga top-down en pavimentos asfálticos* por Naranjo, 2020.

Después de analizar las estructuras características de nuestros pavimentos en vías principales, se seleccionaron tres combinaciones diferentes que corresponden a capas asfálticas de 15 cm, 20 cm y 25 cm, sobre un espesor total de agregados (base más subbase) de 60 cm. Como se mencionó anteriormente, los espesores gruesos son causa de los repapeos a través de los años, por lo tanto, para aproximarnos lo más posible a los escenarios de nuestras vías, hay que tener en cuenta su envejecimiento. En este sentido se decidió trabajar con dos casos diferentes.

En el envejecimiento estipulado para el primer caso se considera la primera capa asfáltica recién rehabilitada con una mezcla “fresca” de 5 cm con 0 años de envejecimiento, la segunda y tercera capa con espesores entre 5 cm y 10 cm con 4 y 8 años de envejecimiento respectivamente. El segundo caso, de la misma forma, la primera, segunda y tercera capa mantienen su espesor, sin embargo, los años de envejecimiento

para la segunda capa es de 8 años y la tercera 15 años, conservando la primera capa con 0 años de envejecimiento.

Los tiempos empleados en ambos casos corresponden al de asfaltos recuperados de mezclas puestas en obra en la región costera con diferentes años de colocación, producto de un proyecto de investigación (Vila y Mera, 2024). A los asfaltos recuperados se les realizaron detallados estudios reológicos con DSR y otros equipos, de donde se obtuvieron los datos necesarios para poder utilizar la ecuación 32.

### 3.4 Datos obtenidos del reómetro de corte dinámico (DSR)

El DSR es un instrumento que evalúa las propiedades reológicas del ligante, este análisis permite determinar cómo se comporta el asfalto en diferentes condiciones de temperatura y frecuencia de carga, los cuales son aspectos fundamentales para el diseño y desempeño de los pavimentos. Este equipo mide parámetros claves como el módulo complejo ( $G^*$ ), que combina los comportamientos elásticos ( $G'$ ) y viscosos ( $\eta$ ), así como el ángulo de fase ( $\delta$ ), que describe el equilibrio entre ambas respuestas.

De las investigaciones antes mencionadas, realizadas en el Laboratorio de Carreteras de la UCSG, se obtuvieron las salidas (barridos) de resultados del DSR para muestras de asfalto con 0, 4, 8 y 15 años de envejecido, que se recogen en el ANEXO 1. Un ejemplo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. *Ejemplo de salida de datos de prueba de DSR para envejecimiento de 0 años*

Data - DSR							
Point No.	Temperature [°C]	Frequency (Hz)	Phase Shift Angle [°]	Complex Shear Modulus [Pa]	Storage Modulus [Pa]	Loss Modulus [Pa]	Angular Frequency [rad/s]
1	10.0	3.75E+01	37.5	3.63E+07	2.96E+07	2.11E+07	236
2	10.0	3.00E+01	37.21	3.43E+07	2.80E+07	1.97E+07	188
3	10.0	2.50E+01	37.43	3.22E+07	2.62E+07	1.87E+07	157
4	10.0	2.00E+01	37.21	2.96E+07	2.42E+07	1.71E+07	126
5	10.0	1.50E+01	37.31	2.71E+07	2.21E+07	1.56E+07	94
6	10.0	1.00E+01	37.79	2.32E+07	1.88E+07	1.36E+07	63
7	10.0	5.00E+00	38.79	1.76E+07	1.41E+07	1.06E+07	31
8	10.0	1.00E+00	41.82	8.97E+06	6.89E+06	5.74E+06	6
9	10.0	5.00E-01	43.21	6.60E+06	4.96E+06	4.35E+06	3
10	10.0	0.10	46.38	3.13E+06	2.23E+06	2.19E+06	1
1	20.0	3.75E+01	44.11	1.26E+07	9.38E+06	8.47E+06	236
2	20.0	3.00E+01	44.72	1.16E+07	8.51E+06	7.86E+06	188
3	20.0	2.50E+01	44.96	1.07E+07	7.85E+06	7.31E+06	157
4	20.0	2.00E+01	45.28	9.71E+06	7.07E+06	6.66E+06	126
5	20.0	1.50E+01	45.6	8.58E+06	6.21E+06	5.91E+06	94
6	20.0	1.00E+01	46.05	7.13E+06	5.12E+06	4.96E+06	63
7	20.0	5.00E+00	46.97	5.14E+06	3.64E+06	3.64E+06	31
8	20.0	1.00E+00	49.44	2.29E+06	1.55E+06	1.69E+06	6
9	20.0	5.00E-01	50.44	1.61E+06	1.07E+06	1.21E+06	3
10	20.0	0.10	53.27	6.71E+05	4.20E+05	5.23E+05	1

Nota. Elaboración propia

### 3.5 Determinación de la viscosidad y módulos dinámicos

Posteriormente a la recopilación de los datos, podemos hacer uso de la ecuación de Witczak (29) para calcular la viscosidad realizando su respectivo despeje, mostrado en la ecuación 32.

$$\eta = \frac{G_b^*}{0.0051 * f_s + (\sin \delta)^{7.1542 - 0.04929f_s + 0.0211f_s^2}}$$

Ecuación 32

Hay que tener en cuenta que los resultados del DSR ofrecen temperaturas que varían cada 10°C, en consecuencia, se realiza la determinación de la viscosidad para dos temperaturas, como se observa en la Tabla 7, las cuales nos darán como resultados dos módulos elásticos para después interpolar, como se observa en las Tablas 9 y 10.

Tabla 7. *Determinación de la viscosidad para diferentes temperaturas con 0 años de envejecimiento*

Datos del DSR			
Paámetro	30 °C	40°C	unidad
Gb* =	1,868,300	339,040	Pa
fs =	10	10	Hz
δb =	52.79	55.04	Deg
Resultado de la ecuación 32			
η=	98,273,086	15,752,273	cPoise
η=	0.98	0.16	Poises x 10 <sup>6</sup>

Nota. Elaboración propia.

Se han asumido las siguientes características para la mezcla asfáltica, correspondiente a una mezcla convencional con granulometría densa de tamaño máximo 12,5 mm (½ pulgada) de acuerdo a las exigencias del MTOP del Ecuador, (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002). Los símbolos empleados son los que se fijaron en la presentación de la ecuación de predicción ver sección 3.2.1. Ver tabla 8

Tabla 8. *Datos utilizados en la ecuación de predicción de Witczak*

Datos para determinar E*	
f=	10
$\eta(30^{\circ}\text{C})=$	0.98
$\eta(40^{\circ}\text{C})=$	0.16
Va=	7.0%
Vbeff=	11.0%
$\rho_{34}=$	0.0%
$\rho_{38}=$	15.0%
$\rho_{4}=$	40.0%
$\rho_{200}=$	4.0%
e=	2.72

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9. *Resultado de la ecuación de predicción de Witczak para 2 temperaturas*

Parámetro	30°C	40°C	Unidad
LogE*=	1.01	0.74	
E*=	10.17	5.55	10 <sup>5</sup> psi
E*=	1,016,586	555,409	psi
E*=	7,004	3,827	MPa

Nota. Elaboración propia

Tabla 10. *Ejemplo interpolación del módulo para la temperatura de 38.6°C*

Temperatura	E*	Unidad
30 °C	7,004	MPa
40 °C	3,827	MPa
38.6 °C	4,272	Mpa

Nota. Elaboración propia.

Este proceso se repite para las diferentes temperaturas y años de envejecimiento, obteniendo así todos módulos necesarios para los análisis posteriores. Ver Tabla 11.

Tabla 11. *Módulos determinados para diferente temperatura y años de envejecimiento*

Temperatura (°C)	Caso 1		Caso 2	
	Años de envejecimiento	E* (Mpa)	Años de envejecimiento	E* (Mpa)
38.6	0	4,272	0	4,272
35.7	0	5,193	0	5,193
35	4	8,872	8	11,865
34.5	8	12,075	15	15,243

Nota. Elaboración propia.



# CAPÍTULO IV

## ANÁLISIS MECANICISTA Y AJUSTE DE ECUACIÓN DE PREDICCIÓN

### 4.1. Metodología

Las ecuaciones de predicción revisadas anteriormente tienen varios parámetros importantes como lo son el módulo dinámico y la deformación unitaria en el punto más crítico del análisis. Para determinar las deformaciones se hace uso del software libre WINJULEA, para luego reemplazar los valores críticos en las ecuaciones de predicción de AASHTO. Para ello debemos definir otros parámetros necesarios como lo son el coeficiente de Poisson, área de contacto y presión de inflado de las llantas.

### 4.2. Coeficiente de Poisson

Es un parámetro crítico en el análisis y diseño mecanicista, ya que influye directamente en la forma en que los materiales del pavimento responden a las cargas aplicadas. Este coeficiente se utiliza para caracterizar la relación entre las deformaciones laterales y axiales en las capas del pavimento bajo las cargas de tráfico. Además, ayuda a calcular deformaciones y esfuerzos en las diferentes capas de pavimento al considerar la interacción entre capas (su adhesión y fricción) y las propiedades elásticas de los materiales en conjunto con el módulo de elasticidad. Este coeficiente varía dependiendo de la temperatura como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. *Coefficiente de Poisson para diferentes temperaturas*

Temperatura		Coefficiente de Poisson
°F	°C	$\mu$
$\leq 0$	$\leq 0$	0.15
0-40	0-5	0.20
40-70	5-22	0.25
70-100	22-38	0.35
100-130	38-55	0.45
$\geq 130$	$\geq 55$	0.48

Nota. Tomado de “Design of New and Rehabilitated Pavement Structures”. NCHRP. (2002). Part 2, Chapter 2, p.29.

### 4.3 Determinación de deformaciones unitarias críticas en WINJULEA

Para este tipo de análisis, es fundamental emplear un modelo de respuesta estructural, específicamente uno de tipo mecanicista, como el implementado en el software WINJULEA. Los datos necesarios como entrada incluyen los módulos dinámicos "E" (MPa) y los coeficientes de Poisson de todas las capas que conforman el pavimento, además de su espesor (mm) y el tipo de contacto entre capas (0 para contacto con alta rugosidad y 1 para contacto muy liso).

Respecto a las cargas, se considera un eje típico de 82 kN combinado con una presión de inflado de 0,8 MPa con lo que se tiene:

- Carga por rueda = 2.0500 N
- Área de contacto = 25.447 mm<sup>2</sup>
- Radio de contacto = 90 mm

Las ubicaciones evaluadas para las deformaciones unitarias y los esfuerzos se representan de forma aproximada (hasta 1.5 metros en el eje Y) en la Figura 15. Estos puntos están situados en la superficie, donde se prevé el inicio de este tipo de deterioro por grietas descendentes (TDC). Las coordenadas correspondientes se expresan en milímetros. Los resultados de interés incluyen la deformación unitaria (STRAIN, m/m) y los esfuerzos (STRESS, MPa).

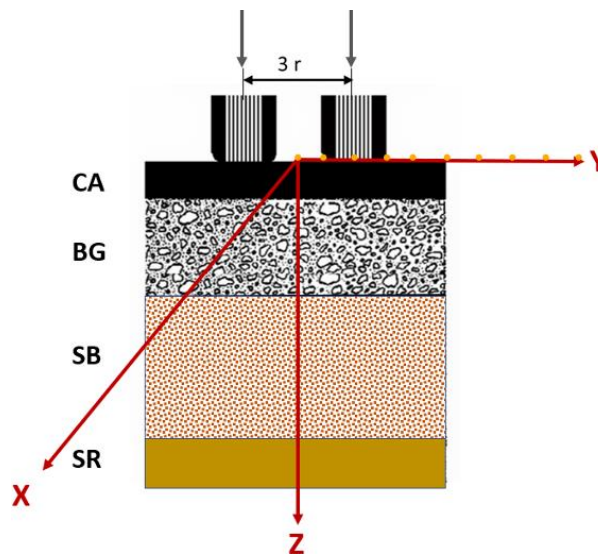


Figura 15. Esquema de ubicación de puntos a analizar

Nota. Tomado de *material de clase de pavimentos* por Vila, 2024

Notar que, si la separación clásica entre cargas en esas llantas dobles es  $3r$ , esto equivale a 270 mm, quiere decir que del origen hasta la 1ra carga a la derecha la distancia es 135 mm y del origen al borde de la llanta es 67.5 mm.

Un ejemplo de una ejecución del software WinJULEA, incluyendo los datos de entrada y los resultados obtenidos (solo para los tres primeros puntos de análisis), se presenta en la Figura 16. Esta corresponde a un pavimento con espesor de capa asfáltica (CA) de 15 cm y capa granular total de 60 cm. La capa asfáltica se ha subdividido de forma representativa en 3 capas de 5 cm, pero la primera capa a su vez en una muy delgada de 1 cm y el resto de 4 cm. Ese análisis hecho en todos los casos para esa primera capa tuvo como objetivo ganar más información sobre las deformaciones que pueden generar las grietas descendentes. Los tiempos de envejecimiento considerados para las tres capas corresponden a 0, 4 y 8 años respectivamente. Es decir, hay una nueva capa de recapeo (0 años) sobre dos capas más antiguas existentes (de 4 y 8 años).

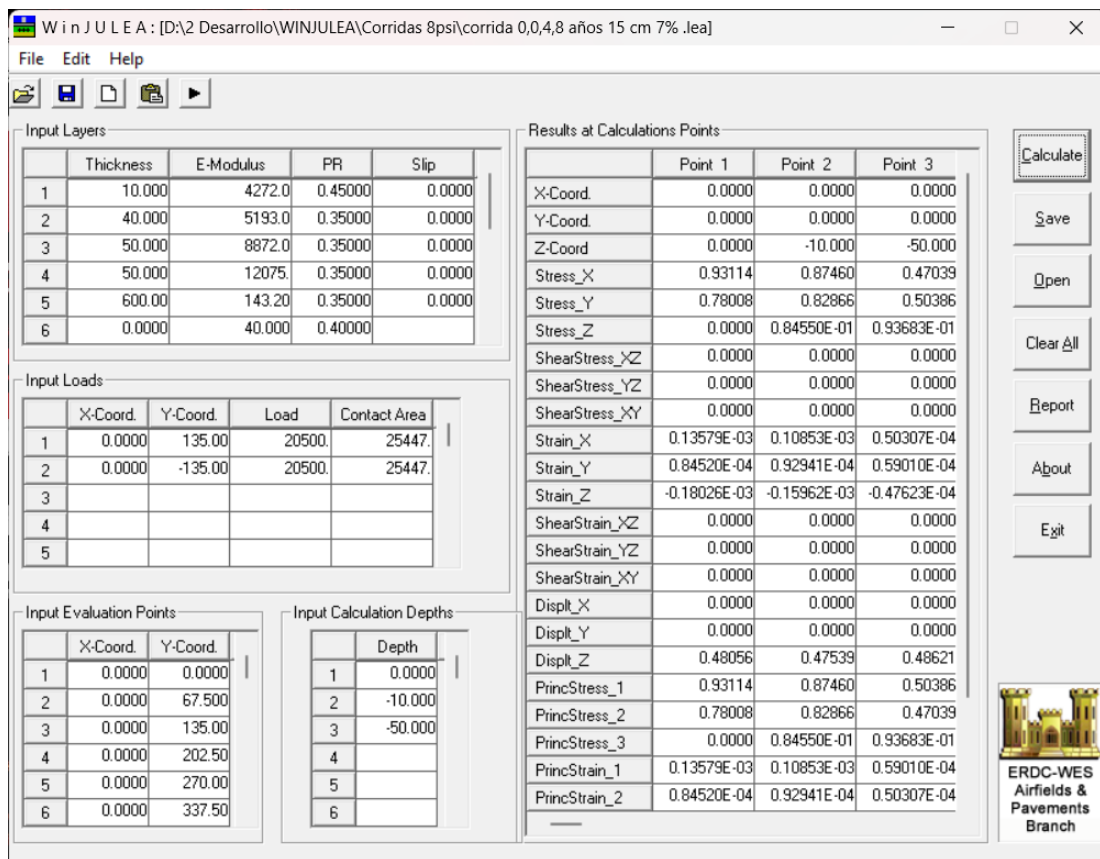


Figura 16. Ejemplo de entrada y salida de datos con WINJULEA

Nota. Elaboración propia

#### 4.4. Estructuras de pavimento con 0, 4 y 8 años de envejecimiento.

##### 4.4.1. Pavimento con CA de 15 cm

Se corresponde parcialmente con la Figura 16. La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes se muestran detalladamente en la Tabla 13 y los resultados de las deformaciones unitarias en las corridas del WINJULEA a nivel superficial, en la Tabla 14. Los espesores de base granular (BG) y subbase granular (SB) se han manejado como una sola capa. La subrasante (SR) en todos los casos corresponde a arcillas plásticas.

Tabla 13. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 15 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	5	4	8,872	0.35
CA	5	8	12,075	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia

Tabla 14. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 15 cm

Y (mm)=	0	67.5	135	202.5	270	337.5
Strain x	0.1358E-03	0.1400E-03	0.1350E-03	0.1238E-03	0.1003E-03	0.8187E-04
Strain y	0.8452E-04	0.9510E-04	0.9918E-04	0.6941E-04	0.3951E-04	0.2261E-04
Strain z	-0.1803E-03	-0.1426E-03	-0.1419E-03	-0.1083E-03	-0.1144E-03	-0.8548E-04
Y (mm)=	405	472.5	540	607.5	675	742.5
Strain x	0.7039E-04	0.5827E-04	0.4908E-04	0.4166E-04	0.3547E-04	0.3016E-04
Strain y	0.3309E-05	-0.6073E-05	-0.1182E-04	-0.1511E-04	-0.1659E-04	-0.1686E-04
Strain z	-0.6030E-04	-0.4271E-04	-0.3048E-04	-0.2172E-04	-0.1544E-04	-0.1088E-04
Y (mm)=	810	877.5	945	1012.5		
Strain x	0.2607E-04	0.2284E-04	0.1974E-04	0.1665E-04		
Strain y	-0.1687E-04	-0.1656E-04	-0.1558E-04	-0.1401E-04		
Strain z	-0.7531E-05	-0.5133E-05	-0.3407E-05	-0.2157E-05		

Nota. Elaboración propia.

##### 4.4.2. Pavimento con CA de 20 cm

La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes aparecen en la Tabla 15 y los resultados de las corridas del WINJULEA en la Tabla 16.

Tabla 15. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 20 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	7.5	4	8,872	0.35
CA	7.5	8	12,075	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 20 cm

Y (mm)=	0	67.5	135	202.5	270	337.5
Strain x	0.8679E-04	0.9183E-04	0.8991E-04	0.8421E-04	0.6807E-04	0.5711E-04
Strain y	0.5630E-04	0.6603E-04	0.7128E-04	0.4959E-04	0.3233E-04	0.2632E-04
Strain z	-0.1171E-03	-0.7944E-04	-0.8217E-04	-0.5976E-04	-0.8214E-04	-0.6826E-04
Y (mm)=	405	472.5	540	607.5	675	742.5
Strain x	0.5201E-04	0.4485E-04	0.3940E-04	0.3476E-04	0.3066E-04	0.2691E-04
Strain y	0.1310E-04	0.6127E-05	0.8624E-06	-0.2889E-05	-0.5327E-05	-0.6783E-05
Strain z	-0.5328E-04	-0.4171E-04	-0.3294E-04	-0.2608E-04	-0.2072E-04	-0.1647E-04
Y (mm)=	810	877.5	945	1012.5	1080	1147.5
Strain x	0.2398E-04	0.2161E-04	0.1915E-04	0.1652E-04	0.1547E-04	0.1418E-04
Strain y	-0.8062E-05	-0.9010E-05	-0.9208E-05	-0.8723E-05	-0.9132E-05	-0.9164E-05
Strain z	-0.1303E-04	-0.1031E-04	-0.8132E-05	-0.6377E-05	-0.4937E-05	-0.3773E-05
Y (mm)=	1215	1282.5	1350	1417.5	1485	1552.5
Strain x	0.1268E-04	0.1138E-04	0.1042E-04	0.9794E-05	0.8410E-05	0.7877E-05
Strain y	-0.9112E-05	-0.8865E-05	-0.8702E-05	-0.8630E-05	-0.7821E-05	-0.7672E-05
Strain z	-0.2834E-05	-0.2059E-05	-0.1409E-05	-0.9519E-06	-0.4822E-06	-0.1681E-06

Nota. Elaboración propia

#### 4.4.3 Pavimento con CA de 25 cm

La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes aparecen en la Tabla 17 y los resultados de las corridas del WINJULEA en la Tabla 18.

Tabla 17. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 25 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	10	4	8,872	0.35
CA	10	8	12,075	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 25 cm

<b>Y (mm)=</b>	<b>0</b>	<b>67.5</b>	<b>135</b>	<b>202.5</b>	<b>270</b>	<b>337.5</b>
Strain x	0.6109E-04	0.6666E-04	0.6623E-04	0.6278E-04	0.4946E-04	0.4156E-04
Strain y	0.3742E-04	0.4784E-04	0.5520E-04	0.3718E-04	0.2493E-04	0.2406E-04
Strain z	-0.8060E-04	-0.4397E-04	-0.4963E-04	-0.3207E-04	-0.6086E-04	-0.5369E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>405</b>	<b>472.5</b>	<b>540</b>	<b>607.5</b>	<b>675</b>	<b>742.5</b>
Strain x	0.3938E-04	0.3473E-04	0.3132E-04	0.2834E-04	0.2556E-04	0.2289E-04
Strain y	0.1473E-04	0.1007E-04	0.5999E-05	0.2787E-05	0.5105E-06	-0.1015E-05
Strain z	-0.4427E-04	-0.3665E-04	-0.3054E-04	-0.2547E-04	-0.2133E-04	-0.1790E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>810</b>	<b>877.5</b>	<b>945</b>	<b>1012.5</b>	<b>1080</b>	<b>1147.5</b>
Strain x	0.2083E-04	0.1915E-04	0.1726E-04	0.1509E-04	0.1442E-04	0.1343E-04
Strain y	-0.2510E-05	-0.3766E-05	-0.4326E-05	-0.4231E-05	-0.5340E-05	-0.5866E-05
Strain z	-0.1499E-04	-0.1259E-04	-0.1058E-04	-0.8885E-05	-0.7426E-05	-0.6189E-05
<b>Y (mm)=</b>	<b>1215</b>	<b>1282.5</b>	<b>1350</b>	<b>1417.5</b>	<b>1485</b>	<b>1552.5</b>
Strain x	0.1218E-04	0.1108E-04	0.1029E-04	0.9785E-05	0.8504E-05	0.8052E-05
Strain y	-0.5895E-05	-0.5910E-05	-0.6087E-05	-0.6330E-05	-0.5810E-05	-0.5926E-05
Strain z	-0.5140E-05	-0.4233E-05	-0.3437E-05	-0.2827E-05	-0.2204E-05	-0.1739E-05

Nota. Elaboración propia.

#### 4.5. Estructuras de pavimento con 0, 8, y 15 años de envejecimiento.

##### 4.5.1. Pavimento con CA de 15 cm

La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes aparecen en la Tabla 19 y los resultados de las corridas del WINJULEA en la Tabla 20.

Tabla 19. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 15 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	5	8	11,865	0.35
CA	5	15	15,243	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 15 cm

<b>Y (mm)=</b>	<b>0</b>	<b>67.5</b>	<b>135</b>	<b>202.5</b>	<b>270</b>	<b>337.5</b>
Strain x	0.1242E-03	0.1272E-03	0.1222E-03	0.1129E-03	0.9320E-04	0.7715E-04
Strain y	0.8428E-04	0.8929E-04	0.9000E-04	0.6423E-04	0.4072E-04	0.2452E-04
Strain z	-0.1706E-03	-0.1274E-03	-0.1239E-03	-0.9521E-04	-0.1096E-03	-0.8318E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>405</b>	<b>472.5</b>	<b>540</b>	<b>607.5</b>	<b>675</b>	<b>742.5</b>
Strain x	0.6709E-04	0.5592E-04	0.4740E-04	0.4045E-04	0.3460E-04	0.2954E-04
Strain y	0.5449E-05	-0.3814E-05	-0.9676E-05	-0.1318E-04	-0.1494E-04	-0.1549E-04
Strain z	-0.5935E-04	-0.4263E-04	-0.3087E-04	-0.2231E-04	-0.1609E-04	-0.1150E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>810</b>	<b>877.5</b>	<b>945</b>	<b>1012.5</b>	<b>1080</b>	<b>1147.5</b>
Strain x	0.2563E-04	0.2251E-04	0.1950E-04	0.1646E-04	0.1512E-04	0.1362E-04
Strain y	-0.1576E-04	-0.1569E-04	-0.1491E-04	-0.1351E-04	-0.1340E-04	-0.1280E-04
Strain z	-0.8071E-05	-0.5580E-05	-0.3757E-05	-0.2414E-05	-0.1409E-05	-0.6732E-06
<b>Y (mm)=</b>	<b>1215</b>	<b>1282.5</b>	<b>1350</b>	<b>1417.5</b>	<b>1485</b>	<b>1552.5</b>
Strain x	0.1198E-04	0.1059E-04	0.9581E-05	0.8919E-05	0.7530E-05	0.7001E-05
Strain y	-0.1181E-04	-0.1091E-04	-0.1027E-04	-0.9800E-05	-0.8657E-05	-0.8226E-05
Strain z	-0.1409E-06	0.2581E-06	0.5673E-06	0.7211E-06	0.9219E-06	0.1002E-05

Nota. Elaboración propia.

#### 4.5.2. Pavimento con CA de 20 cm

La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes aparecen en la Tabla 21 y los resultados de las corridas del WINJULEA en la Tabla 22.

Tabla 21. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 20 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	7.5	8	11,865	0.35
CA	7.5	15	15,243	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 20 cm

<b>Y (mm)=</b>	<b>0</b>	<b>67.5</b>	<b>135</b>	<b>202.5</b>	<b>270</b>	<b>337.5</b>
Strain x	0.7615E-04	0.7991E-04	0.7777E-04	0.7370E-04	0.6091E-04	0.5192E-04
Strain y	0.5548E-04	0.5974E-04	0.6176E-04	0.4388E-04	0.3243E-04	0.2663E-04
Strain z	-0.1077E-03	-0.6454E-04	-0.6445E-04	-0.4649E-04	-0.7637E-04	-0.6427E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>405</b>	<b>472.5</b>	<b>540</b>	<b>607.5</b>	<b>675</b>	<b>742.5</b>
Strain x	0.4795E-04	0.4158E-04	0.3675E-04	0.3261E-04	0.2890E-04	0.2547E-04
Strain y	0.1365E-04	0.7133E-05	0.2168E-05	-0.1435E-05	-0.3835E-05	-0.5317E-05
Strain Z	-0.5040E-04	-0.3986E-04	-0.3184E-04	-0.2550E-04	-0.2051E-04	-0.1649E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>810</b>	<b>877.5</b>	<b>945</b>	<b>1012.5</b>	<b>1080</b>	<b>1147.5</b>
Strain x	0.2280E-04	0.2063E-04	0.1834E-04	0.1585E-04	0.1491E-04	0.1371E-04
Strain y	-0.6666E-05	-0.7706E-05	-0.8009E-05	-0.7633E-05	-0.8451E-05	-0.8687E-05
Strain z	-0.1320E-04	-0.1058E-04	-0.8452E-05	-0.6719E-05	-0.5282E-05	-0.4107E-05
<b>Y (mm)=</b>	<b>1215</b>	<b>1282.5</b>	<b>1350</b>	<b>1417.5</b>	<b>1485</b>	<b>1552.5</b>
Strain x	0.1228E-04	0.1105E-04	0.1014E-04	0.9553E-05	0.8208E-05	0.7700E-05
Strain y	-0.8434E-05	-0.8178E-05	-0.8099E-05	-0.8101E-05	-0.7362E-05	-0.7271E-05
Strain z	-0.3149E-05	-0.2350E-05	-0.1673E-05	-0.1188E-05	-0.6916E-06	-0.3510E-06

Nota. Elaboración propia.

#### 4.5.3. Pavimento con CA de 25 cm

La estructuración de las capas y sus parámetros resistentes aparecen en la Tabla 23 y los resultados de las corridas del WINJULEA en la Tabla 24.

Tabla 23. Resumen de parámetros para pavimento con CA de 25 cm

CAPA	H (cm)	Años envejecido	E (MPa)	Coef. Poisson
CA	1	0	4,272	0.45
	4	0	5,193	0.35
CA	10	8	11,865	0.35
CA	10	15	15,243	0.35
BG Y SB	60	xx	143	0.35
SR	xx	xx	40	0.40

Nota. Elaboración propia.



Tabla 24. Resumen de deformaciones unitarias a nivel superficial con CA de 25 cm

<b>Y (mm)=</b>	<b>0</b>	<b>67.5</b>	<b>135</b>	<b>202.5</b>	<b>270</b>	<b>337.5</b>
Strain x	0.5170E-04	0.5591E-04	0.5510E-04	0.5309E-04	0.4290E-04	0.3672E-04
Strain y	0.3727E-04	0.4209E-04	0.4597E-04	0.3152E-04	0.2476E-04	0.2371E-04
Strain z	-0.7279E-04	-0.3047E-04	-0.3297E-04	-0.1951E-04	-0.5536E-04	-0.4944E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>405</b>	<b>472.5</b>	<b>540</b>	<b>607.5</b>	<b>675</b>	<b>742.5</b>
Strain x	0.3542E-04	0.3137E-04	0.2845E-04	0.2588E-04	0.2345E-04	0.2106E-04
Strain y	0.1434E-04	0.1008E-04	0.6390E-05	0.3460E-05	0.1366E-05	-0.4486E-07
Strain z	-0.4072E-04	-0.3391E-04	-0.2851E-04	-0.2400E-04	-0.2030E-04	-0.1720E-04
<b>Y (mm)=</b>	<b>810</b>	<b>877.5</b>	<b>945</b>	<b>1012.5</b>	<b>1080</b>	<b>1147.5</b>
Strain x	0.1925E-04	0.1779E-04	0.1608E-04	0.1406E-04	0.1352E-04	0.1265E-04
Strain y	-0.1479E-05	-0.2710E-05	-0.3271E-05	-0.3196E-05	-0.4336E-05	-0.4903E-05
Strain z	-0.1454E-04	-0.1234E-04	-0.1048E-04	-0.8890E-05	-0.7514E-05	-0.6337E-05
<b>Y (mm)=</b>	<b>1215</b>	<b>1282.5</b>	<b>1350</b>	<b>1417.5</b>	<b>1485</b>	<b>1552.5</b>
Strain x	0.1149E-04	0.1049E-04	0.9764E-05	0.9324E-05	0.8102E-05	0.7696E-05
Strain y	-0.4979E-05	-0.5043E-05	-0.5272E-05	-0.5566E-05	-0.5100E-05	-0.5264E-05
Strain z	-0.5331E-05	-0.4452E-05	-0.3675E-05	-0.3075E-05	-0.2456E-05	-0.1990E-05

Nota. Elaboración propia.

#### 4.6. Deformaciones unitarias máximas

A continuación, en la Tabla 25 se puede apreciar un resumen de las deformaciones máximas superficiales obtenidas para los dos casos de pavimentos ya mencionados en el numeral 3.3 según el envejecimiento considerado. En el Caso 1: CA con 0/4/8 años y en el Caso 2: CA con 0/8/15 años. Si bien el programa WINJULEA nos da valores de deformaciones en X, Y y Z, el valor más crítico de la deformación por tracción (signo negativo) que pudiera generar las fisuras sería en la dirección X o Y, obteniéndose en ambos casos analizados en la dirección Y. Estos valores críticos se van a usar en las fórmulas de AASHTO.

Tabla 25. Valores de deformaciones unitarias máximas a tracción

Espesor (cm)	$\epsilon_t$ (mm)	
	CASO 1	CASO 2
15	0.0000169	0.0000158
20	0.0000092	0.0000087
25	0.0000063	0.0000056

Nota. Elaboración propia.

#### 4.7 Repeticiones permitidas según AASHTO 2002 y 2008

A partir de las ecuaciones de AASHTO 2002 y 2008 presentadas en este trabajo en el numeral 2.3.2.4, se procedió a realizar el cálculo del número de repeticiones

permisibles. En las tablas 26 y 27, se muestran los resultados obtenidos. En todos los casos para la capa asfáltica se utilizó el módulo 4272 MPa (619,599 psi), que corresponde a la capa más superficial en el análisis, con 10 mm de espesor. Además, se consideró un porcentaje de vacíos de 7% y de asfalto del 11% dando un valor de  $C = 0.415$ .

Tabla 26. *Repeticiones permisibles de acuerdo con el modelo de AASHTO 2002*

Capas	$\epsilon_t$ (mm)		Repet. Permisibles AASHTO 2002	
Espesor (cm)	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0000169	0.0000158	40,592,512	53,008,590
20	0.0000092	0.0000087	316,604,596	397,847,929
25	0.0000063	0.0000056	1,374,601,322	2,276,535,285

Nota. Elaboración propia

Tabla 27. *Repeticiones permisibles de acuerdo con el modelo de AASHTO 2008*

Capas	$\epsilon_t$ (mm)		Repet. Permisibles AASHTO 2008	
Espesor (cm)	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
15	0.0000169	0.0000158	96,244,647	126,811,243
20	0.0000092	0.0000087	768,970,969	967,883,935
25	0.0000063	0.0000056	3,374,117,091	5,608,329,716

En general, las repeticiones obtenidas con ambos modelos son exageradamente elevadas, llamando la atención que los resultados de AASHTO 2008 son mayores al doble que los de AASHTO 2002. Para pensar en un ajuste de alguno de estos modelos de predicción es necesario contrastar esos resultados con otros que correspondan al comportamiento real de nuestros pavimentos en la región costera. Para ello se acudirá a los datos obtenidos del trabajo analizado en el numeral 3.3 (Naranjo, 2020).

#### 4.8 Análisis comparativo

Con los datos recuperados del Trabajo de Titulación del ingeniero Walter Naranjo, se pudo relacionar los porcentajes de áreas dañadas y las respectivas repeticiones acumuladas para espesores aproximados de 15, 20 y 25 cm. De esta forma se obtuvieron tres graficas para poder estimar los ESAL para un porcentaje de daño de 20%, dado como límite aceptado en la mayoría de los métodos de diseño. Ver Figuras 17, 18 y 19. Para 20 cm se decidió trabajar con la curva que ajusta todos los puntos, debido a que el valor promedio de estos se aproxima a dicho valor.

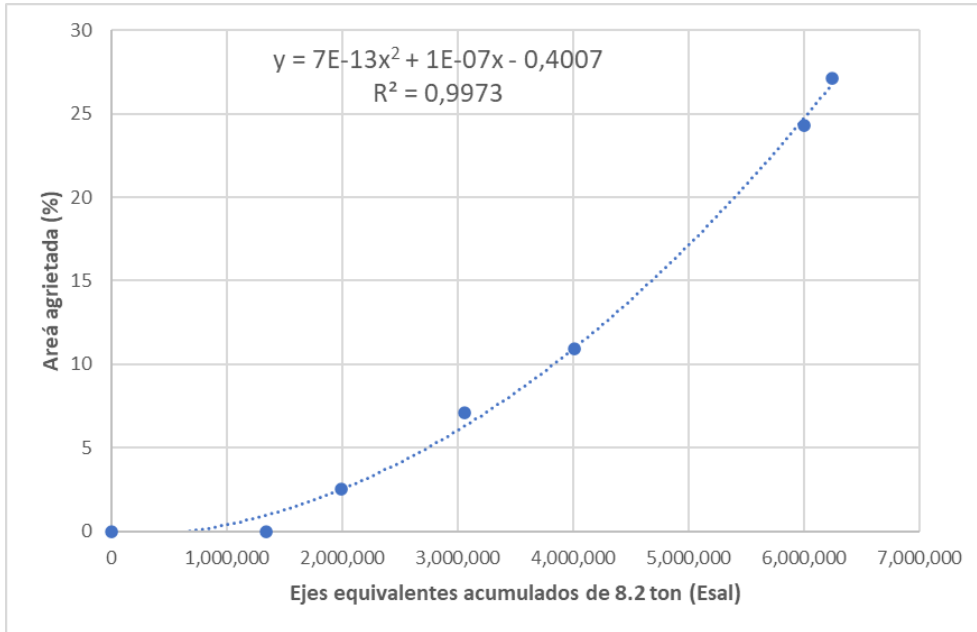


Figura 17. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 15 cm

Nota. Elaboración propia.

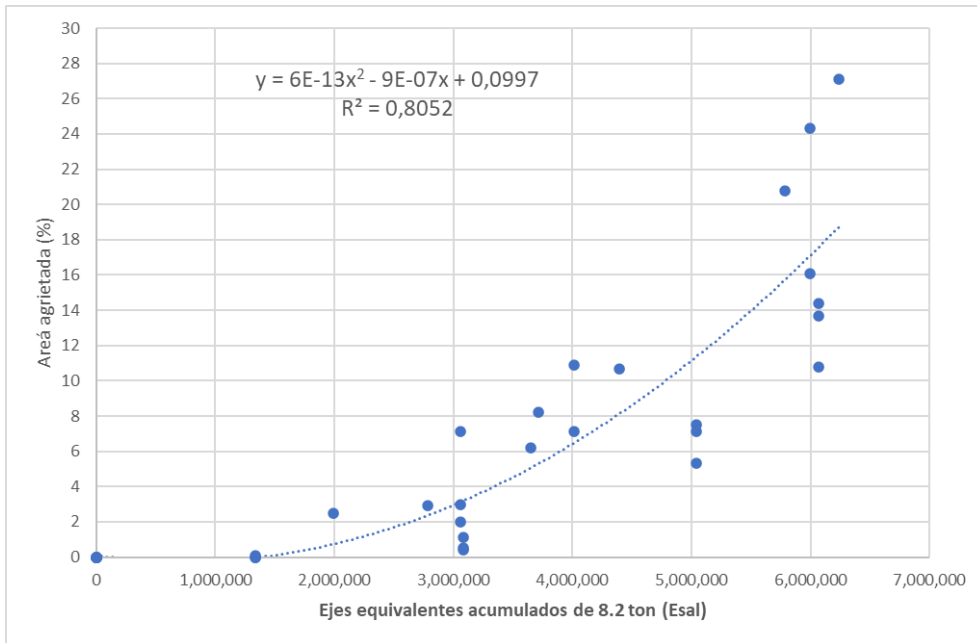


Figura 18. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 20 cm

Nota. Elaboración propia.

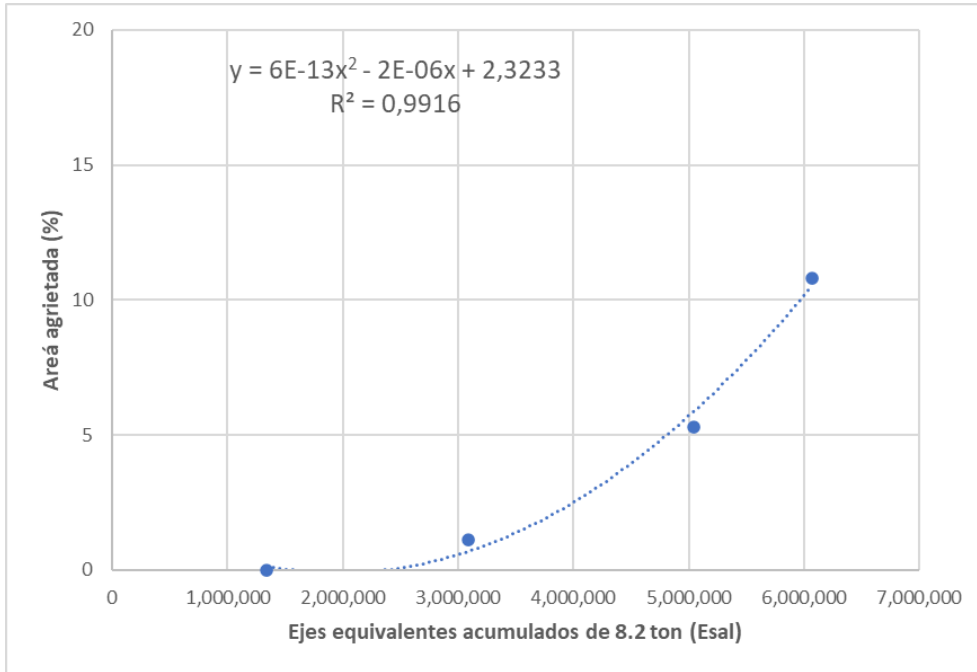


Figura 19. Curva ajustada para CA con espesores aproximados de 25 cm

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 20 se muestra la representación de esas 3 curvas (17, 18 y 19) empleando los valores calculados por sus ecuaciones de ajuste para diferentes ESAL.

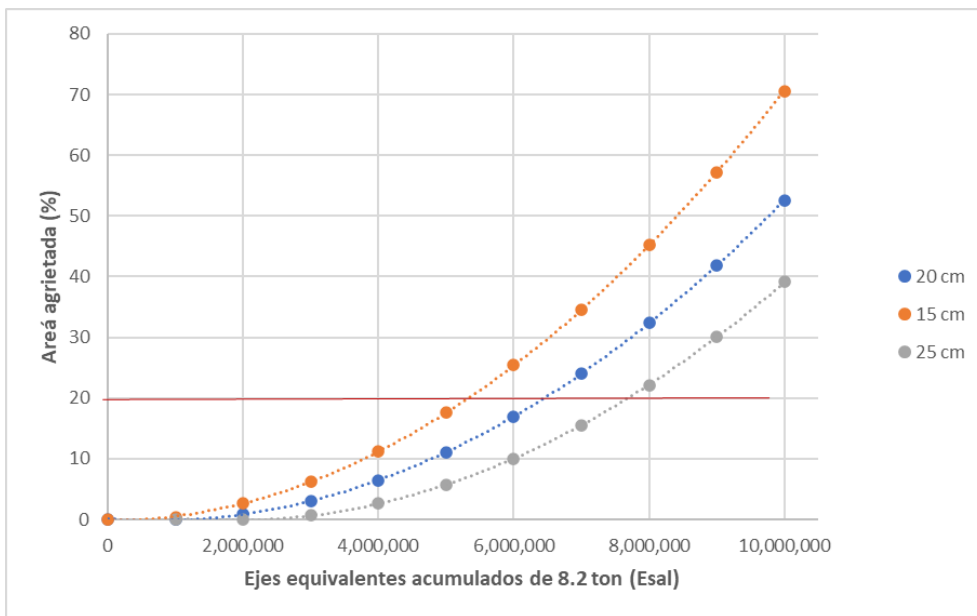


Figura 20. Resumen del comportamiento en obra con diferentes espesores

Nota. Elaboración propia.

Para un daño de 20% de agrietamiento los valores obtenidos se muestran en la Tabla 28. Con estos valores se pudo determinar una línea recta ajustada que permitirá obtener las repeticiones para el fallo con cualquier espesor entre 15 y 25 cm, que es el rango evaluado en obra. Ver Figura 21.

Tabla 28. Repeticiones para el fallo por grietas descendentes

Espesores (cm)	ESAL
15	5,330,000
20	6,450,000
25	7,700,000

Nota. Elaboración propia.

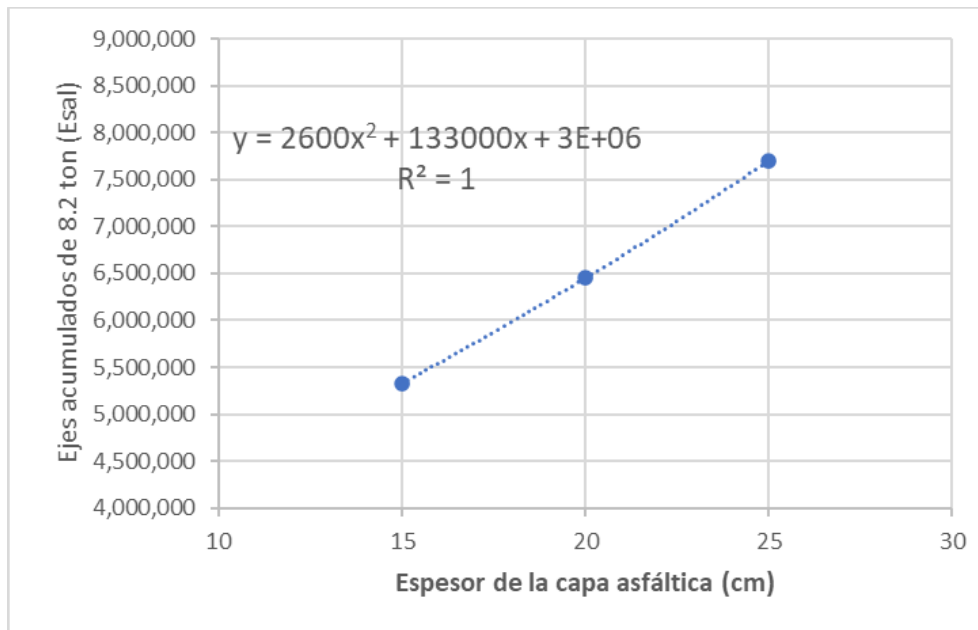


Figura 21. Relación entre ESAL vs espesores de capa asfáltica

Nota. Elaboración propia

Obteniendo así el siguiente análisis comparativo en las tablas 29 y 30. Las repeticiones permisibles mostradas en las últimas columnas corresponden a valores calculados por la ecuación de ajuste de la Figura 21.

Tabla 29. Comparación de repeticiones según AASHTO 2002 y las obtenidas en obras

Capas Espesor (cm)	Repet. Permisibles AASHTO 2002		Repet. Permisibles
	Caso 1	Caso 2	
15	40,592,512	53,008,590	5,580,000
20	316,604,596	397,847,929	6,700,000
25	1,374,601,322	2,276,535,285	7,950,000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30. Comparación de repeticiones según AASHTO 2008 y las obtenidas en obras

Capas Espesor (cm)	Repet. Permisibles AASHTO 2008		Repet. Permisibles
	Caso 1	Caso 2	
15	96,244,647	126,811,243	5,580,000
20	768,970,969	967,883,935	6,700,000
25	3,374,117,091	5,608,329,716	7,950,000

Nota. Elaboración propia.

Considerando estos resultados y observando que el modelo de AASHTO 2008, muy similar al de AASHTO 2002 pero con más factores de ajustes, los que introducirían más incertidumbres en su empleo, se decidió continuar trabajando solo con el modelo de AASHTO 2002.

#### 4.9 Propuesta de ecuación de predicción de fatiga para capas asfáltica gruesas

El modelo de AASHTO 2002 representan un gran impacto para las carreteras construidas en la región costera del Ecuador, debido a que con este podemos predecir el tiempo para que se realice una rehabilitación, es decir, su tiempo de vida útil. Sin embargo, el mismo modelo indica que depende de varios parámetros, siendo el más importante para este trabajo “k’1”, que se obtiene para el caso del agrietamiento descendente o TPD como:

$$k'1 = \frac{1}{0.01 + \frac{12}{1 + e^{(15.676 - 2.8186 * hac)}}$$

Ecuación 33

Siendo “hac” es el espesor total de la capa asfáltica en pulgadas.

Nuestro trabajo se enfocó entonces en determinar una ecuación que permitiera a partir de nuestros “hac” determinar valores de “k’1” que ofrecieran al aplicar el modelo AASHTO 2002 repeticiones similares o muy parecidas a las de obra. Para ello en primer lugar se expandieron los análisis tenso-deformacionales con el WinJULEA en las dos estructuras o casos manejados (que están en función del envejecimiento), incrementando en un centímetro los espesores de capa asfáltica a partir de 15 cm y hasta 25 cm. Todas

las corridas del WinJULEA aparecen en el ANEXO 2. Las nuevas deformaciones máximas a tracción obtenidas en la superficie se muestran en la Tabla 31.

Tabla 31. *Deformaciones obtenidas*

Capa	$\epsilon_t$	
Espesor (cm)	Caso 1	Caso 2
15	0.0000169	0.0000158
16	0.0000150	0.0000139
17	0.0000134	0.0000122
18	0.0000118	0.0000106
19	0.0000104	0.0000096
20	0.0000092	0.0000087
21	0.0000081	0.0000078
22	0.0000070	0.0000071
23	0.0000073	0.0000066
24	0.0000068	0.0000061
25	0.0000063	0.0000056

Nota. Elaboración propia

Con esos valores de deformaciones y los restantes parámetros representativos ya establecidos ( $E= 616599$  psi y  $C= 0.415$ ) se procedió a determinar en una hoja de cálculo los valores de “k’1” para lograr que las repeticiones calculadas igualaran o estuvieran muy próximas a las esperadas en obra para el fallo, en los dos casos de pavimentos ya establecidos. Notar que estos dos casos se relacionan con lo que sería una rehabilitación en vías con bajo nivel de envejecimiento o con pocos años respecto a su rehabilitación precedente (0/4/8), o bien en vías con alto nivel de envejecimiento o con muchos años transcurridos respecto a su rehabilitación precedente (0/8/15). Ver tablas 32 y 33.

Tabla 32. *Calibración del parámetro k’1 para 0,4,8 años de envejecimiento*

hca (cm)	hca (in)	E (psi)	k’1 calibrado	$\epsilon_T$ (mm)	Nf AASHTO 2002	Nf Esperado
15	5.91	619,599	0.011580	0.0000169	5,581,206	5,580,000
16	6.3	619,599	0.007530	0.0000150	5,793,210	5,793,600
17	6.69	619,599	0.005026	0.0000134	6,012,770	6,012,400
18	7.09	619,599	0.003200	0.0000118	6,237,022	6,236,400
19	7.48	619,599	0.002002	0.0000104	6,466,640	6,465,600
20	7.87	619,599	0.001273	0.0000092	6,702,445	6,700,000
21	8.27	619,599	0.000783	0.0000081	6,943,612	6,939,600
22	8.66	619,599	0.000466	0.0000070	7,186,915	7,184,700
23	9.06	619,599	0.000556	0.0000073	7,435,401	7,434,400
24	9.45	619,599	0.000442	0.0000068	7,689,983	7,689,600
25	9.84	619,599	0.000344	0.0000063	7,951,930	7,950,000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 33. Calibración del parámetro  $k'1$  para 0,8,15 años de envejecimiento

hca (cm)	hca (in)	E (psi)	$k'1$ calibrado	$\varepsilon_T$ (mm)	Nf AASHTO 2002	Nf Esperado
15	5.91	619,599	0.00884880	0.0000158	5,580,046	5,580,000
16	6.3	619,599	0.00563330	0.0000139	5,793,652	5,793,600
17	6.69	619,599	0.00347770	0.0000122	6,012,539	6,012,400
18	7.09	619,599	0.00206130	0.0000106	6,236,700	6,236,400
19	7.48	619,599	0.00142400	0.0000096	6,465,886	6,465,600
20	7.87	619,599	0.00101110	0.0000087	6,700,578	6,700,000
21	8.27	619,599	0.00069850	0.0000078	6,939,761	6,939,600
22	8.66	619,599	0.00048352	0.0000071	7,184,750	7,184,700
23	9.06	619,599	0.00037047	0.0000066	7,434,572	7,434,400
24	9.45	619,599	0.00027937	0.0000061	7,689,839	7,689,600
25	9.84	619,599	0.00020680	0.0000056	7,952,743	7,950,000

Nota. Elaboración propia.

Se comparan a continuación en la Figura 22 los valores de “ $k'1$ ” calculados en ambos casos respecto al espesor de capa asfáltica. Como puede observarse los valores de ambas relaciones están muy próximos, por lo que se decidió ajustar los mismos a una única curva de ajuste. Ver Figura 23.

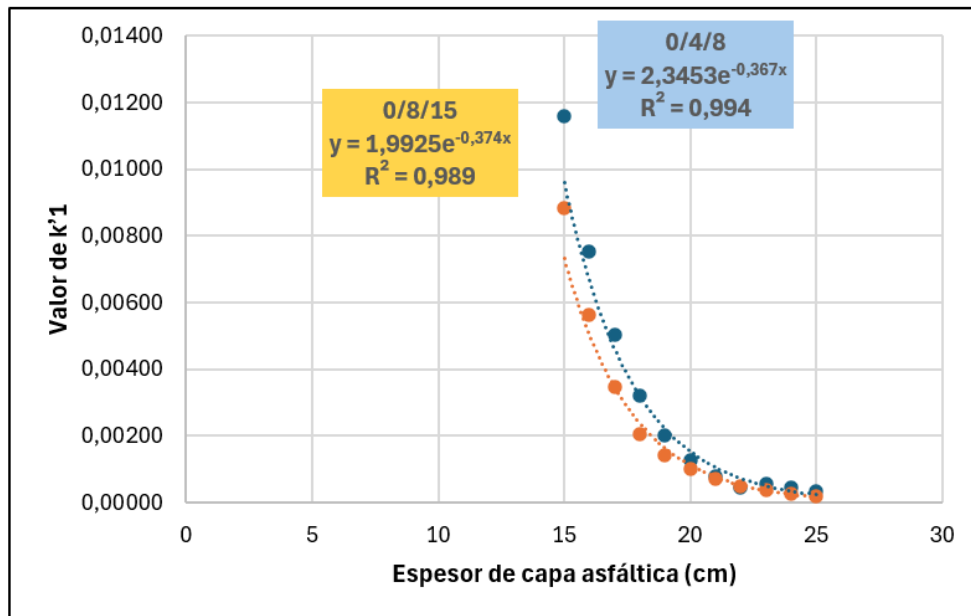


Figura 22. Comparación de los “ $k'1$ ” obtenidos en cada caso

Nota. Elaboración propia.



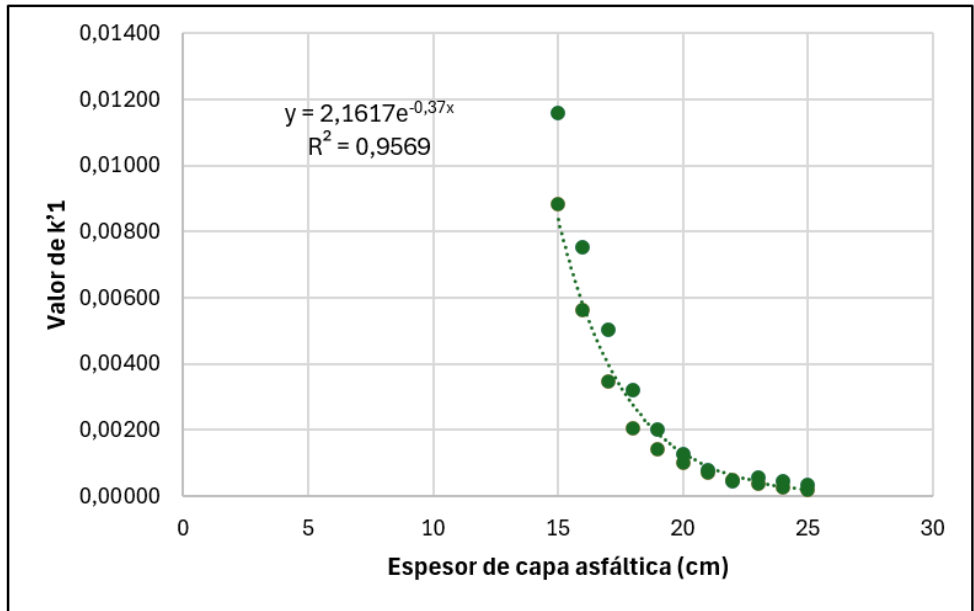


Figura 23. Relación general entre “k'1” y los espesores de capa asfáltica

Nota. Elaboración propia.

La curva obtenida en la Figura 23 presenta un coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 0.96, que es muy satisfactorio. La ecuación obtenida es:

$$k'1 = \frac{2,1617}{e^{0,37hac}}$$

Ecuación 34

Donde “hac” es el espesor total de la capa asfáltica en centímetros.

Esta ecuación única para el cálculo de “k'1” demostró que generaba errores grandes a la hora de determinar las repeticiones esperadas para el fallo en los dos casos, por lo que se realizaron los ajustes matemáticos pertinentes para su afinamiento, que culminaron con las siguientes expresiones:

Caso 1. Rehabilitación en vías con bajo nivel de envejecimiento (0/4/8)

Para espesores entre 15 y 22 cm:

$$k'1 = \frac{6,00715 - 0,19715hac}{e^{0,37hac}}$$

Ecuación 35

Para espesores entre 23 y 25 cm:

$$k'1 = \frac{0.41224hac - 6.70213}{e^{0.37hac}}$$

*Ecuación 36*

Caso 2. Rehabilitación en vías con alto nivel de envejecimiento (0/8/15)

Para espesores entre 15 y 25 cm:

$$k'1 = \frac{0.02551hac^2 - 1.03070hac + 12.00025}{e^{0.37hac}}$$

*Ecuación 37*

Otra forma de obtener el “k’1” es tomarlo directamente de las Tablas 32 o 33 a partir del nivel de envejecimiento que más se aproxime a las mismas.

Resumiendo, la determinación de las repeticiones permisibles para el fallo por agrietamiento descendente se sugiere realizar de acuerdo con el criterio de AASHTO 2002 expuesto en el Capítulo 2, pero utilizando un valor de “k’1” obtenido de los criterios antes expresados.

#### **4.10 Análisis de sensibilidad**

Para valorar la incidencia de parámetros claves en la ecuación de predicción, se decidió realizar un análisis de sensibilidad, el cual se presenta a continuación.

##### **4.10.1 Variación en el módulo dinámico del asfalto**

El módulo dinámico es una propiedad fundamental en el diseño y evaluación de mezclas de pavimentos asfálticos ya que describe su rigidez y capacidad para soportar fuerzas dinámicas bajo la carga de vehículos. Esta es una de las propiedades que afecta directamente el desempeño estructural del pavimento e influye en su resistencia a la deformación, agrietamiento y propagación de daños bajo diversas condiciones climáticas y de carga.

La Figura 24 presentada compara el efecto del módulo dinámico de la mezcla asfáltica en las repeticiones bajo tres escenarios: el valor base del módulo empleado con anterioridad (4272 MPa), dicho valor incrementado en un 10% (4699 MPa) y disminuido también en 10% (3845 MPa). Este análisis se realizó considerando las condiciones de envejecimiento del Caso 1 (0/4/8) y nos permite evaluar la sensibilidad de las repeticiones

de ejes equivalentes de 8.2 t para el fallo ante las variaciones del módulo dinámico para los diferentes espesores analizados en este estudio.

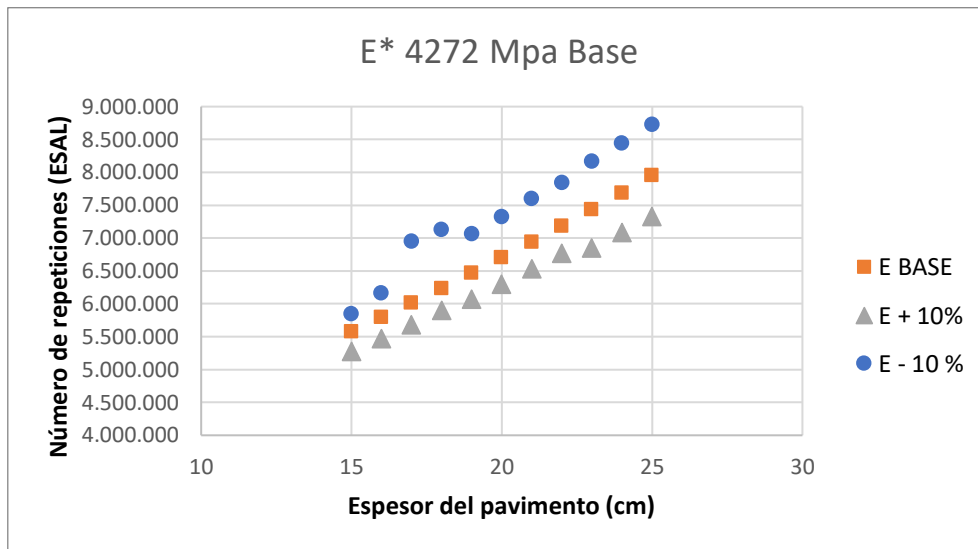


Figura 24. Sensibilidad de las repeticiones ante el módulo dinámico

Nota. Elaboración propia

Cuando el módulo dinámico se incrementa en un 10% ocurre un aumento en la resistencia de la capa asfáltica, la mezcla es más rígida y se hace más frágil. La línea de puntos que se genera se ubica entonces por debajo de la línea base. Ocurre lo contrario cuando el módulo disminuye en 10% de su valor base, desplazándose la línea de puntos por encima de la línea base. Llama la atención que en este caso existe una pequeña distorsión en la tendencia.

Para el espesor medio de 20 cm las repeticiones estimadas serían de aproximadamente 6.7 millones empleando el Ebase, 6.3 millones para Ebase+10% y 7.4 millones para Ebase-10%. Esto implica que para Ebase+10% las repeticiones disminuyeron en 6% y para Ebase-10% se incrementaron en 10%. Un módulo muy elevado en las capas asfálticas, especialmente en la más superficial, incidirá negativamente en el comportamiento ante las grietas descendentes.

#### 4.10.2 Variación en porcentaje de vacíos

El porcentaje de vacíos con aire ( $V_a$ ) en una mezcla asfáltica es un parámetro fundamental para evaluar su comportamiento estructural y funcional, que más allá de un adecuado diseño, depende de la efectividad de la compactación en obra. Los vacíos influyen directamente en propiedades críticas, como la resistencia a la fatiga, a la

deformación y al daño ante el agua. Un contenido adecuado de vacíos asegura que la mezcla tenga la porosidad suficiente para permitir la expansión térmica del ligante, pero sin permitir la entrada del agua y sin comprometer la estabilidad estructural. En la siguiente Figura 25 se observa el comportamiento de las repeticiones para el fallo ante las variaciones de Va. Se estableció un valor de Va base de 7%, que es el mayor aceptado en obra, analizándose valores en un rango de  $\pm 2\%$ , o sea, 5 y 9%.

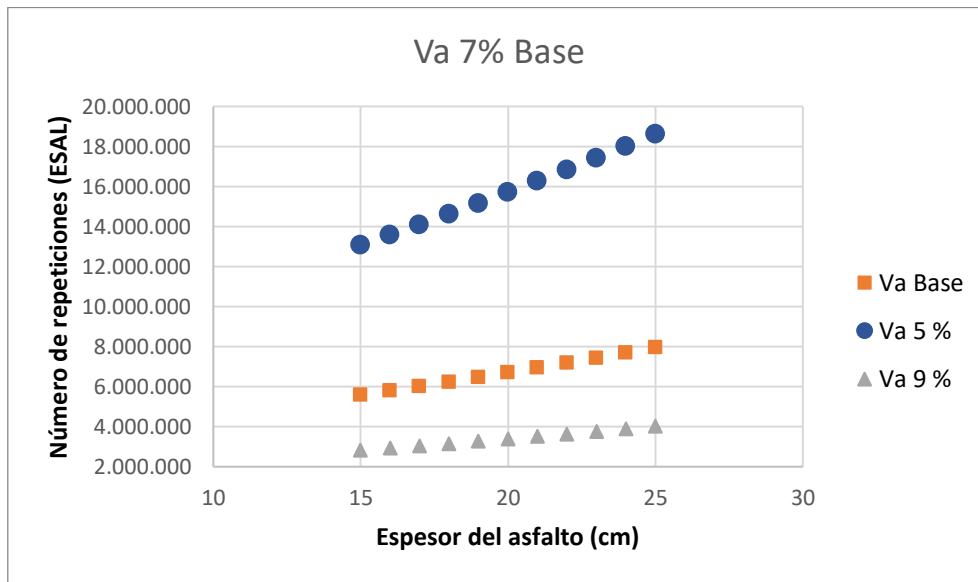


Figura 25. Sensibilidad de las repeticiones ante los porcentajes de vacíos en la mezcla

Nota. Elaboración propia.

El análisis indica que un mayor Va en la mezcla disminuye su capacidad para soportar las repeticiones del tráfico pesado de manera eficiente. Esto resalta la importancia de una adecuada compactación durante el proceso de construcción para asegurar una idónea cantidad de vacíos y maximizar la vida útil del pavimento.

Para el espesor medio de 20 cm las repeticiones estimadas serían de aproximadamente 6.7 millones empleando Va base (7%), 3.4 millones para Va de 9% y 15.7 millones para Va de 5%. Esto implica que para Va de 9% las repeticiones disminuyeron en 49% y para 5% se incrementaron en 134%, valor muy elevado. Queda claro que se deben evitar valores de Va que superen el 7% por el impacto negativo en las repeticiones.

### 4.10.3 Variación del asfalto

El contenido de asfalto (Vb%) es uno de los parámetros fundamentales en el diseño y comportamiento de las mezclas asfálticas. Su proporción adecuada asegura la cohesión entre los agregados y permite que la mezcla soporte adecuadamente las cargas del tránsito vehicular, evitando fallas prematuras. Una variación en este componente puede influir significativamente en la capacidad de carga del pavimento, comúnmente evaluada mediante el número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) como se observa en la Figura 26, donde el valor de Vb viene expresado en porcentaje en volumen.

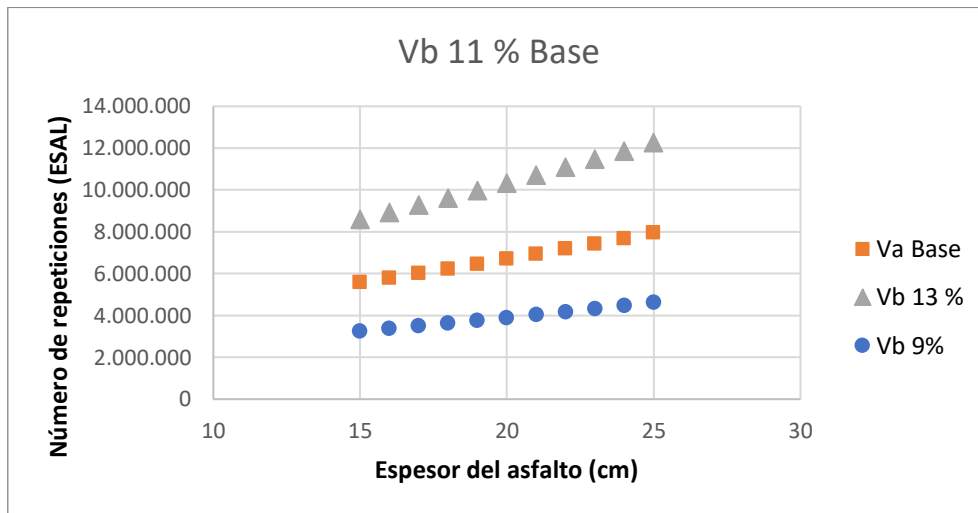


Figura 26. Sensibilidad de las repeticiones ante los porcentajes de asfalto (volumen)

Nota. Elaboración propia.

Con una menor cantidad de asfalto, el número de repeticiones para el fallo disminuye notablemente. Para el espesor medio de 20 cm las repeticiones estimadas serían de aproximadamente 6.7 millones empleando Vb base (11%), 10.3 millones para Vb de 13% y 3.9 millones para Vb de 9%. Esto implica que para Vb de 13% las repeticiones aumentaron en 54% y para 9% disminuyeron en 42%. Como se observa, se deben evitar valores de Vb por debajo de 11%, dado su impacto negativo en los vacíos rellenos de asfalto y en la flexibilidad de la mezcla.

El equilibrio adecuado entre el módulo dinámico, los vacíos y el contenido de asfalto es fundamental para garantizar un pavimento durable y resistente. Diseños que mantengan niveles óptimos de estos parámetros permitirán obtener mezclas asfálticas con un buen desempeño estructural y una mayor vida útil bajo condiciones de tráfico y clima variables.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El módulo dinámico de la mezcla asfáltica y la deformación por tracción que se genera en la capa asfáltica son las dos variables principales que influyen en la vida útil a la fatiga. Los exponentes relacionados con estas variables en los modelos de predicción varían según la prueba de laboratorio en que se fundamentan, las condiciones de carga utilizadas, los métodos de análisis y las mezclas asfálticas investigadas.

El modelo de partida seleccionado para nuestra investigación fue AASHTO 2002, ya que, de los modelos estudiados, el tema de la fatiga debido al agrietamiento descendente solo se maneja en los modelos de AASHTO a partir de su versión 2002. Básicamente los modelos en las versiones (“A Manual of Practice”) de 2008 y 2015 corresponden al modelo del 2002 con varios coeficientes de ajustes adicionales, la mayoría de estos calibrados para los EE.UU. El modelo AASHTO 2002 nos permitió el ajuste de un solo coeficiente, el “k·1”, relacionado con los espesores de capa asfáltica. Solo como simple comparación de las repeticiones para el fallo, en algunos casos se empleó AASHTO 2008.

Se aplicó la ecuación de Witzak para calcular los módulos dinámicos de la mezcla asfáltica a diferentes temperaturas y niveles de envejecimiento, considerando una mezcla típica empleada en Ecuador con tamaño máximo ½” (12.5 mm) y frecuencia de carga correspondiente a una velocidad de 70 km/h. Un resumen de todos los resultados se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. *Resumen de los principales resultados para obtener los módulos*

Profundidad (cm)	Temperatura (°C)	Envejecimiento (años)	Viscosidad (Poises x 10 <sup>6</sup> )	Módulo (MPa)
0	38,6	0	0,274	4.272
5	35,7	0	0,513	5.193
10	35,0	4	2,749	8.872
		8	7,186	11.865
15	34,5	8	7,606	12.075
		15	21,616	15.243

Nota. Elaboración propia.

Al realizar los análisis del comportamiento de capas asfálticas ante la fatiga descendente, con la ayuda programa WINJULEA, en dos estructuras representativas asociadas a rehabilitaciones con bajo o alto nivel de envejecimiento, los modelos tanto de AASHTO 2002 como 2008 muestran un número de repeticiones permisibles de ejes simples equivalentes de 8.2 t muy diferentes entre sí y exageradamente elevadas al compararse con las repeticiones reales para el fallo (20% de daño), obtenida de evaluaciones directas en carreteras hechas en estudios anteriores. El ajuste del parámetro “k·1” permitió igualar dichos resultados (repeticiones obtenidas con las reales) empleando el modelo de AASHTO 2002. El valor de “k·1” se obtendrá de las expresiones:

Caso 1. Rehabilitación en vías con bajo nivel de envejecimiento

Para espesores entre 15 y 22 cm:

$$k'1 = \frac{6.00715 - 0.19715hac}{e^{0.37hac}}$$

Para espesores entre 23 y 25 cm:

$$k'1 = \frac{0.41224hac - 6.70213}{e^{0.37hac}}$$

Caso 1. Rehabilitación en vías con alto nivel de envejecimiento

Para espesores entre 15 y 25 cm:

$$k'1 = \frac{0.02551hac^2 - 1.03070hac + 12.00025}{e^{0.37hac}}$$

Un análisis de sensibilidad al modelo ajustado para las condiciones de la región costera del Ecuador, concluyó que un módulo muy elevado en las capas asfálticas, especialmente en la más superficial, incidirá negativamente en el comportamiento ante las grietas descendentes, que se deben evitar valores de vacíos en la mezcla (Va) que superen el 7% por el impacto negativo en las repeticiones, así como valores de porcentajes de asfalto en volumen (Vb) por debajo de 11%, dada su incidencia en los vacíos rellenos de asfalto y en la flexibilidad de la mezcla.

## **5.2 Recomendaciones**

1. Incluir esta propuesta como criterio de valoración en las revisiones mecanicistas a los diseños de pavimentos flexibles por AASHTO 93 que se realizan por las diferentes instituciones o empresas en la región costera.
2. Aplicar los resultados de este estudio en otros tramos de vías de la región costera, para chequear y valorar su efectividad o la necesidad de afinamientos adicionales.
3. Comparar la viscosidad del asfalto AC 20 obtenida a partir de corridas con el DSR, con otras que pudieran obtenerse de estudios ya realizados con asfaltos modificados con polímeros y rejuvenecedores en el Laboratorio de Carreteras de la UCSG.



## REFERENCIAS

- AASHTO. (2002). Design of new and reconstructed flexible pavements. *Chapter 3 - Design Analysis*.
- AASHTO. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide*. United State of America.
- AASHTO. (2014). *Estimating Damage Tolerance of Asphalt Binders Using the Linear Amplitude Sweep*. Washington DC: AASHTO T321.
- AASHTO. (2014). *Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Hot-Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending*. Washington DC: AASHTO T321.
- AASHTO. (2015). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide ~A manual of Practice~* (Second Edition ed.). United State of America.
- AASHTO. (2016). Provisional Standard Method of Test for Determining the Fracture Potential of Asphalt Mixtures Using Semicircular Bend Geometry (SCB) at Intermediate Temperature.
- AASHTO. (2018). . *Determining the Damage Characteristic Curve and Failure Criterion Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT) Cyclic Fatigue Test*. AASTHO TP 107, AASHTO, Washington D.C.
- AASHTO T 240. (2021). *Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder (Rolling Thin-Film Oven Test)*. Technical Subcommittee: 2b, Liquid Asphalt. Washington, D.C : AASHTO.
- Abdo, A., & Jung, S. (2013). Evaluation of Prediction Models of Fatigue for Asphalt Mixes. *Chinese Society of Pavement Engineering* , pp. 700-701.
- Ahmed, T., & Khalid, H. (2015). A new approach in fatigue testing and evaluation of hot mix asphalt using a dynamic shear rheometer. *International Conference on Bituminous Mixtures and Pavements, vol. 6*.
- Al-Balbisisi, A., & Little, D. (1990). Effect of fracture healing on laboratory-to-field shift factor. *Transportation Research Record*(1286), pp. 173-183.
- Andrei, D., Witczak, M., & Mirza, M. (1999). *Development of A Revised Predictive Model for the Dynamic (Complex) Modulus of Asphalt Mixtures*. Prepared for the NCHRP 1-37A Project, Univ. of Meryland, Dept. of Civil Engineering, College Park.
- Apostolidis, P., Kasbergen, C., Bhasin, A., & et al. (2018). Study of asphalt binder fatigue whit a new dynamic shear rheometer geometru. *Transportation Research Record* 2672, pp 290-300.
- ASTM. (2010). *Test Method for Determining Fatigue Failure of Compacted Asphalt Concrete Subjected to Repeated Flexural Bending*. West Conshohocken: ASTM D7460.

- Babadopulos, L. (2014). *A Contribution to Couple Aging to Hot Mix Asphalt (HMA) Mechanical Characterization Under Load-Induced Damage*. Ms.C. Thesis, Unicersidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brazil.
- Bari, J., & Witczak, M. (2007). New Predictive Models for the Viscosity and Complex Shear Modulus of Asphalt Binders for Use with the Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. *Transportation Research Record*, pp. 9-19.
- Bari, J., & Witczak, M. (2007). New Predictive Models for Viscosity and Complex Shear Modulus Of Asphalt Binders. *Transportation Research Record*(2001), p. 16.
- Bayomy, F., El-Badawy, S., & Awed, A. (2012). *Implementation of the MEPDG for Flexible Pavements in Idaho*. University of Idaho , National Institute for Advanced Transportation Technology, Idaho. Retrieved from <http://itd.idaho.gov/highways/research>
- Bazant, Z., & G, P.-C. (1989). "Measurement of Characteristic Length od Nonlocal Continuum". *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol. 115(4), pp 755-767.
- Bessa, I., Vasconcelos, K., & Castelo Branco, V. (2023). Prediction of Fatigue Cracking in Flexible and Semi-rigid Asphalt Pavement Section. *Int. J. Pavement Res. Technol* 16, 563-575.
- Bodin, D., Pijaudier-Cabot, G., de la Roche, C., Piau, J., & Chabot, A. (2004). Continuum Damage Approach to Asphalt Concrete Fatigue Modeling. *ACE Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 130(N  6), pp. 700-7008.
- Bonnaure, F., Gravois, A., & Udron, J. (1980). A New Method for Predicting the Fatigue Life of Bituminous Mixes. *Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 49.
- Bonnetti, K., Nam, K., & Bahia, H. (2002). Measuring and defining fatigue behavior of asphalt binders . *Transportation Research Record*(1810), pp. 33-43.
- Canestrari, F., & Ingrassia, L. (2020). A review of top-down cracking in asphalt pavements: Causes, models, experimental tools and future challenges. *journal of traffic and transportation engi neering*, 542.
- CEN. (2018a). Bitmunous Mixtures-Test Methods Resistance to Fatigue .En 12697-24.
- CEN. (2018b). Bituminous Mixture-Test Methods-Part 44: Crack Propagation by Semi-circular Bending Test. En 12697-44.
- Cheng , H., Liu, J., Sun, L., & et al. (2021a). Fatigue behaviours of asphalt mixture at different temperatures in four-point bending and indirect tensile fatigue tests. *Construction and Building Materials* 273(121675).
- Cheng, H., Liu, L., & Sun, L. (2022a). Bridging the gap between laboratory and field moduli of asphalt layer for pavement desing and assesment: a comprehensive loading frequency based approach. *Frontiers of Structural and Civil Engineering* 16, Vol 3(N  16), pp. 267-280.

- Cheng, H., Sun, L., Wang, Y., & et al. (2021b). Effects of actual loading waveforms on the fatigue behaviours of asphalt mixtures. *International Journal of Fatigue*(151).
- Cheng, H., Sun, L., Wang, Y., Liu, L., & Chen, X. (2022). Fatigue test setups and analysis methods for asphalt mixture: A state-of-the-art review. *Journal of Road Engineering*, p. 4.
- Cheng, H., Sun, L., Yang, R., & at al. (2022c). Relating field moduli of asphalt mixture layer under vehicular loading and its dynamic moduli under laboratory loading. *Tranportation Research Record*(N° 2676), pp. 567-579.
- Cheng, H., Wang, Y., Liu, L., & et al. (2020b). Back-calculation of the moduli of asphalt pavement layer using accelerated pavement testing data. *Accelerated Pavement Testing to Transport Infrastructure Innovation*, pp. 379-388.
- Cho, Y., Park, D., & Hwang, S. (2010). A predictive equation for dynamic modulus of asphalt mixtures used in Korea. *Constr. Build. Mater*(24), pp. 513-519.
- Chow, T., Long, H., Mok, H., & et al. (2011). Estimation of soil temperature profile in Hong Kong from climatic variables. *Energy and Buildings*, Vol. 12(43), pp. 3568-3575.
- Cominsky, R., Huber, G., Kennedy, T., & et al. (1994). *The Superpave Mx Design Manual for New C*.
- D5404/D5404M-12, A. (2017). *Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using the Rotary Evaporator*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Daniel, J., & Kim, Y. (2001). Laboratory evaluation of fatigue damage and healing of asphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 6, pp. 434-440.
- Daniel, J., & Y.R, K. (2002). Development of a Simplified Fatigue Test and Analysis Procedure Using a Viscoelastic Continuum Damage Model. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, AAPT*, vol 71(292), pp 619-650.
- Deacon, J., Tayebali, A., Coplantz, J., & et al. (1994). *Fatigue Response of Asphalt-Aggregate Mixes, Part III - Mix Desingn and Analysis*. SHRP-A, Washington DC.
- Di Benedetto, H., Nguyen, Q., & Sauzeat, C. (2011). Nonlinearity, heating, fatigue and thixotropy during cyclic loading of asphalt mixtures. *Road Material and Pavement Design*, vol. 1(12), pp. 129-158.
- Di Benedetto, H., de la Roche, C., Baaj, H., & et al. (2003). Fatigue of bituminous mixtures: different approaches and RILEM group contribution. *Sixth International RILEM Symposium of Performance Testitng and Evaluation of Bituminous*. Zurich.
- Di Benedetto, H., de La Roche, C., Baaj, H., & et al. (2004). Fatigue of bituminous mixtures. *Materials and Structures* 37, 3, 202-216.

- El-Basyouny, M., & Jeong, M. (2009). Effective temperature for analysis of permanent deformation and fatigue distress on asphalt mixtures. *Transportation Research Record*(2127), pp. 155-163.
- Finn, F., Saraf, C., Kulkarni, K., Nair, K., Smith, W., & Abdullah, A. (1977). *Development of Pavement Structural Subsystems*. Final Report, Project 1-10B.
- Finn, F., Saraf, C., Kulkarni, K., Nair, K., Smith, W., & Abdullah, A. (1986). *Development of pavement structural subsystems*. NCHRP Report 291.
- Finn, F., Saraf, C., Nair, K., Smith, W., & Abdullah, A. (1977). *Development of Pavement Structural Subsystems*. Project 1-10B.
- González, S., & Velandia, S. (2006). *Estado del Arte en el Estudio de la Fatiga de Materiales Bituminosos*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Fisiomecánicas, Bucaramanga.
- Harvey, J., Deacon, J., Tsal, B.-W., & Monismith, C. (1995). *Fatigue performance of asphalt concrete mixes and its relationship to asphalt concrete pavement Performance in California*. Report No. RTA-65W48S-2, University of California, Institute of Transportation Studies, Berkeley.
- Hou, T., B.S, U., & Y.R, K. (2010). Fatigue Performance Prediction of North Carolina Mixtures Using Simplified Viscoelastic Continuum Damage Model. *Journal of Carolina Mixtures Using Simplified Viscoelastic Continuum Damage Model*, vol 79(294), pp 35-80.
- Huang, Y. (1993). *Pavement Analysis and Designs: United States Edition*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Hveem, F. (1995). Pavement deflections and fatigue failures. *Highway Research Board Bulletin*, 114, 43-87.
- Jaramillo, J. G. (2015). *Estudio del Comportamiento de las Capas Asfálticas ante las Deformaciones Plásticas en las Diferentes Regiones del Ecuador*. Tesis de pregrado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Kim, Y., & Little, D. (1989). Evaluation of healing in asphalt concrete by means of the theory of non linear visco elasticity. *Transportation Research Record*(1228), pp. 198-210.
- Kim, Y., Little, D., & Benson, F. (1990). Chemical and mechanical evaluation on healing mechanism of Asphalt concrete. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 59, pp. 240-274.
- Kim, Y., Little, D., & Lytton, R. (2003). Fatigue and healing characterization of asphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering* 15 (1), 75-83.
- Kim, Y., Whitmoyer, S., & Little, D. (1994). Healing in asphalt concrete pavements: Is it real? *Transportation Research Record*(12856), pp. 173-183.
- Kim, Y.R; D.N, Little;. (1990). One-Dimensional Constitutive Modeling of Asphalt Concrete". *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol 116(4), pp 751-772.

- Kingham, R. I. (1973). Failure criteria developed from AASHO road test data. In *Structural Design of Asphalt Concrete Pavements to Prevent Fatigue Cracking. Highway Research Board* , pp. 183-196.
- Lee, H., & Y.R, K. (1998a). “A Uniaxial Viscoelastic Constitutive Model for Asphalt Concrete under Cyclic Loading.”. *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol 124(1), pp 32-0.
- Lee, H., & Y.R, K. (1998b). A Viscoelastic Continuum Damage Model of Asphalt Concrete with Healing. *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol 124(4), pp 1224-1232.
- Li, K., Huang, M., Zhong, H., & et al. (2019). Comprehensive evaluation of fatigue performance of modified asphalt mixtures in different fatigue tests. *vol. 9(9)*, 1850.
- Lundstrom, R., Ekblad, J., & Isacson, U. (2004). Influence of Hysteretic Heating on Asphalt Fatigue Charaterization. *ASTM Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 32 (6), pp. 484-493.
- Maggiore, C., Airey, G., Di Mino, G., & et al. (2012). *Fatigue resistance: is it possible having a unique response?* 3rd Conference on 4PBB, Davis. 2012.
- Majidzadeh, K., Kauffmann, E., & Ramsamooj, D. (1971). Application of fracture mechanics in the analysis of pavement patigue. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 40, pp. 2247-246.
- Mateos, A., Wu, R., Denneman, E., & et al. (2018). Sine versus haversine displacement waveform comparison for hot mix asphalt four-point bending fatigue testing. *Transportation Research Record(2672)*, pp. 372-382.
- Melo, J. (2014). *Desenvolvimento e estudo do comportamento reológico e desempenho mecânico de concretos asfálticos modificados com nanocompósitos*. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, Brasil.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de caminos y Puentes*. Retrieved from [Obraspublicas.gob.ec](http://Obraspublicas.gob.ec).
- Monismith, C., & Salam, Y. (1973). Distress Characteristics of Asphalt Concrete Mixes. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 42, pp. 320-350.
- Monismith, C., Epps, J., Kasianchuk, D., & Mclean, D. (1970). *Asphalt Mixture Behavior in Repeated Flexure*. Report No. TE 70-5, University of California, Institute of Transportation and Traffic Engineering, Berkeley.
- Monismith, C., Epps, J., Kasianchuk, D., & McLean, D. (1972). *Asphalt mixture behaviour in flexure*. Report No. TE 70-5, University of California, Institute of Transportation and Traffic Engineering , Berkeley.

- Naranjo, W. (2020). *Agrietamiento por Fatiga Top-Down en Pavimentos Asfálticos*. Tesis de pre grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil.
- Nascimento, L., Chacur, M., Rocha, S., & Fritzen, M. (2010). Novo Ensaio de Compressao Diametral com Controle Misto para a Caracterizacao do Dano por Fadiga em Misturas Asfálticas. *Proceedings of the 20th Brazilian Petroleum Institute Asphalt Meeting*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Nascimento, L., S.M.N, R., C.E.H, N., Y.R, K., M, Chacur, & A.T, M. (2014). Uso da Mecânica do Dano Contínuo na Caracterização de Misturas Asfálticas Brasileiras. *Proceeding of the 21st Brazilian Petroleum Institute Asphalt Meeting*.
- Newcomb, D., Epps Martin, A., Yin, F., Arambula, E., Sug Park, E., & Chowdhury, A. (2015). NCHRP report 815: Short-Term Laboratory Conditioning of Asphalt Mixtures. *Transportation Research Board*.
- Nguyen, M., Lee, H., & Beak, J. (2013). Fatigue analysis of asphalt concrete under indirect tensile mode of loading using crack images. *Journal of Testing and Evaluation*, vol 1(41), pp 148-158.
- Pell, P., & Cooper, K. (1975). The Fatigue of Testing and Mix Variables on The Fatigue Performance of Bituminous Materials. *Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 44*.
- Powell, B., Brown, E., Anderson, R., & et al. (2010). *Validating the Fatigue Endurance Limit for Hot Mix Asphalt*. Transportation Research Board, NCHRP Report 646, Washington DC.
- Powell, W., Potter, J., Mayhew, H., & Nunn, M. (1984). *The structural design of bituminous roads*. Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 1132, Crowthorne, U K.
- Priest, A., & Timm, D. (2006). *Methodology and calibration of fatigue transfer funtions for mechanistic-empirical flexible pavement design*. Auburn University, National Center for Asphalt Technology, Auburn.
- Pronk, A. C. (1995). Evaluation of the Dissipated Energy Concept for the Interpretation of fatigue in the Crack Initiation Phase. *The Road and Hydraulic in Engineering Division of Rijkswaterstaat*.
- Pronk, A. C. (1997). Comparison of 2 and 4 point fatigue tests and healing in a 4 point dynamic bending test based on the dissipated energy concept. *Proceedings Eighth International Conference on Asphalt Pavements, Vol. 2*, pp. 986-994.
- Raithby, K. D., & Sterling, A. B. (1972). *Some Effects of Loading History of the Performance of Rolled Asphalt*. Transport and Road Research Laboratory, Laboratory Report 496, Crowthorne, England.
- Ren, J., Li, D., Xu, Y., & et al. (2021). Fatigue behaviout of rock asphalt concrete considering moisture, high-temperature, and stress level. *Internarional Journal of*

- Reyes, O. (2009). *Comportamiento a fatiga de betunes mediante el uso del DSR.*
- Roque, R., & Buttlar, W. (1992). The Development of the Measurement and Analysis System to Accurately Determine Asphalt Concrete Properties Using the Indirect Tensile Mode. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 61*, pp. 304-333.
- Roque, R., & Buttlar, W. (1994). Development and Evaluation of the Strategic Highway Research Program Measurement and Analysis System for Indirect Tensile Testing at Low Temperature. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(N° 1454)*, pp. 163-171.
- Rowe, G. (1993). Performance of Asphalt Mixtures in the Trapezoidal Fatigue Test. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 62*, pp. 344-284.
- Rowe, G., & Sousa, J. (1992). Fatigue response of asphalt-aggregate mixtures (with discussion). *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists 61*, pp 333-360.
- Said, S. (1997). Variability in road base layer properties conducting indirect tensile test. *Eighth International Conference on Asphalt Pavements, Vol. II*, PP. 977-986.
- Salam, Y. M. (1971). *Characteristics of Deformation and Fracture of Asphalt Concrete.* University of California, Berkeley.
- Shell. (1978). *Pavement Design Manual - Asphalt pavements and overlays for road traffic.* London, U.K: International Petroleum Company Ltd.
- Shen, S., & Carpenter, S. (2007). Development of an Asphalt Fatigue Model Based on Energy Principles. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 76*, pp. 525-273.
- Shen, S., & Carpenter, S. (2007). *Dissipated Energy Concepts for HMA Performance: Fatigue and Healing.* Univ. of Illinois , Dept. of Civil and Environmental Engineering.
- SHRP. (1994a). *Low Temperature Cracking: Test Selection.* SHRP Report No. A-400, Strategic Highway Research Program (SHRP), Washington DC.
- Sun, L. (2016). *Structural Behavior of Asphalt Pavements.* Kidlington: Butterworth-Heinemann.
- Sun, Y., Fang, C., Wang, J., & et al. (2018). Energy-based approach to predict fatigue life of asphalt mixture using three-point bending fatigue test. *vol. 9*(11).
- Tangella, S. C., Craus, J., Deacon, J. A., & Monismith, C. L. (1990). *Summary Report on Fatigue Response of Asphalt Mixtures.* Prepared for Strategic Highway Research Program Project A-003-A.

- Tangella, S., Craus, J., Deacon, J., & et al. (1990). *Summary Report on Fatigue Response of Asphalt Mixtures. SHRP A-312*. SHRP, Washington DC.
- Tayebali, A., Deacon, J., & Monismith, C. (1995). Development and Evaluation of Surrogate Fatigue Models for SHRP A-003-A Abridged Mix Design Procedure. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Vol. 64, pp. 340-364.
- Tayebali, A., Rowe, G., & Sousa, J. (1992). Fatigue response of asphalt-aggregate mixtures (with discussion). *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*(61), pp. 333-360.
- The Asphalt Institute. (1981). *Thickness design - asphalt pavements for highways and streets*. College Park, Maryland, USA.
- Tseng, K., & Lytton, R. (1990). Fatigue damage on properties of asphaltic concrete pavements. *Transportation Research Record*(1286), pp. 150-163.
- Van Dijk, W., Moreaud, H., Quedeville, A., & Uge, U. (1972). The fatigue of bitumen and bituminous mixes. *3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements*, pp. 354-366.
- Vargas, A. (2014). *Evaluación de resistencia al agrietamiento por fatiga de mezclas asfálticas mediante el enfoque de energía disipada*. Universidad de Costa Rica, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, San Pedro de Montes de Oca.
- Vila, R. (2017). *Estudios y Propuestas Sobre la Calidad de los Asfaltos y de las Mezclas Asfálticas en Ecuador*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UCSG.
- Vila, R. (2024). material de clase.
- Vila, R., & Mera, W. (2024). *El Envejecimiento del Asfalto Ecuatoriano y su Impacto en la Durabilidad de los Pavimentos*. (S. García, Ed.) Guayaquil, Guayas, Ecuador: UCSG.
- Wang, Y., Zhu, S., & Wong, A. (2014b). Cooling time estimation of newly placed hot-mix asphalt pavement in different weather conditions. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 5(140).
- Washington Asphalt Pavement Association. (2024). *Top Down Cracking*.
- West, R., Timm, D., Willis, J., & et al. (2012). *Phase IV NCAT Pavement Test Track Findings: Draft Report*. Washington DC: FHWA.
- Witczak, M., Mamlouk, M., Souliman, M., & et al. (2013). *Laboratory Validation of an Endurance Limit for Asphalt Pavements*. Washington DC: NCHRP.
- Witczak, M., & Bari, J. (2004). *Development of a Master Curve (E\*) Database for Lime Modified Asphaltic Mixtures*. Arizona State University, Arizona State University Research Report, Tempe, AZ, USA.



Wu, H., Zhan, Y., Song, W., Xu, S., Chen, X., & Liao, H. (2024). *Prediction modelling on dynamic modulus of recycled asphalt mixtures based on meso-mechanical analysis*.

Zeida, W., Souliman, M., & Kaloush, K. (2014). Comparison of fatigue damage, healing, and endurance limit whit beam and uniaxial fatigue tests. *Trasportation Research Record*, pp 32-41.

Zhu, X., Sun, Y., Du, C., & et al. (2020). Rutting and Fatigue performance evaluation of warm mix asphalt mastic containing high percentage of artificial RAP binder. *Construction and Building Materials* 240.

# ANEXOS

## ANEXO 1 – Datos de DSR para 0 años de envejecimiento

Data - DSR							
Point No.	Temperature	Frequency	Phase Shift Angle	Complex Shear Modulus	Storage Modulus	Loss Modulus	Angular Frequency
	[°C]	(Hz)	[°]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[rad/s]
1	10.0	3.75E+01	37.5	3.63E+07	2.96E+07	2.11E+07	236
2	10.0	3.00E+01	37.21	3.43E+07	2.80E+07	1.97E+07	188
3	10.0	2.50E+01	37.43	3.22E+07	2.62E+07	1.87E+07	157
4	10.0	2.00E+01	37.21	2.96E+07	2.42E+07	1.71E+07	126
5	10.0	1.50E+01	37.31	2.71E+07	2.21E+07	1.56E+07	94
6	10.0	1.00E+01	37.79	2.32E+07	1.88E+07	1.36E+07	63
7	10.0	5.00E+00	38.79	1.76E+07	1.41E+07	1.06E+07	31
8	10.0	1.00E+00	41.82	8.97E+06	6.89E+06	5.74E+06	6
9	10.0	5.00E-01	43.21	6.60E+06	4.96E+06	4.35E+06	3
10	10.0	0.10	46.38	3.13E+06	2.23E+06	2.19E+06	1
1	20.0	3.75E+01	44.11	1.26E+07	9.38E+06	8.47E+06	236
2	20.0	3.00E+01	44.72	1.16E+07	8.51E+06	7.86E+06	188
3	20.0	2.50E+01	44.96	1.07E+07	7.85E+06	7.31E+06	157
4	20.0	2.00E+01	45.28	9.71E+06	7.07E+06	6.66E+06	126
5	20.0	1.50E+01	45.6	8.58E+06	6.21E+06	5.91E+06	94
6	20.0	1.00E+01	46.05	7.13E+06	5.12E+06	4.96E+06	63
7	20.0	5.00E+00	46.97	5.14E+06	3.64E+06	3.64E+06	31
8	20.0	1.00E+00	49.44	2.29E+06	1.55E+06	1.69E+06	6
9	20.0	5.00E-01	50.44	1.61E+06	1.07E+06	1.21E+06	3
10	20.0	0.10	53.27	6.71E+05	4.20E+05	5.23E+05	1
1	29.99	3.75E+01	48.43	3.63E+06	2.50E+06	2.63E+06	236
2	30.02	3.00E+01	50.45	3.26E+06	2.16E+06	2.44E+06	188
3	30.03	2.50E+01	51.25	2.99E+06	1.95E+06	2.26E+06	157
4	30.03	2.00E+01	51.87	2.68E+06	1.73E+06	2.05E+06	126
5	30.03	1.50E+01	52.39	2.32E+06	1.48E+06	1.79E+06	94
6	30.02	1.00E+01	52.79	1.87E+06	1.18E+06	1.45E+06	63
7	30.02	5.00E+00	53.51	1.28E+06	7.95E+05	9.99E+05	31
8	30.02	1.00E+00	55.68	5.04E+05	2.99E+05	4.06E+05	6
9	30	5.00E-01	58.5	3.36E+05	1.95E+05	2.74E+05	3
10	30	0.10	59.6	1.25E+05	6.68E+04	1.05E+05	1
1	40	3.75E+01	53.42	6.63E+05	4.13E+05	5.18E+05	236
2	40	3.00E+01	54.66	6.17E+05	3.74E+05	4.90E+05	188
3	40.01	2.50E+01	54.54	5.57E+05	3.39E+05	4.42E+05	157
4	40	2.00E+01	54	4.97E+05	3.06E+05	3.92E+05	126
5	40	1.50E+01	55.21	4.26E+05	2.55E+05	3.41E+05	94
6	39.99	1.00E+01	55.04	3.39E+05	2.04E+05	2.71E+05	63
7	40	5.00E+00	56.58	2.29E+05	1.33E+05	1.86E+05	31
8	40	1.00E+00	59.49	8.46E+04	4.55E+04	7.14E+04	6
9	40	5.00E-01	61.23	5.42E+04	2.77E+04	4.65E+04	3
10	39.99	0.10	65.91	1.83E+04	8.05E+03	1.64E+04	1
1	50	3.75E+01	60.61	2.40E+05	1.25E+05	2.05E+05	236
2	50	3.00E+01	60.42	2.13E+05	1.12E+05	1.82E+05	188
3	50.01	2.50E+01	60.92	1.90E+05	9.82E+04	1.63E+05	157
4	49.99	2.00E+01	61.23	1.67E+05	8.53E+04	1.43E+05	126
5	50.01	1.50E+01	61.18	1.39E+05	7.14E+04	1.20E+05	94
6	50.01	1.00E+01	61.61	1.07E+05	5.43E+04	9.26E+04	63
7	50.01	5.00E+00	62.68	6.80E+04	3.33E+04	5.93E+04	31
8	50	1.00E+00	66.39	2.26E+04	9.75E+03	2.03E+04	6
9	50	5.00E-01	68.44	1.38E+04	5.53E+03	1.27E+04	3
10	50.01	0.10	73.96	4.08E+03	1.26E+03	3.88E+03	1
1	60	3.75E+01	65.58	7.96E+04	3.54E+04	7.13E+04	236
2	59.99	3.00E+01	65.83	6.91E+04	3.05E+04	6.20E+04	188
3	60.02	2.50E+01	66.34	6.12E+04	2.65E+04	5.52E+04	157
4	60	2.00E+01	66.44	5.27E+04	2.27E+04	4.75E+04	126
5	59.99	1.50E+01	66.85	4.31E+04	1.83E+04	3.90E+04	94
6	59.99	1.00E+01	67.51	3.25E+04	1.35E+04	2.96E+04	63
7	60.02	5.00E+00	68.74	2.00E+04	7.88E+03	1.83E+04	31
8	60	1.00E+00	73.15	5.97E+03	1.93E+03	5.65E+03	6
9	60.01	5.00E-01	75.62	3.46E+03	9.75E+02	3.32E+03	3
10	60	0.10	81.19	8.81E+02	1.65E+02	8.65E+02	1
1	70.01	3.75E+01	69.5	2.85E+04	1.09E+04	2.63E+04	236
2	70.02	3.00E+01	70.84	2.50E+04	9.01E+03	2.33E+04	188
3	70.01	2.50E+01	71.35	2.21E+04	7.81E+03	2.07E+04	157
4	70.01	2.00E+01	71.8	1.89E+04	6.51E+03	1.77E+04	126
5	70	1.50E+01	72.27	1.54E+04	5.20E+03	1.45E+04	94
6	70	1.00E+01	72.93	1.14E+04	3.73E+03	1.08E+04	63
7	70.01	5.00E+00	74.5	6.67E+03	2.01E+03	6.36E+03	31
8	70	1.00E+00	79.34	1.74E+03	3.81E+02	1.70E+03	6
9	70.02	5.00E-01	81.61	9.53E+02	1.72E+02	9.38E+02	3
10	70.01	0.10	85.81	2.21E+02	2.38E+01	2.20E+02	1

**ANEXO 1 – Datos de DSR para 4 años de envejecimiento**

Data - DSR							
Point No.	Temperature [°C]	Frequency (Hz)	Phase Shift Angle [°]	Complex Shear Modulus [Pa]	Storage Modulus [Pa]	Loss Modulus [Pa]	Angular Frequency [rad/s]
1	10.0	37.5	29.42	4.12E+07	3.59E+07	2.02E+07	236
2	10.0	30	29.07	3.92E+07	3.43E+07	1.90E+07	188
3	10.0	25	29.03	3.72E+07	3.26E+07	1.81E+07	157
4	10.0	20	29.24	3.53E+07	3.08E+07	1.72E+07	126
5	10.0	15	29.24	3.26E+07	2.84E+07	1.59E+07	94
6	10.0	10	29.2	2.88E+07	2.51E+07	1.40E+07	63
7	10.0	5	29.4	2.32E+07	2.02E+07	1.14E+07	31
8	10.0	1	31.23	1.36E+07	1.16E+07	7.06E+06	6
9	10.0	0.5	32.35	1.07E+07	9.05E+06	5.73E+06	3
10	10.0	0.10	35.06	5.96E+06	4.88E+06	3.42E+06	1
1	20.0	37.5	34.05	1.71E+07	1.42E+07	9.59E+06	236
2	20.0	30	34.19	1.60E+07	1.32E+07	9.00E+06	188
3	20.0	25	34.43	1.50E+07	1.24E+07	8.50E+06	157
4	20.0	20	34.39	1.39E+07	1.15E+07	7.87E+06	126
5	20.0	15	34.7	1.26E+07	1.04E+07	7.17E+06	94
6	20.0	10	34.76	1.08E+07	8.91E+06	6.18E+06	63
7	20.0	5	35.3	8.38E+06	6.84E+06	4.84E+06	31
8	20.0	1	37.25	4.50E+06	3.58E+06	2.72E+06	6
9	20.0	0.5	38.17	3.42E+06	2.69E+06	2.11E+06	3
10	20.0	0.10	40.91	1.72E+06	1.30E+06	1.13E+06	1
1	29.99	37.5	37.98	6.11E+06	4.82E+06	3.76E+06	236
2	29.99	30	39.31	5.64E+06	4.36E+06	3.57E+06	188
3	30	25	39.72	5.26E+06	4.04E+06	3.36E+06	157
4	30	20	39.85	4.80E+06	3.69E+06	3.08E+06	126
5	30.01	15	40.09	4.27E+06	3.26E+06	2.75E+06	94
6	30.01	10	40.37	3.60E+06	2.75E+06	2.33E+06	63
7	30.01	5	40.91	2.67E+06	2.02E+06	1.75E+06	31
8	30.02	1	42.85	1.29E+06	9.43E+05	8.75E+05	6
9	30.01	0.5	43.74	9.33E+05	6.74E+05	6.45E+05	3
10	30	0.10	46.59	4.22E+05	2.90E+05	3.07E+05	1
1	40	37.5	44.15	1.14E+06	8.14E+05	7.91E+05	236
2	40	30	41	1.17E+06	882890	7.68E+05	188
3	40.01	25	40.86	1.11E+06	839910	7.27E+05	157
4	40.01	20	42.57	9.67E+05	711880	6.54E+05	126
5	40.01	15	40.63	8.82E+05	669500	5.74E+05	94
6	40.01	10	41.59	7.38E+05	551740	4.90E+05	63
7	40.01	5	42.49	545150	402010	368200	31
8	40	1	45.89	249660	173780	179250	6
9	39.99	0.5	47.35	175770	119090	129280	3
10	39.99	0.10	51.7	72583	44982	56963	1
1	50.01	37.5	49.82	487650	314650	372560	236
2	50	30	48.87	435260	286290	327860	188
3	50	25	49.33	394200	256900	299000	157
4	50.01	20	47.95	371000	248510	275470	126
5	50	15	49.1	313230	205090	236740	94
6	50.01	10	49.44	256010	166470	194500	63
7	50	5	49.74	176560	114110	134730	31
8	50	1	52.81	71138	43000	56671	6
9	50	0.5	54.56	47158	27347	38418	3
10	50	0.10	59.52	17328	8787.9	14934	1
1	60.02	37.5	54.26	182040	106320	147770	236
2	60.01	30	54.33	163140	95132	132530	188
3	60.01	25	54.11	147410	86417	119420	157
4	60	20	54.27	130170	76027	105670	126
5	60.01	15	54.36	110730	64527	89987	94
6	60	10	54.81	87218	50268	71275	63
7	60.01	5	55.64	57424	32406	47406	31
8	60	1	59.44	20914	10634	18008	6
9	59.99	0.5	61.35	13395	6422.6	11755	3
10	60	0.10	67.49	4320.8	1654.1	3991.7	1
1	70	37.5	58.47	67294	35193	57357	236
2	70	30	58.95	59423	30647	50910	188
3	70.01	25	59.08	53237	27353	45673	157
4	70	20	59.38	46581	23727	40085	126
5	70	15	59.72	38835	19580	33538	94
6	70.01	10	60.13	30068	14973	26075	63
7	70.01	5	61.3	19252	9246	16886	31
8	70	1	66.1	6390.8	2588.8	5843	6
9	70.01	0.5	68.59	3858.9	1408.7	3592.6	3
10	69.99	0.10	74.89	1074.6	280.14	1037.5	1

**ANEXO 1 – Datos de DSR para 8 años de envejecimiento**

Data - DSR							
Point No.	Temperature [°C]	Frequency (Hz)	Phase Shift Angle [°]	Complex Shear Modulus [Pa]	Storage Modulus [Pa]	Loss Modulus [Pa]	Angular Frequency [rad/s]
1	10.0	37.5	27.95	5.93E+07	5.24E+07	2.78E+07	236
2	10.0	30	26.03	5.09E+07	4.58E+07	2.23E+07	188
3	10.0	25	26.39	4.86E+07	4.35E+07	2.16E+07	157
4	10.0	20	26.08	4.59E+07	4.12E+07	2.02E+07	126
5	10.0	15	26.66	4.33E+07	3.87E+07	1.94E+07	94
6	10.0	10	26.67	3.89E+07	3.47E+07	1.74E+07	63
7	10.0	5	26.9	3.19E+07	2.84E+07	1.44E+07	31
8	10.0	1	28.46	1.97E+07	1.73E+07	9.40E+06	6
9	10.0	0.5	29.57	1.61E+07	1.40E+07	7.93E+06	3
10	10.0	0.10	32.71	9.28E+06	7.80E+06	5.01E+06	1
1	20.0	37.5	31.13	2.63E+07	2.25E+07	1.36E+07	236
2	20.0	30	31.26	2.32E+07	1.98E+07	1.20E+07	188
3	20.0	25	31.54	2.18E+07	1.86E+07	1.14E+07	157
4	20.0	20	31.71	2.02E+07	1.72E+07	1.06E+07	126
5	20.0	15	31.6	1.84E+07	1.57E+07	9.66E+06	94
6	20.0	10	31.91	1.60E+07	1.36E+07	8.47E+06	63
7	20.0	5	32.68	1.26E+07	1.06E+07	6.80E+06	31
8	20.0	1	35.15	7.09E+06	5.80E+06	4.08E+06	6
9	20.0	0.5	36.91	5.53E+06	4.42E+06	3.32E+06	3
10	20.0	0.10	39.91	3.19E+06	2.45E+06	2.05E+06	1
1	29.97	37.5	35.81	1.08E+07	8.73E+06	6.30E+06	236
2	29.99	30	36.31	1.00E+07	8.07E+06	5.93E+06	188
3	30	25	36.58	9.38E+06	7.53E+06	5.59E+06	157
4	30.01	20	36.88	8.68E+06	6.94E+06	5.21E+06	126
5	30.02	15	37.06	7.80E+06	6.22E+06	4.70E+06	94
6	30.02	10	37.36	6.66E+06	5.29E+06	4.04E+06	63
7	30.02	5	38.17	5.06E+06	3.98E+06	3.13E+06	31
8	30.01	1	40.53	2.57E+06	1.95E+06	1.67E+06	6
9	30.01	0.5	41.59	1.90E+06	1.42E+06	1.26E+06	3
10	29.99	0.10	44.98	8.93E+05	6.32E+05	6.31E+05	1
1	40.01	37.5	38.37	2.04E+06	1.60E+06	1.27E+06	236
2	40.01	30	37.61	2.02E+06	1599600	1.23E+06	188
3	40	25	33.27	1.86E+06	1557500	1.02E+06	157
4	39.98	20	34.33	1.74E+06	1439400	9.83E+05	126
5	39.97	15	36.15	1.59E+06	1280000	9.35E+05	94
6	39.97	10	35.52	1.45E+06	1176700	8.40E+05	63
7	39.99	5	36.13	1114200	899940	656980	31
8	40	1	42.22	562660	416700	378080	6
9	40	0.5	43.23	401830	292770	275230	3
10	40	0.10	48.4	178300	118380	133340	1
1	50.01	37.5	44.29	975480	698300	681130	236
2	50	30	44.35	920430	658170	643440	188
3	50	25	46.04	865610	600860	623090	157
4	50.01	20	43.92	772930	556730	536160	126
5	50	15	45.32	690280	485350	490830	94
6	49.99	10	44.92	578520	409660	408480	63
7	50	5	46.18	414140	286750	298800	31
8	50	1	49.63	178420	115570	135940	6
9	50.01	0.5	51.46	121360	75619	94922	3
10	50	0.10	56.41	46551	25758	38776	1
1	60.01	37.5	51.22	420740	263530	327980	236
2	60	30	50.92	378040	238300	293480	188
3	60.01	25	50.98	347560	218810	270040	157
4	60	20	51.86	304620	188140	239570	126
5	60	15	51.25	266690	166930	207990	94
6	60	10	52.08	212370	130500	167540	63
7	60	5	52.8	143530	86782	114320	31
8	60.01	1	56.3	54522	30248	45362	6
9	60	0.5	58.56	35114	18317	29958	3
10	60	0.10	64.3	11960	5186.6	10777	1
1	70.01	37.5	56.1	160240	89363	133010	236
2	70.01	30	56.55	140810	77625	117480	188
3	70	25	56.44	126950	70185	105780	157
4	70	20	56.62	110810	60963	92528	126
5	70.01	15	57.07	93183	50656	78211	94
6	69.99	10	57.29	73277	39597	61657	63
7	70.01	5	58.61	46945	24449	40076	31
8	70	1	63.02	16086	7298.1	14336	6
9	70.01	0.5	65.59	9949.7	4111.9	9060.2	3
10	70.01	0.10	72.12	2905.3	892.2	2764.9	1

## ANEXO 1 – Datos de DSR para 15 años de envejecimiento

Point No.	Data - DSR						
	Temperature	Frequency	Phase Shift Angle	Complex Shear Modulus	Storage Modulus	Loss Modulus	Angular Frequency
	[°C]	(Hz)	[°]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[rad/s]
1	10.0	3.75E+01	23.7	7.62E+07	6.98E+07	2.16E+07	236
2	10.0	3.00E+01	23.28	7.23E+07	6.65E+07	2.08E+07	188
3	10.0	2.50E+01	22.83	6.97E+07	6.42E+07	1.93E+07	157
4	10.0	2.00E+01	22.41	6.67E+07	6.17E+07	1.81E+07	126
5	10.0	1.50E+01	22.39	6.28E+07	5.80E+07	1.68E+07	94
6	10.0	1.00E+01	22.89	5.73E+07	5.28E+07	1.51E+07	63
7	10.0	5.00E+00	22.77	4.88E+07	4.50E+07	1.24E+07	31
8	10.0	1.00E+00	23.75	3.28E+07	3.00E+07	7.71E+06	6
9	10.0	5.00E-01	24.55	2.76E+07	2.51E+07	6.34E+06	3
10	10.0	0.10	27.27	1.75E+07	1.56E+07	3.89E+06	1
1	20.0	3.75E+01	39.91	4.06E+07	3.11E+07	1.27E+07	236
2	20.0	3.00E+01	27.07	3.80E+07	3.38E+07	1.00E+07	188
3	20.0	2.50E+01	26.64	3.61E+07	3.23E+07	9.38E+06	157
4	20.0	2.00E+01	26.76	3.41E+07	3.04E+07	8.71E+06	126
5	20.0	1.50E+01	26.76	3.17E+07	2.83E+07	7.84E+06	94
6	20.0	1.00E+01	26.58	2.88E+07	2.57E+07	6.84E+06	63
7	20.0	5.00E+00	26.97	2.37E+07	2.12E+07	5.39E+06	31
8	20.0	1.00E+00	28.79	1.45E+07	1.27E+07	3.13E+06	6
9	20.0	5.00E-01	30.18	1.16E+07	1.00E+07	2.47E+06	3
10	20.0	0.10	33.46	6.66E+06	5.55E+06	1.40E+06	1
1	29.99	3.75E+01	31.46	1.74E+07	1.49E+07	4.16E+06	236
2	30	3.00E+01	31.76	1.63E+07	1.39E+07	3.95E+06	188
3	30.02	2.50E+01	31.66	1.54E+07	1.31E+07	3.74E+06	157
4	30.01	2.00E+01	31.8	1.44E+07	1.22E+07	3.45E+06	126
5	30.01	1.50E+01	31.7	1.31E+07	1.12E+07	3.09E+06	94
6	30	1.00E+01	32.11	1.14E+07	9.69E+06	2.66E+06	63
7	30.01	5.00E+00	32.94	8.98E+06	7.54E+06	2.03E+06	31
8	30	1.00E+00	35.46	5.02E+06	4.09E+06	1.08E+06	6
9	30	5.00E-01	36.64	3.86E+06	3.10E+06	8.22E+05	3
10	30	0.10	40.3	1.97E+06	1.50E+06	4.28E+05	1
1	40	3.75E+01	30.65	2.25E+06	1.93E+06	8.09E+05	236
2	40	3.00E+01	32.5	2.50E+06	2.11E+06	7.06E+05	188
3	39.99	2.50E+01	33.31	2.20E+06	1.84E+06	6.83E+05	157
4	40	2.00E+01	33.41	2.13E+06	1.78E+06	6.20E+05	126
5	40	1.50E+01	30.52	1.94E+06	1.68E+06	5.66E+05	94
6	40	1.00E+01	31.8	1.77E+06	1.51E+06	4.98E+05	63
7	39.99	5.00E+00	31.44	1.41E+06	1.20E+06	3.65E+05	31
8	40	1.00E+00	35.19	8.07E+05	6.59E+05	1.82E+05	6
9	40	5.00E-01	37.9	6.19E+05	4.89E+05	1.32E+05	3
10	40	0.10	44.02	3.03E+05	2.18E+05	6.03E+04	1
1	50.01	3.75E+01	39.73	1.22E+06	9.37E+05	3.65E+05	236
2	50.01	3.00E+01	40.39	1.23E+06	9.34E+05	3.39E+05	188
3	50.01	2.50E+01	40.32	1.15E+06	8.78E+05	3.12E+05	157
4	50	2.00E+01	38.87	1.06E+06	8.23E+05	2.74E+05	126
5	50.01	1.50E+01	37.02	9.31E+05	7.43E+05	2.46E+05	94
6	49.99	1.00E+01	37.93	8.32E+05	6.56E+05	2.02E+05	63
7	50	5.00E+00	40.44	6.05E+05	4.61E+05	1.42E+05	31
8	50	1.00E+00	44.68	2.89E+05	2.05E+05	6.27E+04	6
9	50	5.00E-01	46.54	2.04E+05	1.40E+05	4.37E+04	3
10	50.01	0.10	51.78	8.54E+04	5.29E+04	1.82E+04	1
1	60.01	3.75E+01	45.31	5.85E+05	4.11E+05	1.56E+05	236
2	60	3.00E+01	46.74	5.27E+05	3.61E+05	1.38E+05	188
3	60.01	2.50E+01	46.66	4.88E+05	3.35E+05	1.26E+05	157
4	59.99	2.00E+01	46.25	4.48E+05	3.10E+05	1.13E+05	126
5	60	1.50E+01	46.49	3.88E+05	2.67E+05	9.67E+04	94
6	60.01	1.00E+01	47.14	3.21E+05	2.18E+05	7.76E+04	63
7	60.03	5.00E+00	47.91	2.25E+05	1.51E+05	5.30E+04	31
8	60.01	1.00E+00	51.37	9.33E+04	5.82E+04	2.15E+04	6
9	60.01	5.00E-01	53.44	6.27E+04	3.73E+04	1.45E+04	3
10	59.99	0.10	59.24	2.34E+04	1.19E+04	5.46E+03	1
1	70.01	3.75E+01	51.64	2.35E+05	1.46E+05	6.30E+04	236
2	69.99	3.00E+01	51.9	2.11E+05	1.30E+05	5.61E+04	188
3	70	2.50E+01	51.89	1.93E+05	1.19E+05	5.04E+04	157
4	70.01	2.00E+01	52.14	1.71E+05	1.05E+05	4.43E+04	126
5	69.97	1.50E+01	52.45	1.49E+05	9.05E+04	3.74E+04	94
6	70	1.00E+01	52.7	1.18E+05	7.12E+04	2.95E+04	63
7	70.01	5.00E+00	53.87	7.82E+04	4.61E+04	1.96E+04	31
8	69.99	1.00E+00	58.26	2.91E+04	1.53E+04	7.46E+03	6
9	70.01	5.00E-01	60.5	1.87E+04	9.23E+03	4.81E+03	3
10	69.99	0.10	67.13	6.11E+03	2.38E+03	1.57E+03	1

## ANEXOS 2 – Deformaciones unitarias caso 1 (0-4-8)

Capa de 15 cm

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	50.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500.	25447
2	0.0000	-135.00	20500.	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.000
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.93114	1.6381	1.6215
Stress_Y	0.78008	1.5059	1.5159
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.13579E-03	0.13996E-03	0.13503E-03
Strain_Y	0.84520E-04	0.95095E-04	0.99183E-04
Strain_Z	-0.18026E-03	-0.14260E-03	-0.14191E-03
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.60309E-02	-0.12769E-01
Displ_Z	0.48056	0.48547	0.47911
PrincStress_1	0.93114	1.6381	1.6215
PrincStress_2	0.78008	1.5059	1.5159
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.13579E-03	0.13996E-03	0.13503E-03
PrincStrain_2	0.84520E-04	0.95095E-04	0.99183E-04

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.4894	0.63254	0.49306
Stress_Y	1.3252	0.45341	0.31845
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12377E-03	0.10030E-03	0.81871E-04
Strain_Y	0.69405E-04	0.39505E-04	0.22606E-04
Strain_Z	-0.10833E-03	-0.11439E-03	-0.85482E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18749E-01	-0.22387E-01	-0.24418E-01
Displ_Z	0.46428	0.43880	0.41858
PrincStress_1	1.4894	0.63254	0.49306
PrincStress_2	1.3252	0.45341	0.31845
PrincStress_3	0.80560	-0.59511E-16	-0.59511E-16
PrincStrain_1	0.12377E-03	0.10030E-03	0.81871E-04
PrincStrain_2	0.69405E-04	0.39505E-04	0.22606E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.38504	0.29749	0.23441
Stress_Y	0.18740	0.10793	0.54971E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.70391E-04	0.58268E-04	0.49080E-04
Strain_Y	0.33085E-05	-0.60731E-05	-0.11824E-04
Strain_Z	-0.60299E-04	-0.42705E-04	-0.30482E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.25144E-01	-0.25052E-01	-0.24412E-01
Displ_Z	0.39854	0.37886	0.35999
PrincStress_1	0.38504	0.29749	0.23441
PrincStress_2	0.18740	0.10793	0.54971E-01
PrincStress_3	0.27756E-16	0.0000	0.13878E-16
PrincStrain_1	0.70391E-04	0.58268E-04	0.49080E-04
PrincStrain_2	0.33085E-05	-0.60731E-05	-0.11824E-04

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18672	0.14998	0.12093
Stress_Y	0.19472E-01	-0.33889E-02	-0.17611E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.41656E-04	0.35466E-04	0.30164E-04
Strain_Y	-0.15110E-04	-0.16594E-04	-0.16861E-04
Strain_Z	-0.21719E-04	-0.15441E-04	-0.10884E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.23492E-01	-0.22406E-01	-0.21282E-01
Displ_Z	0.34205	0.32512	0.30922
PrincStress_1	0.18672	0.14998	0.12093
PrincStress_2	0.19472E-01	-0.10322E-07	-0.93239E-08
PrincStress_3	0.27756E-16	-0.33889E-02	-0.17611E-01
PrincStrain_1	0.41656E-04	0.35466E-04	0.30164E-04
PrincStrain_2	-0.15110E-04	-0.15441E-04	-0.10884E-04

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.99007E-01	0.82403E-01	0.68197E-01
Stress_Y	-0.27517E-01	-0.33673E-01	-0.35851E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.26074E-04	0.22836E-04	0.19740E-04
Strain_Y	-0.16870E-04	-0.16562E-04	-0.15576E-04
Strain_Z	-0.75305E-05	-0.51331E-05	-0.34073E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.20144E-01	-0.19021E-01	-0.17953E-01
Displ_Z	0.29435	0.28046	0.26749
PrincStress_1	0.99007E-01	0.82403E-01	0.68197E-01
PrincStress_2	-0.85148E-08	-0.78117E-08	-0.70023E-08
PrincStress_3	-0.27517E-01	-0.33673E-01	-0.35851E-01
PrincStrain_1	0.26074E-04	0.22836E-04	0.19740E-04
PrincStrain_2	-0.75305E-05	-0.51331E-05	-0.34073E-05

Results at Calculations Points

	Point 15	Point 16
X-Coord.	0.0000	0.0000
Y-Coord.	945.00	1012.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000
Stress_X	0.68197E-01	0.55395E-01
Stress_Y	-0.35851E-01	-0.34916E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000
ShearStress_YX	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19740E-04	0.16645E-04
Strain_Y	-0.15576E-04	-0.14008E-04
Strain_Z	-0.34073E-05	-0.21573E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17953E-01	-0.16923E-01
Displ_Z	0.26749	0.25537
PrincStress_1	0.68197E-01	0.55395E-01
PrincStress_2	-0.70023E-08	-0.60778E-08
PrincStress_3	-0.35851E-01	-0.34916E-01
PrincStrain_1	0.19740E-04	0.16645E-04
PrincStrain_2	-0.34073E-05	-0.21573E-05

## Capa de 16 cm

File Edit Help

**Input Layers**

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	60.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

**Input Loads**

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

**Input Evaluation Points**

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

**Input Calculation Depths**

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

**Results at Calculations Points**

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.84619	1.5518	1.5382
Stress_Y	0.71559	1.4372	1.4468
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12270E-03	0.12700E-03	0.12280E-03
Strain_Y	0.78372E-04	0.88107E-04	0.91786E-04
Strain_Z	-0.16451E-03	-0.12628E-03	-0.12586E-03
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.59525E-02	-0.11837E-01
Displ_Z	0.45991	0.46509	0.45965
PrincStress_1	0.84619	1.5518	1.5382
PrincStress_2	0.71559	1.4372	1.4468
PrincStress_3	0.11102E-15	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.12270E-03	0.12700E-03	0.12280E-03
PrincStrain_2	0.78372E-04	0.88107E-04	0.91786E-04

Calculate  
Save  
Open  
Clear All  
Report  
About  
Exit

**Results at Calculations Points**

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.4211	0.58610	0.46561
Stress_Y	1.2774	0.42829	0.31430
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11323E-03	0.92082E-04	0.75883E-04
Strain_Y	0.64458E-04	0.38517E-04	0.24527E-04
Strain_Z	-0.95669E-04	-0.10685E-03	-0.82154E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17386E-01	-0.20824E-01	-0.22896E-01
Displ_Z	0.44645	0.42309	0.40514
PrincStress_1	1.4211	0.58610	0.46561
PrincStress_2	1.2774	0.42829	0.31430
PrincStress_3	0.80560	-0.11102E-15	-0.55511E-16
PrincStrain_1	0.11323E-03	0.92082E-04	0.75883E-04
PrincStrain_2	0.64458E-04	0.38517E-04	0.24527E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.37027	0.29055	0.23228
Stress_Y	0.19452	0.12003	0.68831E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.66183E-04	0.55368E-04	0.47121E-04
Strain_Y	0.65309E-05	-0.25075E-05	-0.83552E-05
Strain_Z	-0.59493E-04	-0.43250E-04	-0.31718E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.23803E-01	-0.23944E-01	-0.23542E-01
Displ_Z	0.38724	0.36950	0.35234
PrincStress_1	0.37027	0.29055	0.23228
PrincStress_2	0.19452	0.12003	0.68831E-01
PrincStress_3	0.0000	-0.27756E-16	0.13878E-16
PrincStrain_1	0.66183E-04	0.55368E-04	0.47121E-04
PrincStrain_2	0.65309E-05	-0.25075E-05	-0.83552E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18748	0.15239	0.12419
Stress_Y	0.33354E-01	0.95573E-02	-0.60626E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.40372E-04	0.34666E-04	0.29708E-04
Strain_Y	-0.11941E-04	-0.13816E-04	-0.14500E-04
Strain_Z	-0.23262E-04	-0.17059E-04	-0.12443E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22847E-01	-0.21963E-01	-0.21012E-01
Displ_Z	0.33587	0.32019	0.30534
PrincStress_1	0.18748	0.15239	0.12419
PrincStress_2	0.33354E-01	0.95573E-02	-0.60626E-02
PrincStress_3	0.13878E-16	0.13878E-16	-0.60626E-02
PrincStrain_1	0.40372E-04	0.34666E-04	0.29708E-04
PrincStrain_2	-0.11941E-04	-0.13816E-04	-0.12443E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10258	0.85970E-01	0.71572E-01
Stress_Y	-0.17568E-01	-0.25335E-01	-0.29032E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25862E-04	0.22793E-04	0.19812E-04
Strain_Y	-0.14917E-04	-0.14986E-04	-0.14335E-04
Strain_Z	-0.89546E-05	-0.63872E-05	-0.44811E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.20019E-01	-0.19016E-01	-0.18042E-01
Displ_Z	0.29134	0.27818	0.26580
PrincStress_1	0.10258	0.85970E-01	0.71572E-01
PrincStress_2	-0.80855E-08	-0.74906E-08	-0.67705E-08
PrincStress_3	-0.17568E-01	-0.25335E-01	-0.29032E-01
PrincStrain_1	0.25862E-04	0.22793E-04	0.19812E-04
PrincStrain_2	-0.89546E-05	-0.63872E-05	-0.44811E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 15	Point 16
X-Coord	0.0000	0.0000
Y-Coord	945.00	1012.5
Z-Coord	0.0000	0.0000
Stress_X	0.71572E-01	0.58478E-01
Stress_Y	-0.29032E-01	-0.29467E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19812E-04	0.16793E-04
Strain_Y	-0.14335E-04	-0.13058E-04
Strain_Z	-0.44811E-05	-0.30559E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18042E-01	-0.17085E-01
Displ_Z	0.26580	0.25416
PrincStress_1	0.71572E-01	0.58478E-01
PrincStress_2	-0.67705E-08	-0.59185E-08
PrincStress_3	-0.29032E-01	-0.29467E-01
PrincStrain_1	0.19812E-04	0.16793E-04
PrincStrain_2	-0.44811E-05	-0.30559E-05



# Capa de 17 cm

File Edit Help

**Input Layers**

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	70.000	12075.0	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

**Input Loads**

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500.	25447.
2	0.0000	-135.00	20500.	25447.
3				
4				
5				

**Input Evaluation Points**

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

**Input Calculation Depths**

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

**Results at Calculations Points**

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.77118	1.4763	1.4660
Stress_Y	0.65666	1.3759	1.3866
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11139E-03	0.11579E-03	0.11229E-03
Strain_Y	0.72479E-04	0.81700E-04	0.85287E-04
Strain_Z	-0.15040E-03	-0.11187E-03	-0.11190E-03
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.51847E-02	-0.10983E-01
Displ_Z	0.44075	0.44617	0.44151
PrincStress_1	0.77118	1.4763	1.4660
PrincStress_2	0.65666	1.3759	1.3866
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.11139E-03	0.11579E-03	0.11229E-03
PrincStrain_2	0.72479E-04	0.81700E-04	0.85287E-04

Calculate  
Save  
Open  
Clear All  
Report  
About  
Exit

**Results at Calculations Points**

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.3611	0.54387	0.43923
Stress_Y	1.2313	0.40386	0.30771
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.10406E-03	0.84768E-04	0.70404E-04
Strain_Y	0.59981E-04	0.37248E-04	0.25761E-04
Strain_Z	-0.84501E-04	-0.99831E-04	-0.78690E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16151E-01	-0.19394E-01	-0.21472E-01
Displ_Z	0.42968	0.40910	0.39207
PrincStress_1	1.3611	0.54387	0.43923
PrincStress_2	1.2313	0.40386	0.30771
PrincStress_3	0.80560	0.55511E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.10406E-03	0.84768E-04	0.70404E-04
PrincStrain_2	0.59981E-04	0.37248E-04	0.25761E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35498	0.28240	0.22869
Stress_Y	0.19827	0.12885	0.79825E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.62209E-04	0.52532E-04	0.45123E-04
Strain_Y	0.90196E-05	0.41513E-06	-0.54034E-05
Strain_Z	-0.58279E-04	-0.43320E-04	-0.32498E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22510E-01	-0.22838E-01	-0.22635E-01
Displ_Z	0.37603	0.36001	0.34437
PrincStress_1	0.35498	0.28240	0.22869
PrincStress_2	0.19827	0.12885	0.79825E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.62209E-04	0.52532E-04	0.45123E-04
PrincStrain_2	0.90196E-05	0.41513E-06	-0.54034E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18679	0.15349	0.12632
Stress_Y	0.44934E-01	0.20804E-01	0.43322E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.38991E-04	0.33738E-04	0.29113E-04
Strain_Y	-0.91574E-05	-0.11298E-04	-0.12292E-04
Strain_Z	-0.24409E-04	-0.18359E-04	-0.13763E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22135E-01	-0.21429E-01	-0.20638E-01
Displ_Z	0.32925	0.31474	0.30090
PrincStress_1	0.18679	0.15349	0.12632
PrincStress_2	0.44934E-01	0.20804E-01	0.43322E-02
PrincStress_3	0.0000	0.0000	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.38991E-04	0.33738E-04	0.29113E-04
PrincStrain_2	-0.91574E-05	-0.11298E-04	-0.12292E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10525	0.88854E-01	0.74455E-01
Stress_Y	-0.82865E-02	-0.17265E-01	-0.22166E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25510E-04	0.22618E-04	0.19764E-04
Strain_Y	-0.13027E-04	-0.13401E-04	-0.13032E-04
Strain_Z	-0.10214E-04	-0.75410E-05	-0.55080E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19784E-01	-0.18898E-01	-0.18022E-01
Displ_Z	0.28776	0.27531	0.26354
PrincStress_1	0.10525	0.88854E-01	0.74455E-01
PrincStress_2	-0.76408E-08	-0.71416E-08	-0.65024E-08
PrincStress_3	-0.82865E-02	-0.17265E-01	-0.22166E-01
PrincStrain_1	0.25510E-04	0.22618E-04	0.19764E-04
PrincStrain_2	-0.10214E-04	-0.75410E-05	-0.55080E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 15	Point 16
X-Coord.	0.0000	0.0000
Y-Coord.	945.00	1012.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000
Stress_X	0.74455E-01	0.61231E-01
Stress_Y	-0.22166E-01	-0.23737E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19764E-04	0.16833E-04
Strain_Y	-0.13032E-04	-0.12006E-04
Strain_Z	-0.55080E-05	-0.39494E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18022E-01	-0.17144E-01
Displ_Z	0.26354	0.25241
PrincStress_1	0.74455E-01	0.61231E-01
PrincStress_2	-0.65024E-08	-0.57182E-08
PrincStress_3	-0.22166E-01	-0.23737E-01
PrincStrain_1	0.19764E-04	0.16833E-04
PrincStrain_2	-0.55080E-05	-0.39494E-05



# Capa de 18 cm

File Edit Help

**Input Layers**

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	60.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	70.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

**Input Loads**

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

**Input Evaluation Points**

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

**Input Calculation Depths**

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

**Results at Calculations Points**

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.70757	1.4145	1.4091
Stress_Y	0.60274	1.3237	1.3392
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.10214E-03	0.10683E-03	0.10392E-03
Strain_Y	0.66558E-04	0.75988E-04	0.80190E-04
Strain_Z	-0.13802E-03	-0.98959E-04	-0.10032E-03
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.47903E-02	-0.10221E-01
Displ_Z	0.42316	0.42882	0.42484
PrincStress_1	0.70757	1.4145	1.4091
PrincStress_2	0.60274	1.3237	1.3392
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.10214E-03	0.10683E-03	0.10392E-03
PrincStrain_2	0.66558E-04	0.75988E-04	0.80190E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.3126	0.50689	0.41444
Stress_Y	1.1934	0.38016	0.29855
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.96690E-04	0.78609E-04	0.65565E-04
Strain_Y	0.56229E-04	0.35595E-04	0.26230E-04
Strain_Z	-0.75400E-04	-0.93439E-04	-0.75105E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15085E-01	-0.18144E-01	-0.20184E-01
Displ_Z	0.41408	0.39389	0.37941
PrincStress_1	1.3126	0.50689	0.41444
PrincStress_2	1.1934	0.38016	0.29855
PrincStress_3	0.80560	-0.55511E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.96690E-04	0.78609E-04	0.65565E-04
PrincStrain_2	0.56229E-04	0.35595E-04	0.26230E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.33972	0.27359	0.22414
Stress_Y	0.19897	0.13479	0.88307E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.58564E-04	0.49843E-04	0.43164E-04
Strain_Y	0.10790E-04	0.27336E-05	-0.29387E-05
Strain_Z	-0.56745E-04	-0.43017E-04	-0.32912E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.21304E-01	-0.21772E-01	-0.21733E-01
Displ_Z	0.36493	0.35039	0.33610
PrincStress_1	0.33972	0.27359	0.22414
PrincStress_2	0.19897	0.13479	0.88307E-01
PrincStress_3	0.27756E-16	-0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.58564E-04	0.49843E-04	0.43164E-04
PrincStrain_2	0.10790E-04	0.27336E-05	-0.29387E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18506	0.15361	0.12761
Stress_Y	0.54458E-01	0.30477E-01	0.13614E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.37584E-04	0.32748E-04	0.28438E-04
Strain_Y	-0.67465E-05	-0.90470E-05	-0.10256E-04
Strain_Z	-0.25231E-04	-0.19392E-04	-0.14876E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.21398E-01	-0.20850E-01	-0.20204E-01
Displ_Z	0.32219	0.30876	0.29587
PrincStress_1	0.18506	0.15361	0.12761
PrincStress_2	0.54458E-01	0.30477E-01	0.13614E-01
PrincStress_3	0.0000	0.13878E-16	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.37584E-04	0.32748E-04	0.28438E-04
PrincStrain_2	-0.67465E-05	-0.90470E-05	-0.10256E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10724	0.91210E-01	0.76959E-01
Stress_Y	0.29126E-03	-0.95506E-02	-0.15375E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25072E-04	0.22357E-04	0.19634E-04
Strain_Y	-0.11228E-04	-0.11843E-04	-0.11706E-04
Strain_Z	-0.11327E-04	-0.86017E-05	-0.64871E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19479E-01	-0.18706E-01	-0.17927E-01
Displ_Z	0.28355	0.27181	0.26065
PrincStress_1	0.10724	0.91210E-01	0.76959E-01
PrincStress_2	0.29126E-03	-0.67810E-08	-0.62139E-08
PrincStress_3	0.74246E-15	-0.95506E-02	-0.15375E-01
PrincStrain_1	0.25072E-04	0.22357E-04	0.19634E-04
PrincStrain_2	-0.11228E-04	-0.86017E-05	-0.64871E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 15	Point 16
X-Coord	0.0000	0.0000
Y-Coord	945.00	1012.5
Z-Coord	0.0000	0.0000
Stress_X	0.76959E-01	0.63737E-01
Stress_Y	-0.15375E-01	-0.17863E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19634E-04	0.16801E-04
Strain_Y	-0.11706E-04	-0.10895E-04
Strain_Z	-0.64871E-05	-0.48323E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17927E-01	-0.17132E-01
Displ_Z	0.26065	0.25004
PrincStress_1	0.76959E-01	0.63737E-01
PrincStress_2	-0.62139E-08	-0.54915E-08
PrincStress_3	-0.15375E-01	-0.17863E-01
PrincStrain_1	0.19634E-04	0.16801E-04
PrincStrain_2	-0.64871E-05	-0.48323E-05

# Capa de 19 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	70.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	70.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.65146	1.3601	1.3590
Stress_Y	0.55435	1.2770	1.2971
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.94102E-04	0.98994E-04	0.96627E-04
Strain_Y	0.61140E-04	0.70790E-04	0.75612E-04
Strain_Z	-0.12702E-03	-0.89199E-04	-0.91207E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.44300E-02	-0.95284E-02
Displ_Z	0.40707	0.41294	0.40954
PrincStress_1	0.65146	1.3601	1.3590
PrincStress_2	0.55435	1.2770	1.2971
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.94102E-04	0.98994E-04	0.96627E-04
PrincStrain_2	0.61140E-04	0.70790E-04	0.75612E-04

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.2696	0.47341	0.39114
Stress_Y	1.1594	0.35793	0.28855
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.90195E-04	0.73114E-04	0.61164E-04
Strain_Y	0.52811E-04	0.33917E-04	0.26343E-04
Strain_Z	-0.67290E-04	-0.87570E-04	-0.71597E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14119E-01	-0.17003E-01	-0.18994E-01
Displ_Z	0.39970	0.39068	0.36754
PrincStress_1	1.2696	0.47341	0.39114
PrincStress_2	1.1594	0.35793	0.28855
PrincStress_3	0.80560	-0.55511E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.90195E-04	0.73114E-04	0.61164E-04
PrincStrain_2	0.52811E-04	0.33917E-04	0.26343E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.32469	0.26434	0.21882
Stress_Y	0.19776	0.13858	0.94712E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.55173E-04	0.47280E-04	0.41246E-04
Strain_Y	0.12090E-04	0.45939E-05	-0.87974E-06
Strain_Z	-0.55033E-04	-0.42442E-04	-0.33027E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.20165E-01	-0.20742E-01	-0.20837E-01
Displ_Z	0.35442	0.34118	0.32811
PrincStress_1	0.32469	0.26434	0.21882
PrincStress_2	0.19776	0.13858	0.94712E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	-0.13878E-16
PrincStrain_1	0.55173E-04	0.47280E-04	0.41246E-04
PrincStrain_2	0.12090E-04	0.45939E-05	-0.87974E-06

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18244	0.15282	0.12804
Stress_Y	0.62124E-01	0.38583E-01	0.21642E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.36162E-04	0.31708E-04	0.27692E-04
Strain_Y	-0.46756E-05	-0.70659E-05	-0.84213E-05
Strain_Z	-0.25762E-04	-0.20162E-04	-0.15767E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.20642E-01	-0.20231E-01	-0.19174E-01
Displ_Z	0.31530	0.30286	0.29085
PrincStress_1	0.18244	0.15282	0.12804
PrincStress_2	0.62124E-01	0.38583E-01	0.21642E-01
PrincStress_3	0.0000	-0.13878E-16	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.36162E-04	0.31708E-04	0.27692E-04
PrincStrain_2	-0.46756E-05	-0.70659E-05	-0.84213E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10845	0.92902E-01	0.78913E-01
Stress_Y	0.79218E-02	-0.25037E-02	-0.90061E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.24552E-04	0.22010E-04	0.19421E-04
Strain_Y	-0.95696E-05	-0.10372E-04	-0.10421E-04
Strain_Z	-0.12258E-04	-0.95223E-05	-0.73638E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19107E-01	-0.18440E-01	-0.17754E-01
Displ_Z	0.27931	0.26826	0.25770
PrincStress_1	0.10845	0.92902E-01	0.78913E-01
PrincStress_2	0.79218E-02	-0.64206E-08	-0.59168E-08
PrincStress_3	-0.69389E-17	-0.25037E-02	-0.90061E-02
PrincStrain_1	0.24552E-04	0.22010E-04	0.19421E-04
PrincStrain_2	-0.95696E-05	-0.95223E-05	-0.73638E-05

Results at Calculations Points

	Point 15	Point 16
X-Coord	0.0000	0.0000
Y-Coord	945.00	1012.5
Z-Coord	0.0000	0.0000
Stress_X	0.78913E-01	0.65801E-01
Stress_Y	-0.90061E-02	-0.12205E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19421E-04	0.16689E-04
Strain_Y	-0.10421E-04	-0.97883E-05
Strain_Z	-0.73638E-05	-0.56457E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17754E-01	-0.17039E-01
Displ_Z	0.25770	0.24760
PrincStress_1	0.78913E-01	0.65801E-01
PrincStress_2	-0.59168E-08	-0.52497E-08
PrincStress_3	-0.90061E-02	-0.12205E-01
PrincStrain_1	0.19421E-04	0.16689E-04
PrincStrain_2	-0.73638E-05	-0.56457E-05

# Capa 20 cm

File Edit Help

**Input Layers**

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	75.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	75.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

**Input Loads**

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

**Input Evaluation Points**

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

**Input Calculation Depths**

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

**Results at Calculations Points**

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.60060	1.3102	1.3126
Stress_Y	0.51077	1.2342	1.2577
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.86789E-04	0.91830E-04	0.89911E-04
Strain_Y	0.56297E-04	0.66025E-04	0.71281E-04
Strain_Z	-0.11707E-03	-0.79438E-04	-0.82169E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.41048E-02	-0.89345E-02
Displ_Z	0.39197	0.39800	0.39511
PrincStress_1	0.60060	1.3102	1.3126
PrincStress_2	0.51077	1.2342	1.2577
PrincStress_3	0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.86789E-04	0.91830E-04	0.89911E-04
PrincStrain_2	0.56297E-04	0.66025E-04	0.71281E-04

Calculate  
Save  
Open  
Clear All  
Report  
About  
Exit

ERDC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

**Results at Calculations Points**

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.2298	0.44254	0.36935
Stress_Y	1.1278	0.33725	0.27865
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.84211E-04	0.68065E-04	0.57106E-04
Strain_Y	0.49590E-04	0.32329E-04	0.26320E-04
Strain_Z	-0.59758E-04	-0.82141E-04	-0.68258E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13226E-01	-0.15946E-01	-0.17884E-01
Displ_Z	0.38609	0.36813	0.35617
PrincStress_1	1.2298	0.44254	0.36935
PrincStress_2	1.1278	0.33725	0.27865
PrincStress_3	0.80560	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.84211E-04	0.68065E-04	0.57106E-04
PrincStrain_2	0.49590E-04	0.32329E-04	0.26320E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.31020	0.25503	0.21311
Stress_Y	0.19556	0.14094	0.99586E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.52012E-04	0.44853E-04	0.39396E-04
Strain_Y	0.13102E-04	0.61266E-05	0.86244E-06
Strain_Z	-0.53275E-04	-0.41711E-04	-0.32939E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19092E-01	-0.19758E-01	-0.19964E-01
Displ_Z	0.34427	0.33219	0.32022
PrincStress_1	0.31020	0.25503	0.21311
PrincStress_2	0.19556	0.14094	0.99586E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.13879E-16
PrincStrain_1	0.52012E-04	0.44853E-04	0.39396E-04
PrincStrain_2	0.13102E-04	0.61266E-05	0.86244E-06

**Results at Calculations Points**

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.17924	0.15137	0.12781
Stress_Y	0.68316E-01	0.45361E-01	0.28536E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.34761E-04	0.30656E-04	0.26912E-04
Strain_Y	-0.28892E-05	-0.53270E-05	-0.67832E-05
Strain_Z	-0.26077E-04	-0.20723E-04	-0.16469E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19889E-01	-0.19597E-01	-0.19194E-01
Displ_Z	0.30842	0.29690	0.28571
PrincStress_1	0.17924	0.15137	0.12781
PrincStress_2	0.68316E-01	0.45361E-01	0.28536E-01
PrincStress_3	0.0000	0.13879E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.34761E-04	0.30656E-04	0.26912E-04
PrincStrain_2	-0.28892E-05	-0.53270E-05	-0.67832E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10904	0.94030E-01	0.80373E-01
Stress_Y	0.14626E-01	0.38214E-02	-0.31700E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.23984E-04	0.21608E-04	0.19148E-04
Strain_Y	-0.80624E-05	-0.90103E-05	-0.96203E-05
Strain_Z	-0.13027E-04	-0.10307E-04	-0.81324E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18694E-01	-0.18123E-01	-0.17524E-01
Displ_Z	0.27491	0.26452	0.25454
PrincStress_1	0.10904	0.94030E-01	0.80373E-01
PrincStress_2	0.14626E-01	0.38214E-02	-0.56223E-08
PrincStress_3	-0.13879E-16	-0.34694E-16	-0.31700E-02
PrincStrain_1	0.23984E-04	0.21608E-04	0.19148E-04
PrincStrain_2	-0.80624E-05	-0.90103E-05	-0.81324E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.67446E-01	0.60114E-01	0.52881E-01
Stress_Y	-0.69124E-02	-0.13243E-01	-0.17062E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16516E-04	0.15467E-04	0.14176E-04
Strain_Y	-0.87227E-05	-0.91321E-05	-0.91644E-05
Strain_Z	-0.63765E-05	-0.49372E-05	-0.37731E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16889E-01	-0.16262E-01	-0.15615E-01
Displ_Z	0.24496	0.23584	0.22712
PrincStress_1	0.67446E-01	0.60114E-01	0.52881E-01
PrincStress_2	-0.50042E-08	-0.49368E-08	-0.47070E-08
PrincStress_3	-0.69124E-02	-0.13243E-01	-0.17062E-01
PrincStrain_1	0.16516E-04	0.15467E-04	0.14176E-04
PrincStrain_2	-0.63765E-05	-0.49372E-05	-0.37731E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.45693E-01	0.39599E-01	0.34864E-01
Stress_Y	-0.18792E-01	-0.20051E-01	-0.21487E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12676E-04	0.11381E-04	0.10424E-04
Strain_Y	-0.91120E-05	-0.88648E-05	-0.87023E-05
Strain_Z	-0.28337E-05	-0.20591E-05	-0.14090E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15000E-01	-0.14379E-01	-0.13805E-01
Displ_Z	0.21878	0.21083	0.20326
PrincStress_1	0.45693E-01	0.39599E-01	0.34864E-01
PrincStress_2	-0.43398E-08	-0.40143E-08	-0.37923E-08
PrincStress_3	-0.18792E-01	-0.20051E-01	-0.21487E-01
PrincStrain_1	0.12676E-04	0.11381E-04	0.10424E-04
PrincStrain_2	-0.28337E-05	-0.20591E-05	-0.14090E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.31659E-01	0.26199E-01	0.23703E-01
Stress_Y	-0.22623E-01	-0.21621E-01	-0.22107E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.97938E-05	0.84102E-05	0.78771E-05
Strain_Y	-0.86304E-05	-0.78	

# Capa de 21 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	80.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	80.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.55538	1.2660	1.2715
Stress_Y	0.47139	1.1957	1.2226
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.80350E-04	0.89526E-04	0.83996E-04
Strain_Y	0.51843E-04	0.61688E-04	0.67394E-04
Strain_Z	-0.10816E-03	-0.70732E-04	-0.74149E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.38069E-02	-0.83157E-02
Displ_Z	0.37794	0.38413	0.38168
PrincStress_1	0.55538	1.2660	1.2715
PrincStress_2	0.47139	1.1957	1.2226
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.80350E-04	0.89526E-04	0.83996E-04
PrincStrain_2	0.51843E-04	0.61688E-04	0.67394E-04

Calculate

Save

Open

Clear All

Report

About

Exit

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1943	0.41450	0.34900
Stress_Y	1.0992	0.31791	0.26852
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.78908E-04	0.63538E-04	0.53410E-04
Strain_Y	0.46654E-04	0.30756E-04	0.26093E-04
Strain_Z	-0.53017E-04	-0.77150E-04	-0.65048E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12415E-01	-0.14982E-01	-0.16861E-01
Displ_Z	0.37335	0.35631	0.34538
PrincStress_1	1.1943	0.41450	0.34900
PrincStress_2	1.0992	0.31791	0.26852
PrincStress_3	0.80560	0.83267E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.78908E-04	0.63538E-04	0.53410E-04
PrincStrain_2	0.46654E-04	0.30756E-04	0.26093E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.29623	0.24573	0.20710
Stress_Y	0.19233	0.14197	0.10308
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.49083E-04	0.42565E-04	0.37621E-04
Strain_Y	0.13816E-04	0.73493E-05	0.23145E-05
Strain_Z	-0.51463E-04	-0.40839E-04	-0.32674E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18088E-01	-0.18821E-01	-0.19118E-01
Displ_Z	0.33454	0.32351	0.31251
PrincStress_1	0.29623	0.24573	0.20710
PrincStress_2	0.19233	0.14197	0.10308
PrincStress_3	-0.27756E-16	0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.49083E-04	0.42565E-04	0.37621E-04
PrincStrain_2	0.13816E-04	0.73493E-05	0.23145E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.17557	0.14939	0.12702
Stress_Y	0.73196E-01	0.50959E-01	0.34408E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.33389E-04	0.29601E-04	0.26108E-04
Strain_Y	-0.13607E-05	-0.38081E-05	-0.53254E-05
Strain_Z	-0.26209E-04	-0.21103E-04	-0.17004E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19144E-01	-0.18956E-01	-0.18654E-01
Displ_Z	0.30163	0.29095	0.28053
PrincStress_1	0.17557	0.14939	0.12702
PrincStress_2	0.73196E-01	0.50959E-01	0.34408E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.33389E-04	0.29601E-04	0.26108E-04
PrincStrain_2	-0.13607E-05	-0.38081E-05	-0.53254E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10910	0.94666E-01	0.81397E-01
Stress_Y	0.20485E-01	0.94742E-02	0.21559E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.23380E-04	0.21162E-04	0.18827E-04
Strain_Y	-0.66967E-05	-0.17541E-05	-0.80695E-05
Strain_Z	-0.13650E-04	-0.10970E-04	-0.88013E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18249E-01	-0.17767E-01	-0.17249E-01
Displ_Z	0.27042	0.26065	0.25123
PrincStress_1	0.10910	0.94666E-01	0.81397E-01
PrincStress_2	0.20485E-01	0.94742E-02	0.21559E-02
PrincStress_3	-0.13878E-16	-0.69389E-17	0.10408E-16
PrincStrain_1	0.23380E-04	0.21162E-04	0.18827E-04
PrincStrain_2	-0.66967E-05	-0.17541E-05	-0.80695E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.68715E-01	0.61523E-01	0.54354E-01
Stress_Y	-0.19839E-02	-0.87468E-02	-0.13008E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16294E-04	0.15323E-04	0.14094E-04
Strain_Y	-0.77027E-05	-0.80281E-05	-0.80703E-05
Strain_Z	-0.70293E-05	-0.55593E-05	-0.43553E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16684E-01	-0.16125E-01	-0.15534E-01
Displ_Z	0.24214	0.23347	0.22514
PrincStress_1	0.68715E-01	0.61523E-01	0.54354E-01
PrincStress_2	-0.47579E-08	-0.47290E-08	-0.45333E-08
PrincStress_3	-0.19839E-02	-0.87468E-02	-0.13008E-01
PrincStrain_1	0.16294E-04	0.15323E-04	0.14094E-04
PrincStrain_2	-0.70293E-05	-0.55593E-05	-0.43553E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.47177E-01	0.41059E-01	0.36267E-01
Stress_Y	-0.15174E-01	-0.16850E-01	-0.18679E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12642E-04	0.11385E-04	0.10457E-04
Strain_Y	-0.80214E-05	-0.80689E-05	-0.80926E-05
Strain_Z	-0.33711E-05	-0.25496E-05	-0.18526E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14969E-01	-0.14932E-01	-0.13859E-01
Displ_Z	0.21714	0.20950	0.20219
PrincStress_1	0.47177E-01	0.41059E-01	0.36267E-01
PrincStress_2	-0.41961E-08	-0.38996E-08	-0.36977E-08
PrincStress_3	-0.15174E-01	-0.16850E-01	-0.18679E-01
PrincStrain_1	0.12642E-04	0.11385E-04	0.10457E-04
PrincStrain_2	-0.33711E-05	-0.25496E-05	-0.18526E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.32992E-01	0.27452E-01	0.24870E-01
Stress_Y	-0.20178E-01	-0.19510E-01	-0.20299E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.98482E-05	0.84810E-05	0.79600E-05
Strain_Y	-0.80996E-05	-0.74586E-05	-0.73714E-05
Strain_Z</			



# Capa de 22 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	80.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	90.000	12075.0	0.35000	0.0000
5	600.000	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.51384	1.2250	1.2331
Stress_Y	0.43549	1.1602	1.1896
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.74407E-04	0.79689E-04	0.78486E-04
Strain_Y	0.47815E-04	0.57684E-04	0.63704E-04
Strain_Z	-0.10000E-03	-0.62677E-04	-0.66622E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.36395E-02	-0.77820E-02
Displ_Z	0.36490	0.37121	0.36915
PrincStress_1	0.51384	1.2250	1.2331
PrincStress_2	0.43549	1.1602	1.1896
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.74407E-04	0.79689E-04	0.78486E-04
PrincStrain_2	0.47815E-04	0.57684E-04	0.63704E-04

Calculate  
Save  
Open  
Clear All  
Report  
About  
Exit

ERDC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1611	0.38840	0.32993
Stress_Y	1.0724	0.29983	0.25874
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.73969E-04	0.59334E-04	0.49974E-04
Strain_Y	0.43869E-04	0.29271E-04	0.25814E-04
Strain_Z	-0.46697E-04	-0.72495E-04	-0.62009E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.11660E-01	-0.14082E-01	-0.15902E-01
Displ_Z	0.36146	0.34524	0.33524
PrincStress_1	1.1611	0.38840	0.32993
PrincStress_2	1.0724	0.29983	0.25874
PrincStress_3	0.80560	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.73969E-04	0.59334E-04	0.49974E-04
PrincStrain_2	0.43869E-04	0.29271E-04	0.25814E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.28286	0.23656	0.20095
Stress_Y	0.18864	0.14215	0.10557
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.46342E-04	0.40401E-04	0.35919E-04
Strain_Y	0.14362E-04	0.83557E-05	0.35442E-05
Strain_Z	-0.49667E-04	-0.39892E-04	-0.32288E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17141E-01	-0.17928E-01	-0.18302E-01
Displ_Z	0.32536	0.31526	0.30516
PrincStress_1	0.28286	0.23656	0.20095
PrincStress_2	0.18864	0.14215	0.10557
PrincStress_3	-0.27756E-16	-0.27756E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.46342E-04	0.40401E-04	0.35919E-04
PrincStrain_2	0.14362E-04	0.83557E-05	0.35441E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.17160	0.14699	0.12578
Stress_Y	0.77038E-01	0.55561E-01	0.39383E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.32053E-04	0.28566E-04	0.25295E-04
Strain_Y	-0.42239E-07	-0.24781E-05	-0.40308E-05
Strain_Z	-0.26190E-04	-0.21337E-04	-0.17398E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18415E-01	-0.18317E-01	-0.18103E-01
Displ_Z	0.29511	0.28520	0.27550
PrincStress_1	0.17160	0.14699	0.12578
PrincStress_2	0.77038E-01	0.55561E-01	0.39383E-01
PrincStress_3	0.13878E-16	-0.13878E-16	0.13878E-16
PrincStrain_1	0.32053E-04	0.28566E-04	0.25295E-04
PrincStrain_2	-0.42242E-07	-0.24781E-05	-0.40308E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10870	0.94871E-01	0.82022E-01
Stress_Y	0.25561E-01	0.14467E-01	0.69447E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.22752E-04	0.20684E-04	0.18468E-04
Strain_Y	-0.54670E-05	-0.66069E-05	-0.70144E-05
Strain_Z	-0.14143E-04	-0.11517E-04	-0.93719E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17783E-01	-0.17381E-01	-0.16938E-01
Displ_Z	0.26604	0.25687	0.24798
PrincStress_1	0.10870	0.94871E-01	0.82022E-01
PrincStress_2	0.25561E-01	0.14467E-01	0.69446E-02
PrincStress_3	0.69389E-17	0.0000	0.10408E-16
PrincStrain_1	0.22752E-04	0.20684E-04	0.18468E-04
PrincStrain_2	-0.54670E-05	-0.66069E-05	-0.70144E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.69629E-01	0.62616E-01	0.55555E-01
Stress_Y	0.25230E-02	-0.45668E-02	-0.91764E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16032E-04	0.15138E-04	0.13971E-04
Strain_Y	-0.67435E-05	-0.70448E-05	-0.70000E-05
Strain_Z	-0.75999E-05	-0.61147E-05	-0.48853E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16441E-01	-0.15943E-01	-0.15408E-01
Displ_Z	0.23937	0.23113	0.22318
PrincStress_1	0.69629E-01	0.62616E-01	0.55555E-01
PrincStress_2	0.25230E-02	-0.45213E-02	-0.43563E-02
PrincStress_3	-0.20817E-16	-0.45668E-02	-0.91764E-02
PrincStrain_1	0.16032E-04	0.15138E-04	0.13971E-04
PrincStrain_2	-0.67435E-05	-0.61147E-05	-0.48853E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.48429E-01	0.42318E-01	0.37512E-01
Stress_Y	-0.11697E-01	-0.13722E-01	-0.15886E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12569E-04	0.11351E-04	0.10454E-04
Strain_Y	-0.70395E-05	-0.70498E-05	-0.70701E-05
Strain_Z	-0.38693E-05	-0.30122E-05	-0.22780E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14892E-01	-0.14358E-01	-0.13858E-01
Displ_Z	0.21553	0.20819	0.20116
PrincStress_1	0.48429E-01	0.42318E-01	0.37512E-01
PrincStress_2	-0.40464E-08	-0.37714E-08	-0.35936E-08
PrincStress_3	-0.11697E-01	-0.13722E-01	-0.15886E-01
PrincStrain_1	0.12569E-04	0.11351E-04	0.10454E-04
PrincStrain_2	-0.38693E-05	-0.30122E-05	-0.22780E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.34199E-01	0.28606E-01	0.25964E-01
Stress_Y	-0.17703E-01	-0.17331E-01	-0.18394E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.98700E-05	0.85218E-05	0.80152E-05
Strain_Y	-0.70463E-05	-0.70401E-05	-0.70406E-05
Strain_Z			

# Capa de 23 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	90.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	90.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.47896	1.1914	1.2024
Stress_Y	0.40362	1.1299	1.1630
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.69610E-04	0.75009E-04	0.74104E-04
Strain_Y	0.44005E-04	0.54137E-04	0.60714E-04
Strain_Z	-0.92395E-04	-0.55949E-04	-0.60591E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.32846E-02	-0.73998E-02
Displ_Z	0.35257	0.35900	0.35727
PrincStress_1	0.47896	1.1914	1.2024
PrincStress_2	0.40362	1.1299	1.1630
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.69610E-04	0.75009E-04	0.74105E-04
PrincStrain_2	0.44005E-04	0.54137E-04	0.60714E-04

Calculate

Save

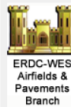
Open

Clear All

Report

About

Exit



Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1340	0.36572	0.31237
Stress_Y	1.0502	0.28304	0.24836
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.69971E-04	0.55734E-04	0.46960E-04
Strain_Y	0.41513E-04	0.27730E-04	0.25232E-04
Strain_Z	-0.41499E-04	-0.68398E-04	-0.59066E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.11006E-01	-0.13296E-01	-0.15045E-01
Displ_Z	0.35008	0.33451	0.32527
PrincStress_1	1.1340	0.36572	0.31237
PrincStress_2	1.0502	0.28304	0.24836
PrincStress_3	0.80560	-0.27756E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.69971E-04	0.55734E-04	0.46960E-04
PrincStrain_2	0.41513E-04	0.27730E-04	0.25232E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.27008	0.22753	0.19467
Stress_Y	0.18381	0.14112	0.10689
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.43860E-04	0.38395E-04	0.34310E-04
Strain_Y	0.14579E-04	0.90660E-05	0.45151E-05
Strain_Z	-0.47812E-04	-0.38832E-04	-0.31766E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16273E-01	-0.17093E-01	-0.17524E-01
Displ_Z	0.31619	0.30689	0.29757
PrincStress_1	0.27008	0.22753	0.19467
PrincStress_2	0.18381	0.14112	0.10689
PrincStress_3	0.0000	0.13879E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.43860E-04	0.38395E-04	0.34310E-04
PrincStrain_2	0.14579E-04	0.90660E-05	0.45151E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.16735	0.14425	0.12417
Stress_Y	0.79799E-01	0.59191E-01	0.43505E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.30767E-04	0.27531E-04	0.24482E-04
Strain_Y	0.10518E-05	-0.13394E-05	-0.28956E-05
Strain_Z	-0.26033E-04	-0.21430E-04	-0.17662E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17707E-01	-0.17685E-01	-0.17548E-01
Displ_Z	0.28827	0.27906	0.27001
PrincStress_1	0.16735	0.14425	0.12417
PrincStress_2	0.79799E-01	0.59191E-01	0.43505E-01
PrincStress_3	0.0000	0.13879E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.30767E-04	0.27531E-04	0.24482E-04
PrincStrain_2	0.10518E-05	-0.13394E-05	-0.28956E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10792	0.94712E-01	0.82315E-01
Stress_Y	0.29912E-01	0.18865E-01	0.11259E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.22112E-04	0.20183E-04	0.18082E-04
Strain_Y	-0.43663E-05	-0.55608E-05	-0.60353E-05
Strain_Z	-0.14519E-04	-0.11964E-04	-0.98567E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17304E-01	-0.16975E-01	-0.16599E-01
Displ_Z	0.26115	0.25253	0.24414
PrincStress_1	0.10792	0.94712E-01	0.82315E-01
PrincStress_2	0.29912E-01	0.18865E-01	0.11259E-01
PrincStress_3	0.0000	-0.69389E-17	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.22112E-04	0.20183E-04	0.18082E-04
PrincStrain_2	-0.43663E-05	-0.55608E-05	-0.60353E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.70239E-01	0.63454E-01	0.56540E-01
Stress_Y	0.66669E-02	-0.64976E-03	-0.55204E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15740E-04	0.14922E-04	0.13817E-04
Strain_Y	-0.58382E-05	-0.68361E-05	-0.72480E-05
Strain_Z	-0.81011E-05	-0.66156E-05	-0.53743E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16166E-01	-0.15727E-01	-0.15245E-01
Displ_Z	0.23600	0.22817	0.22060
PrincStress_1	0.70239E-01	0.63454E-01	0.56540E-01
PrincStress_2	0.66669E-02	-0.43140E-08	-0.41766E-08
PrincStress_3	-0.10408E-16	-0.64976E-03	-0.55204E-02
PrincStrain_1	0.15740E-04	0.14922E-04	0.13817E-04
PrincStrain_2	-0.58382E-05	-0.66156E-05	-0.53743E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.49505E-01	0.43441E-01	0.38649E-01
Stress_Y	-0.83198E-02	-0.10630E-01	-0.13076E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12465E-04	0.11288E-04	0.10424E-04
Strain_Y	-0.71623E-05	-0.70642E-05	-0.71321E-05
Strain_Z	-0.43383E-05	-0.34562E-05	-0.26938E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14777E-01	-0.14286E-01	-0.13826E-01
Displ_Z	0.21328	0.20625	0.19948
PrincStress_1	0.49505E-01	0.43441E-01	0.38649E-01
PrincStress_2	-0.38915E-08	-0.36388E-08	-0.34810E-08
PrincStress_3	-0.83198E-02	-0.10630E-01	-0.13076E-01
PrincStrain_1	0.12465E-04	0.11288E-04	0.10424E-04
PrincStrain_2	-0.43383E-05	-0.34562E-05	-0.26938E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35326E-01	0.29706E-01	0.27025E-01
Stress_Y	-0.15166E-01	-0.15056E-01	-0.16366E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.98667E-05	0.85397E-05	0.80499E-05
Strain_Y	-0.72713E-05	-0.66536E-05	-0.66777E-05
Strain_Z			

# Capa de 24 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	90.000	8872.0	0.35000	0.0000
4	100.000	12075	0.35000	0.0000
5	600.000	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.44543	1.1585	1.1716
Stress_Y	0.37388	1.1008	1.1361
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.64885E-04	0.70365E-04	0.69713E-04
Strain_Y	0.40598E-04	0.50792E-04	0.57676E-04
Strain_Z	-0.86304E-04	-0.49413E-04	-0.54511E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.30560E-02	-0.68640E-02
Displ_Z	0.34099	0.34752	0.34608
PrincStress_1	0.44543	1.1585	1.1716
PrincStress_2	0.37388	1.1008	1.1361
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.64885E-04	0.70365E-04	0.69713E-04
PrincStrain_2	0.40598E-04	0.50792E-04	0.57676E-04

Calculate

Save

Open

Clear All

Report

About

Exit

ERDC-WES  
Airfields & Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1071	0.34391	0.29579
Stress_Y	1.0280	0.26726	0.23885
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.65996E-04	0.52351E-04	0.44080E-04
Strain_Y	0.39164E-04	0.26334E-04	0.24752E-04
Strain_Z	-0.36325E-04	-0.64379E-04	-0.56317E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.10377E-01	-0.12539E-01	-0.14226E-01
Displ_Z	0.33938	0.32443	0.31591
PrincStress_1	1.1071	0.34391	0.29579
PrincStress_2	1.0280	0.26726	0.23885
PrincStress_3	0.80560	-0.27756E-16	0.27756E-16
PrincStrain_1	0.65996E-04	0.52351E-04	0.44080E-04
PrincStrain_2	0.39164E-04	0.26334E-04	0.24752E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.25794	0.21878	0.18844
Stress_Y	0.17919	0.13980	0.10768
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.41503E-04	0.36486E-04	0.32769E-04
Strain_Y	0.14775E-04	0.96790E-05	0.53561E-05
Strain_Z	-0.46045E-04	-0.37772E-04	-0.31193E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15446E-01	-0.16294E-01	-0.16776E-01
Displ_Z	0.30758	0.29903	0.29043
PrincStress_1	0.25794	0.21878	0.18844
PrincStress_2	0.17919	0.13980	0.10768
PrincStress_3	0.0000	0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.41503E-04	0.36486E-04	0.32769E-04
PrincStrain_2	0.14775E-04	0.96790E-05	0.53561E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.16299	0.14130	0.12228
Stress_Y	0.81919E-01	0.62143E-01	0.46958E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.29524E-04	0.26530E-04	0.23677E-04
Strain_Y	0.20069E-05	-0.33736E-05	-0.18884E-05
Strain_Z	-0.25798E-04	-0.21430E-04	-0.17827E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17020E-01	-0.17064E-01	-0.16995E-01
Displ_Z	0.28181	0.27325	0.26481
PrincStress_1	0.16299	0.14130	0.12228
PrincStress_2	0.81919E-01	0.62143E-01	0.46958E-01
PrincStress_3	-0.13879E-16	0.0000	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.29524E-04	0.26530E-04	0.23677E-04
PrincStrain_2	0.20069E-05	-0.33736E-05	-0.18884E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10684	0.94237E-01	0.82293E-01
Stress_Y	0.33634E-01	0.22688E-01	0.15064E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.21466E-04	0.19669E-04	0.17677E-04
Strain_Y	-0.33811E-05	-0.46159E-05	-0.51422E-05
Strain_Z	-0.14797E-04	-0.12317E-04	-0.10255E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16818E-01	-0.16554E-01	-0.16241E-01
Displ_Z	0.25652	0.24841	0.24051
PrincStress_1	0.10684	0.94237E-01	0.82293E-01
PrincStress_2	0.33634E-01	0.22688E-01	0.15064E-01
PrincStress_3	-0.69389E-17	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.21466E-04	0.19669E-04	0.17677E-04
PrincStrain_2	-0.33811E-05	-0.46159E-05	-0.51422E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.70553E-01	0.64010E-01	0.57266E-01
Stress_Y	0.10371E-01	0.28966E-02	-0.21695E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15423E-04	0.14678E-04	0.13634E-04
Strain_Y	-0.50041E-05	-0.60645E-05	-0.65401E-05
Strain_Z	-0.85244E-05	-0.70477E-05	-0.58037E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15866E-01	-0.15481E-01	-0.15049E-01
Displ_Z	0.23280	0.22538	0.21817
PrincStress_1	0.70553E-01	0.64010E-01	0.57266E-01
PrincStress_2	0.10371E-01	0.28966E-02	-0.39999E-08
PrincStress_3	-0.13879E-16	0.69389E-17	-0.21695E-02
PrincStrain_1	0.15423E-04	0.14678E-04	0.13634E-04
PrincStrain_2	-0.50041E-05	-0.60645E-05	-0.58037E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.50346E-01	0.44354E-01	0.39600E-01
Stress_Y	-0.51866E-02	-0.77258E-02	-0.10405E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12331E-04	0.11196E-04	0.10366E-04
Strain_Y	-0.65174E-05	-0.64805E-05	-0.66070E-05
Strain_Z	-0.47570E-05	-0.38583E-05	-0.30754E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14627E-01	-0.14177E-01	-0.13754E-01
Displ_Z	0.21119	0.20445	0.19795
PrincStress_1	0.50346E-01	0.44354E-01	0.39600E-01
PrincStress_2	-0.37372E-08	-0.35048E-08	-0.33653E-08
PrincStress_3	-0.51866E-02	-0.77258E-02	-0.10405E-01
PrincStrain_1	0.12331E-04	0.11196E-04	0.10366E-04
PrincStrain_2	-0.47570E-05	-0.38583E-05	-0.30754E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.36291E-01	0.30666E-01	0.27965E-01
Stress_Y	-0.12726E-01	-0.12839E-01	-0.14364E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.98355E-05	0.85309E-05	0.80593E-05
Strain_Y	-0.68016E-05	-0.62358E-05	-0.63082E-05
Strain_Z			



# Capa de 25 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	100.00	8872.0	0.35000	0.0000
4	100.00	12075	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.41744	1.1315	1.1469
Stress_Y	0.34769	1.0761	1.1144
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.61091E-04	0.66660E-04	0.66225E-04
Strain_Y	0.37417E-04	0.47839E-04	0.55197E-04
Strain_Z	-0.80597E-04	-0.43966E-04	-0.49630E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.28467E-02	-0.64709E-02
Displ_Z	0.33056	0.33718	0.33601
PrincStress_1	0.41744	1.1315	1.1469
PrincStress_2	0.34769	1.0761	1.1144
PrincStress_3	0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.61091E-04	0.66660E-04	0.66225E-04
PrincStrain_2	0.37417E-04	0.47839E-04	0.55197E-04

ERDC-WES  
Airfields & Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.0850	0.32503	0.28063
Stress_Y	1.0096	0.25276	0.22907
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.62781E-04	0.49458E-04	0.41562E-04
Strain_Y	0.37176E-04	0.24930E-04	0.24059E-04
Strain_Z	-0.32068E-04	-0.60863E-04	-0.53690E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.98328E-02	-0.11880E-01	-0.13496E-01
Displ_Z	0.32969	0.31523	0.30728
PrincStress_1	1.0850	0.32503	0.28063
PrincStress_2	1.0096	0.25276	0.22907
PrincStress_3	0.80560	0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.62781E-04	0.49458E-04	0.41562E-04
PrincStrain_2	0.37176E-04	0.24930E-04	0.24059E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.24643	0.21029	0.18226
Stress_Y	0.17380	0.13764	0.10764
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.39378E-04	0.34727E-04	0.31324E-04
Strain_Y	0.14725E-04	0.10068E-04	0.59992E-05
Strain_Z	-0.44266E-04	-0.36650E-04	-0.30537E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14691E-01	-0.15553E-01	-0.16070E-01
Displ_Z	0.29958	0.29168	0.28371
PrincStress_1	0.24643	0.21029	0.18226
PrincStress_2	0.17380	0.13764	0.10764
PrincStress_3	0.0000	0.13879E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.39378E-04	0.34727E-04	0.31324E-04
PrincStrain_2	0.14725E-04	0.10068E-04	0.59992E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.15853	0.13816	0.12016
Stress_Y	0.83246E-01	0.64355E-01	0.49736E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.28341E-04	0.25563E-04	0.22888E-04
Strain_Y	0.27868E-05	0.51046E-06	-0.10148E-05
Strain_Z	-0.25468E-04	-0.21333E-04	-0.17896E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16362E-01	-0.16461E-01	-0.16451E-01
Displ_Z	0.27571	0.26773	0.25984
PrincStress_1	0.15853	0.13816	0.12016
PrincStress_2	0.83246E-01	0.64355E-01	0.49736E-01
PrincStress_3	-0.13879E-16	0.0000	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.28341E-04	0.25563E-04	0.22888E-04
PrincStrain_2	0.27868E-05	0.51046E-06	-0.10148E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10550	0.93505E-01	0.82024E-01
Stress_Y	0.36755E-01	0.25990E-01	0.18428E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.20825E-04	0.19150E-04	0.17259E-04
Strain_Y	-0.25097E-05	-0.37657E-05	-0.43264E-05
Strain_Z	-0.14985E-04	-0.12587E-04	-0.10581E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16333E-01	-0.16127E-01	-0.15870E-01
Displ_Z	0.25206	0.24444	0.23698
PrincStress_1	0.10550	0.93505E-01	0.82024E-01
PrincStress_2	0.36755E-01	0.25990E-01	0.18428E-01
PrincStress_3	0.13879E-16	-0.69389E-17	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.20825E-04	0.19150E-04	0.17259E-04
PrincStrain_2	-0.25097E-05	-0.37657E-05	-0.43264E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.70634E-01	0.64353E-01	0.57803E-01
Stress_Y	0.13710E-01	0.61482E-02	0.95173E-03
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15090E-04	0.14416E-04	0.13430E-04
Strain_Y	-0.42311E-05	-0.53396E-05	-0.58660E-05
Strain_Z	-0.88846E-05	-0.74264E-05	-0.61891E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15549E-01	-0.15215E-01	-0.14830E-01
Displ_Z	0.22969	0.22265	0.21579
PrincStress_1	0.70634E-01	0.64353E-01	0.57803E-01
PrincStress_2	0.13710E-01	0.61482E-02	0.95173E-03
PrincStress_3	0.34694E-17	0.69389E-17	0.41633E-16
PrincStrain_1	0.15090E-04	0.14416E-04	0.13430E-04
PrincStrain_2	-0.42311E-05	-0.53396E-05	-0.58660E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.51021E-01	0.45124E-01	0.40433E-01
Stress_Y	-0.22248E-02	-0.49413E-02	-0.78078E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12178E-04	0.11083E-04	0.10287E-04
Strain_Y	-0.58952E-05	-0.59099E-05	-0.60867E-05
Strain_Z	-0.51401E-05	-0.42328E-05	-0.34366E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14452E-01	-0.14042E-01	-0.13656E-01
Displ_Z	0.20913	0.20268	0.19645
PrincStress_1	0.51021E-01	0.45124E-01	0.40433E-01
PrincStress_2	-0.36834E-08	-0.33693E-08	-0.32465E-08
PrincStress_3	-0.22248E-02	-0.49413E-02	-0.78078E-02
PrincStrain_1	0.12178E-04	0.11083E-04	0.10287E-04
PrincStrain_2	-0.51401E-05	-0.42328E-05	-0.34366E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.37158E-01	0.31548E-01	0.28846E-01
Stress_Y	-0.10320E-01	-0.10624E-01	-0.12335E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.97851E-05	0.85039E-05	0.80517E-05
Strain_Y	-0.63298E-05	-0.58101E-05	



# ANEXOS 2 – Deformaciones unitarias caso 2 (0-8-15)

## Capa de 15 cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	11865.	0.35000	0.0000
4	50.000	15243.	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500.	25447.
2	0.0000	-135.00	20500.	25447.
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.86863	1.5556	1.5307
Stress_Y	0.75094	1.4440	1.4358
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12423E-03	0.12718E-03	0.12222E-03
Strain_Y	0.84282E-04	0.89286E-04	0.89996E-04
Strain_Z	-0.17060E-03	-0.12739E-03	-0.12391E-03
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.58701E-02	-0.12063E-01
Displ_Z	0.46763	0.47228	0.46622
PrincStress_1	0.86863	1.5556	1.5307
PrincStress_2	0.75094	1.4440	1.4358
PrincStress_3	0.11102E-15	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.12423E-03	0.12718E-03	0.12222E-03
PrincStrain_2	0.84282E-04	0.89286E-04	0.89996E-04

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.4187	0.93739	0.47237
Stress_Y	1.2754	0.44279	0.31731
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11290E-03	0.93197E-04	0.77150E-04
Strain_Y	0.64234E-04	0.40722E-04	0.24518E-04
Strain_Z	-0.95211E-04	-0.10957E-03	-0.83183E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17522E-01	-0.21059E-01	-0.23207E-01
Displ_Z	0.45295	0.42965	0.41125
PrincStress_1	1.4187	0.93739	0.47237
PrincStress_2	1.2754	0.44279	0.31731
PrincStress_3	0.80560	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.11290E-03	0.93197E-04	0.77150E-04
PrincStrain_2	0.64234E-04	0.40722E-04	0.24518E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.37254	0.29035	0.23060
Stress_Y	0.19092	0.11436	0.62433E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.67094E-04	0.55919E-04	0.47402E-04
Strain_Y	0.54494E-05	-0.38144E-05	-0.96757E-05
Strain_Z	-0.59354E-04	-0.42631E-04	-0.30867E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.24069E-01	-0.24128E-01	-0.23637E-01
Displ_Z	0.39269	0.37428	0.36647
PrincStress_1	0.37254	0.29035	0.23060
PrincStress_2	0.19092	0.11436	0.62433E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.27756E-16
PrincStrain_1	0.67094E-04	0.55919E-04	0.47402E-04
PrincStrain_2	0.54494E-05	-0.38144E-05	-0.96757E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18491	0.14934	0.12091
Stress_Y	0.26885E-01	0.33694E-02	-0.11746E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.40451E-04	0.34602E-04	0.29541E-04
Strain_Y	-0.13184E-04	-0.14942E-04	-0.15486E-04
Strain_Z	-0.22309E-04	-0.16086E-04	-0.11499E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22855E-01	-0.21890E-01	-0.20868E-01
Displ_Z	0.33939	0.32316	0.30783
PrincStress_1	0.18491	0.14934	0.12091
PrincStress_2	0.26885E-01	0.33693E-02	-0.89277E-08
PrincStress_3	0.13879E-16	-0.69389E-17	-0.11746E-01
PrincStrain_1	0.40451E-04	0.34602E-04	0.29541E-04
PrincStrain_2	-0.13184E-04	-0.14942E-04	-0.11499E-04

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.99276E-01	0.82756E-01	0.68514E-01
Stress_Y	-0.22651E-01	-0.29781E-01	-0.32851E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25625E-04	0.22509E-04	0.19498E-04
Strain_Y	-0.15760E-04	-0.15688E-04	-0.14907E-04
Strain_Z	-0.80714E-05	-0.55803E-05	-0.37566E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19814E-01	-0.18758E-01	-0.17742E-01
Displ_Z	0.29340	0.27986	0.26715
PrincStress_1	0.99276E-01	0.82756E-01	0.68514E-01
PrincStress_2	-0.22651E-01	-0.29781E-01	-0.32851E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.25625E-04	0.22509E-04	0.19498E-04
PrincStrain_2	-0.80714E-05	-0.55803E-05	-0.37566E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.55619E-01	0.48702E-01	0.42120E-01
Stress_Y	-0.32702E-01	-0.35327E-01	-0.35728E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16464E-04	0.15122E-04	0.13623E-04
Strain_Y	-0.13514E-04	-0.13400E-04	-0.12800E-04
Strain_Z	-0.24140E-05	-0.14089E-05	-0.67323E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16750E-01	-0.15831E-01	-0.14941E-01
Displ_Z	0.25524	0.24412	0.23369
PrincStress_1	0.55619E-01	0.48702E-01	0.42120E-01
PrincStress_2	-0.59438E-08	-0.56550E-08	-0.52390E-08
PrincStress_3	-0.32702E-01	-0.35327E-01	-0.35728E-01
PrincStrain_1	0.16464E-04	0.15122E-04	0.13623E-04
PrincStrain_2	-0.24140E-05	-0.14089E-05	-0.67324E-06

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35714E-01	0.30450E-01	0.26555E-01
Stress_Y	-0.34376E-01	-0.32900E-01	-0.31941E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11981E-04	0.10593E-04	0.95806E-05
Strain_Y	-0.11809E-04	-0.10909E-04	-0.10274E-04
Strain_Z	-0.14089E-06	0.25807E-06	0.56728E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14129E-01	-0.13353E-01	-0.12656E-01
Displ_Z	0.22391	0.21474	0.20614
PrincStress_1	0.35714E-01	0.30450E-01	0.26555E-01
PrincStress_2	-0.47169E-08	-0.42633E-08	-0.39367E-08
PrincStress_3	-0.34376E-01	-0.32900E-01	-0.31941E-01
PrincStrain_1	0.11981E-04	0.10593E-04	0.95806E-05
PrincStrain_2	-0.14090E-06	0.25807E-06	0.56728E-06

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.24152E-01	0.19470E-01	0.17675E-01
Stress_Y	-0.30998E-01	-0.28222E-01	-0.27186E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.89189E-05	0.75303E-05	0.70010E-05
Strain_Y	-0.98002E-05	-0.86571E-05	-0.82259E-05
Strain_Z			

# Capa de 16cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	11865	0.35000	0.0000
4	60.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.78357	1.4697	1.4482
Stress_Y	0.68459	1.3743	1.3668
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11131E-03	0.11440E-03	0.11016E-03
Strain_Y	0.77710E-04	0.82037E-04	0.82543E-04
Strain_Z	-0.15465E-03	-0.11101E-03	-0.10795E-03
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.54098E-02	-0.11097E-01
Displ_Z	0.44655	0.45147	0.44629
PrincStress_1	0.78357	1.4697	1.4482
PrincStress_2	0.68459	1.3743	1.3668
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.11131E-03	0.11440E-03	0.11016E-03
PrincStrain_2	0.77710E-04	0.82037E-04	0.82543E-04

ERDC-WES Airfields & Pavements Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.3504	0.54960	0.44268
Stress_Y	1.2229	0.41546	0.31019
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.10243E-03	0.84888E-04	0.70950E-04
Strain_Y	0.59143E-04	0.39358E-04	0.25979E-04
Strain_Z	-0.82482E-04	-0.10166E-03	-0.79305E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16119E-01	-0.19438E-01	-0.21598E-01
Displ_Z	0.43458	0.41330	0.39707
PrincStress_1	1.3504	0.54960	0.44268
PrincStress_2	1.2229	0.41546	0.31019
PrincStress_3	0.80560	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.10243E-03	0.84888E-04	0.70950E-04
PrincStrain_2	0.59143E-04	0.39358E-04	0.25979E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35538	0.28126	0.22667
Stress_Y	0.19537	0.12450	0.75029E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.62608E-04	0.52723E-04	0.45156E-04
Strain_Y	0.82978E-05	-0.48308E-06	-0.63138E-05
Strain_Z	-0.58014E-04	-0.42742E-04	-0.31780E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22612E-01	-0.22883E-01	-0.22619E-01
Displ_Z	0.38062	0.36413	0.34803
PrincStress_1	0.35538	0.28126	0.22667
PrincStress_2	0.19537	0.12450	0.75029E-01
PrincStress_3	-0.27765E-16	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.62608E-04	0.52723E-04	0.45156E-04
PrincStrain_2	0.82978E-05	-0.48309E-06	-0.63138E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18425	0.15067	0.12338
Stress_Y	0.40102E-01	0.16145E-01	-0.37117E-05
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.38904E-04	0.33568E-04	0.28882E-04
Strain_Y	-0.10021E-04	-0.12092E-04	-0.12998E-04
Strain_Z	-0.23632E-04	-0.17571E-04	-0.12996E-04
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.22095E-01	-0.21297E-01	-0.20455E-01
Displ_Z	0.33246	0.31754	0.30331
PrincStress_1	0.18425	0.15067	0.12338
PrincStress_2	0.40102E-01	0.16145E-01	-0.83037E-08
PrincStress_3	0.0000	0.20817E-16	-0.37117E-05
PrincStrain_1	0.38904E-04	0.33568E-04	0.28882E-04
PrincStrain_2	-0.10021E-04	-0.12092E-04	-0.12996E-04

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10232	0.85998E-01	0.71725E-01
Stress_Y	-0.12233E-01	-0.20785E-01	-0.25258E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25239E-04	0.22320E-04	0.19450E-04
Strain_Y	-0.13641E-04	-0.13924E-04	-0.13468E-04
Strain_Z	-0.94891E-05	-0.68693E-05	-0.48946E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19557E-01	-0.18632E-01	-0.17723E-01
Displ_Z	0.28982	0.27707	0.26502
PrincStress_1	0.10232	0.85998E-01	0.71725E-01
PrincStress_2	-0.77090E-08	-0.71864E-08	-0.65268E-08
PrincStress_3	-0.12233E-01	-0.20785E-01	-0.25258E-01
PrincStrain_1	0.25239E-04	0.22320E-04	0.19450E-04
PrincStrain_2	-0.94891E-05	-0.68693E-05	-0.48946E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.58658E-01	0.51494E-01	0.44630E-01
Stress_Y	-0.26420E-01	-0.30229E-01	-0.31670E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16514E-04	0.15238E-04	0.13783E-04
Strain_Y	-0.12363E-04	-0.12500E-04	-0.12115E-04
Strain_Z	-0.33958E-05	-0.22400E-05	-0.13651E-05
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16819E-01	-0.15969E-01	-0.15132E-01
Displ_Z	0.25364	0.24298	0.23292
PrincStress_1	0.58658E-01	0.51494E-01	0.44630E-01
PrincStress_2	-0.57256E-08	-0.54998E-08	-0.51349E-08
PrincStress_3	-0.26420E-01	-0.30229E-01	-0.31670E-01
PrincStrain_1	0.16514E-04	0.15238E-04	0.13783E-04
PrincStrain_2	-0.33958E-05	-0.22400E-05	-0.13651E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.37936E-01	0.32394E-01	0.28240E-01
Stress_Y	-0.31213E-01	-0.30495E-01	-0.30168E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12168E-04	0.10795E-04	0.97884E-05
Strain_Y	-0.11303E-04	-0.10551E-04	-0.10036E-04
Strain_Z	-0.70813E-06	-0.20002E-06	0.20301E-06
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14361E-01	-0.13613E-01	-0.12937E-01
Displ_Z	0.22343	0.21450	0.20609
PrincStress_1	0.37936E-01	0.32394E-01	0.28240E-01
PrincStress_2	-0.46536E-08	-0.42323E-08	-0.39307E-08
PrincStress_3	-0.31213E-01	-0.30495E-01	-0.30168E-01
PrincStrain_1	0.12168E-04	0.10795E-04	0.97884E-05
PrincStrain_2	-0.70813E-06	-0.20002E-06	0.20301E-06

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.25603E-01	0.20711E-01	0.18733E-01
Stress_Y	-0.29745E-01	-0.27392E-01	-0.26696E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.91264E-05	0.77335E-05	0.71971E-05
Strain_Y	-0.96597E-05	-0.85936E-05	-0.82224E-05
Strain_Z	0.43634E-06	0.70374E-06	0.83885E-06
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YX	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12265E-01	-0.11659E-01	-0.11071E-01
Displ_Z	0.19818	0.19068	0.18364
PrincStress_1	0.25603E-01	0.20711E-01	0.18733E-01
PrincStress_2	-0.37248E-08	-0.32373E-08	-0.30573E-08
PrincStress_3	-0.29745E-01	-0.27392E-01	-0.26696E-01
PrincStrain_1	0.91264E-05	0.77335E-05	0.71971E-05
PrincStrain_2	0.43634E-06	0.70374E-06	0.83885E-06

# Capa de 17cm

File Edit Help

**Input Layers**

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	50.000	11865.	0.35000	0.0000
4	70.000	15243.	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

**Input Loads**

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

**Input Evaluation Points**

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.000
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.000
6	0.0000	337.500

**Input Calculation Depths**

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

**Results at Calculations Points**

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.70925	1.3952	1.3771
Stress_Y	0.62484	1.3128	1.3070
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.10020E-03	0.10344E-03	0.99822E-04
Strain_Y	0.71555E-04	0.75480E-04	0.76029E-04
Strain_Z	-0.14053E-03	-0.96677E-04	-0.94163E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.49843E-02	-0.10223E-01
Displ_Z	0.42683	0.43198	0.42795
PrincStress_1	0.70925	1.3952	1.3771
PrincStress_2	0.62484	1.3128	1.3070
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.10020E-03	0.10344E-03	0.99822E-04
PrincStrain_2	0.71555E-04	0.75480E-04	0.76029E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.2909	0.50658	0.41464
Stress_Y	1.1765	0.38936	0.30109
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.93385E-04	0.77566E-04	0.65344E-04
Strain_Y	0.54565E-04	0.37782E-04	0.26804E-04
Strain_Z	-0.71335E-04	-0.94375E-04	-0.75393E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14861E-01	-0.17972E-01	-0.20113E-01
Displ_Z	0.41713	0.39754	0.38314
PrincStress_1	1.2909	0.50658	0.41464
PrincStress_2	1.1765	0.38936	0.30109
PrincStress_3	0.80560	0.55511E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.93385E-04	0.77566E-04	0.65344E-04
PrincStrain_2	0.54565E-04	0.37782E-04	0.26804E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.33813	0.27123	0.22144
Stress_Y	0.19667	0.13136	0.84614E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.58434E-04	0.49656E-04	0.42922E-04
Strain_Y	0.10420E-04	0.21769E-05	-0.35190E-05
Strain_Z	-0.56335E-04	-0.42408E-04	-0.32239E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.21232E-01	-0.21667E-01	-0.21589E-01
Displ_Z	0.36849	0.35369	0.33913
PrincStress_1	0.33813	0.27123	0.22144
PrincStress_2	0.19667	0.13136	0.84614E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.58434E-04	0.49656E-04	0.42922E-04
PrincStrain_2	0.10420E-04	0.21769E-05	-0.35191E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.18219	0.15067	0.12467
Stress_Y	0.50779E-01	0.26919E-01	0.10271E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.37298E-04	0.32433E-04	0.28102E-04
Strain_Y	-0.73044E-05	-0.95694E-05	-0.10728E-04
Strain_Z	-0.24540E-04	-0.18706E-04	-0.14215E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.21215E-01	-0.20631E-01	-0.19951E-01
Displ_Z	0.32492	0.31120	0.29803
PrincStress_1	0.18219	0.15067	0.12467
PrincStress_2	0.50779E-01	0.26919E-01	0.10271E-01
PrincStress_3	0.13878E-16	0.0000	0.13878E-16
PrincStrain_1	0.37298E-04	0.32433E-04	0.28102E-04
PrincStrain_2	-0.73044E-05	-0.95695E-05	-0.10728E-04

**Results at Calculations Points**

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10437	0.88446E-01	0.74325E-01
Stress_Y	-0.27957E-02	-0.12351E-01	-0.17882E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.24725E-04	0.22005E-04	0.19282E-04
Strain_Y	-0.11648E-04	-0.12208E-04	-0.12015E-04
Strain_Z	-0.10693E-04	-0.80156E-05	-0.59456E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19197E-01	-0.18397E-01	-0.17595E-01
Displ_Z	0.28545	0.27347	0.26209
PrincStress_1	0.10437	0.88446E-01	0.74325E-01
PrincStress_2	-0.72119E-08	-0.67835E-08	-0.62054E-08
PrincStress_3	-0.27957E-02	-0.12351E-01	-0.17882E-01
PrincStrain_1	0.24725E-04	0.22005E-04	0.19282E-04
PrincStrain_2	-0.10693E-04	-0.80156E-05	-0.59456E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.61253E-01	0.53983E-01	0.46954E-01
Stress_Y	-0.20084E-01	-0.24872E-01	-0.27208E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16454E-04	0.15256E-04	0.13857E-04
Strain_Y	-0.11153E-04	-0.11508E-04	-0.11315E-04
Strain_Z	-0.43366E-05	-0.30665E-05	-0.20800E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16781E-01	-0.16005E-01	-0.15228E-01
Displ_Z	0.25128	0.24108	0.23142
PrincStress_1	0.61253E-01	0.53983E-01	0.46954E-01
PrincStress_2	-0.54738E-08	-0.53067E-08	-0.49910E-08
PrincStress_3	-0.20084E-01	-0.24872E-01	-0.27208E-01
PrincStrain_1	0.16454E-04	0.15256E-04	0.13857E-04
PrincStrain_2	-0.43366E-05	-0.30665E-05	-0.20800E-05

**Results at Calculations Points**

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.40065E-01	0.34317E-01	0.29959E-01
Stress_Y	-0.27551E-01	-0.27534E-01	-0.27814E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12281E-04	0.10933E-04	0.99426E-05
Strain_Y	-0.10669E-04	-0.10060E-04	-0.96664E-05
Strain_Z	-0.13182E-05	-0.71451E-06	-0.22596E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14505E-01	-0.13795E-01	-0.13148E-01
Displ_Z	0.22227	0.21362	0.20544
PrincStress_1	0.40065E-01	0.34317E-01	0.29959E-01
PrincStress_2	-0.45504E-08	-0.41624E-08	-0.38880E-08
PrincStress_3	-0.27551E-01	-0.27534E-01	-0.27814E-01
PrincStrain_1	0.12281E-04	0.10933E-04	0.99426E-05
PrincStrain_2	-0.13182E-05	-0.71451E-06	-0.22597E-06

**Results at Calculations Points**

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.27125E-01	0.22051E-01	0.19906E-01
Stress_Y	-0.27910E-01	-0.25996E-01	-0.25669E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.92895E-05	0.79002E-05	0.73636E-05
Strain_Y	-0.93906E-05	-0.84081E-05	-0.81055E-05
Strain_Z	0.82668E-07	0.41559E-06	0.60703E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12497E-01	-0.11906E-01	-0.11329E-01
Displ_Z	0.19771	0.19036	0.18345
PrincStress_1	0.27125E-01	0.22051E-01	0.19906E-01
PrincStress_2	-0.37038E-08	-0.32339E-08	-0.30671E-08
PrincStress_3	-0.27910E-01	-0.25996E-01	-0.25669E-01
PrincStrain_1	0.92895E-05	0.79002E-05	0.73636E-05
PrincStrain_2	0.82667E-07	0.41554E-06	0.60702E-06

# Capa de 18cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	60.000	11865	0.35000	0.0000
4	70.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.64625	1.3336	1.3199
Stress_Y	0.57124	1.2604	1.2588
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.91104E-04	0.94552E-04	0.91513E-04
Strain_Y	0.65642E-04	0.63689E-04	0.70770E-04
Strain_Z	-0.12825E-03	-0.84664E-04	-0.83062E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.45882E-02	-0.94501E-02
Displ_Z	0.40903	0.41439	0.41062
PrincStress_1	0.64625	1.3336	1.3199
PrincStress_2	0.57124	1.2604	1.2588
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.91104E-04	0.94552E-04	0.91513E-04
PrincStrain_2	0.65642E-04	0.63689E-04	0.70770E-04

Calculate Save Open Clear All Report About Exit

ERDC-WES Airfields & Pavements Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.2420	0.46900	0.38873
Stress_Y	1.1379	0.36470	0.29030
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.86004E-04	0.71369E-04	0.60417E-04
Strain_Y	0.50670E-04	0.35966E-04	0.27005E-04
Strain_Z	-0.62109E-04	-0.87819E-04	-0.71527E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13774E-01	-0.16691E-01	-0.18780E-01
Displ_Z	0.40122	0.38297	0.37007
PrincStress_1	1.2420	0.46900	0.38873
PrincStress_2	1.1379	0.36470	0.29030
PrincStress_3	0.80560	-0.55511E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.86004E-04	0.71369E-04	0.60417E-04
PrincStrain_2	0.50670E-04	0.35966E-04	0.27005E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.32140	0.26089	0.21547
Stress_Y	0.19542	0.13552	0.91681E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.54650E-04	0.46794E-04	0.40780E-04
Strain_Y	0.11888E-04	0.42412E-05	-0.12357E-05
Strain_Z	-0.54440E-04	-0.41756E-04	-0.32354E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19960E-01	-0.20518E-01	-0.20588E-01
Displ_Z	0.35694	0.34359	0.33037
PrincStress_1	0.32140	0.26089	0.21547
PrincStress_2	0.19542	0.13552	0.91681E-01
PrincStress_3	0.27756E-16	0.0000	0.13878E-16
PrincStrain_1	0.54650E-04	0.46794E-04	0.40780E-04
PrincStrain_2	0.11888E-04	0.42412E-05	-0.12357E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.17921	0.14973	0.12510
Stress_Y	0.59265E-01	0.35900E-01	0.19161E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.35708E-04	0.31269E-04	0.27265E-04
Strain_Y	-0.50049E-05	-0.73691E-05	-0.86923E-05
Strain_Z	0.25121E-04	-0.19554E-04	-0.15196E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.20370E-01	-0.19938E-01	-0.19401E-01
Displ_Z	0.31740	0.30478	0.29258
PrincStress_1	0.17921	0.14973	0.12510
PrincStress_2	0.59265E-01	0.35900E-01	0.19161E-01
PrincStress_3	-0.13878E-16	-0.69389E-17	0.0000
PrincStrain_1	0.35708E-04	0.31269E-04	0.27265E-04
PrincStrain_2	-0.50049E-05	-0.73691E-05	-0.86923E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10566	0.90272E-01	0.76437E-01
Stress_Y	0.56430E-02	-0.45718E-02	-0.10866E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.24140E-04	0.21613E-04	0.19037E-04
Strain_Y	-0.98095E-05	-0.10579E-04	-0.10595E-04
Strain_Z	0.11725E-04	-0.90274E-05	-0.69071E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18777E-01	-0.18094E-01	-0.17396E-01
Displ_Z	0.28086	0.28964	0.25891
PrincStress_1	0.10566	0.90272E-01	0.76437E-01
PrincStress_2	0.56430E-02	-0.63828E-08	-0.58753E-08
PrincStress_3	-0.69389E-17	-0.45718E-02	-0.10866E-01
PrincStrain_1	0.24140E-04	0.21613E-04	0.19037E-04
PrincStrain_2	-0.98095E-05	-0.90274E-05	-0.69071E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.63484E-01	0.56219E-01	0.49122E-01
Stress_Y	-0.13866E-01	-0.19442E-01	-0.22528E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16321E-04	0.15208E-04	0.13872E-04
Strain_Y	-0.93330E-05	-0.10473E-04	-0.10448E-04
Strain_Z	0.52266E-05	-0.38740E-05	-0.28014E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16670E-01	-0.15970E-01	-0.15258E-01
Displ_Z	0.24867	0.23896	0.22972
PrincStress_1	0.63484E-01	0.56219E-01	0.49122E-01
PrincStress_2	-0.52055E-08	-0.50919E-08	-0.48219E-08
PrincStress_3	-0.13866E-01	-0.19442E-01	-0.22528E-01
PrincStrain_1	0.16321E-04	0.15208E-04	0.13872E-04
PrincStrain_2	-0.52266E-05	-0.38740E-05	-0.28014E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.42118E-01	0.36228E-01	0.31716E-01
Stress_Y	-0.23564E-01	-0.24176E-01	-0.25018E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12341E-04	0.11027E-04	0.10060E-04
Strain_Y	-0.99524E-05	-0.94754E-05	-0.91972E-05
Strain_Z	0.19545E-05	-0.12696E-05	-0.70553E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14588E-01	-0.13922E-01	-0.13310E-01
Displ_Z	0.22092	0.21257	0.20465
PrincStress_1	0.42118E-01	0.36228E-01	0.31716E-01
PrincStress_2	-0.44202E-08	-0.40651E-08	-0.38181E-08
PrincStress_3	-0.23564E-01	-0.24176E-01	-0.25018E-01
PrincStrain_1	0.12341E-04	0.11027E-04	0.10060E-04
PrincStrain_2	-0.19545E-05	-0.12696E-05	-0.70553E-06

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.28726E-01	0.23497E-01	0.21205E-01
Stress_Y	-0.25612E-01	-0.24132E-01	-0.24181E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.94220E-05	0.80423E-05	0.75109E-05
Strain_Y	-0.90211E-05	-0.81240E-05	-0.78940E-05
Strain_Z	-0.32802E-06		

# Capa de 19cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	70.000	11865	0.35000	0.0000
4	70.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.59106	1.2797	1.2700
Stress_Y	0.52348	1.2138	1.2163
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.83215E-04	0.86839E-04	0.84290E-04
Strain_Y	0.60277E-04	0.64472E-04	0.66087E-04
Strain_Z	-0.11740E-03	-0.74084E-04	-0.73321E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.42296E-02	-0.87547E-02
Displ_Z	0.39300	0.39856	0.39533
PrncStress_1	0.59106	1.2797	1.2700
PrncStress_2	0.52348	1.2138	1.2163
PrncStress_3	0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrncStrain_1	0.83215E-04	0.86839E-04	0.84290E-04
PrncStrain_2	0.60277E-04	0.64472E-04	0.66087E-04

EROC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1989	0.43523	0.36465
Stress_Y	1.1034	0.34175	0.27896
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.79545E-04	0.65880E-04	0.55973E-04
Strain_Y	0.47147E-04	0.34153E-04	0.26890E-04
Strain_Z	-0.53941E-04	-0.81845E-04	-0.67796E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12798E-01	-0.15533E-01	-0.17559E-01
Displ_Z	0.38681	0.38699	0.38687
PrncStress_1	1.1989	0.43523	0.36465
PrncStress_2	1.1034	0.34175	0.27896
PrncStress_3	0.80560	-0.55511E-16	0.27756E-16
PrncStrain_1	0.79545E-04	0.65880E-04	0.55973E-04
PrncStrain_2	0.47147E-04	0.34153E-04	0.26890E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.30520	0.25035	0.20890
Stress_Y	0.19250	0.13766	0.96696E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.51165E-04	0.44102E-04	0.38715E-04
Strain_Y	0.12912E-04	0.58522E-05	0.62970E-06
Strain_Z	-0.52427E-04	-0.40872E-04	-0.32191E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18774E-01	-0.19422E-01	-0.19611E-01
Displ_Z	0.34625	0.33418	0.32216
PrncStress_1	0.30520	0.25035	0.20890
PrncStress_2	0.19250	0.13766	0.96696E-01
PrncStress_3	-0.27756E-16	0.27756E-16	0.27756E-16
PrncStrain_1	0.51165E-04	0.44102E-04	0.38715E-04
PrncStrain_2	0.12912E-04	0.58522E-05	0.62970E-06

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.0000	0.17545	0.14794
Stress_Y	0.65841E-01	0.43205E-01	0.26653E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.34134E-04	0.30079E-04	0.26377E-04
Strain_Y	-0.30691E-05	-0.54701E-05	-0.68941E-05
Strain_Z	-0.25417E-04	-0.20135E-04	-0.15941E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.19522E-01	-0.19220E-01	-0.18808E-01
Displ_Z	0.31029	0.29867	0.28739
PrncStress_1	0.17545	0.14794	0.12468
PrncStress_2	0.65841E-01	0.43205E-01	0.26653E-01
PrncStress_3	0.13878E-16	0.0000	0.69389E-17
PrncStrain_1	0.34134E-04	0.30079E-04	0.26377E-04
PrncStrain_2	-0.30691E-05	-0.54701E-05	-0.68941E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10618	0.91998E-01	0.77948E-01
Stress_Y	0.12968E-01	0.23641E-02	-0.44489E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.23488E-04	0.21146E-04	0.18715E-04
Strain_Y	-0.81487E-05	-0.90742E-05	-0.92522E-05
Strain_Z	0.12550E-04	-0.98768E-05	-0.77421E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18031E-01	-0.17726E-01	-0.17123E-01
Displ_Z	0.27648	0.26598	0.25589
PrncStress_1	0.10618	0.91998E-01	0.77948E-01
PrncStress_2	0.12968E-01	0.23641E-02	-0.55451E-08
PrncStress_3	0.13878E-16	-0.27756E-16	-0.44489E-02
PrncStrain_1	0.23488E-04	0.21146E-04	0.18715E-04
PrncStrain_2	-0.81487E-05	-0.90742E-05	-0.77421E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.65212E-01	0.58048E-01	0.50968E-01
Stress_Y	-0.80344E-02	-0.14218E-01	-0.17905E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.16111E-04	0.15086E-04	0.13817E-04
Strain_Y	-0.87499E-05	-0.94428E-05	-0.95600E-05
Strain_Z	0.60229E-05	-0.46169E-05	-0.34828E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16483E-01	-0.15087E-01	-0.15209E-01
Displ_Z	0.24620	0.23699	0.22817
PrncStress_1	0.65212E-01	0.58048E-01	0.50968E-01
PrncStress_2	-0.49239E-08	-0.48634E-08	-0.46350E-08
PrncStress_3	-0.80344E-02	-0.14218E-01	-0.17905E-01
PrncStrain_1	0.16111E-04	0.15086E-04	0.13817E-04
PrncStrain_2	-0.60229E-05	-0.46169E-05	-0.34828E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.43926E-01	0.37961E-01	0.33350E-01
Stress_Y	-0.19516E-01	-0.20667E-01	-0.22005E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12338E-04	0.11063E-04	0.10124E-04
Strain_Y	-0.91954E-05	-0.88365E-05	-0.86638E-05
Strain_Z	0.25712E-05	-0.18216E-05	-0.11951E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14595E-01	-0.13978E-01	-0.13404E-01
Displ_Z	0.21974	0.21171	0.20407
PrncStress_1	0.43926E-01	0.37961E-01	0.33350E-01
PrncStress_2	-0.42695E-08	-0.39455E-08	-0.37252E-08
PrncStress_3	-0.19516E-01	-0.20667E-01	-0.22005E-01
PrncStrain_1	0.12338E-04	0.11063E-04	0.10124E-04
PrncStrain_2	-0.25712E-05	-0.18216E-05	-0.11951E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.30248E-01	0.24903E-01	0.22493E-01
Stress_Y	-0.23047E-01	-0.21970E-01	-0.22378E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.95083E-05	0.81436E-05	0.76224E-05
Strain_Y	-0.85811E-05	-0.77661E-05	-0.76076E-05
Strain_Z	-0.75856E-06	-0.30890E-06	



# Capa de 20cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	75.000	11865	0.35000	0.0000
4	75.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.54167	1.2312	1.2246
Stress_Y	0.48077	1.1718	1.1774
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.76152E-04	0.79909E-04	0.77769E-04
Strain_Y	0.55482E-04	0.59740E-04	0.61760E-04
Strain_Z	-0.10770E-03	-0.64542E-04	-0.64445E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.39073E-02	-0.81238E-02
Displ_Z	0.37761	0.38333	0.38057
PrincStress_1	0.54167	1.2312	1.2246
PrincStress_2	0.48077	1.1718	1.1774
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.76152E-04	0.79909E-04	0.77769E-04
PrincStrain_2	0.55482E-04	0.59740E-04	0.61760E-04

Calculate Save Open Clear All Report About Exit

ERDC-WES Airfields & Pavements Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1597	0.40444	0.34233
Stress_Y	1.0718	0.32055	0.26783
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.73701E-04	0.60907E-04	0.51921E-04
Strain_Y	0.43981E-04	0.32431E-04	0.26634E-04
Strain_Z	-0.46488E-04	-0.76368E-04	-0.64273E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.11908E-01	-0.14473E-01	-0.16434E-01
Displ_Z	0.37281	0.35669	0.34619
PrincStress_1	1.1597	0.40444	0.34233
PrincStress_2	1.0718	0.32055	0.26783
PrincStress_3	0.80560	-0.27756E-16	0.27756E-16
PrincStrain_1	0.73701E-04	0.60907E-04	0.51921E-04
PrincStrain_2	0.43981E-04	0.32431E-04	0.26634E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.28977	0.23993	0.20207
Stress_Y	0.18871	0.13844	0.10019
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.47950E-04	0.41581E-04	0.36747E-04
Strain_Y	0.13652E-04	0.71329E-05	0.21677E-05
Strain_Z	-0.50402E-04	-0.39857E-04	-0.31840E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17668E-01	-0.18387E-01	-0.18672E-01
Displ_Z	0.33553	0.32458	0.31364
PrincStress_1	0.28977	0.23993	0.20207
PrincStress_2	0.18871	0.13844	0.10019
PrincStress_3	0.0000	-0.55511E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.47950E-04	0.41581E-04	0.36747E-04
PrincStrain_2	0.13652E-04	0.71329E-05	0.21677E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.17120	0.14595	0.12362
Stress_Y	0.70909E-01	0.49114E-01	0.32913E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.32605E-04	0.28897E-04	0.25470E-04
Strain_Y	-0.14349E-05	-0.38350E-05	-0.53171E-05
Strain_Z	-0.25503E-04	-0.20505E-04	-0.16488E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.18691E-01	-0.18499E-01	-0.18196E-01
Displ_Z	0.30276	0.29207	0.28163
PrincStress_1	0.17120	0.14595	0.12362
PrincStress_2	0.70909E-01	0.49114E-01	0.32913E-01
PrincStress_3	0.0000	0.13878E-16	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.32605E-04	0.28897E-04	0.25470E-04
PrincStrain_2	-0.14349E-05	-0.38350E-05	-0.53171E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10606	0.91940E-01	0.78932E-01
Stress_Y	0.19251E-01	0.84525E-02	0.13065E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.22799E-04	0.20631E-04	0.18339E-04
Strain_Y	-0.66660E-05	-0.77061E-05	-0.80086E-05
Strain_Z	-0.13200E-04	-0.10575E-04	-0.84521E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17799E-01	-0.17313E-01	-0.16799E-01
Displ_Z	0.27148	0.26166	0.25219
PrincStress_1	0.10606	0.91940E-01	0.78932E-01
PrincStress_2	0.19251E-01	0.84525E-02	0.13065E-02
PrincStress_3	-0.69389E-17	-0.69389E-17	0.24286E-16
PrincStrain_1	0.22799E-04	0.20631E-04	0.18339E-04
PrincStrain_2	-0.66660E-05	-0.77061E-05	-0.80086E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.66480E-01	0.59482E-01	0.52485E-01
Stress_Y	-0.26941E-02	-0.93352E-02	-0.13493E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15846E-04	0.14907E-04	0.13707E-04
Strain_Y	-0.76334E-05	-0.84509E-05	-0.86872E-05
Strain_Z	-0.67190E-05	-0.52824E-05	-0.41073E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16238E-01	-0.15684E-01	-0.15099E-01
Displ_Z	0.24305	0.23431	0.22592
PrincStress_1	0.66480E-01	0.59482E-01	0.52485E-01
PrincStress_2	-0.46553E-08	-0.46313E-08	-0.44402E-08
PrincStress_3	-0.26941E-02	-0.93352E-02	-0.13493E-01
PrincStrain_1	0.15846E-04	0.14907E-04	0.13707E-04
PrincStrain_2	-0.67190E-05	-0.52824E-05	-0.41073E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.45464E-01	0.39479E-01	0.34817E-01
Stress_Y	-0.15571E-01	-0.17171E-01	-0.18932E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12283E-04	0.11050E-04	0.10144E-04
Strain_Y	-0.84341E-05	-0.81780E-05	-0.80992E-05
Strain_Z	-0.31488E-05	-0.23497E-05	-0.16732E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14540E-01	-0.13969E-01	-0.13438E-01
Displ_Z	0.21787	0.21017	0.20281
PrincStress_1	0.45464E-01	0.39479E-01	0.34817E-01
PrincStress_2	-0.41076E-08	-0.38124E-08	-0.36172E-08
PrincStress_3	-0.15571E-01	-0.17171E-01	-0.18932E-01
PrincStrain_1	0.12283E-04	0.11050E-04	0.10144E-04
PrincStrain_2	-0.31488E-05	-0.23497E-05	-0.16732E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.31645E-01	0.26219E-01	0.23721E-01
Stress_Y	-0.20368E-01	-0.19653E-01	-0.20389E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.95532E-05	0.82075E-05	0.77003E-05
Strain_Y	-0.81013E-05	-0.73622E-05	-0.72714E-05
Strain_Z	-0.11879E-05	-0.69158E-06	-0.35095E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12884E-01	-0.12371E-01	-0.11857E-01
Displ_Z	0.19579	0.18904	0.18264
PrincStress_1	0.31645E-01	0.26219E-01	0.23721E-01
PrincStress_2	-0.35004E-08	-0.30871E-08	-0.29685E-08
PrincStress_3	-0.20368E-01	-0.19653E-01	-0.20389E-01
PrincStrain_1	0.95532E-05	0.82075E-05	0.77003E-05
PrincStrain_2	-0.11879E-05	-0.69158E-06	-0.35095E-06

# Capa de 21cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	80.000	11865	0.35000	0.0000
4	80.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord.	Y-Coord.	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord.	Y-Coord.
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.49804	1.1884	1.1847
Stress_Y	0.44250	1.1343	1.1430
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.69971E-04	0.73846E-04	0.72056E-04
Strain_Y	0.51120E-04	0.55472E-04	0.57901E-04
Strain_Z	-0.99074E-04	-0.56090E-04	-0.56612E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.36150E-02	-0.75550E-02
Displ_Z	0.36337	0.36322	0.36687
PrincStress_1	0.49804	1.1884	1.1847
PrincStress_2	0.44250	1.1343	1.1430
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.69971E-04	0.73846E-04	0.72056E-04
PrincStrain_2	0.51120E-04	0.55472E-04	0.57901E-04

ERDC-WES Airfields & Pavements Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	202.50	270.00	337.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.1250	0.37668	0.32171
Stress_Y	1.0436	0.30090	0.25675
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.68553E-04	0.56479E-04	0.48261E-04
Strain_Y	0.40524E-04	0.30757E-04	0.26213E-04
Strain_Z	-0.39857E-04	-0.71375E-04	-0.60933E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.11106E-01	-0.13514E-01	-0.15406E-01
Displ_Z	0.35977	0.34450	0.33497
PrincStress_1	1.1250	0.37668	0.32171
PrincStress_2	1.0436	0.30090	0.25675
PrincStress_3	0.80560	0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.68553E-04	0.56479E-04	0.48261E-04
PrincStrain_2	0.40524E-04	0.30757E-04	0.26213E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	405.00	472.50	540.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.27510	0.22972	0.19510
Stress_Y	0.18413	0.13806	0.10240
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.45001E-04	0.39231E-04	0.34884E-04
Strain_Y	0.14123E-04	0.81187E-05	0.34175E-05
Strain_Z	-0.48374E-04	-0.38741E-04	-0.31337E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16644E-01	-0.17414E-01	-0.17775E-01
Displ_Z	0.32532	0.31537	0.30537
PrincStress_1	0.27510	0.22972	0.19510
PrincStress_2	0.18413	0.13806	0.10240
PrincStress_3	0.0000	0.27756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.45001E-04	0.39231E-04	0.34884E-04
PrincStrain_2	0.14123E-04	0.81187E-05	0.34175E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	607.50	675.00	742.50
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.16660	0.14270	0.12205
Stress_Y	0.74685E-01	0.53810E-01	0.38087E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.31131E-04	0.27734E-04	0.24558E-04
Strain_Y	-0.66441E-07	-0.24351E-05	-0.39408E-05
Strain_Z	-0.25416E-04	-0.20699E-04	-0.16868E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17883E-01	-0.17785E-01	-0.17576E-01
Displ_Z	0.29540	0.28554	0.27587
PrincStress_1	0.16660	0.14270	0.12205
PrincStress_2	0.74685E-01	0.53810E-01	0.38087E-01
PrincStress_3	0.0000	0.13878E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.31131E-04	0.27734E-04	0.24558E-04
PrincStrain_2	-0.66441E-07	-0.24351E-05	-0.39408E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	810.00	877.50	945.00
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10543	0.91991E-01	0.79464E-01
Stress_Y	0.24596E-01	0.13758E-01	0.64310E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.22089E-04	0.20084E-04	0.17924E-04
Strain_Y	-0.53486E-05	-0.64634E-05	-0.68651E-05
Strain_Z	-0.13697E-04	-0.11139E-04	-0.90479E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17264E-01	-0.16871E-01	-0.16437E-01
Displ_Z	0.26543	0.25726	0.24837
PrincStress_1	0.10543	0.91991E-01	0.79464E-01
PrincStress_2	0.24596E-01	0.13758E-01	0.64310E-02
PrincStress_3	0.0000	-0.63898E-17	-0.17347E-16
PrincStrain_1	0.22089E-04	0.20084E-04	0.17924E-04
PrincStrain_2	-0.53486E-05	-0.64634E-05	-0.68651E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.67343E-01	0.60564E-01	0.53701E-01
Stress_Y	0.21571E-02	-0.48131E-02	-0.93296E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15537E-04	0.14684E-04	0.13553E-04
Strain_Y	-0.65888E-05	-0.75063E-05	-0.78406E-05
Strain_Z	-0.73209E-05	-0.58727E-05	-0.46740E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15950E-01	-0.15463E-01	-0.14938E-01
Displ_Z	0.23975	0.23149	0.22352
PrincStress_1	0.67343E-01	0.60564E-01	0.53701E-01
PrincStress_2	0.21570E-02	-0.43998E-02	-0.42418E-02
PrincStress_3	0.17347E-16	-0.48131E-02	-0.93296E-02
PrincStrain_1	0.15537E-04	0.14684E-04	0.13553E-04
PrincStrain_2	-0.65888E-05	-0.58727E-05	-0.46740E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.46751E-01	0.40790E-01	0.36120E-01
Stress_Y	-0.11777E-01	-0.13744E-01	-0.15860E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12184E-04	0.10996E-04	0.10126E-04
Strain_Y	-0.76814E-05	-0.75138E-05	-0.75173E-05
Strain_Z	-0.36841E-05	-0.28490E-05	-0.21341E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14433E-01	-0.13910E-01	-0.13421E-01
Displ_Z	0.21584	0.20848	0.20141
PrincStress_1	0.46751E-01	0.40790E-01	0.36120E-01
PrincStress_2	-0.39388E-02	-0.36700E-02	-0.34981E-02
PrincStress_3	-0.11777E-01	-0.13744E-01	-0.15860E-01
PrincStrain_1	0.12184E-04	0.10996E-04	0.10126E-04
PrincStrain_2	-0.36841E-05	-0.28490E-05	-0.21341E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord.	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord.	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.32916E-01	0.27439E-01	0.24882E-01
Stress_Y	-0.17634E-01	-0.17237E-01	-0.18268E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.95626E-05	0.82388E-05	0.77486E-05
Strain_Y	-0.75952E-05	-0.69252E-05	-0.68971E-05
Strain_Z	-0.16097E-05	-0.10747E-05	-0.69669E-06
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12903E-01	-0.12423E-01	-0.11935E-01
Displ_Z	0.19465	0.18813	0.18193
PrincStress_1	0.32916E-01	0.27439E-01	0.24882E-01
PrincStress_2	-0.34019E-02	-0.30066E-02	-0.29039E-02
PrincStress_3	-0.17634E-01	-0.17237E-01	-0.18268E-01
PrincStrain_1	0.95626E-05	0.82388E-05	0.77486E-05
PrincStrain_2	-0.16097E-05	-0.10747E-05	-0.69669E-06

# Capa de 22cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slp
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	80.000	11865	0.35000	0.0000
4	90.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	14320	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.45850	1.1495	1.1481
Stress_Y	0.40792	1.1001	1.1112
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.64358E-04	0.68326E-04	0.66834E-04
Strain_Y	0.47189E-04	0.51575E-04	0.54311E-04
Strain_Z	-0.91265E-04	-0.48385E-04	-0.49403E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.35904E-02	-0.70353E-02
Displ_Z	0.35014	0.35611	0.35411
PrincStress_1	0.45850	1.1495	1.1481
PrincStress_2	0.40792	1.1001	1.1112
PrincStress_3	-0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.64358E-04	0.68326E-04	0.66834E-04
PrincStrain_2	0.47189E-04	0.51575E-04	0.54311E-04

Calculate Save Open Clear All Report About Exit

ERDC-WES Airfields & Pavements Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.0931	0.35117	0.30257
Stress_Y	1.0175	0.28268	0.24612
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.63842E-04	0.52426E-04	0.44900E-04
Strain_Y	0.38166E-04	0.29179E-04	0.25741E-04
Strain_Z	-0.33746E-04	-0.66768E-04	-0.57797E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.10369E-01	-0.12630E-01	-0.14455E-01
Displ_Z	0.34759	0.33307	0.32441
PrincStress_1	1.0931	0.35117	0.30257
PrincStress_2	1.0175	0.28268	0.24612
PrincStress_3	0.80560	-0.27756E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.63842E-04	0.52426E-04	0.44900E-04
PrincStrain_2	0.38166E-04	0.29179E-04	0.25741E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.26122	0.21981	0.18812
Stress_Y	0.17921	0.13691	0.10364
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.42270E-04	0.37033E-04	0.33118E-04
Strain_Y	0.14433E-04	0.88936E-05	0.44450E-05
Strain_Z	-0.46393E-04	-0.37578E-04	-0.30734E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15689E-01	-0.16497E-01	-0.16920E-01
Displ_Z	0.31565	0.30659	0.29745
PrincStress_1	0.26122	0.21981	0.18812
PrincStress_2	0.17921	0.13691	0.10364
PrincStress_3	0.0000	0.13878E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.42270E-04	0.37033E-04	0.33118E-04
PrincStrain_2	0.14433E-04	0.88936E-05	0.44450E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.16179	0.13951	0.12009
Stress_Y	0.77447E-01	0.57510E-01	0.42329E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.29714E-04	0.26600E-04	0.23652E-04
Strain_Y	0.10865E-05	-0.12340E-05	-0.27413E-05
Strain_Z	-0.25201E-04	-0.20754E-04	-0.17109E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.17102E-01	-0.17084E-01	-0.16956E-01
Displ_Z	0.28929	0.27920	0.27024
PrincStress_1	0.16179	0.13951	0.12009
PrincStress_2	0.77447E-01	0.57510E-01	0.42329E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.29714E-04	0.26600E-04	0.23652E-04
PrincStrain_2	0.10865E-05	-0.12340E-05	-0.27413E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10439	0.91624E-01	0.79596E-01
Stress_Y	0.29104E-01	0.18334E-01	0.10937E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.21370E-04	0.19516E-04	0.17480E-04
Strain_Y	-0.41833E-05	-0.53989E-05	-0.58243E-05
Strain_Z	-0.14062E-04	-0.11583E-04	-0.95365E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16724E-01	-0.16408E-01	-0.16046E-01
Displ_Z	0.26146	0.25289	0.24455
PrincStress_1	0.10439	0.91624E-01	0.79596E-01
PrincStress_2	0.29104E-01	0.18334E-01	0.10937E-01
PrincStress_3	0.0000	0.0000	-0.69389E-17
PrincStrain_1	0.21370E-04	0.19516E-04	0.17480E-04
PrincStrain_2	-0.41833E-05	-0.53989E-05	-0.58243E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.67836E-01	0.61311E-01	0.54619E-01
Stress_Y	0.64990E-02	-0.69706E-03	-0.54776E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.15195E-04	0.14425E-04	0.13362E-04
Strain_Y	-0.56243E-05	-0.66214E-05	-0.70356E-05
Strain_Z	-0.78302E-05	-0.63848E-05	-0.51764E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15627E-01	-0.15202E-01	-0.14735E-01
Displ_Z	0.23643	0.22863	0.22107
PrincStress_1	0.67836E-01	0.61311E-01	0.54619E-01
PrincStress_2	0.64990E-02	-0.41730E-08	-0.40444E-08
PrincStress_3	-0.34694E-17	-0.69706E-03	-0.54776E-02
PrincStrain_1	0.15195E-04	0.14425E-04	0.13362E-04
PrincStrain_2	-0.56243E-05	-0.63848E-05	-0.51764E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.47778E-01	0.41879E-01	0.37234E-01
Stress_Y	-0.82097E-02	-0.10469E-01	-0.12877E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.12049E-04	0.10906E-04	0.10072E-04
Strain_Y	-0.69546E-05	-0.68620E-08	-0.69365E-05
Strain_Z	-0.41680E-05	-0.33086E-05	-0.25657E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14281E-01	-0.13804E-01	-0.13357E-01
Displ_Z	0.21376	0.20673	0.19996
PrincStress_1	0.47778E-01	0.41879E-01	0.37234E-01
PrincStress_2	-0.37679E-08	-0.35229E-08	-0.33724E-08
PrincStress_3	-0.82097E-02	-0.10469E-01	-0.12877E-01
PrincStrain_1	0.12049E-04	0.10906E-04	0.10072E-04
PrincStrain_2	-0.41680E-05	-0.33086E-05	-0.25657E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.34029E-01	0.28533E-01	0.25940E-01
Stress_Y	-0.14936E-01	-0.14811E-01	-0.16100E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.95390E-05	0.82391E-05	0.77681E-05
Strain_Y	-0.70808E-05	-0.64726E-05	-0.65012E-05
Strain_Z	-0.20112E-05	-0.14454E-05	-0.10365E-05
ShearStrain_X			



# Capa de 23cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	90.000	11865	0.35000	0.0000
4	90.000	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.000
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.42496	1.1169	1.1181
Stress_Y	0.37726	1.0707	1.0849
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.59738E-04	0.63807E-04	0.62577E-04
Strain_Y	0.43544E-04	0.48129E-04	0.51328E-04
Strain_Z	-0.84504E-04	-0.41868E-04	-0.43479E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.31091E-02	-0.65761E-02
Displ_Z	0.33795	0.34403	0.34234
PrincStress_1	0.42496	1.1169	1.1181
PrincStress_2	0.37726	1.0707	1.0849
PrincStress_3	0.55511E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.59738E-04	0.63807E-04	0.62577E-04
PrincStrain_2	0.43544E-04	0.48129E-04	0.51328E-04

ERDC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.0665	0.32888	0.28509
Stress_Y	0.99536	0.26593	0.23636
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.59947E-04	0.48972E-04	0.41943E-04
Strain_Y	0.35794E-04	0.27607E-04	0.25062E-04
Strain_Z	-0.28618E-04	-0.62659E-04	-0.54822E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.97284E-02	-0.11895E-01	-0.13604E-01
Displ_Z	0.33629	0.32328	0.31442
PrincStress_1	1.0665	0.32888	0.28509
PrincStress_2	0.99536	0.26593	0.23636
PrincStress_3	0.80560	-0.27756E-16	0.27756E-16
PrincStrain_1	0.59947E-04	0.48972E-04	0.41943E-04
PrincStrain_2	0.35794E-04	0.27607E-04	0.25062E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.24816	0.21026	0.18120
Stress_Y	0.17356	0.13485	0.10392
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.39808E-04	0.35013E-04	0.31469E-04
Strain_Y	0.14486E-04	0.94177E-05	0.52378E-05
Strain_Z	-0.44423E-04	-0.36352E-04	-0.30033E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14818E-01	-0.15647E-01	-0.16116E-01
Displ_Z	0.30642	0.29813	0.28974
PrincStress_1	0.24816	0.21026	0.18120
PrincStress_2	0.17356	0.13485	0.10392
PrincStress_3	0.0000	0.0000	-0.13878E-16
PrincStrain_1	0.39808E-04	0.35013E-04	0.31469E-04
PrincStrain_2	0.14486E-04	0.94177E-05	0.52378E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.19586	0.13609	0.11783
Stress_Y	0.79235E-01	0.60282E-01	0.45720E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.28371E-04	0.25508E-04	0.22766E-04
Strain_Y	0.20247E-05	-0.22496E-06	-0.17095E-05
Strain_Z	-0.24869E-04	-0.20686E-04	-0.17228E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16357E-01	-0.16405E-01	-0.16346E-01
Displ_Z	0.28130	0.27230	0.26459
PrincStress_1	0.19586	0.13609	0.11783
PrincStress_2	0.79235E-01	0.60282E-01	0.45720E-01
PrincStress_3	0.13878E-16	0.13878E-16	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.28371E-04	0.25508E-04	0.22766E-04
PrincStrain_2	0.20247E-05	-0.22496E-06	-0.17095E-05

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10301	0.90926E-01	0.79408E-01
Stress_Y	0.32852E-01	0.22250E-01	0.14885E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.20653E-04	0.18940E-04	0.17020E-04
Strain_Y	-0.31612E-05	-0.43694E-05	-0.48804E-05
Strain_Z	-0.14312E-04	-0.11922E-04	-0.99326E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.16183E-01	-0.15935E-01	-0.15639E-01
Displ_Z	0.25641	0.24840	0.24057
PrincStress_1	0.10301	0.90926E-01	0.79408E-01
PrincStress_2	0.32852E-01	0.22250E-01	0.14885E-01
PrincStress_3	0.0000	0.69389E-17	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.20653E-04	0.18940E-04	0.17020E-04
PrincStrain_2	-0.31612E-05	-0.43694E-05	-0.48804E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.68029E-01	0.61785E-01	0.55296E-01
Stress_Y	0.10381E-01	0.30507E-02	-0.19100E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.14831E-04	0.14142E-04	0.13145E-04
Strain_Y	-0.47360E-05	-0.57942E-05	-0.62718E-05
Strain_Z	-0.82595E-05	-0.68296E-05	-0.56235E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15282E-01	-0.14915E-01	-0.14501E-01
Displ_Z	0.23293	0.22556	0.21840
PrincStress_1	0.68029E-01	0.61785E-01	0.55296E-01
PrincStress_2	0.10381E-01	0.30507E-02	-0.38498E-08
PrincStress_3	-0.34694E-17	0.10408E-16	-0.19100E-02
PrincStrain_1	0.14831E-04	0.14142E-04	0.13145E-04
PrincStrain_2	-0.47360E-05	-0.57942E-05	-0.56235E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.48596E-01	0.42788E-01	0.38199E-01
Stress_Y	-0.48516E-02	-0.73375E-02	-0.99798E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11886E-04	0.10789E-04	0.99930E-05
Strain_Y	-0.62546E-05	-0.62248E-05	-0.63599E-05
Strain_Z	-0.46079E-05	-0.37343E-05	-0.29725E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14097E-01	-0.13665E-01	-0.13259E-01
Displ_Z	0.21145	0.20474	0.19827
PrincStress_1	0.48596E-01	0.42788E-01	0.38199E-01
PrincStress_2	-0.35969E-08	-0.33734E-08	-0.32423E-08
PrincStress_3	-0.48516E-02	-0.73375E-02	-0.99798E-02
PrincStrain_1	0.11886E-04	0.10789E-04	0.99930E-05
PrincStrain_2	-0.46079E-05	-0.37343E-05	-0.29725E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35021E-01	0.29529E-01	0.26925E-01
Stress_Y	-0.12273E-01	-0.12379E-01	-0.13892E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.94906E-05	0.82161E-05	0.77659E-05
Strain_Y	-0.65620E-05	-0.60082E-05	-0.60880E-05
Strain_Z	-0.23961E-05	-0.18065E-05	-0.13728E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12815E-01	-0.12400E-01	-0.11971E-01
Displ_Z	0.19204	0.18599	0.18022
PrincStress_1	0.35021E-01	0.29529E-01	0.26925E-01
PrincStress_2	-0.31828E-08	-0.28203E-08	-0.27469E-08
PrincStress_3	-0.12273E-01	-0.12379E-01	-0.13892E-01
PrincStrain_1	0.94906E-05	0.82161E-05	0.77659E-05
PrincStrain_2	-0.23961E-05	-0.18065E-05	-0.13728E-05

# Capa de 24cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	90.000	11865	0.35000	0.0000
4	100.00	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.39345	1.0860	1.0890
Stress_Y	0.34912	1.0431	1.0593
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.59325E-04	0.59467E-04	0.58459E-04
Strain_Y	0.40278E-04	0.44924E-04	0.48408E-04
Strain_Z	-0.78220E-04	-0.35695E-04	-0.37721E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.28899E-02	-0.61486E-02
Displ_Z	0.32616	0.33233	0.33090
PrincStress_1	0.39345	1.0860	1.0890
PrincStress_2	0.34912	1.0431	1.0593
PrincStress_3	0.0000	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.59325E-04	0.59467E-04	0.58459E-04
PrincStrain_2	0.40278E-04	0.44924E-04	0.48408E-04

ERDC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.0409	0.30785	0.26874
Stress_Y	0.97403	0.25031	0.22539
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.56197E-04	0.45694E-04	0.39166E-04
Strain_Y	0.33498E-04	0.26166E-04	0.24452E-04
Strain_Z	-0.23672E-04	-0.58795E-04	-0.52050E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.91232E-02	-0.11123E-01	-0.12804E-01
Displ_Z	0.32530	0.31196	0.30465
PrincStress_1	1.0409	0.30785	0.26874
PrincStress_2	0.97403	0.25031	0.22539
PrincStress_3	0.80560	0.2756E-16	-0.27756E-16
PrincStrain_1	0.56198E-04	0.45694E-04	0.39166E-04
PrincStrain_2	0.33498E-04	0.26166E-04	0.24452E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.23584	0.20108	0.17442
Stress_Y	0.16809	0.13252	0.10369
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.37500E-04	0.33111E-04	0.29906E-04
Strain_Y	0.14503E-04	0.98391E-05	0.58990E-05
Strain_Z	-0.42548E-04	-0.35141E-04	-0.29295E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13999E-01	-0.14844E-01	-0.15350E-01
Displ_Z	0.29734	0.28975	0.28205
PrincStress_1	0.23584	0.20108	0.17442
PrincStress_2	0.16809	0.13252	0.10369
PrincStress_3	-0.27756E-16	0.0000	0.0000
PrincStrain_1	0.37500E-04	0.33111E-04	0.29906E-04
PrincStrain_2	0.14503E-04	0.98391E-05	0.58990E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.15190	0.13253	0.11535
Stress_Y	0.80409E-01	0.62391E-01	0.48444E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.27086E-04	0.24451E-04	0.21898E-04
Strain_Y	0.28219E-05	0.64401E-06	-0.81067E-06
Strain_Z	-0.24470E-04	-0.20533E-04	-0.17254E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15640E-01	-0.15745E-01	-0.15746E-01
Displ_Z	0.27427	0.26650	0.25878
PrincStress_1	0.15190	0.13253	0.11535
PrincStress_2	0.80409E-01	0.62391E-01	0.48444E-01
PrincStress_3	0.13878E-16	0.0000	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.27086E-04	0.24451E-04	0.21898E-04
PrincStrain_2	0.28219E-05	0.64401E-06	-0.81068E-06

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.10138	0.89941E-01	0.78927E-01
Stress_Y	0.35960E-01	0.25972E-01	0.18295E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19943E-04	0.18360E-04	0.16548E-04
Strain_Y	-0.22611E-05	-0.34881E-05	-0.40315E-05
Strain_Z	0.14467E-04	-0.12168E-04	-0.10241E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15644E-01	-0.15456E-01	-0.15219E-01
Displ_Z	0.25116	0.24368	0.23633
PrincStress_1	0.10138	0.89941E-01	0.78927E-01
PrincStress_2	0.35960E-01	0.25972E-01	0.18295E-01
PrincStress_3	0.0000	-0.69389E-17	0.69389E-17
PrincStrain_1	0.19943E-04	0.18360E-04	0.16548E-04
PrincStrain_2	-0.22611E-05	-0.34881E-05	-0.40315E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.67934E-01	0.61983E-01	0.55713E-01
Stress_Y	0.13787E-01	0.63856E-02	0.13071E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.14450E-04	0.13836E-04	0.12904E-04
Strain_Y	-0.39288E-05	-0.50343E-05	-0.55626E-05
Strain_Z	-0.86082E-05	-0.72018E-05	-0.60063E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14917E-01	-0.14604E-01	-0.14239E-01
Displ_Z	0.22914	0.22219	0.21540
PrincStress_1	0.67934E-01	0.61983E-01	0.55713E-01
PrincStress_2	0.13787E-01	0.63856E-02	0.13071E-02
PrincStress_3	0.0000	-0.69389E-17	0.27756E-16
PrincStrain_1	0.14450E-04	0.13836E-04	0.12904E-04
PrincStrain_2	-0.39288E-05	-0.50343E-05	-0.55626E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.49173E-01	0.43479E-01	0.38967E-01
Stress_Y	-0.17846E-02	-0.44417E-02	-0.72675E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11698E-04	0.10646E-04	0.98871E-05
Strain_Y	-0.55975E-05	-0.56197E-05	-0.58059E-05
Strain_Z	-0.49917E-05	-0.41121E-05	-0.33392E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13881E-01	-0.13492E-01	-0.13125E-01
Displ_Z	0.20981	0.20242	0.19623
PrincStress_1	0.49173E-01	0.43479E-01	0.38967E-01
PrincStress_2	-0.34293E-08	-0.32250E-08	-0.31115E-08
PrincStress_3	-0.17846E-02	-0.44417E-02	-0.72675E-02
PrincStrain_1	0.11698E-04	0.10646E-04	0.98871E-05
PrincStrain_2	-0.49917E-05	-0.41121E-05	-0.33392E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.35837E-01	0.30371E-01	0.27775E-01
Stress_Y	-0.97506E-02	-0.10047E-01	-0.11748E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.94160E-05	0.81676E-05	0.77391E-05
Strain_Y	-0.60574E-05	-0.55510E-05	-0.26598E-05
Strain_Z	0.27479E-05	-0.21409E-05	-0.16883E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12717E-01	-0.12335E-01	-0.11935E-01
Displ_Z	0.19027	0.18446	0.17890
PrincStress_1	0.35837E-01	0.30371E-01	0.27775E-01
PrincStress_2	-0.30680E-08	-0.27201E-08	-0.26598E-08
PrincStress_3	-0.97506E-02	-0.10047E-01	-0.11748E-01
PrincStrain_1	0.94160E-05	0.81676E-05	0.77391E-05
PrincStrain_2	-0.27479E-05	-0.21409E-05	-0.16883E-05

# Capa de 25cm

File Edit Help

Input Layers

	Thickness	E-Modulus	PR	Slip
1	10.000	4272.0	0.45000	0.0000
2	40.000	5193.0	0.35000	0.0000
3	100.00	11865	0.35000	0.0000
4	100.00	15243	0.35000	0.0000
5	600.00	143.20	0.35000	0.0000
6	0.0000	40.000	0.40000	

Input Loads

	X-Coord	Y-Coord	Load	Contact Area
1	0.0000	135.00	20500	25447
2	0.0000	-135.00	20500	25447
3				
4				
5				

Input Evaluation Points

	X-Coord	Y-Coord
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	67.500
3	0.0000	135.00
4	0.0000	202.50
5	0.0000	270.00
6	0.0000	337.50

Input Calculation Depths

	Depth
1	0.0000
2	
3	
4	
5	
6	

Results at Calculations Points

	Point 1	Point 2	Point 3
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	0.0000	67.500	135.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.36676	1.0601	1.0651
Stress_Y	0.32427	1.0194	1.0382
Stress_Z	0.0000	0.80560	0.80560
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.51696E-04	0.55913E-04	0.55097E-04
Strain_Y	0.37271E-04	0.42091E-04	0.45966E-04
Strain_Z	-0.72791E-04	-0.30470E-04	-0.32972E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	0.0000	-0.26911E-02	-0.57712E-02
Displ_Z	0.31567	0.32192	0.32073
PrincStress_1	0.36676	1.0601	1.0651
PrincStress_2	0.32427	1.0194	1.0382
PrincStress_3	0.27756E-16	0.80560	0.80560
PrincStrain_1	0.51696E-04	0.55913E-04	0.55097E-04
PrincStrain_2	0.37271E-04	0.42091E-04	0.45966E-04

ERDC-WES  
Airfields &  
Pavements  
Branch

Results at Calculations Points

	Point 4	Point 5	Point 6
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	202.50	270.00	337.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	1.0195	0.28948	0.25387
Stress_Y	0.95595	0.23604	0.21551
Stress_Z	0.80560	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.53093E-04	0.42899E-04	0.36724E-04
Strain_Y	0.31520E-04	0.24760E-04	0.23706E-04
Strain_Z	-0.19513E-04	-0.55357E-04	-0.49443E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.85961E-02	-0.10481E-01	-0.12089E-01
Displ_Z	0.31547	0.30259	0.29583
PrincStress_1	1.0195	0.28948	0.25387
PrincStress_2	0.95595	0.23604	0.21551
PrincStress_3	0.80560	0.57756E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.53093E-04	0.42899E-04	0.36724E-04
PrincStrain_2	0.31520E-04	0.24760E-04	0.23706E-04

Results at Calculations Points

	Point 7	Point 8	Point 9
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	405.00	472.50	540.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.22432	0.19233	0.16782
Stress_Y	0.16220	0.12961	0.10282
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.35423E-04	0.31369E-04	0.28454E-04
Strain_Y	0.14340E-04	0.10081E-04	0.63896E-05
Strain_Z	-0.40715E-04	-0.33913E-04	-0.28508E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13255E-01	-0.14103E-01	-0.14635E-01
Displ_Z	0.28911	0.28212	0.27502
PrincStress_1	0.22432	0.19233	0.16782
PrincStress_2	0.16220	0.12961	0.10282
PrincStress_3	0.0000	-0.13879E-16	0.0000
PrincStrain_1	0.35423E-04	0.31369E-04	0.28454E-04
PrincStrain_2	0.14340E-04	0.10081E-04	0.63896E-05

Results at Calculations Points

	Point 10	Point 11	Point 12
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	607.50	675.00	742.50
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.14636	0.12889	0.11272
Stress_Y	0.80911E-01	0.63835E-01	0.50532E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.25878E-04	0.23446E-04	0.21063E-04
Strain_Y	0.34595E-05	0.13660E-05	-0.44859E-07
Strain_Z	-0.24003E-04	-0.20301E-04	-0.17197E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14964E-01	-0.15115E-01	-0.15166E-01
Displ_Z	0.26783	0.26062	0.25344
PrincStress_1	0.14636	0.12889	0.11272
PrincStress_2	0.80911E-01	0.63835E-01	0.50532E-01
PrincStress_3	0.13879E-16	0.0000	0.63839E-17
PrincStrain_1	0.25878E-04	0.23446E-04	0.21063E-04
PrincStrain_2	0.34595E-05	0.13660E-05	-0.44860E-07

Results at Calculations Points

	Point 13	Point 14	Point 15
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	810.00	877.50	945.00
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.99546E-01	0.88742E-01	0.78224E-01
Stress_Y	0.38477E-01	0.28357E-01	0.21227E-01
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.19249E-04	0.17789E-04	0.16075E-04
Strain_Y	-0.14792E-05	-0.27099E-05	-0.32711E-05
Strain_Z	-0.14539E-04	-0.12335E-04	-0.10476E-04
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.15116E-01	-0.14981E-01	-0.14795E-01
Displ_Z	0.24634	0.23933	0.23244
PrincStress_1	0.99547E-01	0.88742E-01	0.78224E-01
PrincStress_2	0.38477E-01	0.28357E-01	0.21227E-01
PrincStress_3	0.13879E-16	0.63839E-17	0.63839E-17
PrincStrain_1	0.19249E-04	0.17789E-04	0.16075E-04
PrincStrain_2	-0.14792E-05	-0.27099E-05	-0.32711E-05

Results at Calculations Points

	Point 16	Point 17	Point 18
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1012.5	1080.0	1147.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.67621E-01	0.61972E-01	0.55934E-01
Stress_Y	0.16776E-01	0.93644E-02	0.42255E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.14062E-04	0.13520E-04	0.12648E-04
Strain_Y	-0.31960E-05	-0.43359E-05	-0.49028E-05
Strain_Z	-0.88901E-05	-0.75144E-05	-0.63370E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.14545E-01	-0.14279E-01	-0.13961E-01
Displ_Z	0.22567	0.21911	0.21268
PrincStress_1	0.67621E-01	0.61972E-01	0.55934E-01
PrincStress_2	0.16776E-01	0.93644E-02	0.42255E-02
PrincStress_3	0.0000	0.0000	0.10408E-16
PrincStrain_1	0.14062E-04	0.13520E-04	0.12648E-04
PrincStrain_2	-0.31960E-05	-0.43359E-05	-0.49028E-05

Results at Calculations Points

	Point 19	Point 20	Point 21
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1215.0	1282.5	1350.0
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.49571E-01	0.44010E-01	0.39593E-01
Stress_Y	0.10374E-02	-0.17413E-02	-0.47057E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.11494E-04	0.10485E-04	0.97637E-05
Strain_Y	-0.49789E-05	-0.50434E-05	-0.52721E-05
Strain_Z	-0.53310E-05	-0.44524E-05	-0.36749E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.13646E-01	-0.13297E-01	-0.12967E-01
Displ_Z	0.20642	0.20034	0.19444
PrincStress_1	0.49571E-01	0.44010E-01	0.39593E-01
PrincStress_2	0.10374E-02	-0.30789E-08	-0.29812E-08
PrincStress_3	0.48572E-16	-0.17413E-02	-0.47057E-02
PrincStrain_1	0.11494E-04	0.10485E-04	0.97637E-05
PrincStrain_2	-0.49789E-05	-0.44524E-05	-0.36749E-05

Results at Calculations Points

	Point 22	Point 23	Point 24
X-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Y-Coord	1417.5	1485.0	1552.5
Z-Coord	0.0000	0.0000	0.0000
Stress_X	0.36530E-01	0.31106E-01	0.28535E-01
Stress_Y	-0.73378E-02	-0.77890E-02	-0.96451E-02
Stress_Z	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStress_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Strain_X	0.93239E-05	0.81019E-05	0.78956E-05
Strain_Y	-0.55656E-05	-0.50999E-05	-0.52638E-05
Strain_Z	-0.30750E-05	-0.24562E-05	-0.19897E-05
ShearStrain_XZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_YZ	0.0000	0.0000	0.0000
ShearStrain_XY	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_X	0.0000	0.0000	0.0000
Displ_Y	-0.12594E-01	-0.12243E-01	-0.11873E-01
Displ_Z	0.18873	0.18316	0.17782
PrincStress_1	0.36530E-01	0.31106E-01	0.28535E-01
PrincStress_2	-0.29522E-08	-0.26176E-08	-0.25695E-08
PrincStress_3	-0.73378E-02	-0.77890E-02	-0.96451E-02
PrincStrain_1	0.93239E-05	0.81019E-05	0.78956E-05
PrincStrain_2	-0.30750E-05	-0.24562E-05	-0.19897E-05


## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN


Nosotros, **Carranza Luna, Ronny Jahir**, con C.C: #1316897154 y **Loayza Rodas, Frank Jhonatan**, con C.C: #0941096463 autores del trabajo de titulación: **Valoración de modelos de fatiga para pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 24 de febrero de 2025**

f.   
Carranza Luna, Ronny Jahir  
C.C: 1316897154

f.   
Loayza Rodas, Frank Jhonatan  
C.C: 0941096463

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA:</b>	Valoración de modelos de fatiga para pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Carranza Luna, Ronny Jahir Loayza Rodas, Frank Jhonatan		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Vila Romani, Rolando, PhD		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	24 de febrero de 2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	102
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería, Pavimentos y Construcción		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	fatiga, pavimentos flexibles, deformación, módulo dinámico, WINJULEA, predicción de vida útil.		
<b>RESUMEN:</b>	<p>La investigación presente evalúa distintos modelos de fatiga aplicados a pavimentos flexibles en la región costera ecuatoriana, con el propósito de determinar cuál se ajusta mejor a las condiciones locales de clima y tráfico. Se analizan factores clave como la temperatura, el envejecimiento del asfalto, el módulo dinámico de la mezcla y las cargas vehiculares. Para ello, se emplea el software WINJULEA para simular deformaciones en pavimentos con espesores entre 15 y 25 cm, así como la ecuación de Witczak para estimar el módulo dinámico. Además, se contrastan modelos como AASHTO 2002 y 2008 con datos reales de deterioro en vías locales, identificando discrepancias significativas en las repeticiones permisibles de carga. La metodología combina análisis bibliográfico, ensayos reológicos con reómetro de corte dinámico (DSR) y modelación mecanicista, permitiendo un ajuste del parámetro k'1 de AASHTO 2002 mediante ecuaciones calibradas con datos de campo. Los resultados evidencian la sensibilidad de los modelos a variaciones en el módulo dinámico, vacíos y contenido de asfalto, resaltando la importancia de una compactación óptima y el uso de mezclas con alto contenido de ligante para prolongar la vida útil del pavimento. Se concluye la necesidad de adaptar los modelos globales a las condiciones ecuatorianas, proponiendo ecuaciones específicas para estimar repeticiones de fallo por grietas descendentes. Se recomienda validar el modelo ajustado en más tramos viales, evaluar el desempeño de asfaltos modificados e incorporar estos criterios en futuros diseños de pavimentos.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-996125440 +593-959035202	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ronny.carranza@cu.ucsg.edu.ec">ronny.carranza@cu.ucsg.edu.ec</a> <a href="mailto:frank.loayza@cu.ucsg.edu.ec">frank.loayza@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO DE TITULACIÓN):</b>	<b>Nombre:</b> Glas Cevallos, Clara Catalina		
	<b>Teléfono:</b> +593-4-984616792		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			