



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**AUSCULTACION DEL MONOLITISMO DE PAVIMENTOS
MULTICAPAS MEDIANTE DEFLECTOMETRO DE IMPACTO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

ALDO RENE FIGUEROA REYES

**PROFESOR GUIA
FEDERICO DELFIN ARIZTIA**

**MIEMBROS DE LA COMISION
CLAUDIO FUENTES LOPEZ
VICTOR ROCO HERRERA**

**SANTIAGO DE CHILE
JULIO 2009**

**RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
POR: ALDO FIGUEROA R.
FECHA: 13/07/2009
PROF. GUIA: FEDERICO DELFIN A**

RESUMEN

La unión entre las capas de una carpeta asfáltica es un aspecto crítico, para el buen desempeño del pavimento, ya que de la adecuada adherencia de estas, depende el comportamiento monolítico de la estructura y poder lograr la capacidad estructural, serviciabilidad y vida útil prevista en el proyecto.

Para lograr la adherencia entre capas se utiliza el riego de liga, tratamientos cuya efectividad depende de diversos factores.

En la presente investigación se estudia la posibilidad de utilizar el método del deflectómetro de impacto (FWD) para detectar zonas de falla por deslaminación entre las capas asfálticas, para lo cual se construyeron unas pistas de pruebas con diferentes estructuras de capas y uniones entre ellas, en las cuales se realizaron mediciones con el deflectómetro de impacto para diferentes rangos de cargas de impacto y temperaturas del pavimento.

Se utiliza el cuenco de deflexiones, la deflexión máxima debajo del plato de carga y el Numero Estructural equivalente de las capas del pavimento, para detectar zonas con problemas de adherencia entre las capas asfálticas. A partir de las variables anteriores se obtiene que se pueden detectar diferencias de calidad de unión entre las capas asfálticas, mediante la utilización del deflectómetro de impacto independiente de la carga aplicada y la temperatura del pavimento.

La configuración de capas influye en la sensibilidad de la detección de las zonas con distintas características de adherencia, apreciándose que para la pista donde las capas asfálticas están sobre la base granular se puede diferenciar distintas calidades de unión entre las capas asfálticas, en cambio para la pista donde las capas asfálticas están sobre el hormigón solo se puede diferenciar si esta posee o no riego de liga en la interfaz.

A partir de lo anterior se puede utilizar una de las variables utilizadas en el estudio como metodología para detectar zonas con distintas características de adherencia, la cual corresponde al Numero Estructural. Esta variable posee un valor teórico que se obtiene a partir de la configuración y características de las capas la estructura del pavimento, el cual se compara con el valor calculado de las mediciones realizadas por el deflectómetro, presentándose menores valores de esta variable para aquellos tramos que posean menor calidad de unión entre las capas asfálticas.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
1.3 Metodología.....	2
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1 Introducción.....	3
2.2 Unión entre las capas asfálticas.....	3
2.3 Factores que causan unión deficiente entre capas asfálticas.....	6
2.4 Ensayos para evaluar la calidad de unión entre las capas asfálticas.....	10
2.5 Antecedentes sobre el uso del deflectómetro de impacto para la detección de zonas con problemas de adherencia entre las capas.....	15
2.6 Deflectómetro de Impacto.....	16
2.7 Retroanálisis en pavimentos asfálticos.....	19
3. DESARROLLO ESTUDIO EXPERIMENTAL	24
3.1 Introducción.....	24
3.2 Construcción de pistas de prueba.....	25
3.3 Esquema de mediciones del deflectómetro de impacto.....	37
3.4 Mediciones realizadas por el deflectómetro de impacto del Laboratorio Nacional de Vialidad.....	39
3.5 Mediciones realizadas por el deflectómetro de la Empresa GAUSS S.A.....	41
4. ANALISIS DE DEFLEXIONES	43
4.1 Análisis de cuenco deflexiones.....	43
4.2 Cálculo de Parámetro de rigidez método AASTHO.....	71
5. DISCUSION DE RESULTADOS	78
5.1 Análisis de deflexiones.....	78
5.2 Comparación de valores de la deflexión máxima promedio.....	80
5.3 Análisis de parámetros de rigidez calculados por método AASTHO.....	83
6. CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	87
ANEXO A	88
ANEXO B	90
ANEXO C	91
ANEXO D	95
ANEXO E	99
ANEXO F	106
ANEXO G	114
ANEXO H	122
ANEXO I	130
ANEXO J	143

1-INTRODUCCION

1.1-Introducción.

Los pavimentos asfálticos dado sus características se pueden diseñar en estructuras de dos o más capas asfálticas que actúan en forma monolítica. La unión entre las capas es un punto crítico para el buen desempeño del pavimento, ya que la adecuada adherencia de estas, es esencial para lograr el comportamiento monolítico considerado en el diseño de la estructura.

Para lograr esta adherencia entre las capas se utiliza los riegos de liga o capas asfálticas intermedias de adherencia, las cuales son aplicaciones de material asfáltico a una superficie de una capa existente , la que busca la perfecta unión entre la antigua superficie y la nueva capa aplicada.

Los problemas de adherencia son causas de deterioros en el pavimento, que reducen la vida útil de este, por lo cual, es importante conocer la condición de adherencia al momento de su puesta en servicio y su evolución en el tiempo.

Existen una serie de métodos tanto destructivos como no destructivos para la evaluación de la adherencia de las capas asfálticas de un pavimento, que se han implementado en los últimos años en el mundo, los cuales requieren de una validación para las condiciones de trabajo imperante en Chile. Este estudio tiene como objetivo analizar y poner a punto una de estas alternativas, basadas en las mediciones de deformaciones mediante el deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer FWD).

El deflectómetro de impacto es un instrumento utilizado para la evaluación de la capacidad estructural de un pavimento, obteniéndose las deformaciones que experimenta la superficie del pavimento al aplicar una carga de impacto controlada sobre éste. A partir de esta información se calculan los módulos de elasticidad de las capas que lo constituyen.

El comportamiento de la deformación y los parámetros de rigidez serán las variables que se utilizarán, para estudiar el nivel de adherencia entre capas asfálticas diseñadas y construidas para este estudio, en función del tipo de estructura del pavimento y de los aspectos constructivos entre los cuales está la variable de adherencia entre las capas asfálticas.

1.2-Objetivos:

Objetivo general:

Estudio de la factibilidad y eficiencia de la técnica de la deflectometría de impacto para evaluar el grado de monolitismo de carpetas asfálticas multicapas.

Objetivos específicos:

- Evaluar y poner a punto una metodología de auscultación mediante el uso del deflectómetro de impacto, para identificar problemas de adherencia, en los pavimentos asfálticos multicapas.
- Comparar la sensibilidad del método del deflectómetro de impacto, con otras técnicas en uso, para cuantificar la adherencia entre capas asfálticas.

1.3-Metodología:

Este estudio comprende los siguientes aspectos metodológicos:

- **Recopilación de antecedentes y análisis de los métodos de evaluación de la capacidad estructural de los pavimentos asfálticos multicapas:** en más detalle se estudió una de estas técnicas, la que utiliza el deflectómetro de impacto, describiendo las características de este equipo y los métodos para la determinación de los parámetros de rigidez de las capas de un pavimento.
- **Desarrollo del estudio experimental:** que contempló la construcción de tramos de prueba de pavimentos con diferentes materiales y estructuras de capas, que permitieron variar las condiciones de unión entre las capas de la carpeta asfáltica, obteniéndose tramos, con una adecuada aplicación de riego de liga, con riegos de liga contaminados y sin riego liga.
- **Mediciones mediante el deflectómetro de impacto:** En estas pistas se realizaron una serie de mediciones, con los deflectómetros de impacto facilitados por GAUSS S.A. y por el Laboratorio Nacional de Vialidad, analizándose el comportamiento en cuanto a las deflexiones y los parámetros de rigidez, de la estructura en los distintos tramos y sub-tramos contemplados en el estudio.
- **Análisis de resultados:** A partir de los resultados obtenidos, se realizó un análisis tendiente a determinar la validez y limitaciones de esta técnica de auscultación para el estado de la unión entre las capas que componen un pavimento.

2- REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1- Introducción.

En este capítulo se presenta una breve recopilación de información sobre los aspectos más importantes que afectan la calidad de la unión entre las capas asfálticas, al comportamiento monolítico de los pavimentos asfálticos multicapas y a los deterioros más frecuente derivados de los problemas de adherencia entre las capas del pavimento.

Posteriormente, se describen los factores que inciden en una unión deficiente entre las capas asfálticas, para continuar describiendo algunos métodos, tanto destructivos como no destructivos, para la evaluación de la calidad de unión entre las capas asfálticas. Dentro de estos métodos, se analiza con más detalle el que utiliza el deflectómetro de impacto (FWD), para el cual, se entregan algunos antecedentes previos sobre el uso de este equipo, para la detección de zonas con problemas de adherencia. Además, se entregan una descripción de las distintas metodologías asociadas a la determinación de los parámetros de rigidez, para un sistema de capas de un pavimento flexible.

2.2 Unión entre las capas asfálticas:

Entre los factores que se saben que afectan directamente el nivel de desempeño y vida útil de un pavimento asfáltico, se puede distinguir algunos de diseño, como el espesor de las capas que lo constituyen, otros de servicio, como el nivel de carga de tránsito al que estará expuesto, y otros constructivos como el nivel de calidad de la unión entre las capas. Los pavimentos asfálticos dado sus características, se diseñan y construyen en varias capas, las cuales logran su adherencia mediante los riegos de liga o capas asfálticas de adherencia.

Los riegos de liga corresponden a un tratamiento de una superficie con materiales asfálticos diluidos, previo a la colocación de una capa de mezcla asfáltica en caliente. Una unión estructural de las capas es esencial para conseguir la continuidad monolítica del conjunto de capas en la estructura de pavimento, al no cumplirse esta propiedad, se puede generar una pérdida de capacidad y durabilidad del pavimento.

La primera señal de que un pavimento está experimentando problemas de unión entre capas, es la falla de deslizamiento que se observa frecuentemente en algunas autopistas de alto tráfico (Fig.1). Este deterioro se relaciona con una serie de causas tales como; una cantidad inapropiada del riego de liga, un riego de liga inadecuado, malas condiciones de la capa subyacente, aplicación del riego de liga en condiciones no aptas, entre otras, las cuales se analizaran con más detalle.



Figura 1: Falla deslizamiento

Las fallas por deslizamiento, corresponden al problema más común relacionado a la unión deficiente entre capas. Este deterioro es generado por la insuficiente capacidad al corte en la interfaz entre las capas para absorber las elevadas fuerzas horizontales, por lo cual, se presentan típicamente en aquellas zonas donde el tráfico acelera, desacelera o en zonas de intersecciones y curvas. En estas zonas, las sollicitaciones afectan mayormente en las capas superiores del pavimento como se muestra en la siguiente figura.

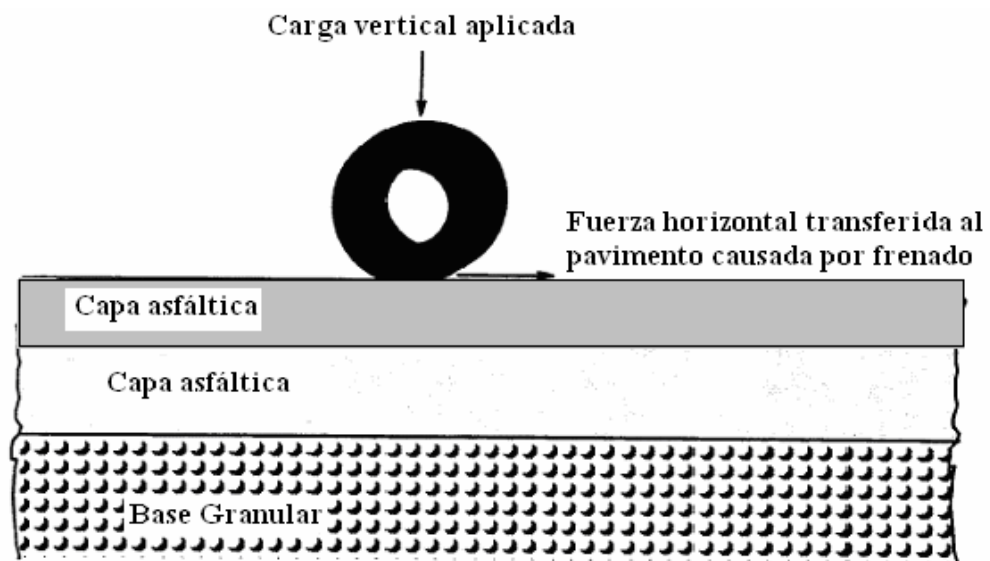


Figura 2: Esquema de Fuerzas Horizontales sobre la superficie del pavimento

En el diseño de pavimentos asfálticos se considera que las interfaces son suficientemente rugosas y que se logra una buena adherencia entre las capas. Sin embargo, esto no ocurre en la práctica, ya que no siempre se cumple totalmente esta hipótesis.

Suponiendo la hipótesis anterior, se tendría que el sistema de capas actúa de manera monolítica trabajando a flexo tracción como se muestra la figura 3 (a), donde las dos capas totalmente unidas el esfuerzo de tracción se ubica en la parte inferior de la capa subyacente. Sin embargo, al fallar la adherencia en el plano de esta unión, el esfuerzo de tensión ocurre también en la parte inferior de la capa superior. Una vez que la unión ha sido debilitada, el pavimento empieza a actuar como dos capas separadas.

La capa de rodadura desarrolla esfuerzos de tracción en la parte inferior, y en la parte superior de la capa subyacente se desarrollan esfuerzos de compresión. Estos esfuerzos provocan deslizamiento en la interfaz, como se muestra en la figura 3 (b)

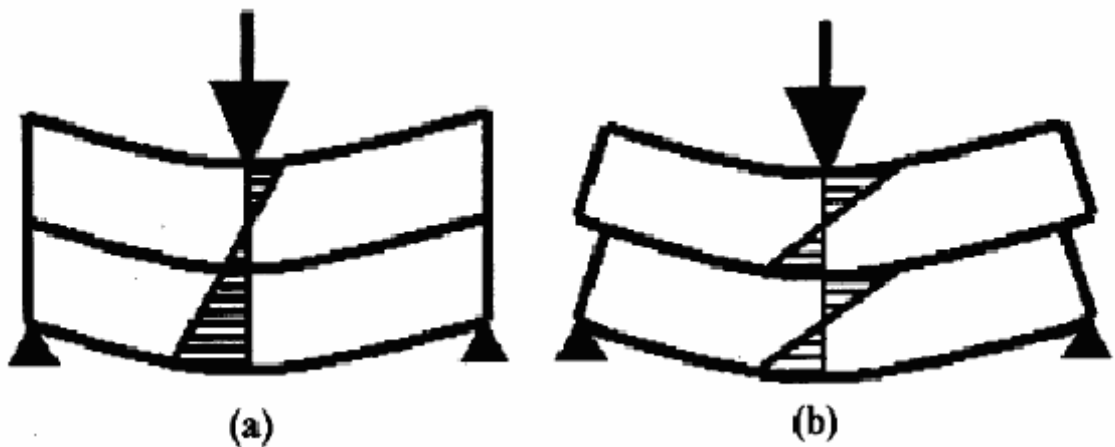


Figura 3: Estado de tensiones estructura de dos capas, a) pavimento monolítico b) pavimento con capas despegadas

Si la unión se rompe completamente la estructura de pavimento deja de ser un sistema monolítico y comienza a actuar como dos capas independientes. La capa superior despegada deberá ser capaz de tomar todas las cargas por si sola o acelerará la falla por fatiga del pavimento.

2.3 FACTORES QUE CAUSAN UNION DEFICIENTE ENTRE CAPAS ASFÁLTICAS:

Existe una serie de factores que pueden reducir o impedir la adherencia entre las capas asfálticas, entre los cuales se tiene:

- Tipo de riego no adecuado
- Tasa de aplicación de riego no adecuada
- Deficiencia de aplicación
- Contaminación del riego liga aplicado

A continuación se indica en detalle cómo influye cada factor:

a) Riego de Liga:

Existe una variedad de materiales asfálticos que pueden ser empleados como riego de liga, utilizándose principalmente emulsiones, asfaltos cortados y cementos asfálticos. Dependiendo de las características del trabajo, ya sea, condiciones climáticas, temperatura ambiente y humedad para la puesta en obra, se selecciona el tipo de riego liga más adecuado para cada caso.

Las emulsiones asfálticas son el material más usado para riego de liga, estos productos asfálticos se especifican correspondiente a la velocidad de quiebre, la cual es controlada por el tipo de agente emulsionante. Las emulsiones pueden ser aniónicas o cationicas y además cada una pueden ser de quiebre lento, rápido y medio.

De los materiales mencionados las emulsiones de quiebre lento son las más usadas, ya que dan un volumen adicional al requerido para poder trabajar a una velocidad normal en zonas de baja tasa de aplicación y fluyen con facilidad a temperatura ambiente permitiendo una aplicación uniforme, pero no se recomienda usarlas en climas fríos.

Las emulsiones cationicas son usadas para condiciones de climas húmedos por ejemplo en zonas costeras, ya que son menos susceptibles a la humedad y a la variación de temperatura.

Las emulsiones de quiebre rápido son usadas en colocaciones nocturnas o en climas fríos ya que su tiempo de quiebre es menor que las otras emulsiones.

Los cementos asfálticos son usados para trabajos nocturnos o de clima frío por qué estos son calentados y colocados a temperaturas mucho mayor que las emulsiones, pero se enfrían rápidamente y deben ser aplicados con rapidez ya que dejan poco tiempo para el extendido de la capa asfáltica.

Los asfaltos cortados por motivos ambientales y de costos se limitan su uso, por lo cual en la práctica no se usan.

b) Tasa de aplicación del riego de liga:

Otro aspecto a considerar es la cantidad de riego de liga aplicada por m², la cual variará dependiendo de la condición del pavimento donde se aplica. La capa de adherencia puede dar una vinculación inadecuada entre las capas, ya sea por defecto o exceso en la tasa de aplicación aplicada. Una tasa excesiva puede producir un resbalamiento entre las capas, o que este material afecte negativamente las características de la mezcla incluso puede originar exudación de ligante en la superficie.

De lo anterior, surge la necesidad de estimar la cantidad óptima de riego de liga, que puede variar dependiendo de la característica de la superficie que recibe el tratamiento:

- Superficie de textura densa, requieren menor tasa de aplicación que superficie de una de textura abierta.
- Superficies con ligante en exceso (brillantes) requieren tasas de aplicación menores que superficie de aspecto opaco.

Además se tiene que:

- Emulsiones de quiebre lento requieren tasas mayores de aplicación que las de quiebre rápido y estas últimas requieren una mayor aplicación que los tratamientos con cementos asfálticos.
- Las mezclas densas y de graduación cerradas requieren menores tasas de aplicación que las mezclas de graduación abierta.

En la figura 4 se muestra una superficie donde se aplicó una cantidad excesiva de riego de liga



Figura 4: Aspecto de la superficie con aplicación excesiva de riego de liga

c) Uniformidad de la aplicación:

Para que el riego de liga actúe en forma adecuada, como puente de adherencia entre las capas asfálticas, debe ser aplicado en forma uniforme sobre la superficie existente. Para esto, el equipo de aplicación del material asfáltico debe cumplir con una serie de puntos al momento de iniciar la aplicación:

- i) Velocidad del vehículo: debe ser la adecuada, que permita una aplicación conforme del riego de liga, tanto en su cantidad, como uniformidad.
- ii) Posiciones de las boquillas de los aspersores de riego de liga: debe ser regular y estacionada a distancias adecuadas de modo que permitan cubrir adecuadamente la superficie a tratar.
- iii) Altura de las boquillas: la cual debe ser constante y adecuada para producir una tasa de aplicación uniforme y conforme a lo especificado.
- iv) Presión dentro del distribuidor: esta debe ser capaz de forzar el material de las boquillas aspersores a una tasa constante.
- v) Control de temperatura dentro del distribuidor, la cual debe mantenerse dentro de niveles adecuados, impidiendo que se altere al proceso de quiebre de la emulsión.

En la figura 5 se muestra una aplicación no uniforme del riego de liga



Figura 5 Aplicación no uniforme del riego de liga

d) Contaminación del riego de liga:

Las características de rugosidad o textura son factores muy importantes que influyen en la resistencia a cizalle o corte en la interfaz de las capas asfálticas, por lo cual, se recomienda que el riego sea aplicado sobre una superficie limpia y seca y en la cantidad adecuada al tipo de superficie a tratar.

Dado que los pavimentos existentes pueden estar sucios y polvorientos, sus superficies deben ser limpiadas barriéndolas o lavándolas antes de colocar cualquier capa de adherencia. Esta contaminación, puede dar origen que los mismos vehículos de construcción retiren esta mezcla de material asfalto y suciedad al pegarse en las ruedas como se muestra en la figura 6:



Figura 6: Riego de liga contaminado adherido a los vehículos de construcción:

Además de la contaminación de la superficie existente, el riego de liga puede ser contaminado por material volátil próximo en aquellas zonas donde se construye el pavimento. Un caso que corresponde a este tipo de contaminación es el que se presentó durante la construcción de la segunda pista en el Aeropuerto Internacional de Santiago, que a pocos días de su inauguración se presentó una falla de deslaminación originada por deficiencia en procesos constructivos, particularmente en el riego de liga el cual estaba contaminado por pumacita, material muy volátil y abundante en las cercanías del lugar de trabajo.

En particular este estudio analiza este caso, el de contaminación del riego de liga por agentes externos, durante la etapa de aplicación de riego de liga, antes de cubrir con la capa asfáltica superior.

2.4 Ensayos para evaluar la calidad de la unión entre las capas asfálticas:

Existen dos grupos de métodos para evaluar la calidad de adhesión entre las capas asfálticas:

- Métodos Destructivos: estos se basan en la inspección visual y ensayos de testigos extraídos del pavimento en estudio.
- Métodos No Destructivos: estos consisten en la auscultación de la condición del pavimento, a través de mediciones de algunas propiedades que se correlacionan, con la calidad de unión entre las capas.

A continuación se indican algunos de estos métodos

A) Métodos Destructivos:

i) Ensayo de corte en laboratorio:

La mayoría de los métodos de evaluación para pavimentos asfálticos de dos o más capas consisten en aplicar un esfuerzo de corte en la interfaz de un testigo extraído del pavimento. Estos métodos de evaluación entregan resultados cuantitativos de la resistencia al corte de la unión entre capas del pavimento. Este tipo de ensayos ha sido utilizado ampliamente en la inspección de pavimentos, desarrollándose variados tipos de ensayos de corte de acuerdo a las necesidades de cada lugar.



Figura 7: Dispositivo de corte utilizado en el Florida Department of Transportation (FDOT)

ii) Ensayo de torque.

Este ensayo fue desarrollado en Suiza para analizar las condiciones de adherencia en la unión entre las capas y ha sido adoptado en Gran Bretaña como parte del sistema de aprobación para sistemas de recubrimientos delgados. Este consiste en una placa que es unida a la superficie de un testigo del pavimento evaluado y en la cual se aplica mediante una llave de torque, un esfuerzo de corte del pavimento evaluado hasta que se alcanza la falla.



Figura 8: Ensayo de torque in situ

B) Métodos No Destructivos:

i) Método de auscultación mediante martillo de impacto:

También conocido como método del martillo, simplemente consiste en golpear la superficie con un martillo común y dependiendo del sonido se discrimina cuál es la calidad de la unión entre capas.

Las capas sin unión responden con un sonido más hueco que aquellas que poseen una adecuada adherencia entre sí, ante el impacto del martillo. Si bien esto es muy sencillo, se necesita de muchos inspectores para poder cubrir grandes áreas, además la experiencia y criterio de quienes realizan la inspección debe ser la adecuada.



Figura 9: Método impacto acústico

ii) Martillo de impulso:

Este método se basa en la medición y registro de la respuesta dinámica, en dirección vertical, cercana al punto en que se aplica el impulso, para la cual se utilizan acelerómetros.

La hipótesis es que cualquier pérdida de adhesión entre las capas se ve reflejada en la respuesta dinámica.

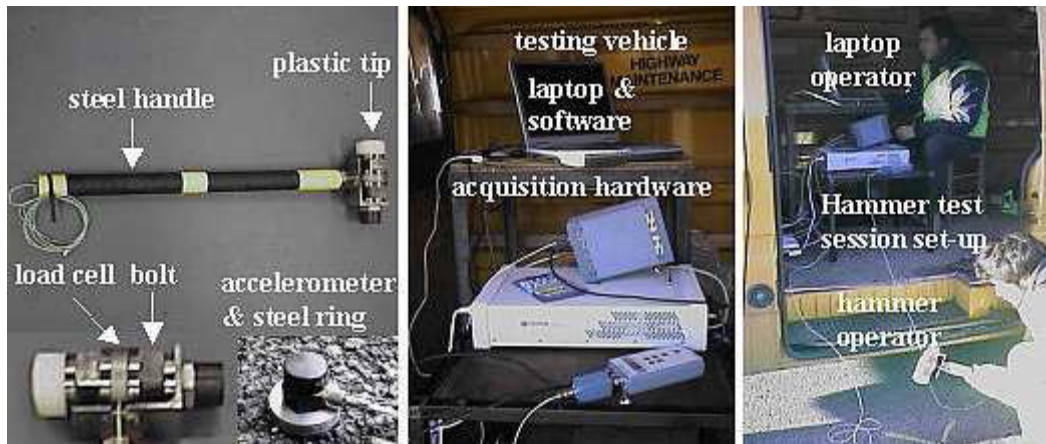


Figura 10: Instrumentación martillo de impulso

iii) Método de termografía infrarrojo:

Este método se basa en la detección de las diferencias en la temperatura superficial entre áreas con diferentes características de adherencia entre las capas. Cuando estas, no están adecuadamente unidas se interrumpe la transferencia de calor entre ellas dado que el aire que se encuentra en la interfaz, actúa como aislante.

El calentamiento o enfriamiento de las capas del pavimento asfáltico depende de la masa (espesor de las capas conectadas) y de la energía térmica almacenada. Dado las características de adherencia entre las capas, variará el valor de la temperatura superficial del pavimento.

- Durante el día: las superficies sin unión entre las capas se encuentran a mayor temperatura superficial.
- Durante la noche las superficies bien ligadas presentan temperaturas superficiales más elevadas.

Este método aprovecha este efecto para registrar mediante una cámara infrarroja, con la cual se toman imágenes del pavimento que se quiere auscultar.

Este método es relativamente eficaz dependiendo de las condiciones climáticas y de la presencia de humedad en la superficie, por lo tanto, no detecta siempre todas las áreas con deficiente característica de adherencia. Además, para observar grandes áreas es necesario tomar imágenes mediante un carro provisto de dispositivos telescópicos para cubrir la zona desde una altura adecuada.

iv) Método de martillo esclerométrico:

Este método está basado en la determinación de la energía absorbida por la estructura del pavimento al impactar la superficie.

Este tipo de martillo es ampliamente utilizado como medidor de la dureza superficial y la homogeneidad en pavimentos de hormigón. Existen varios tipos de martillos para diferentes energías de impacto, de esta manera la elección correcta de la energía de impacto puede hacerlo apto para otras aplicaciones.

El martillo esclerométrico es de un uso sencillo que consiste en realizar un barrido sistemático de puntos donde se aplica los impactos sobre la superficie a analizar siempre bajo una misma energía. Un indicador de la energía cinética de rebote inicial viene dado en una escala incorporada a él.

Se puede, por este método, obtener un indicador de calidad por simple comparación, mientras que para tener una relación más certera se requiere de una calibración que relaciona los valores del índice de rebote con la resistencia al corte de la unión obtenida mediante ensayos de testigos.

Las limitaciones de este método es que se necesitan una calibración previa, ya que la respuesta al impacto varía dependiendo las condiciones de la superficie y tipo de material ensayado. En el caso de materiales asfálticos además es fundamental el control de la temperatura ya que las características viscoelásticas de la mezcla asfálticas hacen necesario tener calibraciones para diferentes rangos de temperatura.



Figura 11: Martillo esclerométrico tipo M

vi) Método del deflectómetro de impacto (FWD):

Este método no destructivo está basado en la comparación de los módulos de elasticidad para zonas muestrales del pavimento.

El aparato Falling Weight Deflectometer (FWD) es como su nombre lo indica, un instrumento capaz de aplicar cargas dinámicas sobre la superficie del pavimento con una magnitud y duración similar a la de una rueda de vehículo pesado en movimiento. La energía de impacto de la caída es transmitida a la estructura del pavimento y la respuesta a este impacto es la deflexión que se experimenta la superficie. Esta es registrada por una serie de sensores ubicados a distancias específicas del punto de impacto. Luego mediante un método de retroanálisis se pueden obtener los parámetros de rigidez del pavimento.

Estos parámetros estructurales del pavimento son utilizados para la evaluación de la calidad estructural del pavimento y estimación de su vida útil. Además, se utiliza en proyectos de rehabilitación, investigación y detección de fallas.



Figura 12: Mediciones con el deflectómetro de impacto (FWD)

Dentro de los métodos no destructivos se analizará en más detalle el uso del deflectómetro de impacto para detectar zonas con problemas de adherencia entre las capas asfálticas, describiendo a continuación antecedentes previos donde se utiliza esta metodología y una descripción en detalle de este instrumento.

2.5 Antecedentes sobre uso de deflectómetro de impacto para la detección de zonas con problemas de adherencia entre las capas:

Se tiene como antecedente un estudio sobre aplicación del FWD para la cuantificación del nivel de adherencia alcanzado por pavimentos asfálticos multicapas, el cual corresponde a un trabajo de tesis de magíster de Stephen M. Gomba de la Universidad Rowan.

El estudio se realizó en una pista de prueba en el aeropuerto de la administración federal de la aviación (FAA) situado en Atlantic City, New Yérsey, USA en el año 2004.

La pista de prueba presentaría en algunas secciones problemas de adherencia. Para lo cual, se realizaron mediciones mensuales a distintas cargas nominales, durante 12 meses aproximadamente.

Los datos obtenidos con FWD permitieron calcular los módulos de rigidez. Estos según la hipótesis del estudio se utilizaron como parámetro para determinar zonas con diferente calidad de unión de las capas asfáltica.

Dentro de las conclusiones de este estudio se tiene:

- Los módulos de las capas superficiales se pueden utilizar para detectar zonas con carencia de adherencia entre las capas del pavimento.
- Las zonas con adecuado enlace entre las capas presentan estadísticamente mayores valores de módulo de elasticidad que las zonas con uniones defectuosas.
- Independiente del rango de carga y temperatura se mantiene esta diferencia entre zonas con diferentes característica de adherencia entre las capas.
- Al estar cargado el pavimento, esta diferencia disminuye debido al deterioro estructural, por lo cual surge la necesidad de identificar en forma temprana los problemas de enlaces de las capas intermedias, para que no se produzcan deterioros estructurales.

2.6 Deflectómetro de Impacto:

a) Características del campo de aplicación del deflectómetro de impacto (FWD).

Uno de los equipos más modernos utilizados para la evaluación estructural del pavimento es el FWD, el cual permite obtener el cuenco de deflexiones que se produce en la superficie de la estructura del pavimento al aplicar una carga dinámica controlada sobre éste.

Las superficies donde se mide las deflexiones pueden ser:

- Pavimentos Flexibles, rígidos o compuestos (recapados).
- Capas Granulares.
- Suelos de Fundación.

Estas mediciones se utilizan para diferentes niveles de evaluación:

- Reconocimiento general de la estructura.
- Reconocimiento rutinario durante la construcción.
- Rehabilitación y reparación del pavimento.
- Análisis específico de la estructura.
- Controles receptivos.

La información obtenida de este ensayo posee variados usos como:

- Evaluar la capacidad estructural del pavimento.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación o subrasante.
- Estimar la capacidad estructural y propiedades de los materiales de cada capa en forma individual.
- Capacidad de transferencia de carga entre losas de pavimentos rígidos o compuestos.
- Detección de vacíos bajo losas de hormigón.
- Determinación en forma estadística de secciones con diferentes comportamientos.
- Controles durante etapas de construcción.
- Fines receptivos.

b) Ensayo de deflexión:

El ensayo de deflexión es no destructivo y se realiza sobre la superficie de una estructura a auscultar, la cual, es sometida al impacto de una masa en caída libre con diferentes alturas predeterminadas, registrando las deformaciones elásticas, mediante una serie de sensores.

El conjunto de deflexiones que reflejan las deformaciones de la superficie describe al llamado cuenco de deflexiones. Además de estas deformaciones, se registran durante el ensayo la carga aplicada y las temperaturas del ambiente y del pavimento, estas variables acompañadas de otras, se utilizan posteriormente para el retroanálisis.

El retroanálisis es el procedimiento donde se ajustan las deflexiones teóricas obtenidas a partir de un modelo de pavimento multicapas, con las deflexiones medidas por el deflectómetro, para determinar el modulo elástico de las capas y del suelo de fundación.

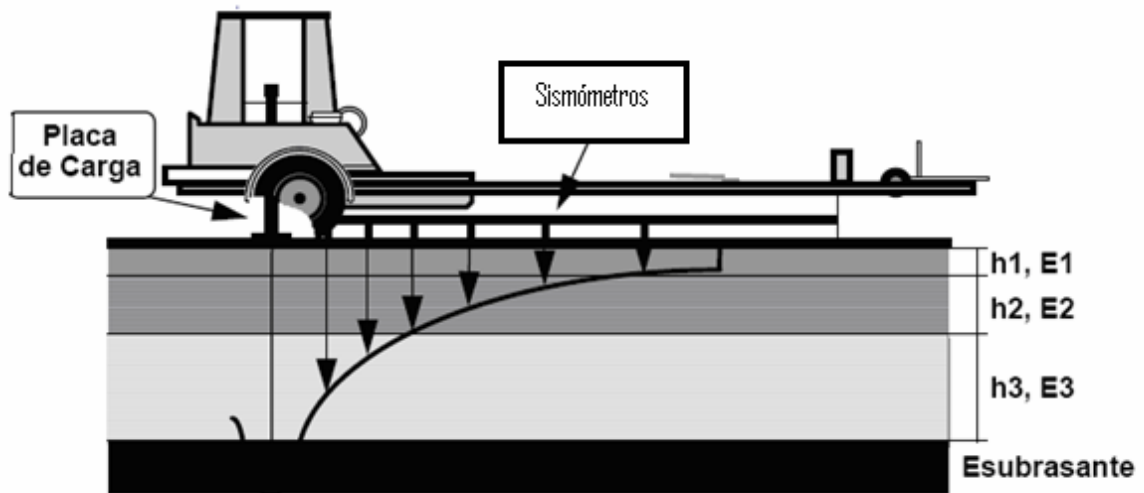


Figura 13: Deflectómetro de impacto

Los pasos del ensayo son:

1. El ensayo simula el pulso de una carga, de tráfico a través de una masa que se deja caer en caída libre, el impacto es transmitido a través de un plato sobre la superficie auscultada.
2. En reposo se ubica el equipo y sobre la superficie se ubica el plato de carga y el conjunto de sensores.
3. Se levanta la masa a alturas predeterminadas y se deja caer para posteriormente registrar las deflexiones del pavimento, mediante una serie de sensores, los cuales deben ser capaz de diferenciar el reposo inicial y la máxima deflexión.
4. El registro de las deflexiones máximas será en micrómetros (μm).
5. La fuerza máxima aplicada por la masa en el impacto es registrado en KN.
6. Se registran el valor de la temperatura, acompañado del valor de la fuerza máxima. Se utilizan para normalizar las deflexiones en 20°C y a 50 KN.

c) Componentes del deflectómetro:

i) **Equipo de carga** el cual está encargado de provocar un impacto, al dejar caer desde cierta altura una masa sobre un plato de carga de diámetro conocido, el cual, está en total contacto con la superficie del pavimento.

Este sistema está formado por las siguientes partes:

- Sistema que genera la carga de impacto: el cual levanta la masa a diferentes alturas predeterminadas.
- Sistema guía: el cual busca asegurar la caída perpendicular de la masa y que este opere a la mínima fricción.
- Plato de carga: El cual debe ser capaz de distribuir uniformemente la carga en la superficie de la estructura a auscultar. Estos platos son de forma circular de 300 o 450 mm de diámetro.

ii) **Equipo de medición:** este tiene la función de medir deflexiones a diferentes distancias del plato de carga y la magnitud de la carga aplicada, para esto consta de los siguientes instrumentos:

- Sensores de deflexión: estos deben ser capaces de medir la deflexión vertical máxima del pavimento. El número y espaciamento de estos dependen del ensayo a usar y de las características de las capas del pavimento.
- Dispositivo medidor de carga: este se ubica bajo el plato de carga de tal forma que no interfiera en las mediciones.

iii) **Equipo computacional:** este tiene la función de recolectar, procesar y transmitir la información obtenida por el equipo de medición. Posteriormente, son almacenados todos los datos recolectados, además de la información necesaria para el proyecto.

En la siguiente figura se muestra partes del deflectómetro:



Figura 14: Partes del deflectómetro a) sistema generador de carga, b) sensores deflexión

2.7 Retroanálisis en pavimentos asfálticos.

a) Introducción:

El retroanálisis es una metodología de cálculo que permite estimar los parámetros de rigidez de las capas que forman un pavimento, a partir de las deflexiones de la estructura. Estos parámetros son los módulos de las capas que componen la estructura del pavimento, más el módulo Resiliente (M_r) del suelo de la subrasante, parámetros de gran importancia en la metodología de diseño AASHTO. Con la información y caracterización de las capas, se puede realizar estudios tendientes a cuantificar o determinar tensiones y deformaciones en la estructura (estudios mecanicistas), que permitan posteriormente proponer un plan de mejoramiento y mantenimiento de la vía.

Se debe tener presente que existen innumerables programas que realizan el proceso señalado anteriormente, los cuales presentan variaciones en sus resultados producto de las hipótesis que se basan o de los algoritmos que poseen internamente, para converger a una solución razonable y acorde a lo esperado. Sin embargo esta variación, según estudios realizados, no es considerable y por ende para efectos prácticos la utilización de cualquiera de estos programas entrega resultados confiables.

b) Información general requerida en el retroanálisis

Independiente del programa o método a utilizar, se debe tener una información básica para realizar el retroanálisis. En primer lugar, se requiere información de terreno, la cual consiste en: cuenco de deflexiones, espesores de las capas, carga aplicada y radio del plato ocupado en el ensayo. Además de lo anterior, se debe estimar los coeficientes de Poisson de las capa (no provoca gran error estimarlos).

c) Limitaciones de las técnicas del retroanálisis.

Las técnicas de retroanálisis poseen limitaciones bien conocidas, las cuales son:

- La dificultad de obtener mediante el retroanálisis el Modulo Elástico de capas con espesores muy delgados, básicamente por la insensibilidad del cuenco de deflexiones a esta capa.
- Estos procedimientos solo entregan un promedio del Modulo Elástico de la capa, es decir suponen que el material es homogéneo, lo cual en la realidad no sucede.
- Este tipo de técnica utiliza modelos estáticos para el retroanálisis, sin embargo, los métodos para obtener el cuenco en terreno son dinámicos, por lo que se debe tener presente su influencia en las mediciones.

d) Métodos existentes de retroanálisis en pavimentos flexible:

Para pavimentos flexibles existen diversas metodologías que permiten encontrar los módulos de las capas. A continuación se explican algunas de ellas:

i) Regresión de Ecuaciones:

Una de las primeras herramientas de cálculo utilizadas es la regresión de ecuaciones que permiten obtener los módulos de las capas sin necesidad de realizarse retroanálisis. Estas ecuaciones fueron generadas a través del ELSYM5 (programa Multicapa basado en la teoría elástica) producto de una base de datos (1620). Los resultados son los siguientes para un sistema de tres capas (Subrasante-Base granular- Capa Asfáltica):

Modulo de Subrasante:

$$E_s = -530 + 0.00877(P / D_3)$$

$$E_s = -111 + 0.00577(P / D_4)$$

$$E_s = -346 + 0.00676(2P / (D_3 + D_4))$$

Modulo Capa Asfáltica:

$$\log_{10} E_{CA} = -4.13464 + 0.25726(5.9 / h_{CA}) + 0.92874\sqrt{5.9 / h_b} - 0.69727\sqrt{h_{CA} / h_b} \\ - 0.96687 \text{Log}_{10} E_s + 1.88298 \text{Log}_{10} (P A_1 / D_0^2)$$

Modulo Base granular:

$$\log_{10} E_B = 0.50634 + 0.03474(5.9 / h_{CA}) + 0.12541\sqrt{5.9 / h_b} - 0.09416\sqrt{h_{CA} / h_b} \\ + 0.51386 \text{Log}_{10} E_s + 0.25424 \text{Log}_{10} (P A_1 / D_0^2)$$

Donde:

P: Carga Estática Aplicada (lb) sobre un plato de radio igual a 300 mm.

h_{CA} : Espesor Capa Asfalto (in).

h_B : Espesor de Base Granular (in).

E_{CA} : Modulo Elástico Capa Asfalto (psi).

E_B : Modulo Elástico Base Granular (psi).

E_s : Modulo Elástico Subrasante (psi).

D_i : Deflexión a una distancia i (in) desde el centro del plato de carga.

A_1 : Factor área aproximada = $4 D_0 + 6 D_{0.67} + 8 D_1 + 12 D_2 + 6 D_3$

ii) Método propuesto por AASHTO 93:

La guía AASHTO93, propone un método de retroanálisis iterativo, que en la actualidad es muy usado en Chile. Básicamente, permite encontrar el módulo elástico del suelo de fundación o subrasante y el modulo elástico compuesto de las capas de la estructura del pavimento, en otras palabras, simula la estructura como un sistema de dos capas.

Inicialmente se debe encontrar la distancia mínima para la cual el M_r se independiza de la estructura superior en cuanto a deformaciones. Se ha observado que las deflexiones medidas por sensores cercanos al plato proporcionan información de todas las capas bajo la influencia de la sollicitación, sin embargo deflexiones alejadas del plato de carga, no poseen efecto de la estructura de la rigidez de la subrasante.

Para estimar la distancia mínima se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

$$r > 0.7 \times a_e$$

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt[3]{\frac{E_p}{Mr}} \right)^2}$$

Para calcular el modulo Elástico del pavimento y el Modulo Resiliente de la subrasante se deben utilizar las siguientes relaciones:

$$d_o = 1.5pa \left(\frac{1}{Mr \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt[3]{\frac{E_p}{Mr}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right)$$

$$M_r = \frac{(1 - \mu^2)P}{\pi d_r r_d}$$

Donde:

a_e : Radio de bulbo de presiones en la interfaz subrasante-pavimento (in).

a: radio del plato de carga (in).

D: Espesor total del pavimento sobre subrasante (in).

E_p : Modulo Elástico compuesto de las capas del pavimento sobre subrasante (psi).

M_r : Modulo Resiliente de subrasante (psi).

d_o : Deflexión máxima bajo el plato de carga corregida por temperatura (in).

P: presión del plato de carga (psi).

d_r : Deflexión a una distancia r_d del punto de aplicación de la carga (in).

r_d : Distancia desde el centro del plato de carga al punto de medida de la deflexión (in).

Previamente se debe corregir d_o por temperatura debido a que la rigidez del asfalto cambia significativamente con esta, la deflexión se normaliza a 20° C en función del espesor de la mezcla asfáltica y la temperatura de terreno. En detalle esta metodología se encuentra en la guía AASTHO 93.

El Numero Estructural Efectivo del pavimento se obtiene de la siguiente ecuación:

$$NEe = 0,02364 * D^3 \sqrt{E_p}$$

El siguiente diagrama de flujo muestra el procedimiento de cálculo indicado anteriormente.

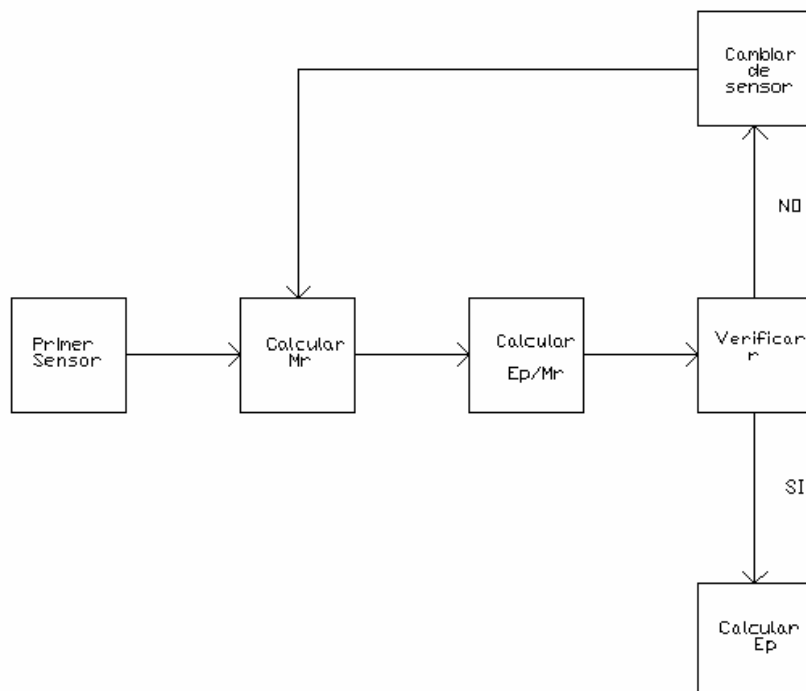


Figura 15: Diagrama de flujo del método AASTHO 93

iii) Programas de retroanálisis:

Estos programas permiten calcular los módulos elásticos de cada capa que compone un pavimento, comparando o igualando iterativamente, los cuencos obtenidos en terreno con los estimados internamente por el programa en forma teórica.

Un diagrama típico de este procedimiento de indica a continuación:

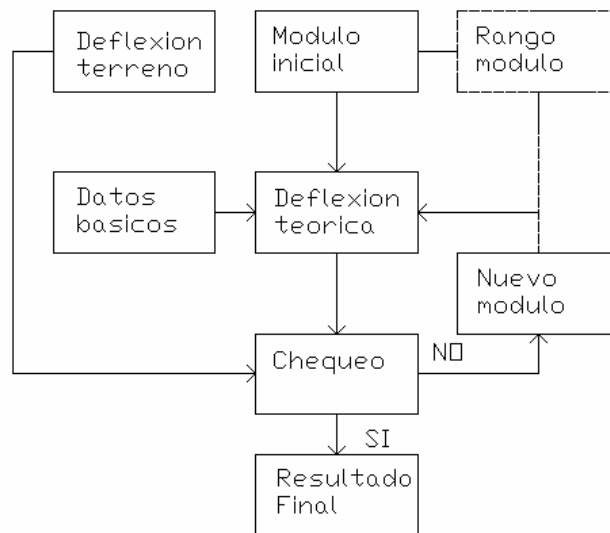


Figura 16: Procedimiento típico de programas de Retroanálisis

- Deflexión de terreno: Se refiere a la medición del cuenco deflexión en terreno con algún instrumento no destructivo, por ejemplo FWD.
- Datos Básicos: Información del proyecto necesaria para el retroanálisis como espesores de las capas, carga aplicada, entre otros.
- Módulo Inicial: Valor inicial de los módulos del sistema de las capas del pavimento, que se utilizan para iniciar la iteración.
- Deflexión Teórica: Se refiere a la deflexión obtenida por algún modelo multicapa utilizado por el programa de retroanálisis, como por ejemplo: BISAR, ELSYM5, WESLEA, etc. del sistema de capas de un pavimento con los valores teóricos de los módulos introducidos en el programa.
- Chequeo: Compara los cuencos. Para su realización cada programa tiene su propio procedimiento para actuar (Promedio de Diferencias Relativas Absolutas, Raíz Cuadrada, etc.).
- Nuevo Módulo: Si el chequeo es negativo, se debe buscar un nuevo módulo para converger a la solución (igualdad de deflexiones).
- Rango del Módulo: En ciertos programas de retroanálisis, se elige un rango de valores de E (Módulo Elástico de la capa), con el propósito de disminuir los tiempos de convergencia, además permite tener módulos razonables.

3- DESARROLLO DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL:

3.1- Introducción:

La etapa experimental de este estudio se puede separar en dos fases: la primera, corresponde a la construcción de pistas de prueba bajo condiciones controladas, donde se materializan las diferentes condiciones de adherencia entre las dos capas asfálticas, obteniéndose los siguientes casos a estudiar.

- Con correcta aplicación riego liga.
- Con riego liga contaminado por pumacita.
- Sin riego liga.

Las dos pistas de prueba del proyecto están constituidas por dos carpetas asfálticas con las condiciones de adherencia indicadas anteriormente. Las capas asfálticas de una de las pistas están sobre una capa existente de hormigón compactado por rodillo (HCR) y las otras directamente sobre una capa granular que fue colocada en el proceso de construcción de las pistas. Por simplificación llamaremos a estas pistas, pista prueba sobre Hormigón y pista prueba sobre base granular, respectivamente.

En la pista sobre hormigón, a su vez variará el espesor de la carpeta superficial obteniéndose dos espesores de esta.

En resumen, se tendrán como variables de estudio en las pista de prueba a los siguientes puntos:

- Configuración de capas (Sobre Hormigón [H], Sobre Base Granular [B]).
- Características de adherencia de las capas asfálticas (Sin Riego Liga [SRL], Riego Liga Limpio [RLL] y Riego Liga Contaminado [RLC]).
- En la pista sobre Hormigón dos espesores de la capa asfáltica superficial o de rodadura son 8 y 5 centímetros.

En la segunda etapa, se plantea el esquema de mediciones con los deflectómetros de impacto utilizados en esta investigación y las mediciones realizadas mediante la metodología del FWD (tanto el facilitado por el Laboratorio Nacional de Vialidad y la empresa GAUSS S.A).

3.2- Construcción de pistas de prueba

a) Terreno de construcción de pista de prueba:

Las pistas de pruebas de este estudio fueron construidas en terrenos del IDIEM ubicados en Salomón Sack 840, comuna de Cerrillos, Santiago de Chile.

En el terreno existía una pista de Hormigón Compactado por Rodillo, construida para la evaluación de un trabajo de investigación, realizado aproximadamente 15 años atrás.

Dado la presencia de esta pista se decidió aprovechar y construir sobre ella, dos capas asfálticas con distintas características de adherencia (Pista sobre Hormigón). Esta superficie previamente debió ser limpiada y preparada para la construcción de las capas asfálticas, en la siguiente figura se muestran las imágenes de cómo se encontraba esta pista antes de la construcción.



Figura 17: Pista existente de Hormigón Compactado por Rodillo

Además, se decidió construir una pista de prueba, donde las capas asfálticas estén directamente sobre una capa de base granular para simular de mejor forma el comportamiento típico de los pavimentos asfálticos.

Para esto, se realizó una serie de calicatas con el fin de detectar la zona más adecuada y viable donde se construirá la pista, tomando en cuenta el suelo de fundación, profundidad de este, espesor de capa vegetal a retirar, entre otras.

La ubicación de esta pista corresponde a una zona que se encuentra a un costado de la pista de hormigón existente (HCR), un tramo de 25 metros de largo y 6,5 metros de ancho, en la siguiente figura se muestra esta zona antes de realizar el proceso de construcción de las pistas.



Figura 18: Zona a construir pista sobre base granular

Para poder realizar la construcción de esta pista se realizó una limpieza total del terreno para facilitar el movimiento de maquinaria.

b) Diseño de pista de prueba

i) Pista de Prueba sobre Hormigón:

La pista existente de hormigón compactada por rodillo (HCR), consiste en una capa de espesor de 22 centímetros, sobre una base granular de 15 centímetros, los datos de esta pista son indicados en el anexo A.

Sobre la pista existente se colocaron dos carpetas asfálticas de características semejantes, dado que se busca simular el problema de adherencia de las capas que presentó el pavimento del aeropuerto internacional de Santiago, Arturo Merino Benítez.

La mezcla asfáltica seleccionada cumple con las siguientes características:

- Ser empleada habitualmente y corresponde a mezclas típicas del Manual de Carretera
- Cumplir especificaciones técnicas para un pavimento de tránsito pesado.

Las mezclas fueron diseñadas y colocadas por la empresa Pavimentos QUILIN, y corresponden a una mezcla IV-20 de tránsito pesado, con asfalto CA24 y un contenido de 5,5 % de CA, con densidad Marshall del orden de 2300 Kg/m^3 , los datos de la mezcla son indicados en el anexo B.

Estas carpetas son de 60 metros de largo y 3 metros de ancho, la capa subyacente o intermedia es de espesor uniforme de 7 centímetros, y sobre esta, la capa superficial o de rodadura posee un espesor variable, en la cual el primer tramo de 30 metros de largo posee un espesor de 8 cm, y en el segundo tramo un espesor de 5 cm.

El espesor variable de la capa de rodadura en esta pista, tiene como sentido analizar la influencia de este, en los métodos no destructivos analizados, para la detección de la zona con distintas características de adherencia entre las capas asfálticas.

En la figura 19 se establece la distinta configuración de espesor de las capas.

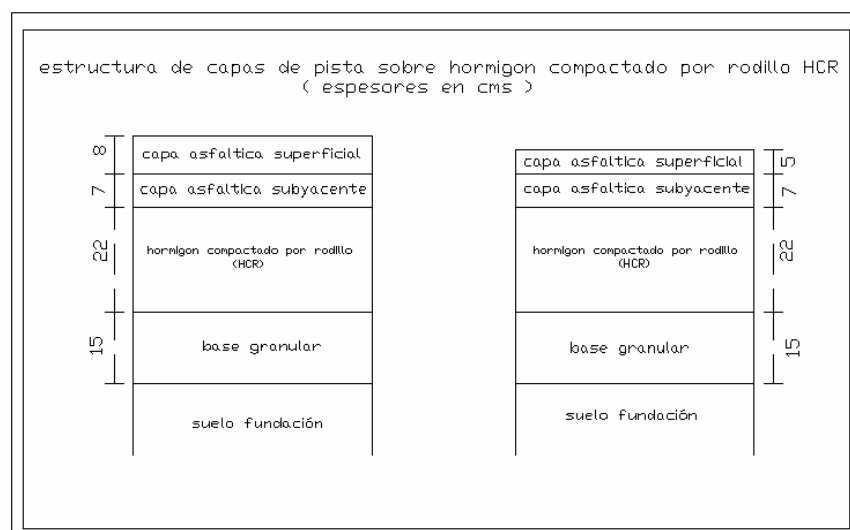


Figura 19: Estructura de capas de la pista sobre hormigón compactado por rodillo:

En esta pista (HCR) se materializó dos sub-tramos con diferentes espesores, como se indicó anteriormente, cada uno de estos sub-tramos se dividen en tres secciones de 10 metros cada una con diferente característica de unión en la interfaz de las capas.

En la figura 20 se muestra el esquema de los tramos, de la pista de hormigón

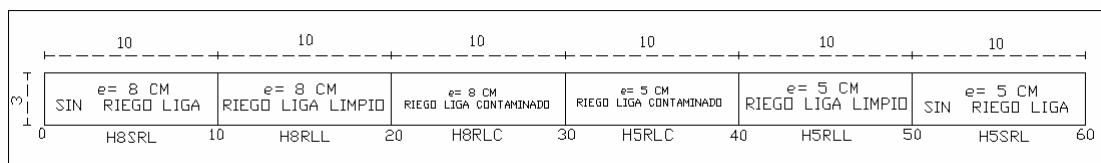


Figura 20: Esquema de tramos de pista prueba sobre hormigón

Por lo tanto, los tramos a analizar en esta pista son 6, los cuales corresponden a los siguientes

- H8RLC: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 8 centímetros y riego liga contaminado.
- H8RLL: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 8 centímetros y riego liga limpio.
- H8SRL: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 8 centímetros y sin riego liga.
- H5RLC: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 5 centímetros y riego liga contaminado.
- H5RLL: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 5 centímetros y riego liga limpio.
- H5SRL: tramo sobre la pista sobre hormigón, de espesor de la capa superficial o rodadura de 5 centímetros y sin riego liga.

El tipo de riego de liga a utilizar debe cumplir con los siguientes requerimientos

- Ser utilizado frecuentemente y estar conforme a las especificaciones del Manual de Carretera.
- Otorgar una buena unión entre las capas, para el tipo de mezcla elegida.

El tipo de riego seleccionado corresponde a una emulsión de tipo CSS-1h, para su aplicación esta es diluida en razón 1:1, para una tasa de aplicación de $0,7 \text{ l/m}^2$ para obtener un residuo entre $200 \text{ y } 250 \text{ g/m}^2$.

La contaminación del riego de liga consistió en incorporar a la superficie tratada un fino limoso SM (pumacita) y muy liviana. Esta contaminación es similar a la observada en el caso del proyecto de la segunda pista del Aeropuerto Internacional de Santiago.

ii) Pista de Prueba sobre Base Granular:

La otra pista del proyecto corresponde a un tramo de 15 metros de largo construido sobre una base granular de 22 cm. de espesor. Sobre esta base, se construyó la carpeta asfáltica en dos capas de características semejantes, las cuales fueron diseñadas y colocadas por Pavimentos QUILIN y corresponden a la misma mezcla IV-20 de tránsito pesado, colocada en la pista sobre hormigón.

Esta pista posee una capa inferior de 7 centímetros de espesor y una capa superficial o de rodadura de 5 centímetros. En la figura 21 se muestra la estructura de la carpeta asfáltica sobre base granular.

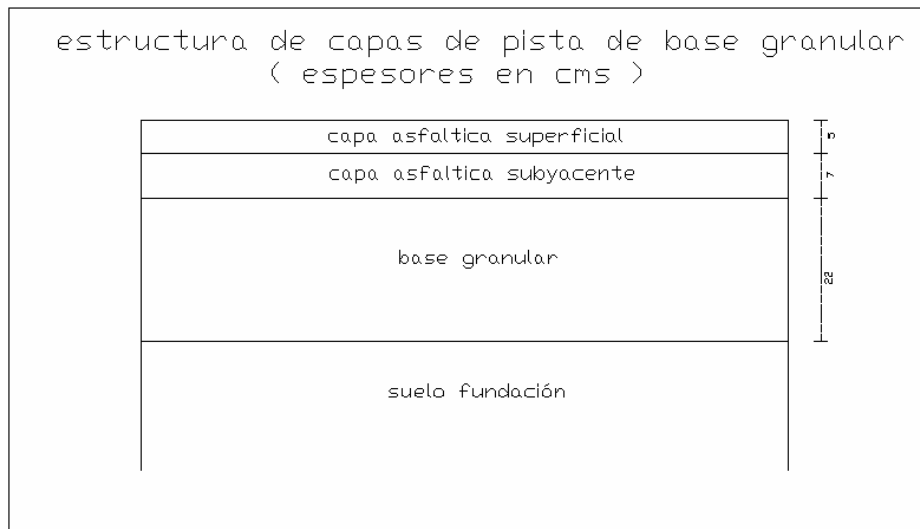


Figura 21: Estructura de capas de la pista sobre base granular:

Esta pista es de 15 metros de largo, y fue dividida en sub-tramos de 5 metros con distinta característica de unión en la interfaz: riego liga contaminado, riego liga limpio y sin riego de liga, la característica del riego de liga y el tipo de contaminación es la misma que en la pista anterior

En la figura 22 se muestra el esquema de los tramos, de la pista sobre base granular.

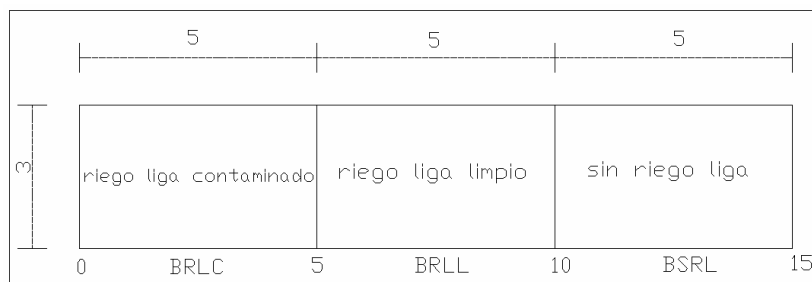


Figura 22: Esquema de tramos de pista prueba sobre base granular

Por lo tanto, los tramos a analizar en esta pista son 3 tramos los cuales corresponden

- BRLC: tramo de la pista sobre base granular con riego liga contaminado.
- BRLL: tramo de la pista sobre base granular con riego liga limpio.
- BSRL: tramo de la pista sobre base granular sin riego liga.

c) Colocación de la base granular:

Para la construcción de la pista sobre base granular se excavó aproximadamente, 4 metros de ancho, 20 metros de largo y a una profundidad entorno a los 70 centímetros, hasta alcanzar el nivel del estrato de arena limosa endurecida, con la respectiva pendiente para permitir el movimiento de maquinaria y evacuación de agua lluvia. Posteriormente, se colocó una grava arcillo-limosa (GC-GM) como material de base, este proceso se realizó entre los días 8 y 9 de Agosto del 2008.

En la figura 23 se muestra este proceso de excavación:



Figura 23: Excavación de capa vegetal para construcción de pista sobre base granular

Luego de realizada la excavación, se realizaron las mediciones de la densidad del suelo de fundación, acompañadas del análisis del material del suelo de fundación por el laboratorio de geotecnia del IDIEM. Este informe, además de las densidades, son entregados en el anexo c.

Se continuó con la colocación del material para la base granular, realizado por la misma retro-excavadora que se utilizó para la excavación. La cantidad de material a colocar es de 24 m^3 aproximadamente.

La colocación se realizó en dos capas.

- La primera capa es de un espesor de 16 cm, la que al ser compactada, se obtuvo una capa de 10 cm aproximadamente.
- La segunda capa luego de ser compactada se obtuvo un espesor de la base total de 22 cm aproximadamente.

En las siguientes figuras se muestra la colocación y compactación del material de base granular.



Figura 24: Colocación de material para base granular



Figura 25: Compactación de 2° capa granular

Tras la colocación de cada capa de material de base granular fue compactado por una placa vibratoria de 500 Kg. El control de compactación fue realizado mediante ensayos de densidad cuyos resultados se entregan en el anexo C.



Figura 26: Base granular colocada

El espesor total alcanzado por la capa granular es de 22 cm y una densidad *in situ* de 95,8 % del Proctor Modificado.

d) Imprimación de base granular:

La imprimación sobre la pista granular se realizó el día 12 de septiembre del 2008. La imprimación recomendada es un asfalto cortado del tipo MC-30 a una tasa de aplicación de 1 l/m^2 . Los datos correspondientes al control de la imprimación se entregan en el anexo D.

El camión de imprimación de Pavimentos QUILIN realizó la imprimación en la pista de prueba de base granular del proyecto Cerrillos, como se muestra en la figura 27.



Figura 27: Imprimación de base granular

Del control de la dosis de imprimación se tiene que la tasa de aplicación medida fue de $1,4 \text{ l/m}^2$.

e) Riego Liga sobre la superficie de Hormigón Compactada por Rodillo.

La aplicación del riego de liga sobre la superficie de Hormigón Compactado por Rodillo de 60 metros de longitud, se realizó el día 17 de Septiembre del 2008, con el respectivo control de dosis, indicado en el anexo D.

Este riego de liga, corresponde a una emulsión tipo CSS-1h diluida en agua a razón 1:2. El camión de imprimación de Pavimentos QUILIN realizó la aplicación del riego de liga en esta pista, como se muestra en la figura 28.



Figura 28: Aplicación riego liga sobre superficie HCR

Del control de la dosis de riego se tiene que la tasa de aplicación media fue de $0,5 \text{ l/m}^2$.

f) Colocación de primeras capas asfálticas.

El día 17 de Septiembre del 2008 fue colocada la primera capa asfáltica en ambas del estudio.

La colocación de la carpeta fue realizada por Pavimentos QUILIN bajo supervisión de personal la sección de pavimentación del IDIEM. La carpeta con los requerimientos establecidos en el diseño, fue colocada mediante una máquina pavimentadora, para posteriormente, ser compactada por rodillos liso-vibratorio y neumático, realizando pasadas suficientes para obtener una densidad superior al 95 % de la densidad Marshall de diseño (2323 Kg/m^3).

Los datos del control de la mezcla colocada, acompañado de las temperaturas y densidades registradas se entregan en el anexo E.

A continuación se muestra algunas imágenes del proceso de construcción de la primera etapa de las carpetas.



Figura 29: Colocación y compactación de 1ª capa asfáltica en pista sobre hormigón



Figura 30: Colocación y compactación de 1ª capa asfáltica en pista sobre base granular

g) Riego liga entre carpetas asfáltica

La aplicación del riego de liga sobre las carpetas asfálticas de ambas pistas fue realizada el día 7 de Octubre del 2008. Este corresponde a una emulsión tipo CSS-1h diluido con agua a razón 1:1 y fue aplicado por Pavimentos QUILIN. Las Tasas de aplicación obtenidas en ambas pistas fueron:

- **0,73 l/m² en la pista sobre hormigón.**
- **0,75 l/m² en la pista sobre base granular.**

El residuo de asfalto útil para ambas pista fue de 230 y 240 $\frac{g}{m^2}$ respectivamente, los detalles se encuentran en el anexo D.

En el proceso de aplicación del riego liga, para ambas pistas se materializó zonas libres de este material asfáltico, lo cual tiene la finalidad de analizar la no adherencia entre capas asfálticas. Para esto, la interfáz, entre las zonas con y sin riego, se protegió con una lámina de polietileno al momento de la aplicación de este. En las siguientes figuras se indica este proceso constructivo.



Figura 31: Aplicación de riego liga sobre carpeta asfáltica en la pista sobre hormigón



Figura 32: Aplicación de riego liga sobre carpeta asfáltica en la pista sobre base granular

h) Contaminación de riego liga

Luego aplicado el riego de liga sobre las carpetas asfálticas, se procedió a extender el material fino para producir la contaminación del riego de liga de las zonas establecidas según lo proyectado en este estudio.

Esta operación fue efectuada el día 8 de Octubre, un día después de la aplicación del riego de liga, permitiendo un tiempo suficiente para el quiebre de la emulsión.

Esta contaminación se realizó de manera uniforme, evitando generar zonas con excesos de este material. En las siguientes figuras se muestra esta etapa del proceso.



Figura 33: Contaminación de riego de liga, pista sobre hormigón



Figura 34: Contaminación de riego de liga, pista sobre base granular

i) Colocación de segunda capa:

Para finalizar la construcción de la pista de prueba, se colocó la capa superficial, el día 10 de Octubre del 2008.

De igual forma que la colocación de la 1ª capa, esta fue realizada por Pavimentos QUILIN bajo la supervisión del IDIEM. La carpeta con los requerimientos establecidos en el diseño, fue colocada mediante una maquina pavimentadora, para posteriormente ser compactada por rodillos liso-vibratorio y neumático, realizando las pasadas suficientes para obtener una densidad superior al 95 % de la densidad Marshall de diseño (2323 Kg/m^3)

El control de la mezcla colocada, acompañado de las temperaturas y densidades se indican en el anexo E.

A continuación algunas imágenes con las pistas al termino de la construcción.



Figura 35: Pista prueba terminada sobre hormigón



Figura 36: Pista prueba terminada sobre base granular

3.3- Esquema de mediciones del deflectómetro de impacto:

Estudios realizados (Gomba S 2004), plantean que el módulo de las capas asfáltica, es una variable que puede ser utilizada para identificar zonas con diferentes características de unión entre capas, presentando menores valores de estos parámetros de rigidez, en aquellas zonas con menor adherencia en la unión entre capas.

Para el desarrollo de esta investigación se efectuaron ensayos con FWD, en cada uno de los tramos definidos en ambas pistas de prueba. Tres puntos ubicados en el eje central de esta, es decir a +/- 1,5 metros del borde. En el punto central de cada sección se ensayó además, dos puntos equidistantes a este. Los ensayos se distinguen como sigue:

Pista de hormigón:

- el centro de cada tramo (5 metros del cambio de adherencia).
- un punto a + 2.5 metros del centro de cada tramo según sentido de avance.
- un punto a - 2,5 metros del centro de cada tramo según sentido de avance.

Pista de base granular:

- el centro de cada tramo (2,5 metros del cambio de adherencia).
- un punto a + 1 metros del centro de cada tramo según sentido de avance.
- un punto a - 1 metros del centro de cada tramo según sentido de avance.
-

La ubicación y designación de los puntos a medir, se indica a continuación en las siguientes figuras:

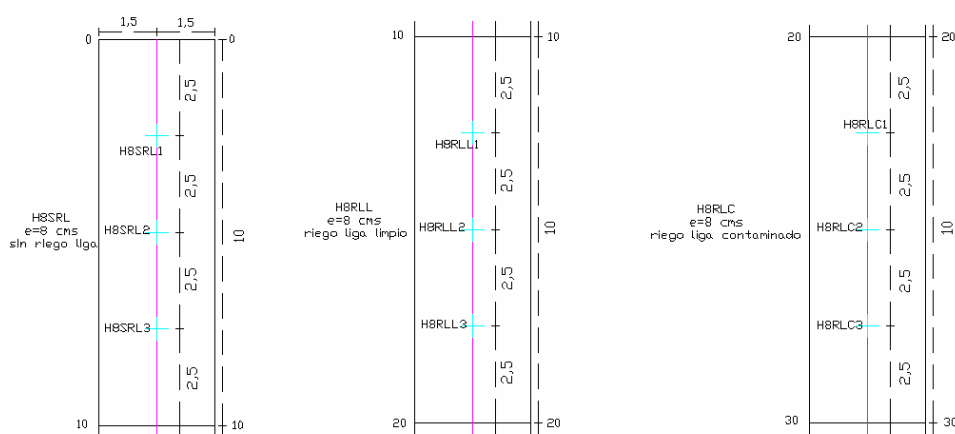


Figura 37: Esquema de puntos a medir en pista sobre hormigón con espesor de 8 cm de la capa superficial o rodadura:

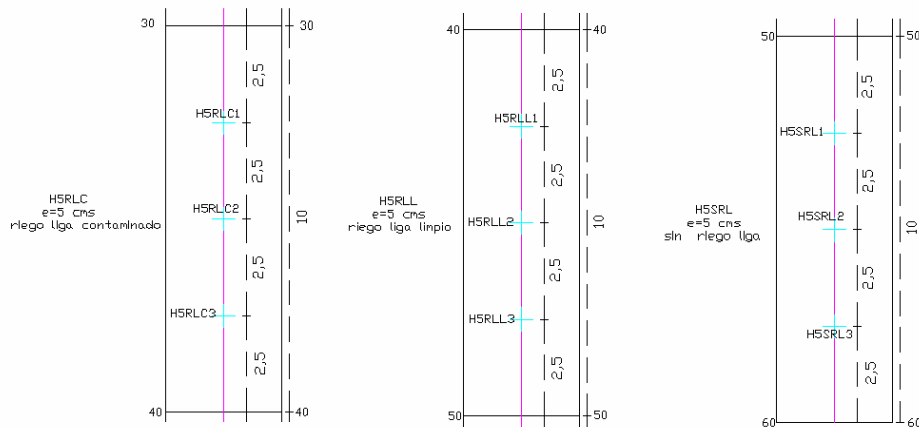


Figura 38: Esquema de puntos a medir en pista sobre hormigón con espesor de 5 cm de la capa superficial o rodadura

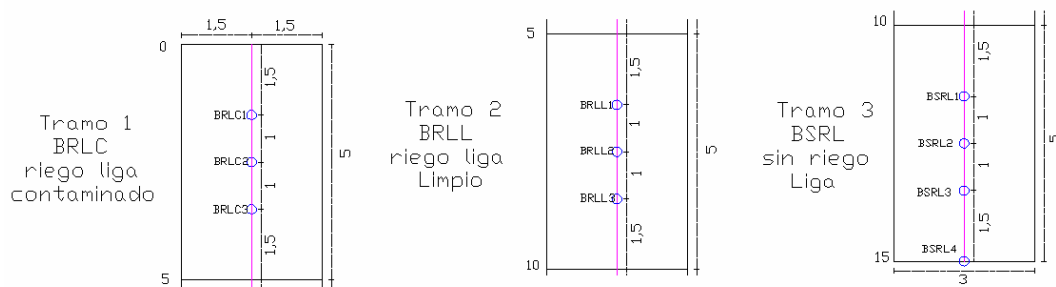


Figura 39: Esquema de puntos a medir en pista sobre base granular

Los puntos medidos inicialmente son 9, en la pista sobre base granular y 18, en la pista sobre hormigón, dando un total de 27 puntos. Cada uno de estos, se midieron con los dos deflectómetros utilizados a distintos rangos de cargas y de temperatura, dependiendo de la disponibilidad de cada uno de estos instrumentos, utilizados en esta investigación.

Por lo tanto, las variables de cada medición son:

- Deflectómetro utilizado ya sea, del Laboratorio Nacional de Vialidad (LNV) o Gauss S.A.
- Carga aplicada.
- Temperatura del ambiente y del pavimento.
- Ubicación del punto de medición en cada tramo por cada tramo
- Característica del tramo

3.4- Mediciones realizadas mediante el deflectómetro de impacto del Laboratorio Nacional de Vialidad.

a) Introducción:

Las mediciones deflectométricas en las pistas de prueba fueron realizadas el día 3 de Febrero del 2009, entre las 9 y 10 AM. El deflectómetro utilizado, corresponde al tipo KUAB 2M FWD, con este instrumento se realizaron las mediciones de los puntos predeterminados en ambas pistas de prueba, utilizando los tres niveles de carga seleccionadas: 30,50 y 75 KN. Para cada medición se registraron las deflexiones del pavimento medidas por los 6 sensores, junto con el registro de los datos de carga, temperatura ambiente y temperatura del pavimento, los datos anteriores son registrados por el personal de vialidad y fueron entregados posteriormente por ellos. Estos valores se indican en el anexo F.

b) Mediciones en pista sobre hormigón:

Las primeras mediciones se realizaron en esta pista y dado la operación del equipo estas se realizaron en sentido opuesto al kilometraje del diseño establecido en el proyecto. Estas mediciones comenzaron en el tramo H5SRL, desde este punto se recorrió toda la pista de prueba, con un total de 18 mediciones, para los tres niveles de carga, las cuales fueron indicadas anteriormente.

El rango de temperatura registrada en este ensayo fue: temperatura ambiente constante de 19 ° C y del pavimento entre 19 ° y 24 ° C.

En las siguientes imágenes se muestra la instalación del equipo del ensayo y las mediciones realizadas.



Figura 39: Mediciones deflectómetro del LNV en pista sobre hormigón



Figura 40: Mediciones deflectómetro del LNV en pista sobre hormigón

c) Mediciones en pista sobre base granular:

Posteriormente a las mediciones sobre las pista de hormigón, se realizaron las mediciones en esta pista, pero a diferencia del caso anterior, el avance de las mediciones coinciden con el kilometraje del diseño. Otro aspecto a considerar en estas mediciones, fue que el último punto establecido en los esquemas de mediciones, el punto BSRL3, no se pudo medir, dado la dificultad de ubicar los sensores en forma correcta, por lo cual se registró un punto provisional denominado BSRL4 a 15 metros del origen.

El rango de temperatura registrada en este ensayo fue una temperatura ambiente de 21 ° a 23 ° C y del pavimento entre 21 ° y 29 ° C.

En las siguientes imágenes se muestran el ensayo realizado en la pista antes mencionada



Figura 41: Mediciones deflectómetro del LNV en pista sobre base granular



Figura 42: Mediciones deflectómetro del LNV en pista sobre base granular

3.5- Mediciones realizadas por el deflectómetro de la Empresa GAUSS S.A.

a) Introducción:

Estas mediciones fueron ejecutadas el día viernes 27 de febrero del 2009, los ensayos se realizaron durante toda la mañana de ese día, de modo de poder analizar el efecto de la temperatura en las mediciones, para esto se ejecutaron mediciones en 4 intervalos, a partir de las 7:00, 8:30, 10:30 y 12:00 horas.

El deflectómetro utilizado corresponde al del tipo KUAB 2M FWD, el mismo de vialidad lo cual permite comparar ambas mediciones. Con este instrumento se realizaron las mediciones de los puntos predeterminados en ambas pistas de prueba, utilizando en cada uno dos cargas seleccionadas: 30 y 50 KN. Para cada medición se registraron las deflexiones del pavimento, medida por los 6 sensores, más los datos del plato de carga, temperaturas ambiente y del pavimento, además del kilometraje, los cuales son registrados por el personal de GAUSS S.A. Estos datos son indicados en el anexo F

b) Mediciones en pista sobre hormigón:

Dado las condiciones de operación del equipo las mediciones se realizaron en sentido opuesto al kilometraje de diseño establecido en el proyecto, de igual forma que las mediciones de vialidad, estas comenzaron en el tramo H5SRL, desde este punto se recorrió toda la pista de prueba con un total de 18 puntos de medición, en cada uno registrando los 2 niveles de cargas, indicadas anteriormente.

En la tabla 1 se muestra el promedio de las temperaturas registrado, en este ensayo para cada tramo:

Tabla Nº 1 Temperaturas promedios en los intervalos de medición sobre pista hormigón:

Pista	tempertura (°C)	
	aire	pavimento
1 -- 7:00	13,9	19,7
2 -- 8:30	18,6	21,6
3 -- 10:30	23,5	31,1
4 -- 12:00	26,6	43,0

En la figura 43 se muestran algunas imágenes sobre las mediciones en esta pista.



Figura 43: Medición con el deflectómetro de GAUSS S.A. en pista sobre hormigón.

c) Mediciones en pista sobre base granular:

Las mediciones en esta pista debido a la operación del equipo, se realizaron en sentido opuesto al kilometraje de diseño establecido en el proyecto, es decir, estas comenzaron en el tramo BSRL, desde este punto se recorrió toda la pista de prueba con un total de 9 puntos y en cada uno, se registran 2 cargas, las cuales fueron indicadas anteriormente.

La última medición, la BRLC3, no se pudo realizar debido a que los sensores no se podían ubicar en forma satisfactoria, obteniendo en total de 8 puntos.

En la siguiente tabla se muestra el promedio de las temperaturas registrado, en este ensayo para cada tramo:

Tabla N° II Temperaturas promedios en los intervalos de medición pista base granular

Pista	tempertura (°C)	
	aire	pavimento
1 -- 7:00	14,7	20,0
2 -- 8:30	18,1	22,7
3 -- 10:30	25,3	35,4
4 -- 12:00	25,1	43,1

En la figura 44 se indican las mediciones en esta pista.



Figura 44: Medición con el deflectómetro de GAUSS S.A. en pista sobre base granular

4- ANALISIS DE DEFLEXIONES:

4.1-Análisis de cuenco deflexiones:

a) Introducción: en este capítulo se analizará el comportamiento de los cuencos de deflexión, obtenidos de las mediciones realizadas en este estudio, tanto para la pista de prueba sobre base granular como sobre hormigón. En los anexos F y G se indican los valores de las deflexiones registrados y los gráficos de los cuencos obtenidos.

A partir de estos valores se realizó un análisis preliminar del comportamiento de los cuencos, sin realizar ningún ajuste de carga y temperatura, agrupando las mediciones por cada intervalo de medición y carga nominal, para posteriormente analizar los valores promedios de estos cuencos, tal que mediante un rápido y fácil procedimiento se pueda apreciar alguna tendencia que permita diferenciar zonas con distintas características de adherencia.

Posteriormente, se estudiara alguna variable que se obtenga del análisis de los cuencos de deflexión, la cual será evaluada para ver la factibilidad de ser utilizada para distinguir zonas con distintas características de adherencia.

b) Comparación de valores promedios de las curvas de deflexión.

Con los valores promedios de los cuencos de deflexión, obtenidos mediante ambos deflectómetros, que se adjunta en el anexo H, obtenido para ambos pistas y para cada tramo con distintas características de adherencia entre capas, se realiza el siguiente análisis, para lo cual la información obtenida se agrupa según:

- Intervalos de medición, definidos según temperatura promedio del pavimento
- Carga nominal aplicada, ya sea 30, 50 o 75 KN.

Según esto se obtiene

1-Pista sobre Base Granular:

i) Mediciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Vialidad

Grafico 1: Deflexiones promedio para carga 30 KN Tprom Pav 24°C

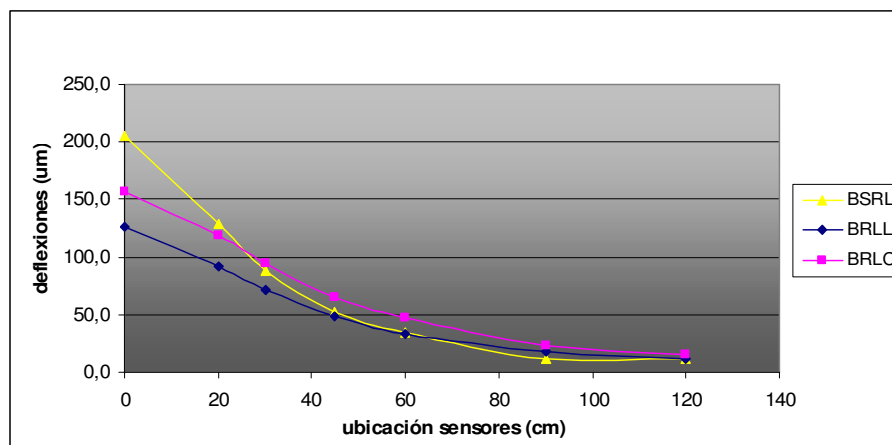


Grafico 2: Deflexiones promedio para carga 50 KN Tprom Pav 24°C

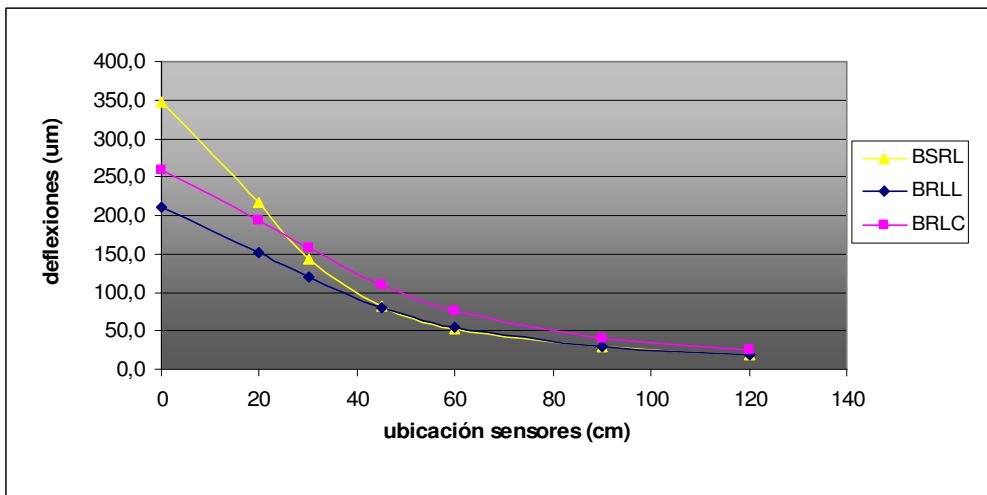
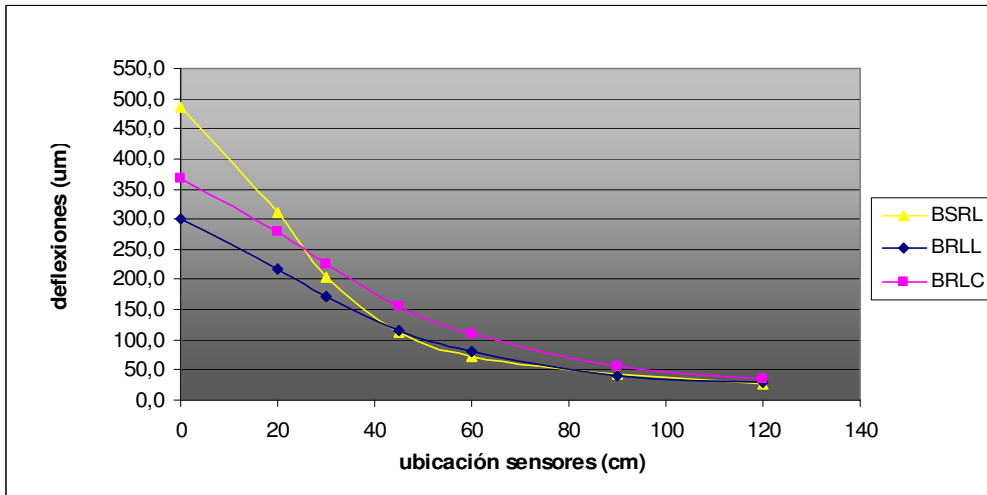


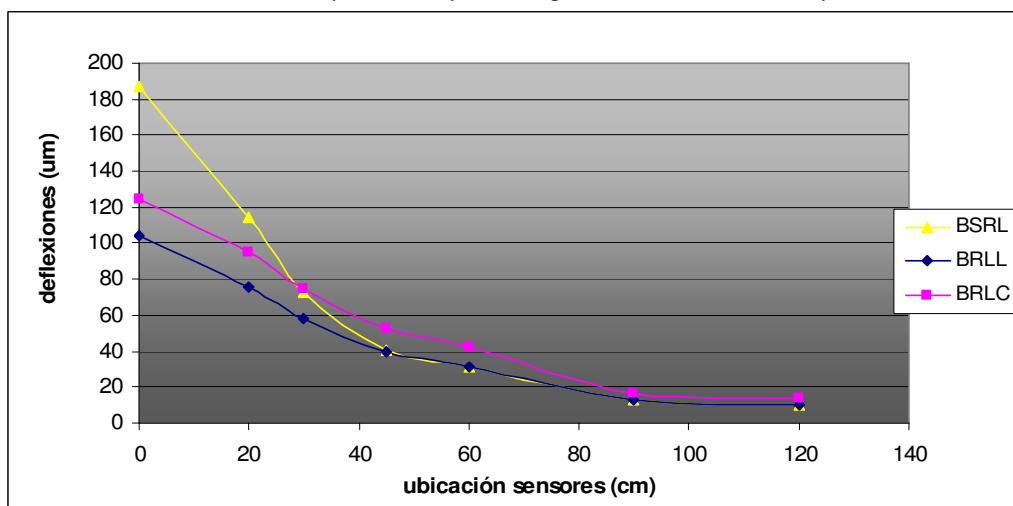
Grafico 3: Deflexiones promedio para carga 75 KN Tprom Pav 24°C



ii) Mediciones realizadas del deflectómetro de GAUSS S.A.

Intervalo 1 T Promedio Pavimento 20°C

Grafico 4: Deflexiones promedio para carga 30 KN, intervalo 1 Tprom Pav 20°C



Intervalo 2 T Promedio Pavimento 22,7°C

Grafico 5: Deflexiones promedio para carga 30 KN, intervalo 2 Tprom Pav 22,7°C

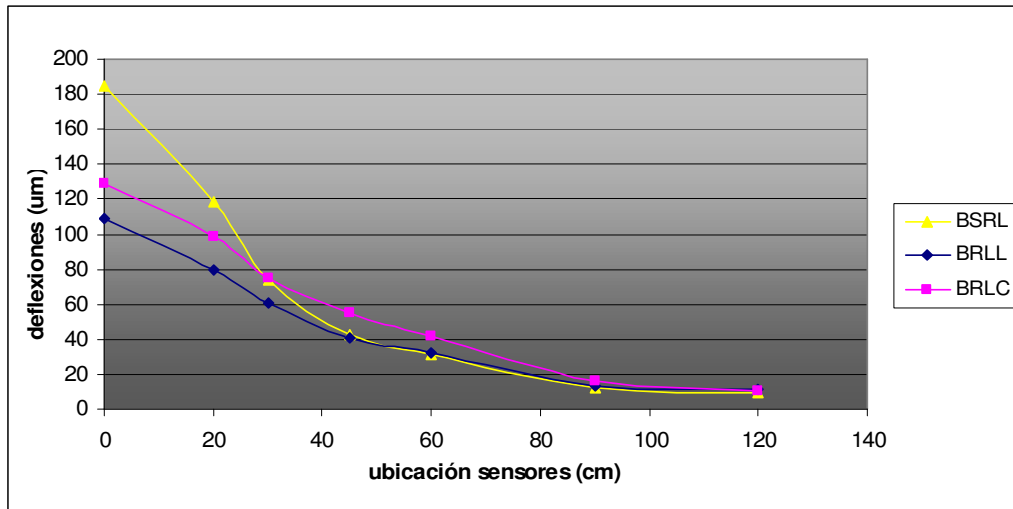
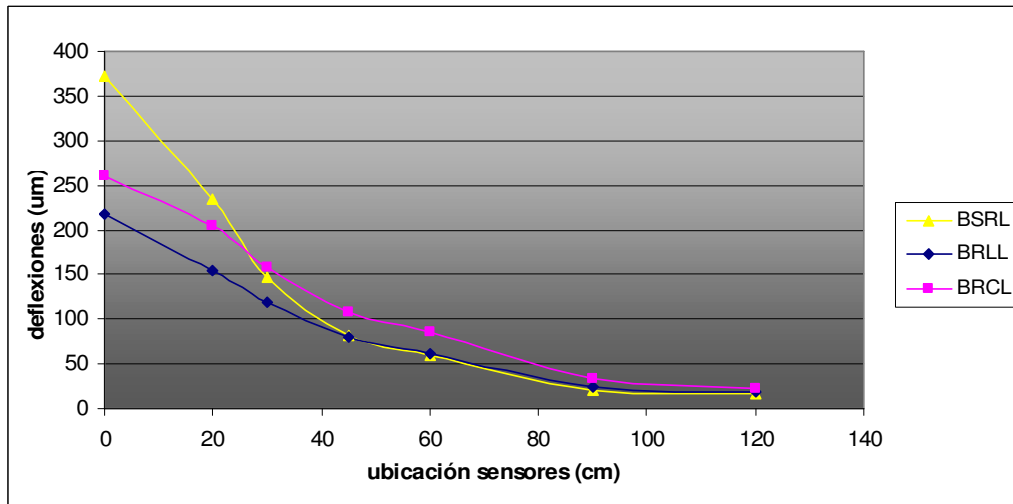


Grafico 6: Deflexiones promedio para carga 50 KN, intervalo 2 Tprom Pav 22,7°C



Intervalo 3 T Promedio Pavimento 35,4°C

Grafico 7: Deflexiones promedio para carga 30 KN, intervalo 3 Tprom Pav 35,4°C

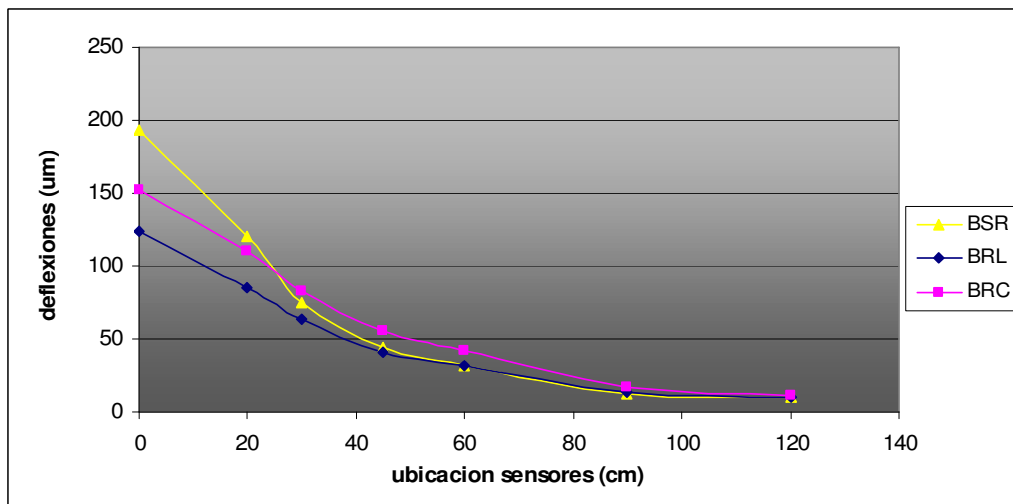
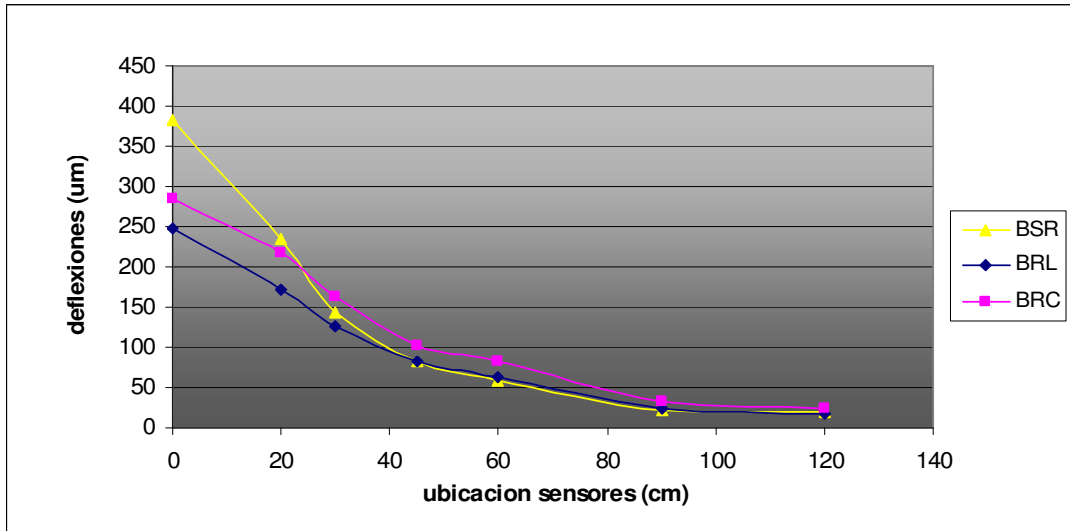


Grafico 8: Deflexiones promedio para carga 50 KN, intervalo 3 Tprom Pav 35,4°C



Intervalo 4 T Promedio Pavimento 43,1°C

Grafico 9: Deflexiones promedio para carga 30 KN, intervalo 4 Tprom Pav 43,1°C

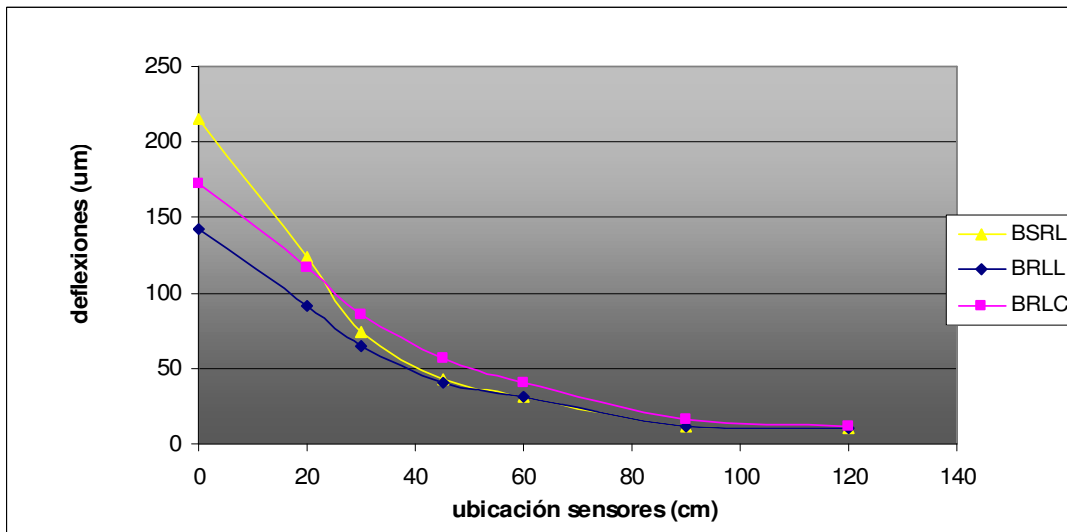
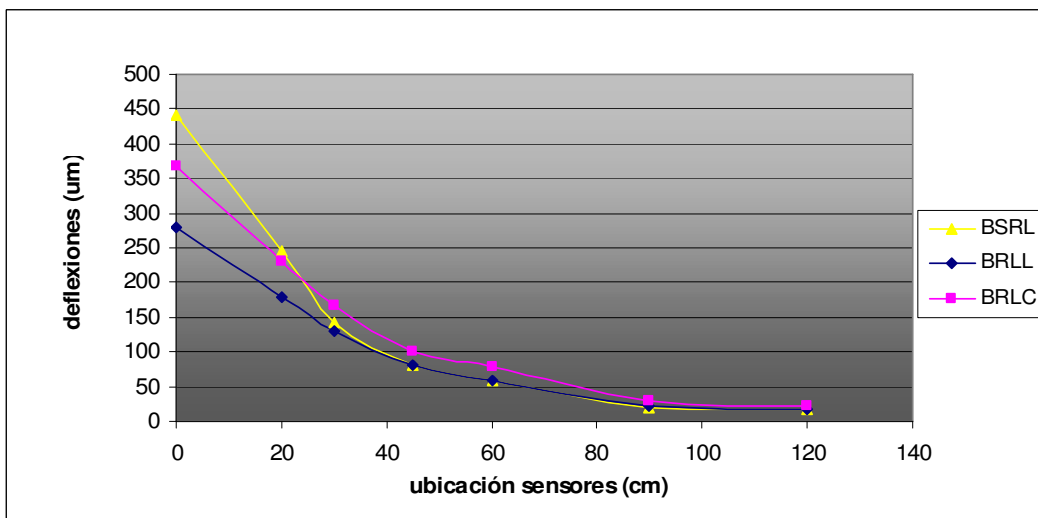


Grafico 10: Deflexiones promedio para carga 50 KN, intervalo 4 Tprom Pav 43,1°C



2) Pista sobre hormigón:

i) Mediciones realizadas por el Laboratorio Nacional de Vialidad:

Espesor capa superficial 5 cm

Grafico 11: Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 5 T Prom. Pav 23,8°C:

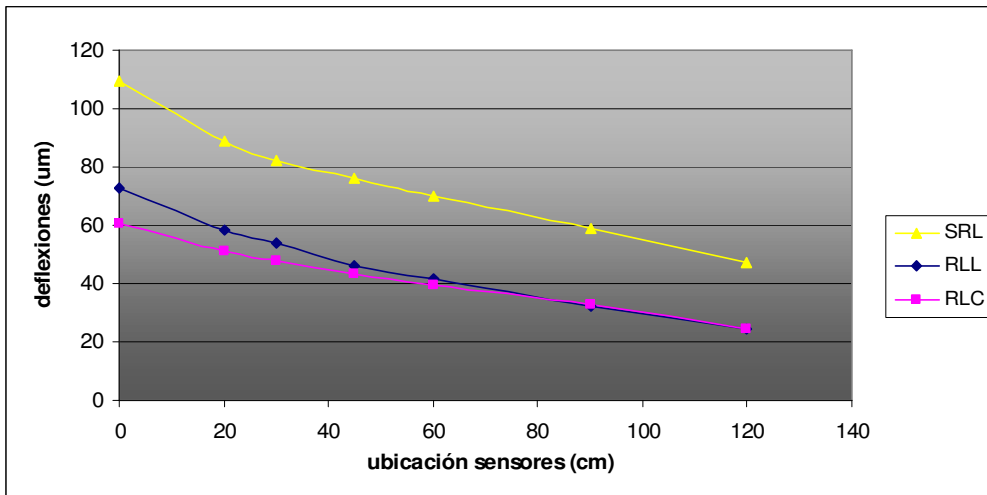


Grafico 12: Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 5 T Prom. Pav23,8°C:

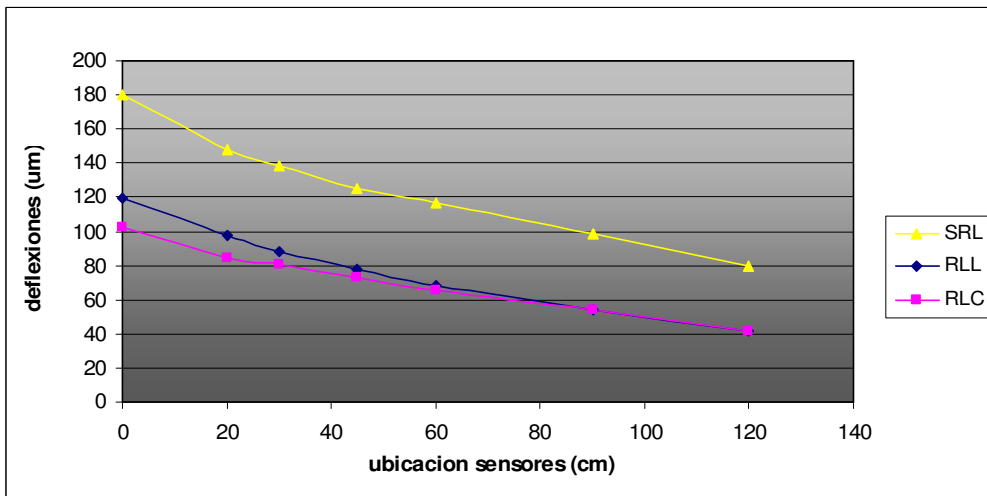
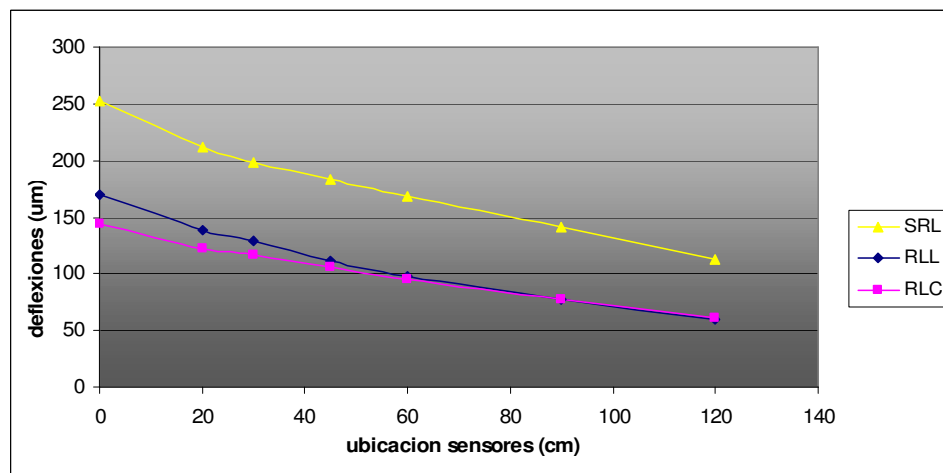


Grafico 13: Deflexiones promedio para carga 75 KN, e= 5 T Prom. Pav23,8°C:



Espesor capa superficial 8 cm

Grafico 14: Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 8 T Prom. Pav 21,8°C:

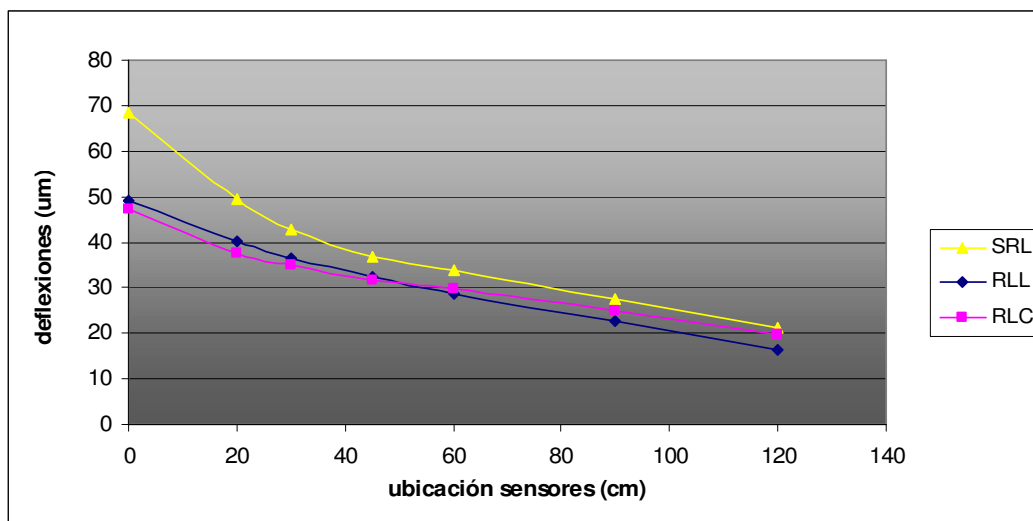


Grafico 15: Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 8 T Prom. Pav 21,8°C:

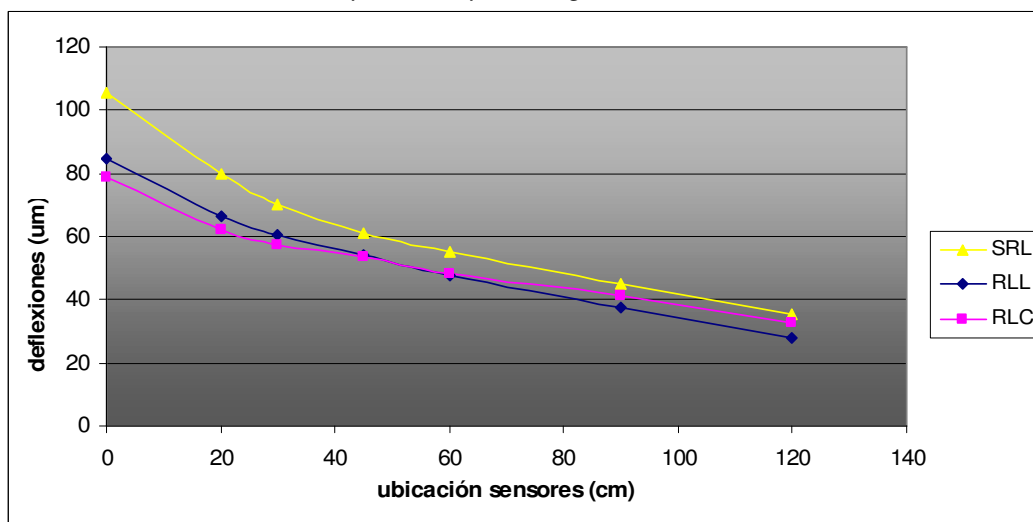
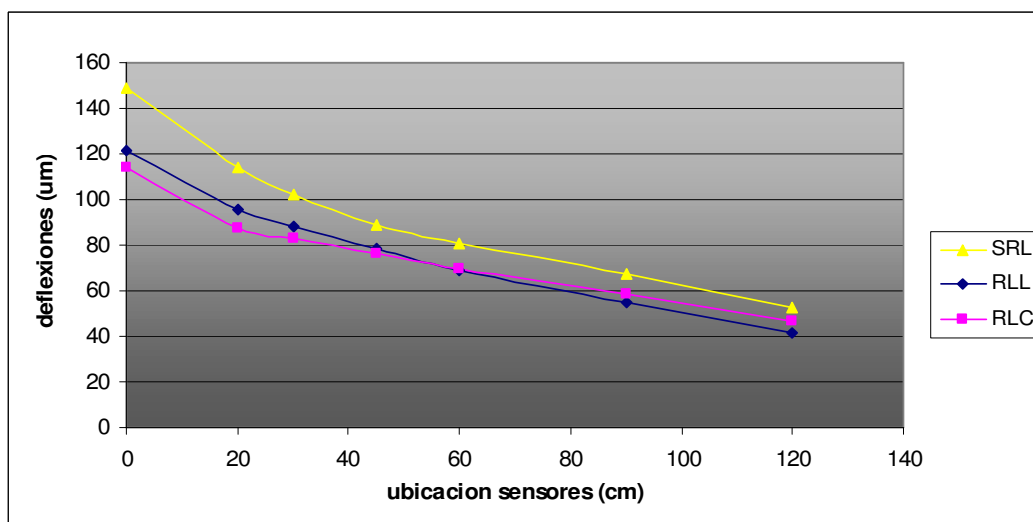


Grafico 16: Deflexiones promedio para carga 75 KN, e= 8 T Prom. Pav 21,8°C:



2) Mediciones realizadas por GAUSS S.A.:

Intervalo 1 T promedio Pavimento: 19.7° C

Espesor capa superficial 5 cm

Grafico 17: Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 5, intervalo 1 T Prom. Pav 19,7° C

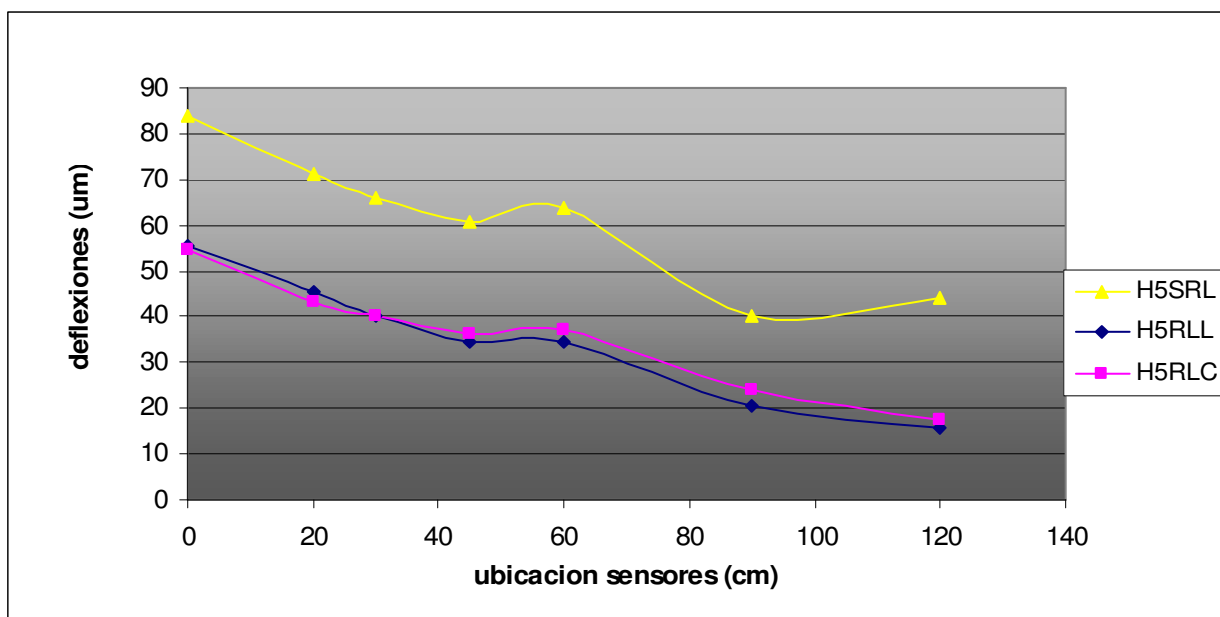
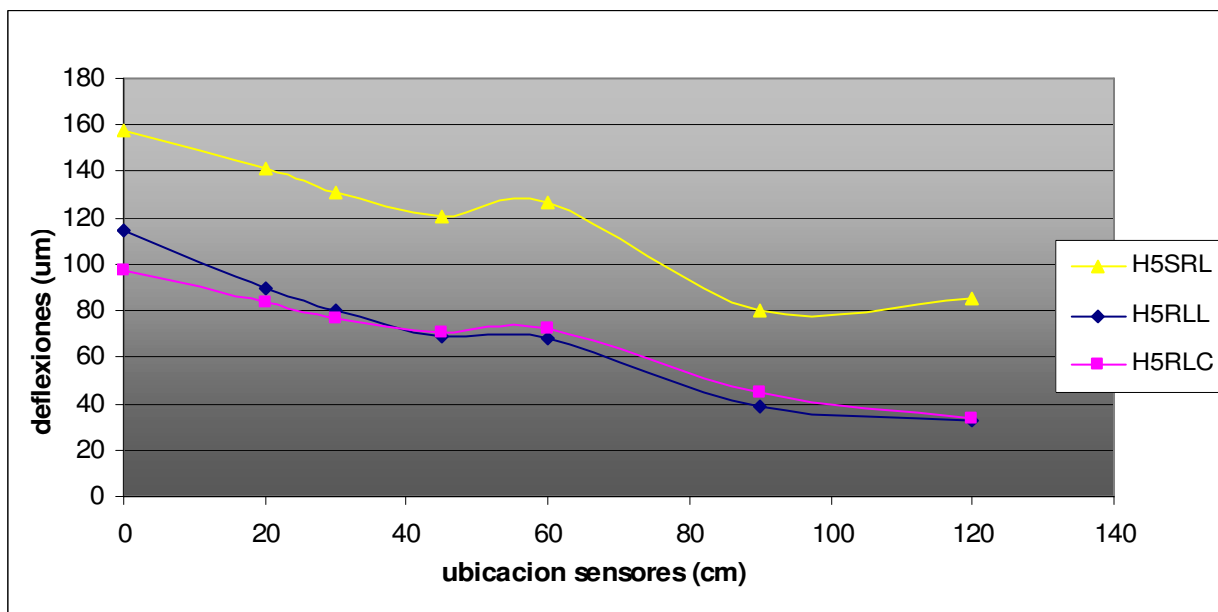


Grafico 18: Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 5, intervalo 1 T Prom. Pav 19,7° C



Espesor capa superficial 8 cm

Grafico 19: Deflexiones promedio para carga 30 KN, $e=8$, intervalo 1 T Prom. Pav 19,7° C

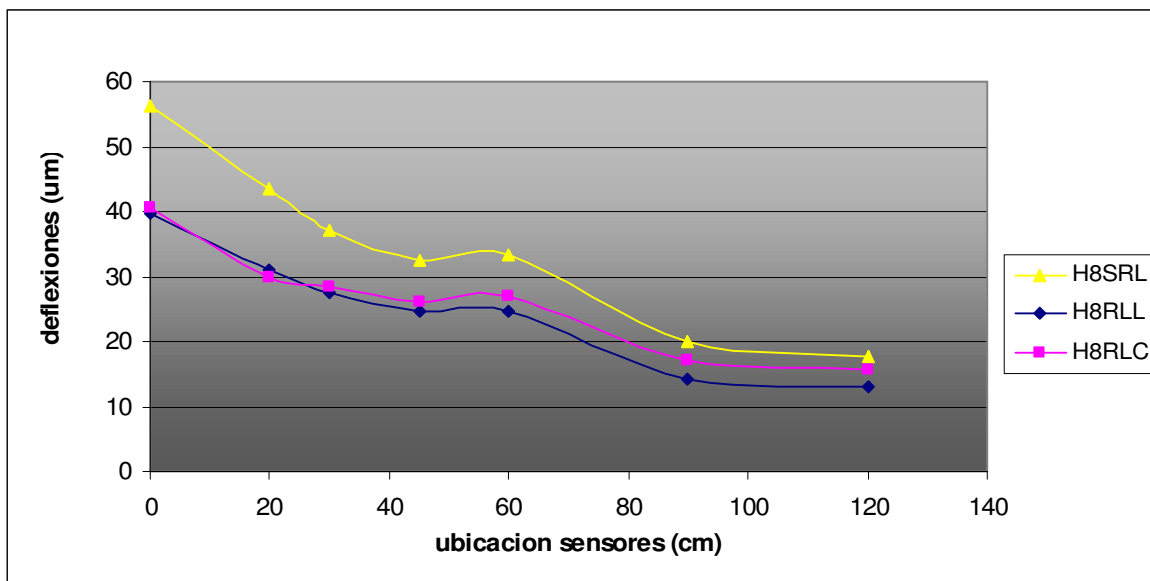
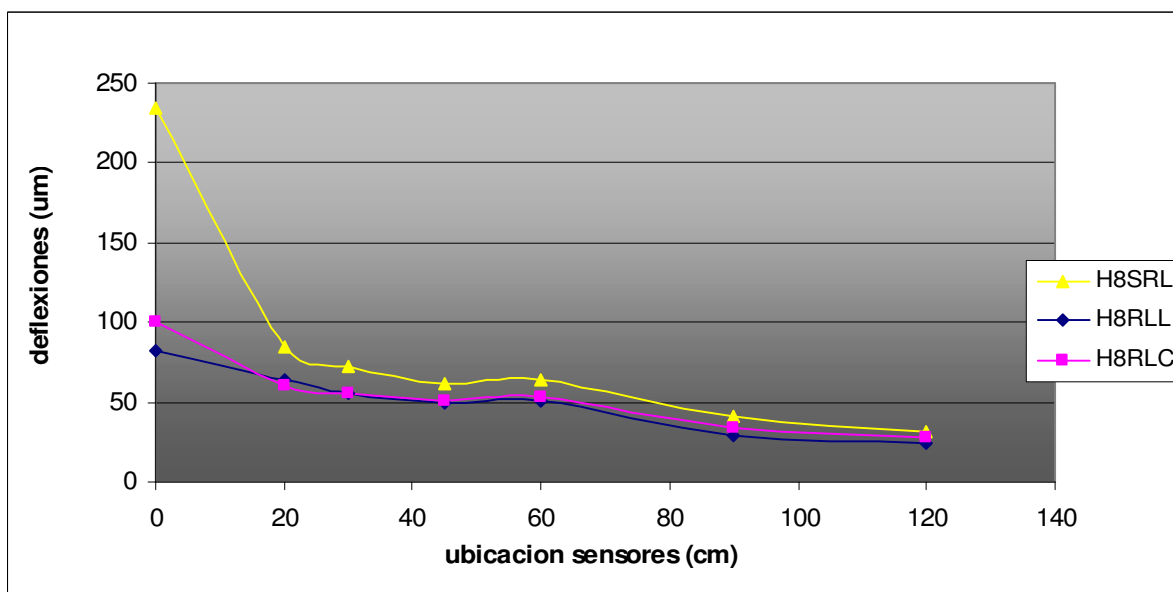


Grafico 20: Deflexiones promedio para carga 50 KN, $e=8$, intervalo 1 T Prom. Pav 19,7° C



Dado que los gráficos para los demás intervalos, poseen la misma tendencia anterior, estos se indicaran el anexo H.

c) Comparación de valores obtenidos de la curva de deflexión:

A partir de los gráficos anteriores se aprecia una diferencia del comportamiento del cuenco deflexiones entre zonas con distintas características de adherencia entre las capas.

Para cuantificar esto se compara los valores promedios de la deflexión máxima bajo la carga definido como Do , estos valores son indicados en el anexo I y para ambas pistas se obtiene los siguientes resultados.

I-Valores Do para pista sobre base granular:

a) Mediciones Laboratorio Nacional de Vialidad

Al comparar los valores promedio Do , para una carga en común se tiene los siguientes gráficos.

Gráfico 21: Valores Do promedio para mediciones del deflectómetro del LNV, para carga 30 KN, temperatura promedio pavimento 24 °C

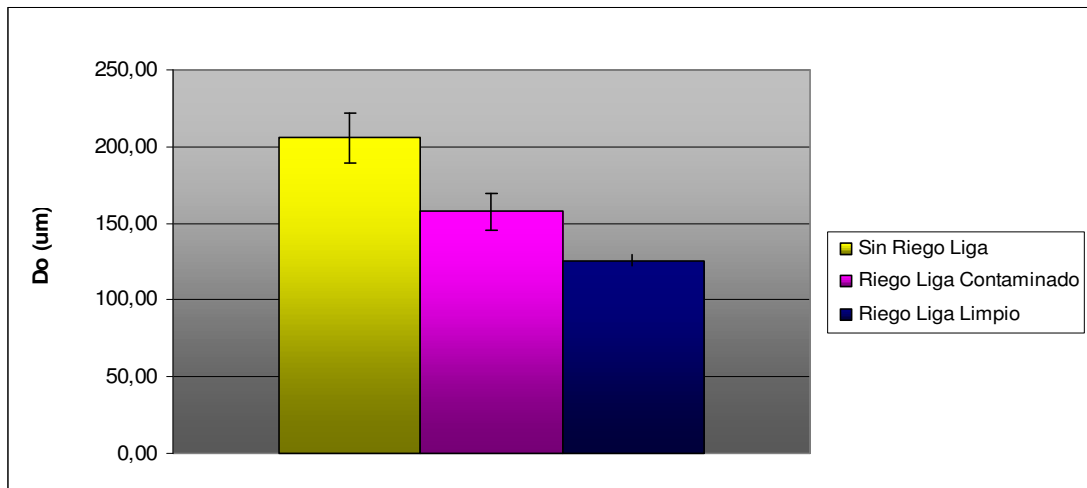


Gráfico 22: Valores Do promedio para mediciones del deflectómetro del LNV, para carga 50 KN, temperatura promedio pavimento 24 °C

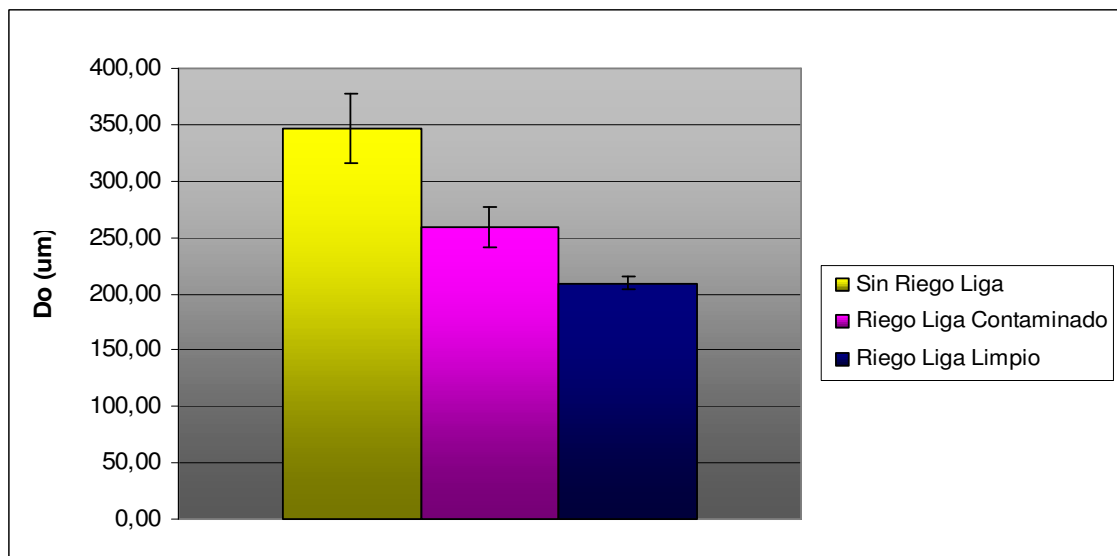
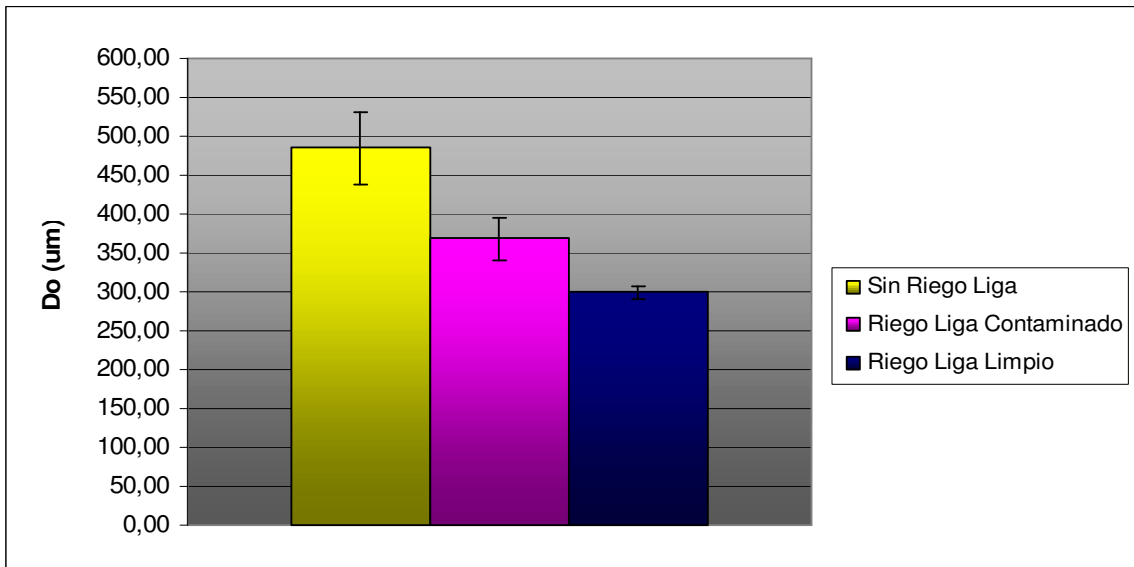


Grafico 23: Valores Do promedio para mediciones del deflectómetro del LNV, para carga 75 KN, temperatura promedio pavimento 24 °C



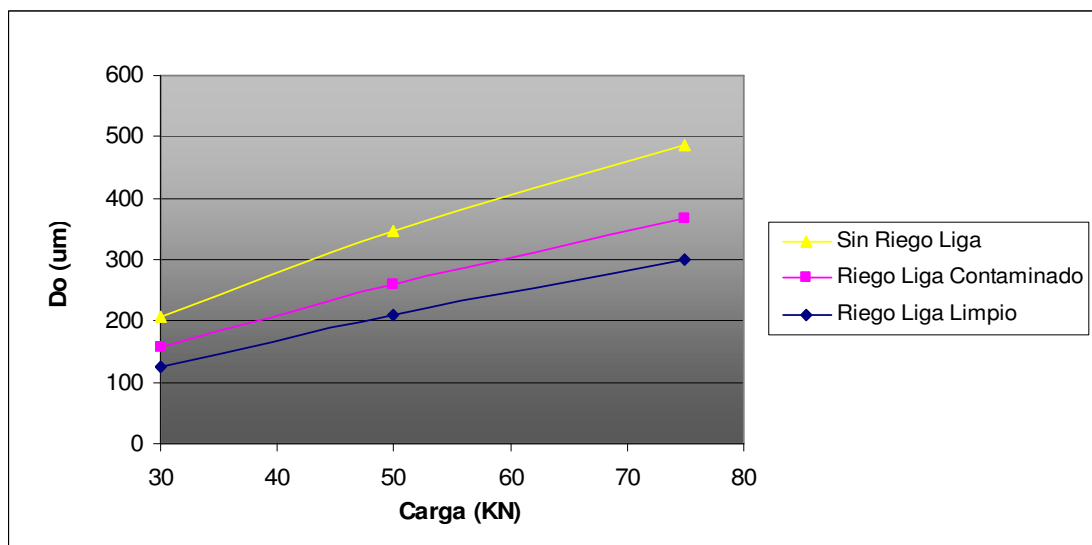
Los valores promedios para distintas cargas son indicado en la siguiente tabla

Tabla 3: Valores promedio Do para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro del LNV

Tipo Riego	Do en funcion carga (KN)		
	30	50	75
Sin Riego Liga	206	347	485
Riego Liga Contaminado	158	260	368
Riego Liga Limpio	126	210	300

Al graficar el comportamiento de los valores Do en función de la carga para las mediciones realizadas por el deflectómetro del LNV, se obtiene la siguiente curva

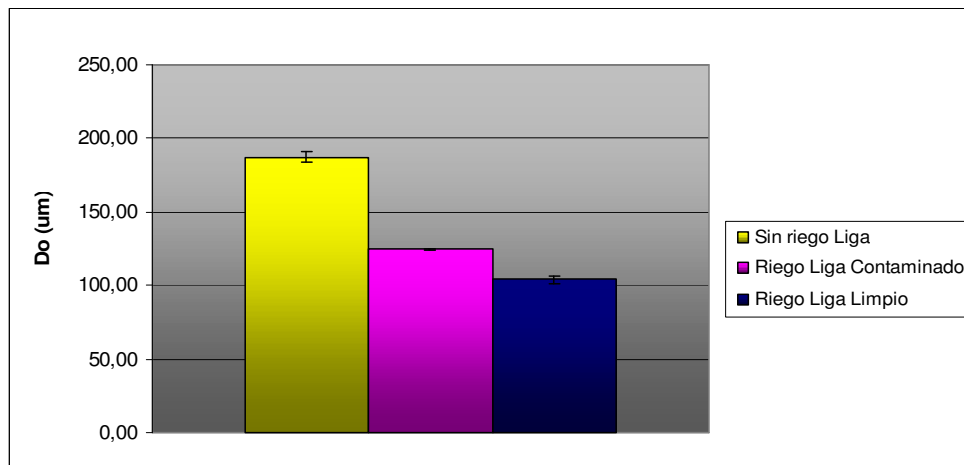
Grafico 24: Curva Do V/S carga para las mediciones promedios del deflectómetro del LNV con Temperatura promedio Pavimento 24 °C



b) Mediciones del deflectómetro de GAUSS S.A

Intervalo 1 T promedio Pavimento 20° C

Grafico 25: Valores Do Intervalo 1 T Promedio pavimento 20°C



Dado que los valores Do poseen la misma tendencia, los gráficos de estos valores para los distintos intervalos se indicaran en el anexo I

Intervalo 2 T promedio Pavimento 22,7 ° C

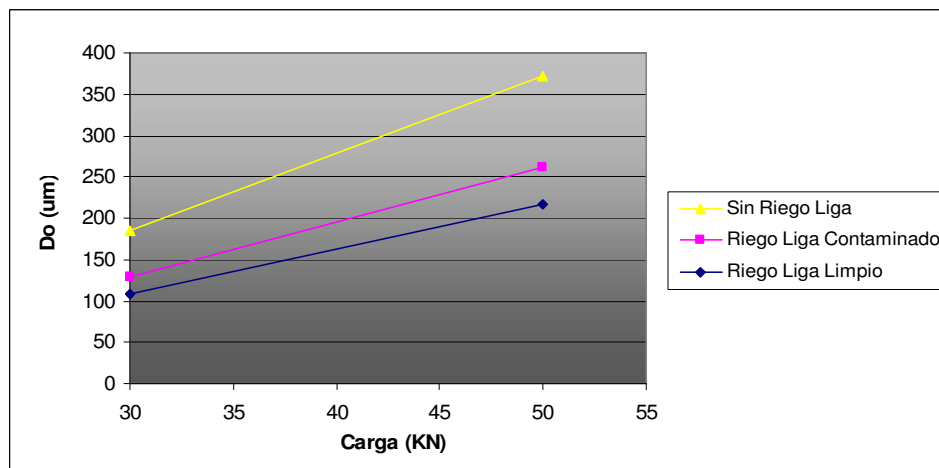
Los valores promedios en este intervalo de medición para distintas cargas son indicado en la siguiente tabla

Tabla 4: Valores promedio Do para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro de GAUSS intervalo 2

Tipo Riego	Carga (KN)	
	30	50
Sin Riego Liga	185	372
Riego Liga Contaminado	129	261
Riego Liga Limpio	109	217

Al graficar el comportamiento de los valores Do en función de la carga para las mediciones realizadas por el deflectómetro GAUSS S.A., en este intervalo, se obtiene la siguiente curva

Grafico 26: Curva Do V/S carga para las mediciones promedios del deflectómetro de GAUSS S.A. intervalo 2



Intervalo 3 T promedio Pavimento 35,4º C

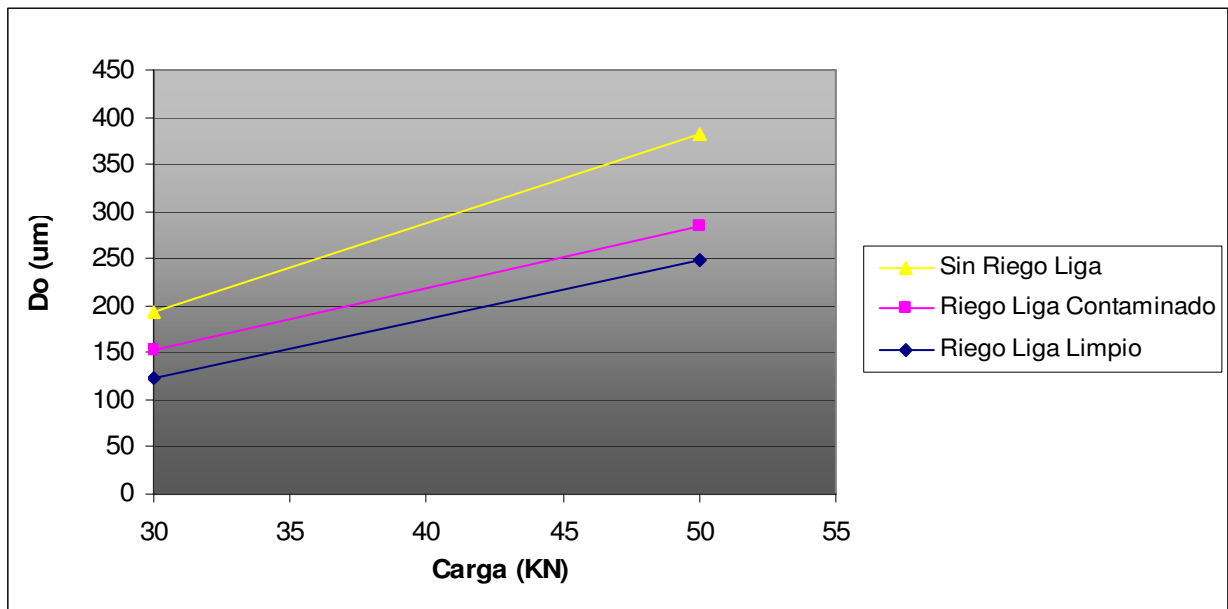
Los valores promedios en este intervalo de medición para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 5: Valores promedio Do para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro de GAUSS intervalo 3

Tipo Riego	Carga (KN)	
	30	50
Sin Riego Liga	194	383
Riego Liga Contaminado	152	285
Riego Liga Limpio	124	248

Al graficar el comportamiento de los valores Do en función de la carga para las mediciones realizadas por el deflectómetro GAUSS S.A., en este intervalo, se obtiene la siguiente curva

Grafico 27: Curva Do V/S carga para las mediciones promedios del deflectómetro de GAUSS, intervalo 3



Intervalo 4 T promedio Pavimento 43,1º C

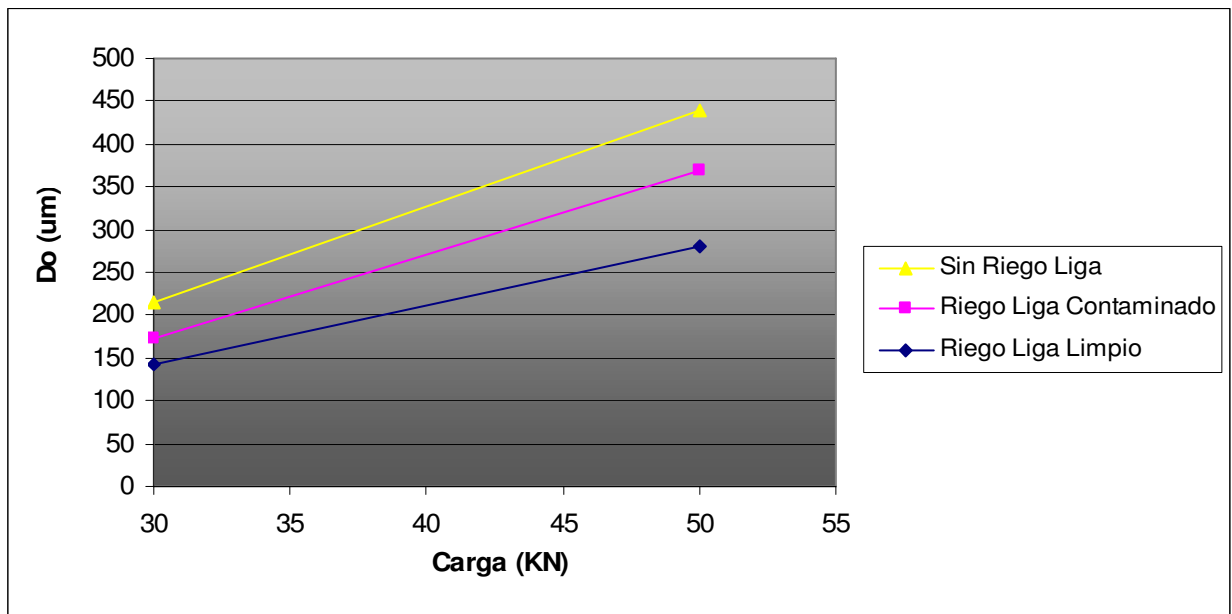
Los valores promedios en este intervalo de medición para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 6: Valores promedio Do para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro de GAUSS intervalo 4

Tipo Riego	Carga (KN)	
	30	50
Sin Riego Liga	215	440
Riego Liga Contaminado	173	368
Riego Liga Limpio	142	280

Al graficar el comportamiento de los valores Do en función de la carga para las mediciones realizadas por el deflectómetro GAUSS S.A, en este intervalo, se obtiene la siguiente curva

Grafico 28: Curva Do V/S carga para las mediciones promedios del deflectómetro de GAUSS, intervalo 4



Al analizar el valor del promedio de esta variable para distintas temperaturas promedios se obtiene los siguientes valores:

Tabla 7: Valores promedios D_o , para distintas temperaturas promedios del pavimento, para carga nominal de 30 KN:

Carga 30 KN					
tipo riego	temperatura pavimento Promedio (°C)				
	20	22,7	24	35,4	43,1
Sin Riego Liga	187	185	206	194	215
Riego Liga Contaminado	125	129	158	152	173
Riego Liga Limpio	104	109	126	124	142

Tabla 8: Valores promedios D_o , para distintas temperaturas promedios del pavimento, para carga nominal de 50 KN:

Carga 50 KN					
tipo riego	temperatura pavimento (°C)				
	20	22,7	24	35,4	43,1
Sin Riego Liga	384	372	347	383	440
Riego Liga Contaminado	261	261	260	285	368
Riego Liga Limpio	207	217	210	248	280

De los valores anteriores y al aplicar regresión lineal sobre los gráficos se obtiene las siguientes curvas D_o V/S temperatura para esta configuración:

Grafico 29: D_o V/S Temperatura para carga 30 KN aplicada regresión lineal

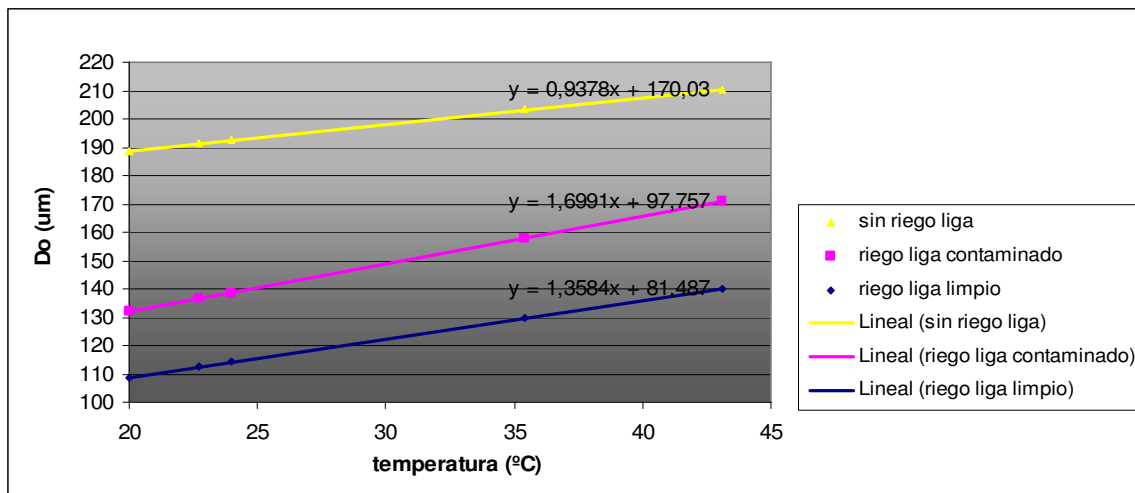
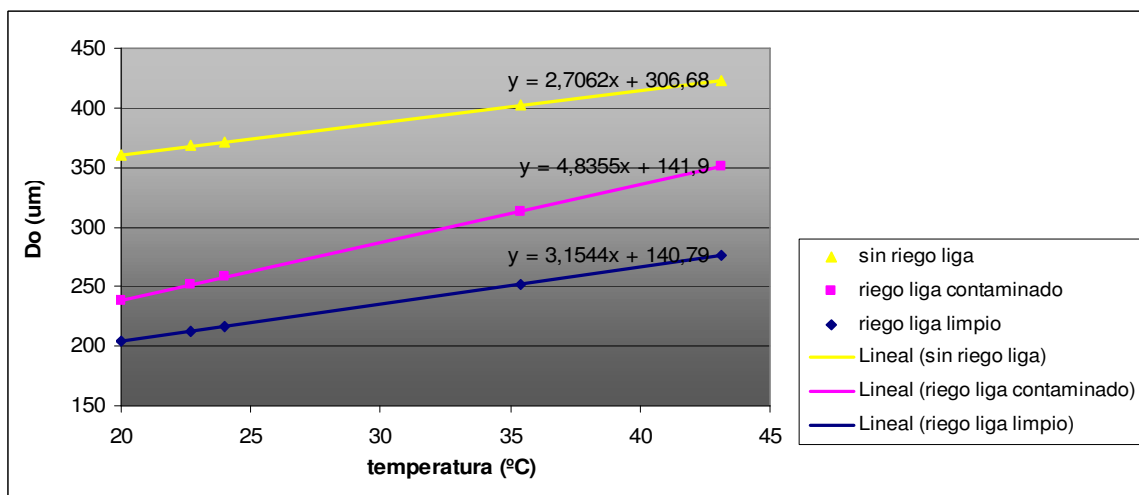


Grafico 30: D_o V/S Temperatura para carga 50 KN aplicada regresión lineal



Al analizar la variación de los valores de Do para una misma carga nominal y en función de la temperatura para los siguientes casos:

Do tramo Sin Riego Liga- Do tramo Riego Liga Limpio.
Do tramo Riego Liga Contaminado- Riego Liga Limpio.

Se obtiene los siguientes gráficos:

Grafico 31: Delta Do V/S temperatura promedio pavimento para carga 30 KN

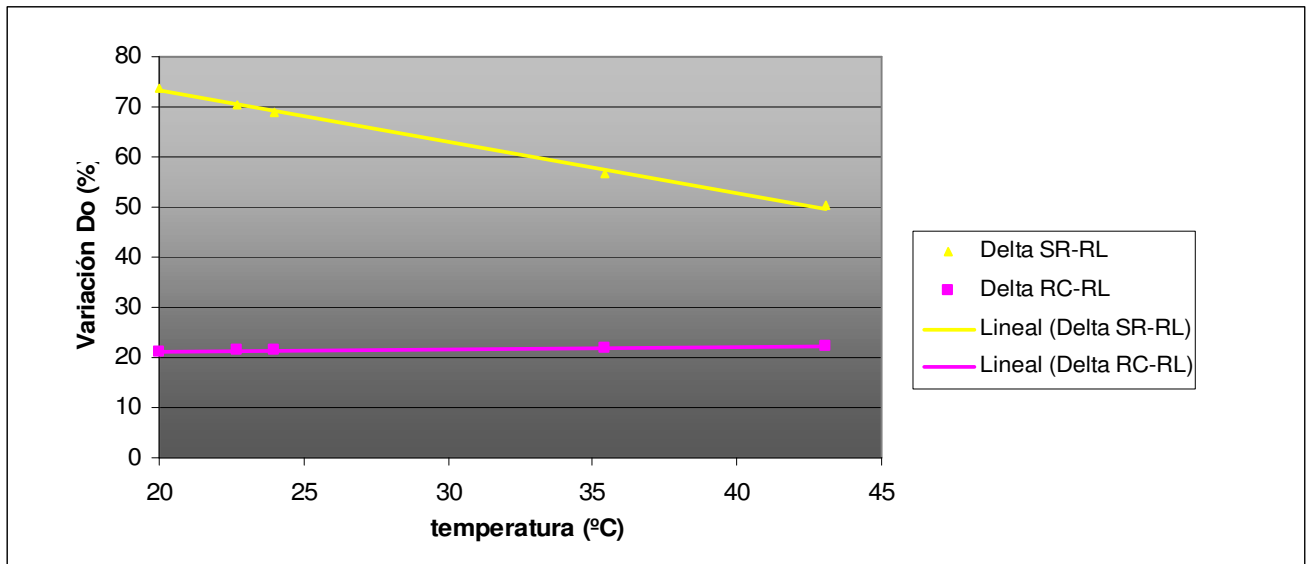
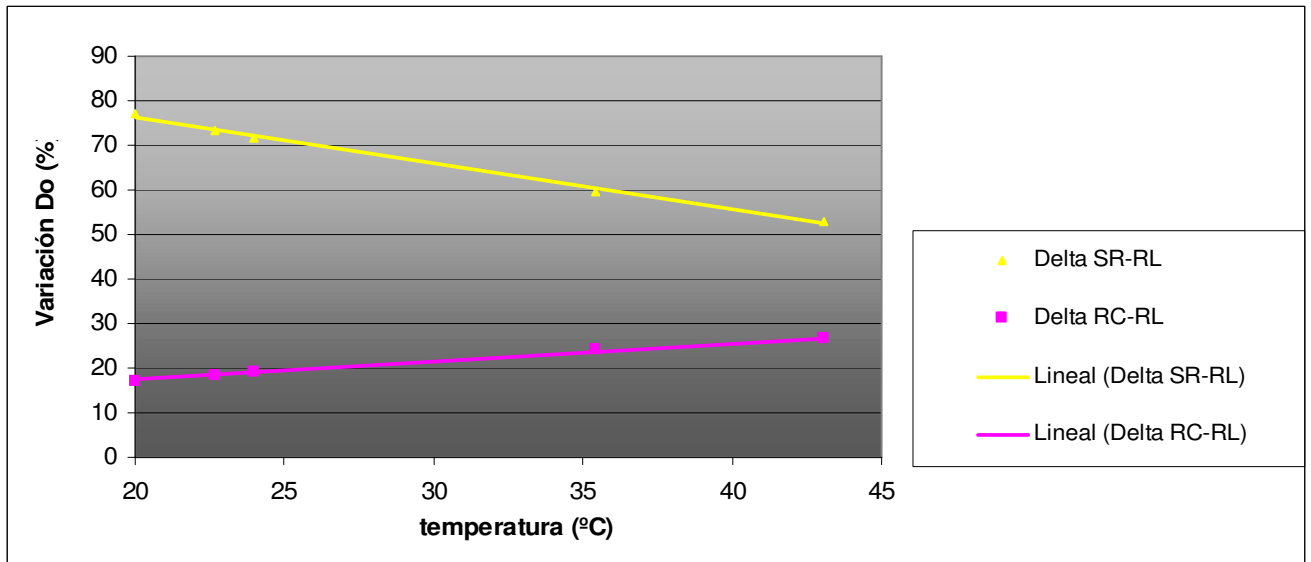


Grafico 32: Delta Do V/S temperatura promedio pavimento para carga 50 KN



Al analizar la variación de los valores de Do para una misma temperatura y en función de la carga nominal se tiene alguno de los siguientes gráficos:

Grafico 33: Delta Do V/S carga, para intervalo 2, T promedio pavimento 22,7 °C

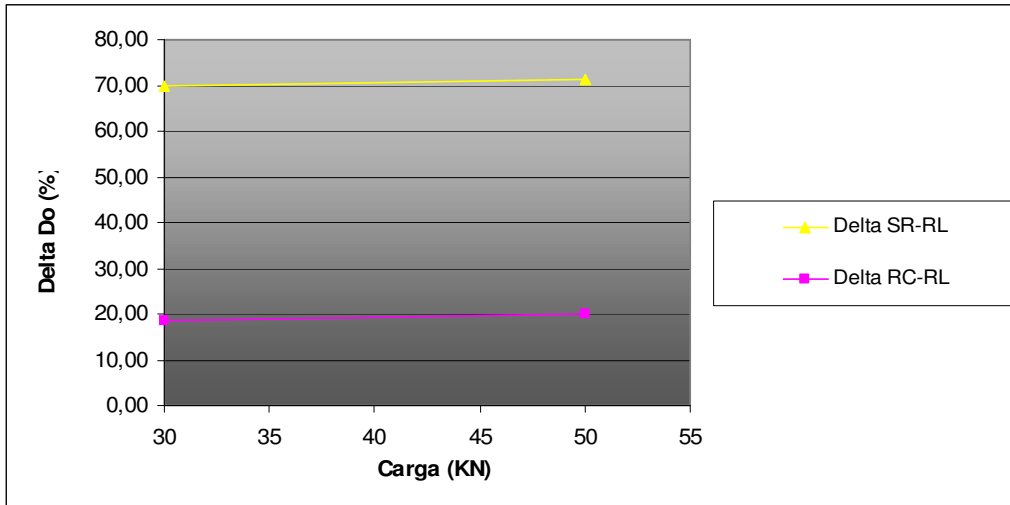


Grafico 34: Delta Do V/S carga, mediciones LNV, T promedio pavimento 24 °C

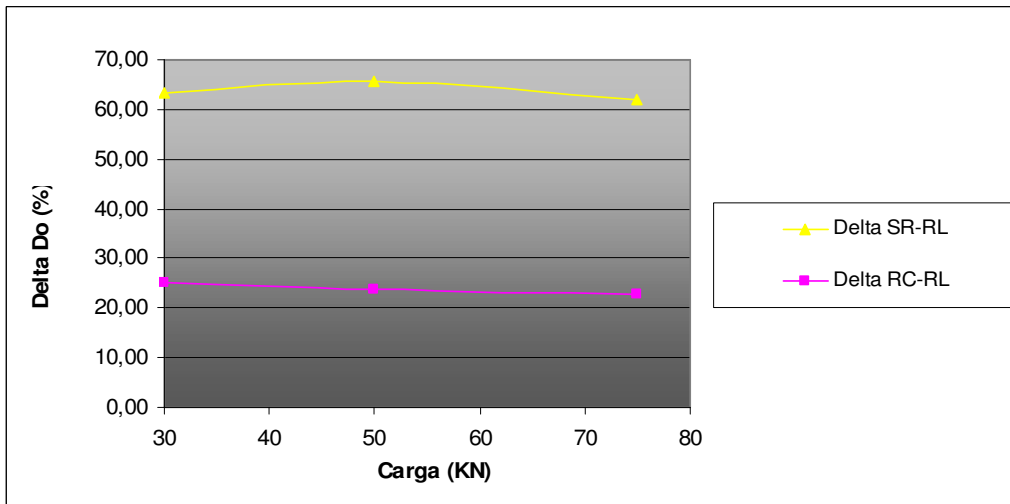
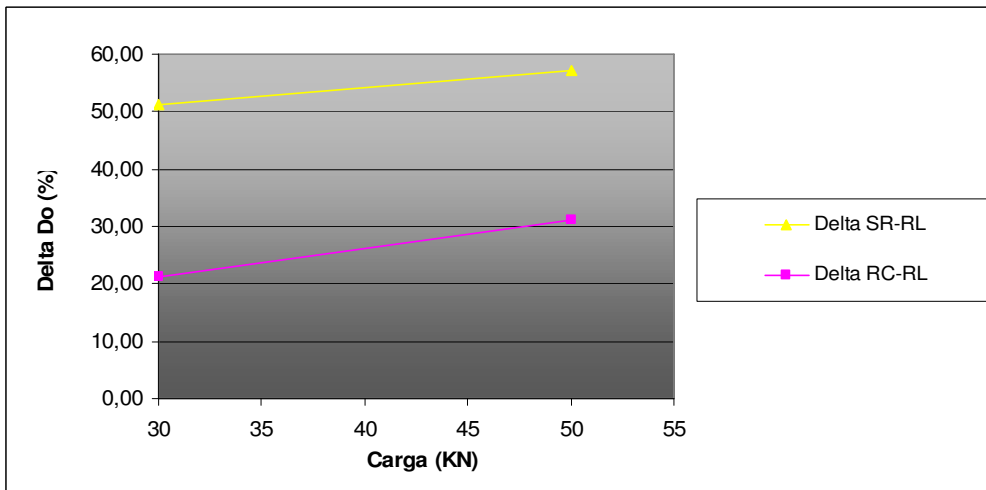


Grafico 35: Delta Do V/S carga, para intervalo 4, T promedio pavimento 43,1 °C



II-Valores Do para pista sobre hormigón:

a) Mediciones Laboratorio Nacional de Vialidad

Al comparar los valores promedio Do, para una carga en común se tiene los siguientes gráficos.

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm

Grafico 36: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 30 KN, espesor capa superficial o rodadura 5 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C

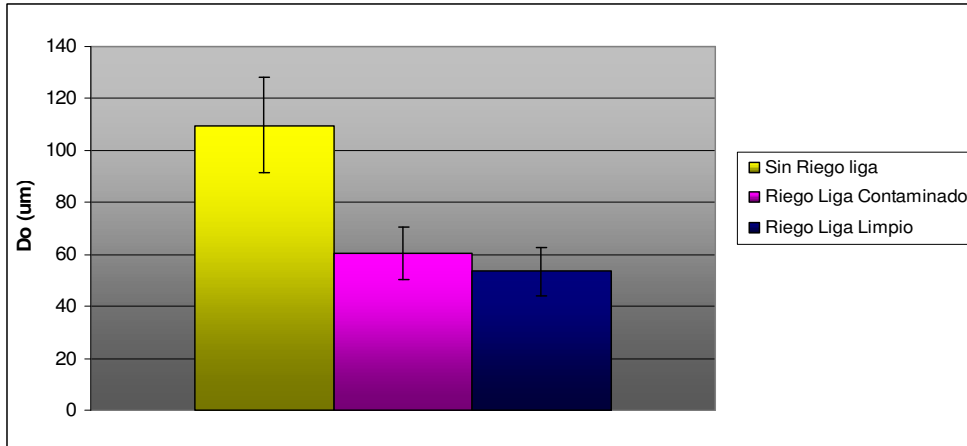


Grafico 37: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 50 KN, espesor capa superficial o rodadura 5 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C

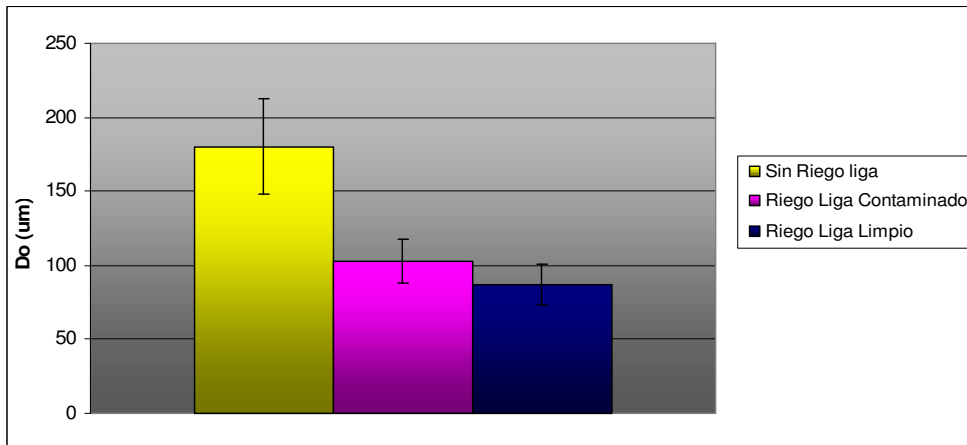
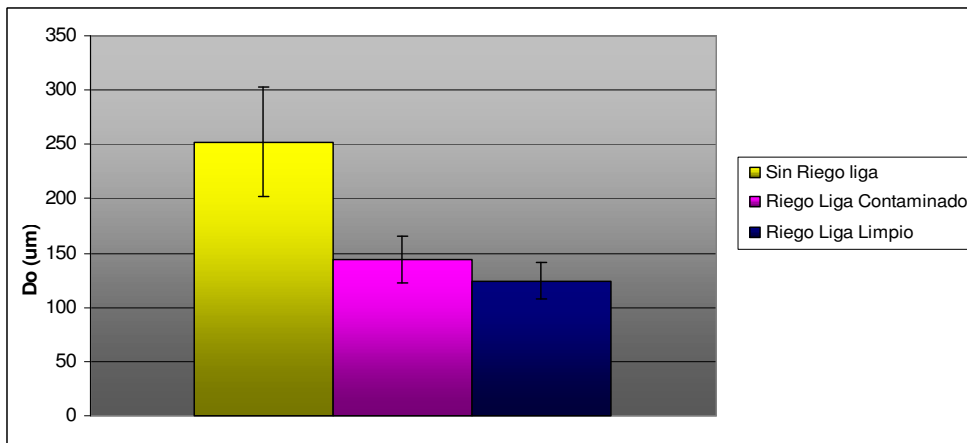


Grafico 38: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 75 KN, espesor capa superficial o rodadura 5 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C



Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm

Grafico 39: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 30 KN, espesor capa superficial 8 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C

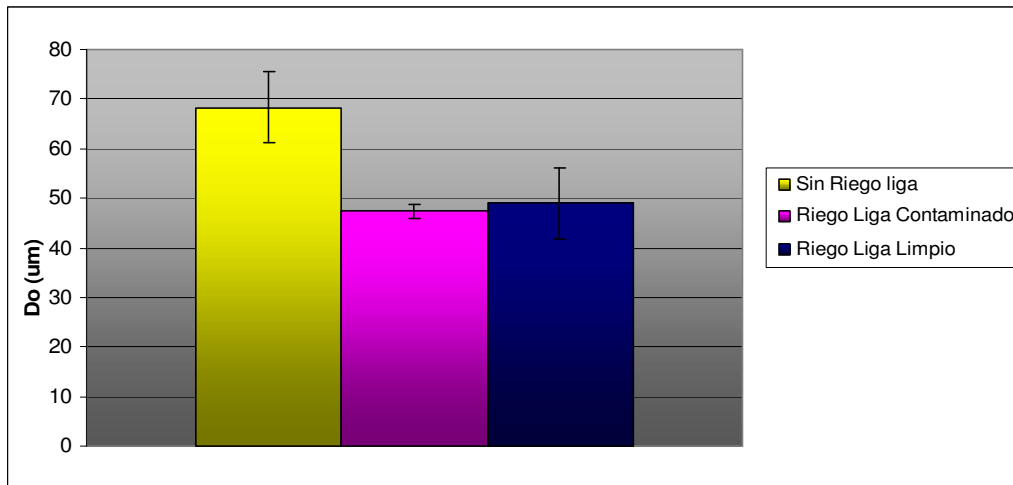


Grafico 40: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 50 KN, espesor capa superficial o rodadura 8 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C

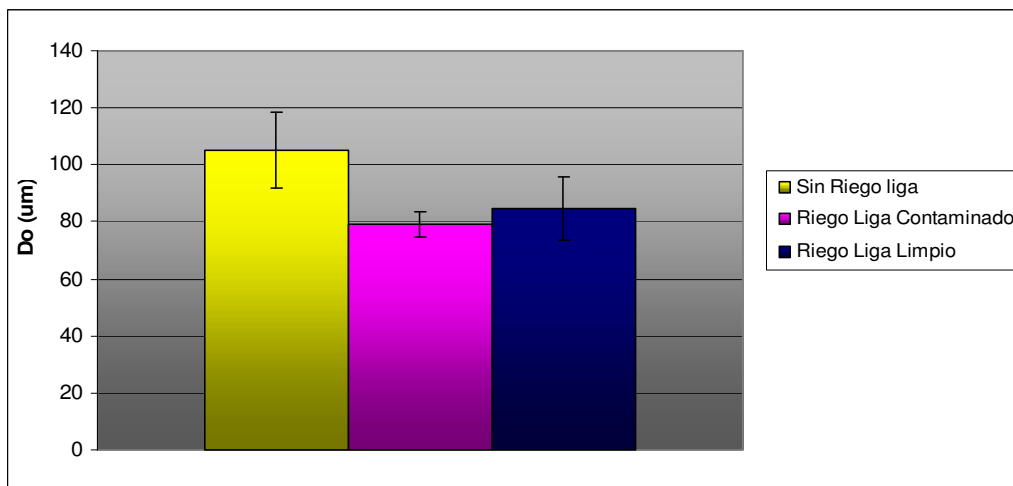
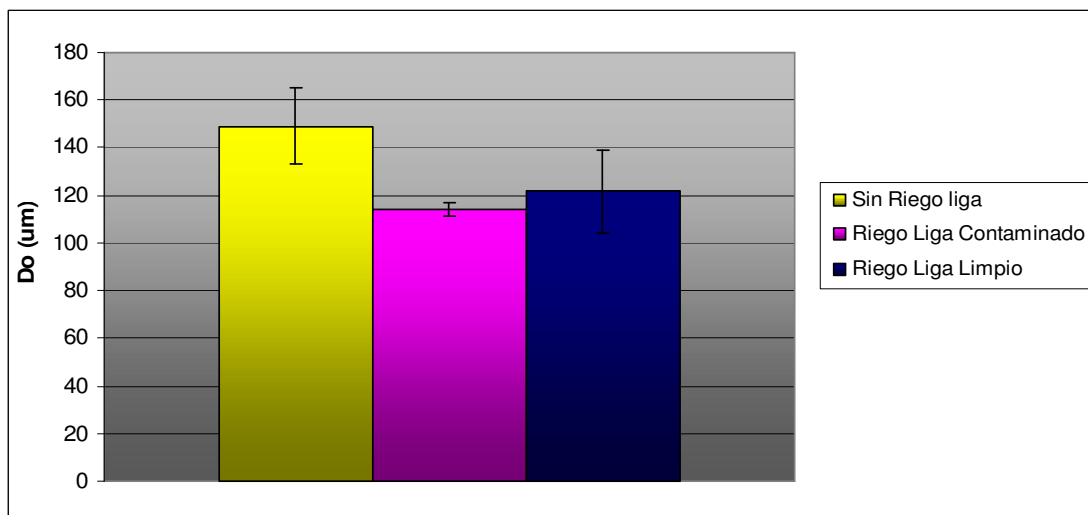


Grafico 41: Valores Do promedio para deflectómetro del LNV; carga 75 KN, espesor capa superficial o rodadura 8 cm, temperatura promedio pavimento 22,8 °C



Los valores promedios para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 9: Valores promedio D_o para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro del LNV, espesor capa superficial o rodadura 5 cm

espesor 5 cm			
tipo riego	carga (KN)		
	30	50	75
sin riego liga	110	180	252
riego liga contaminado	60	103	144
riego liga limpio	54	87	125

Tabla 10: Valores promedio D_o para distintas cargas de las mediciones del deflectómetro del LNV, espesor capa superficial o rodadura 8 cm

espesor 8 cm			
tipo riego	carga (KN)		
	30	50	75
sin riego liga	68	105	149
riego liga contaminado	47	79	114
riego liga limpio	49	85	122

Con los valores anteriores se obtiene los siguientes gráficos de D_o V/S carga para una temperatura promedio del pavimento y para los dos valores de espesor de la capa superficial

Gráfico 42: Valores D_o promedio V/S carga, para espesor de capa superficial o rodadura $e = 5$ cm, temperatura promedio pavimento $22,8$ °C.

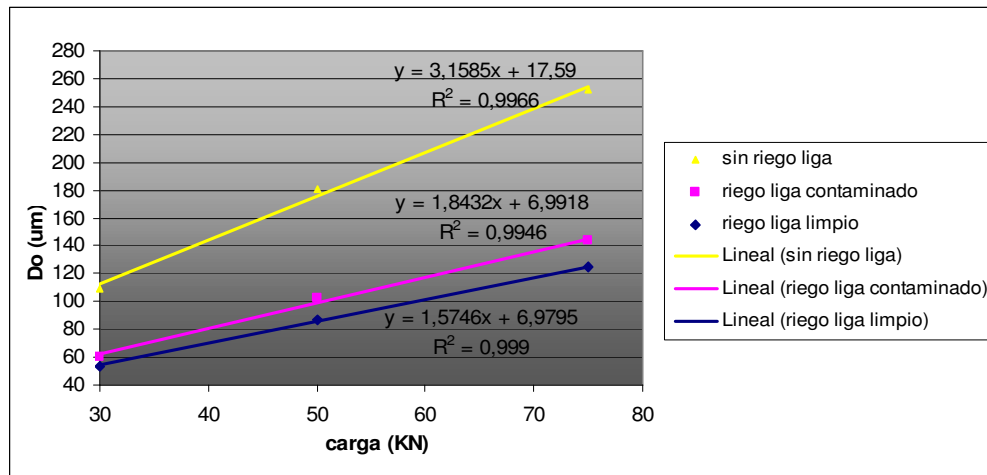
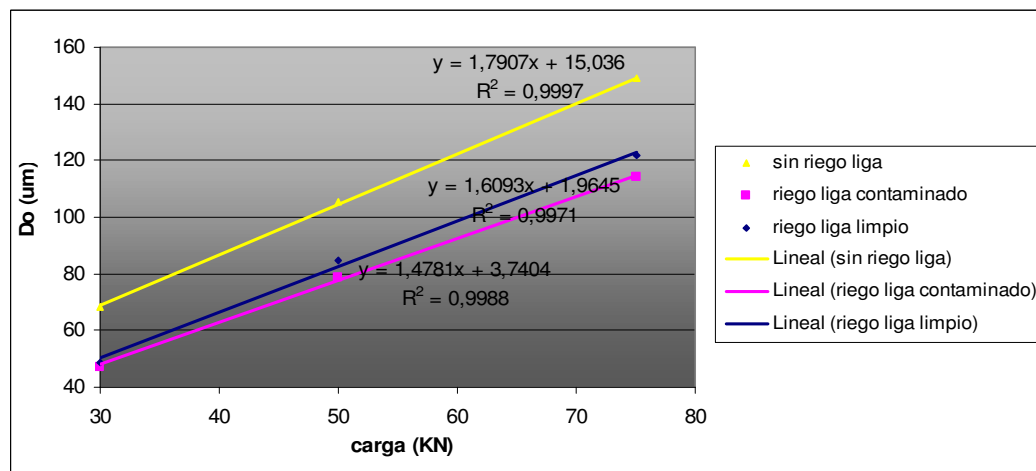


Gráfico 43: Valores D_o promedio V/S carga, para espesor de capa superficial o rodadura $e = 8$ cm, temperatura promedio pavimento $22,8$ °C



B) Mediciones de GAUSS S.A.

Intervalo 1 T Promedio Pavimento 19,7 ° C

Al comparar los valores promedio Do, para una carga en común se obtiene los siguientes gráficos

Espesor capa superficial e= 5 cm

Grafico 44: Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 5 cm primer intervalo

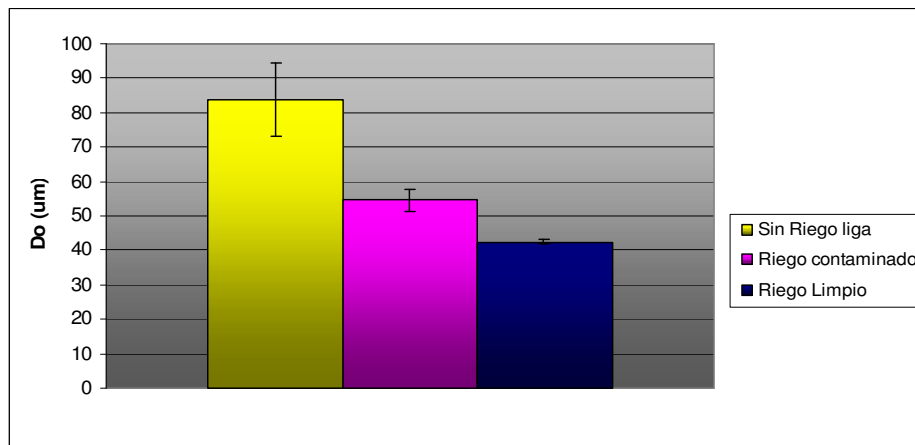
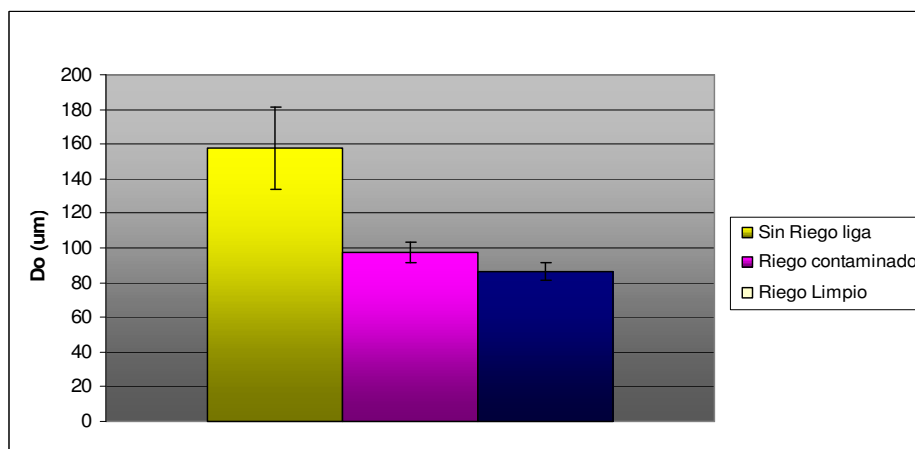


Grafico 45: Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 5 cm primer intervalo



Espesor capa superficial e= 8 cm

Grafico 46: Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 8 cm primer intervalo

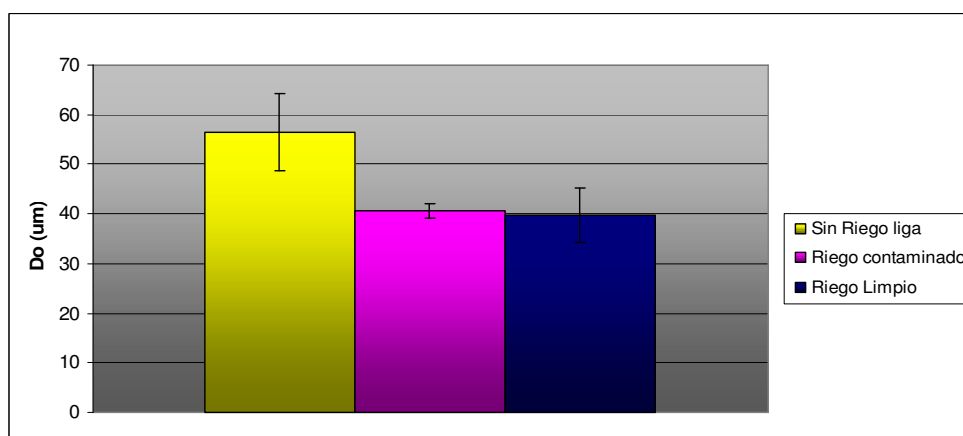
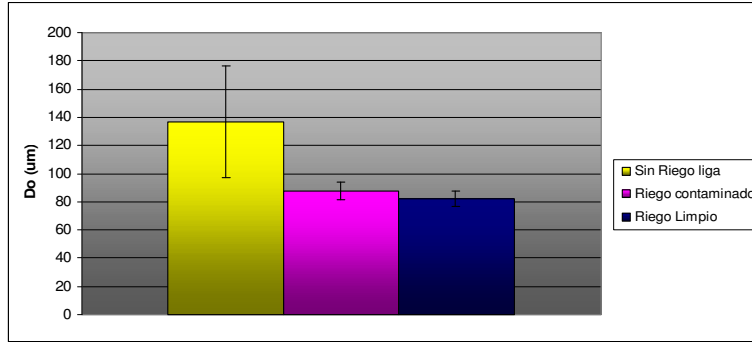


Grafico 47: Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 8 cm primer intervalo



Los valores promedio para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 11: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 5 cm, intervalo 1.

espesor 5 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	84	157
riego liga contaminado	55	98
riego liga limpio	43	87

Tabla 12: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 8 cm, intervalo 1.

espesor 8 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	56	137
riego liga contaminado	41	88
riego liga limpio	40	82

Con los valores anteriores se obtiene los siguientes gráficos de Do V/S carga para una temperatura promedio del pavimento y para los dos valores de espesor de la capa superficial.

Grafico 48: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 5 cm intervalo 1

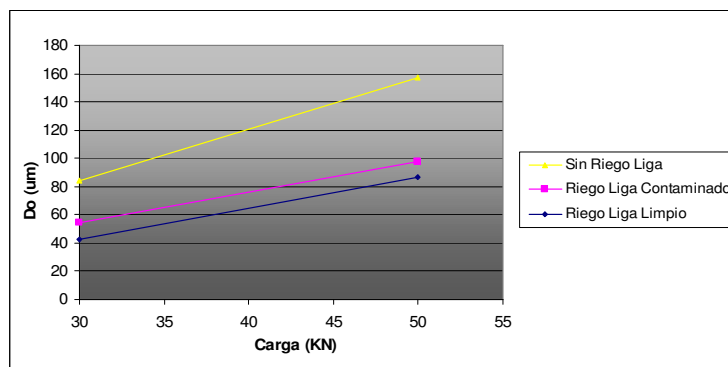
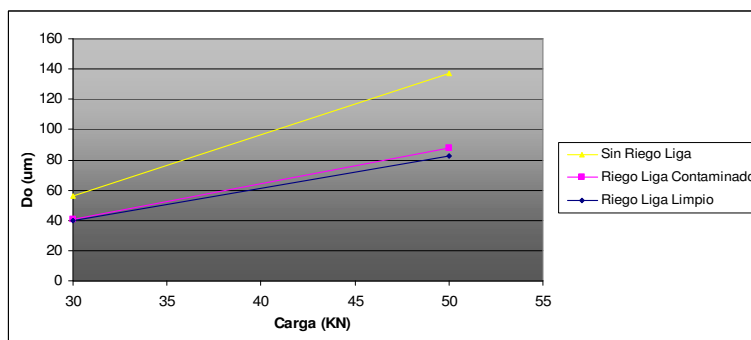


Grafico 49: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 8 cm intervalo 1



Dado que los valores Do poseen la misma tendencia, los gráficos de estos valores para los otros intervalos se indicaran en el anexo I.

Intervalo 2 T promedio Pavimento: 21,6 ° C

Los valores promedios para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 13: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 5 cm, intervalo 2.

espesor 5 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	79	150
riego liga contaminado	49	81
riego liga limpio	43	84

Tabla 14: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 8 cm, intervalo 2.

espesor 8 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	55	112
riego liga contaminado	37	61
riego liga limpio	39	87

Con los valores anteriores se obtiene los siguientes gráficos de Do V/S carga para una temperatura promedio del pavimento y para los dos valores de espesor de la capa superficial

Grafico 50: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 5 cm intervalo 2

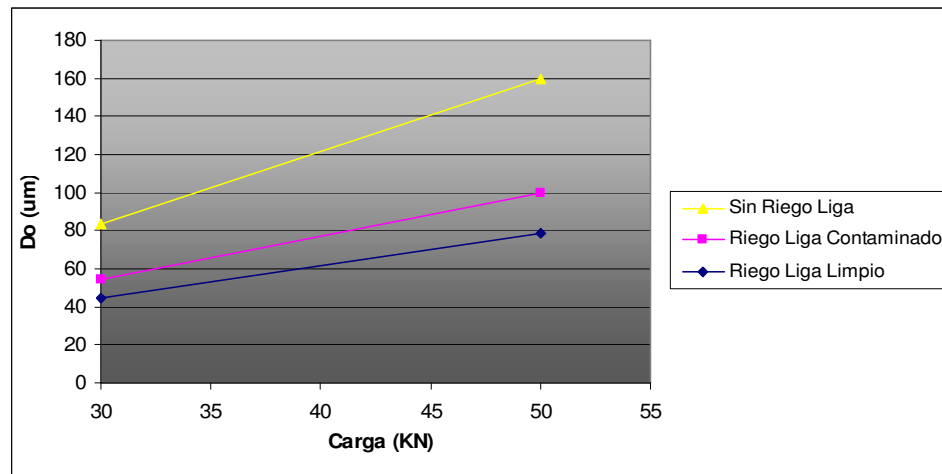
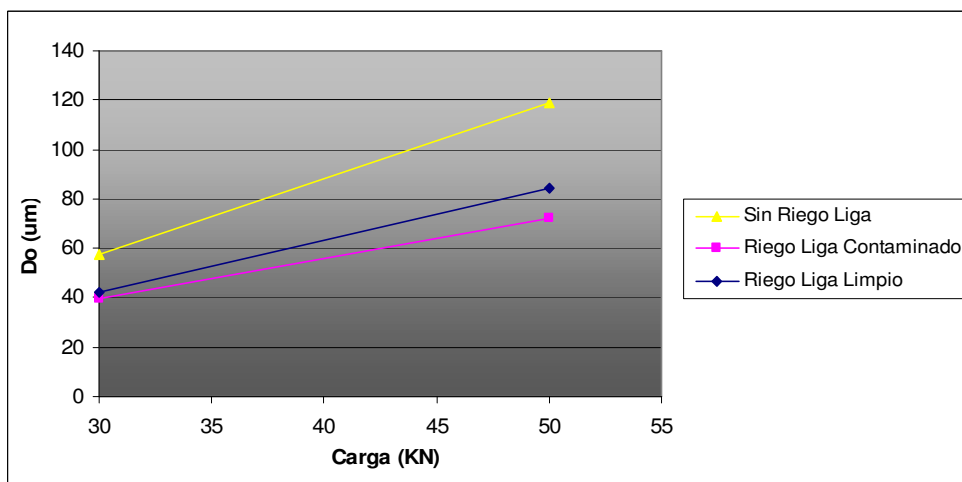


Grafico 51: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 8 cm intervalo 2



Intervalo 3 T promedio Pavimento: 31,1 ° C

Los valores promedios para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 15: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 5 cm, intervalo 3.

espesor 5 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	84	160
riego liga contaminado	55	100
riego liga limpio	45	79

Tabla 16: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 8 cm, intervalo 3.

espesor 8 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	58	119
riego liga contaminado	40	72
riego liga limpio	42	85

Grafico 52: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 5 cm intervalo 3

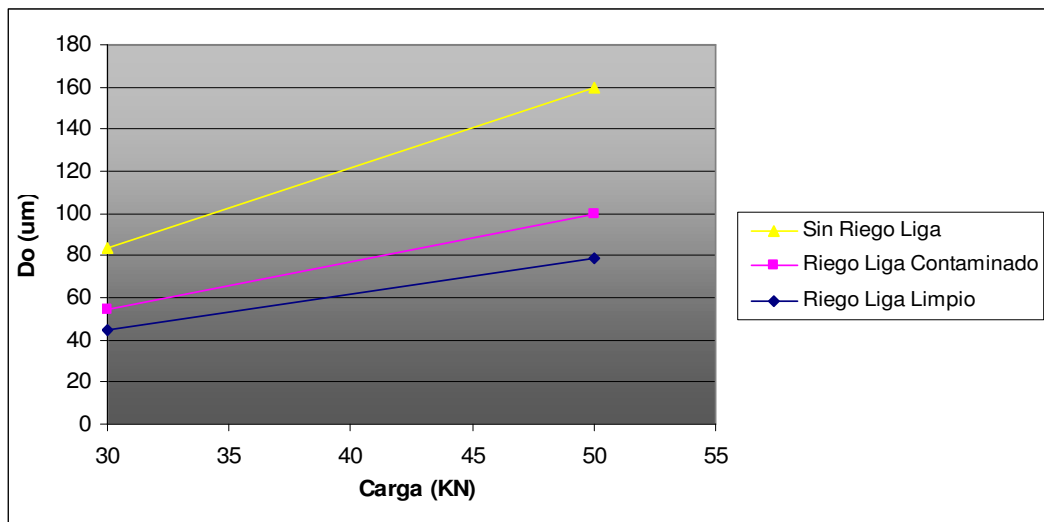
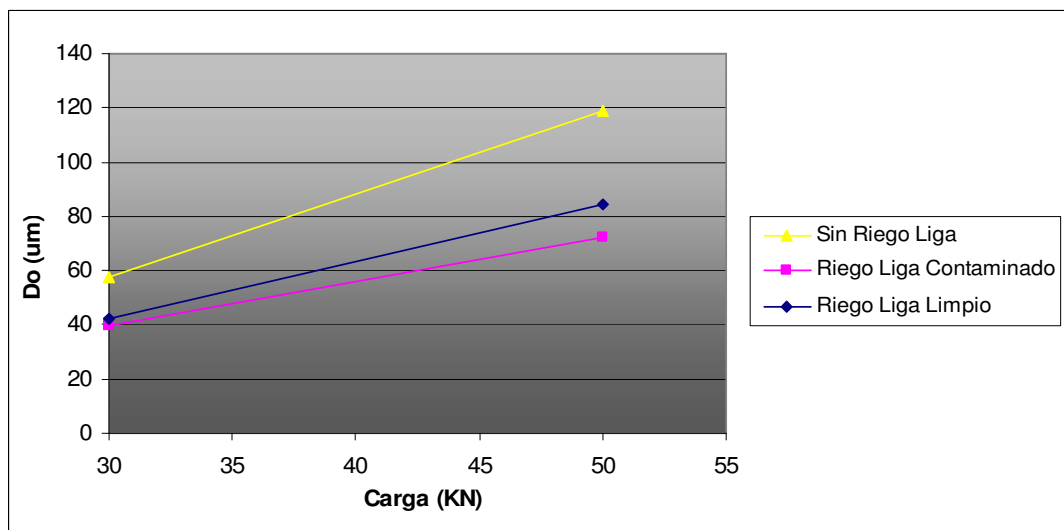


Grafico 53: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 8 cm intervalo 3



Intervalo 4 T promedio Pavimento: 43 ° C

Los valores promedios para distintas cargas son indicados en la siguiente tabla

Tabla 17: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 5 cm intervalo 4

espesor 5 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	68	140
riego liga contaminado	58	100
riego liga limpio	44	87

Tabla 18: Valores promedio Do para distintas cargas, espesor capa superficial 8 cm intervalo 4

espesor 8 cm		
tipo riego	carga (KN)	
	30	50
sin riego liga	62	126
riego liga contaminado	43	84
riego liga limpio	44	91

Grafico 54: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 5 cm intervalo 4

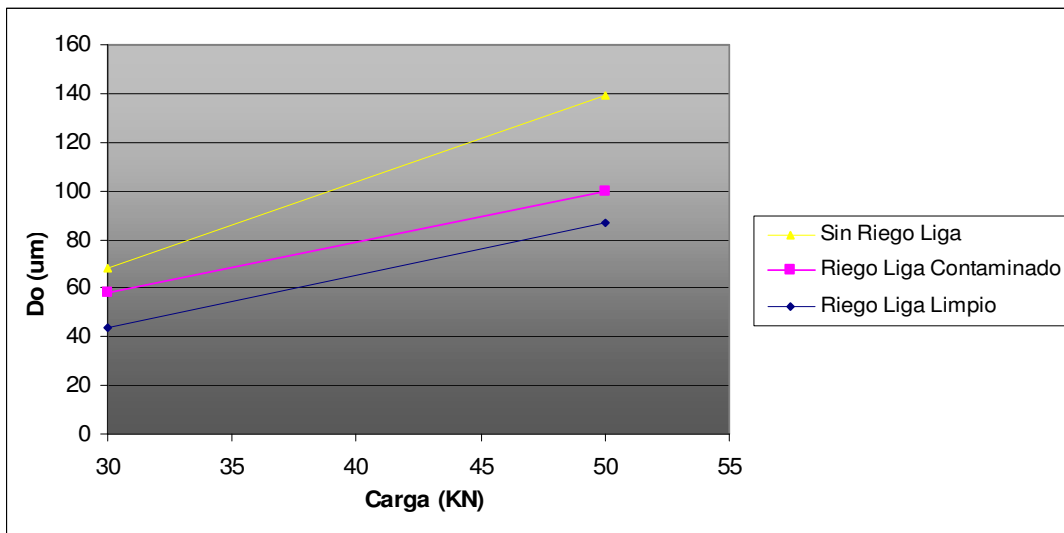
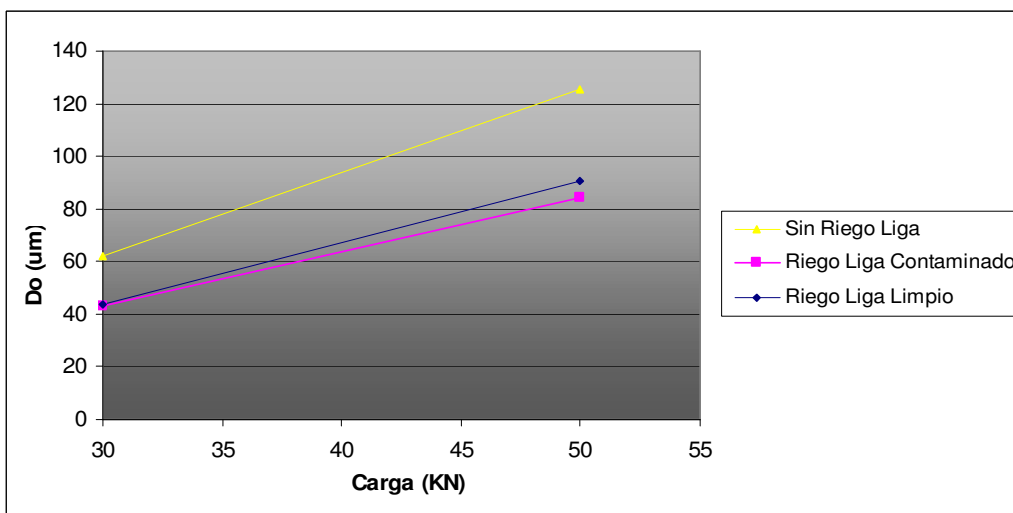


Grafico 55: Valores Do promedio V/S carga, para espesor de capa superficial e = 8 cm intervalo 4



Al comparar los valores de los valores Do para distintos temperatura promedio se obtiene las siguientes tablas y gráficos:

Tabla 19: Valores promedio Do para distintas temperaturas promedios:

Tipo riego	espesor (cm)	Carga (KN)	T Pav				
			19,7	21,6	22,8	31,1	43
Sin riego	5	30	84	79	110	84	68
Sin riego	5	50	157	150	180	160	140
Sin riego	8	30	56	55	60	58	62
Sin riego	8	50	137	112	105	119	126
Riego Contaminado	5	30	55	49	60	55	58
Riego Contaminado	5	50	98	81	103	100	100
Riego Contaminado	8	30	41	37	47	40	43
Riego Contaminado	8	50	88	61	79	72	84
Riego Limpio	5	30	43	43	54	45	44
Riego Limpio	5	50	87	84	87	79	87
Riego Limpio	8	30	40	39	49	42	44
Riego Limpio	8	50	82	87	85	85	91

Grafico 56: Valores Do V/S temperatura para carga 30 KN espesor 5 cm.

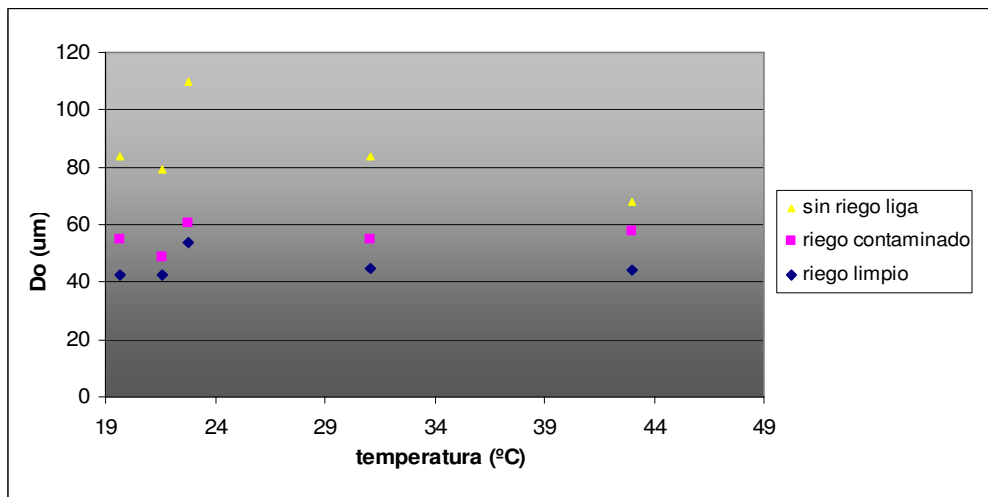


Grafico 57: Valores Do V/S temperatura para carga 50 KN espesor 5 cm.

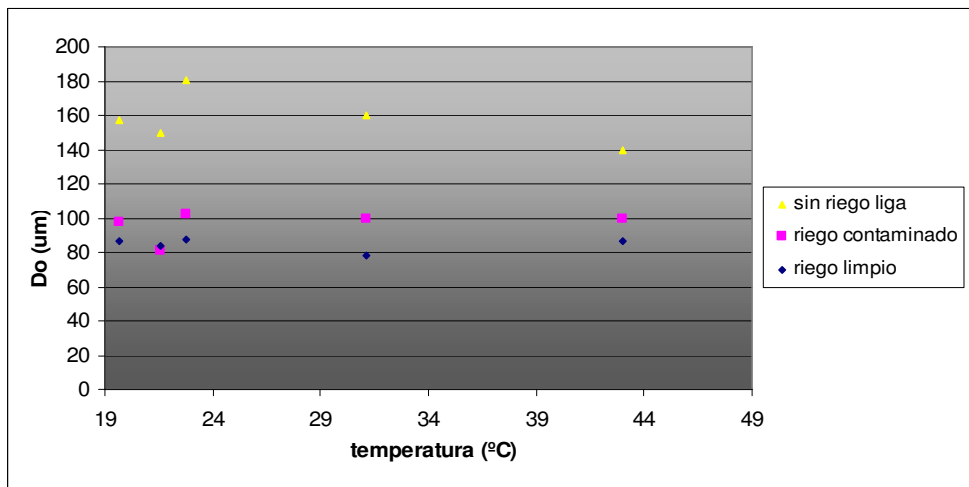


Grafico 58: Valores Do V/S temperatura para carga 30 KN espesor 8 cm.

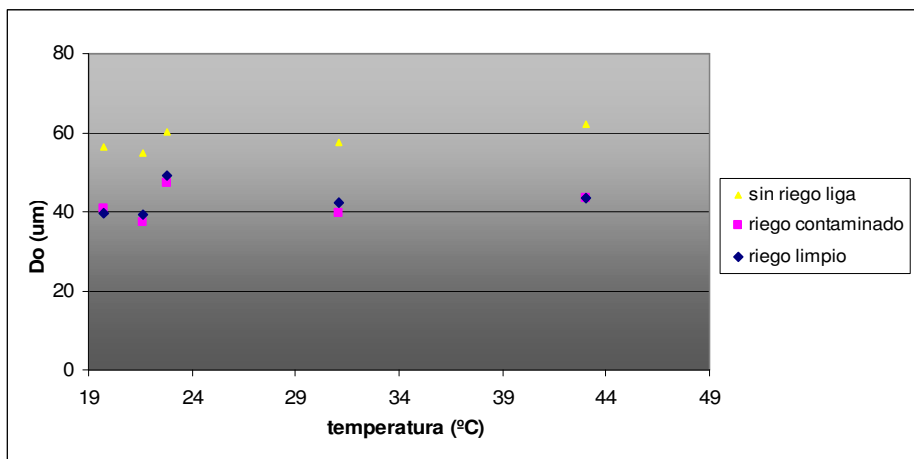
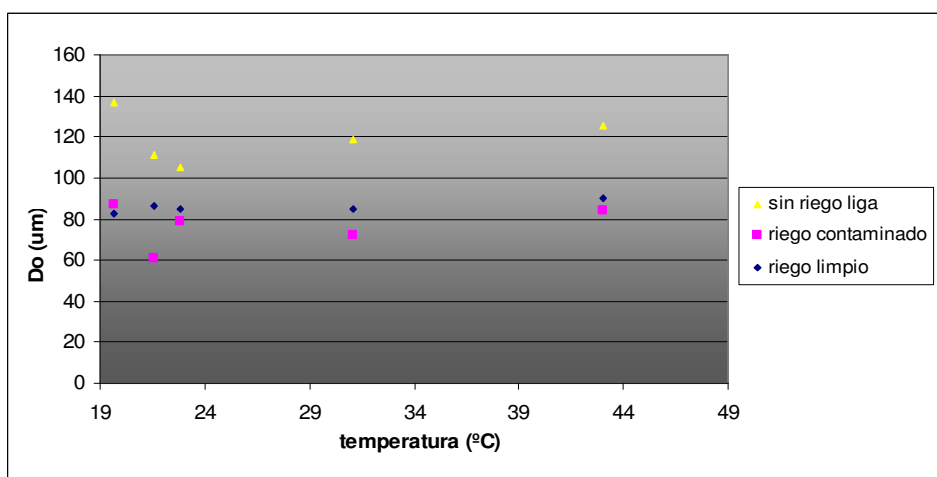
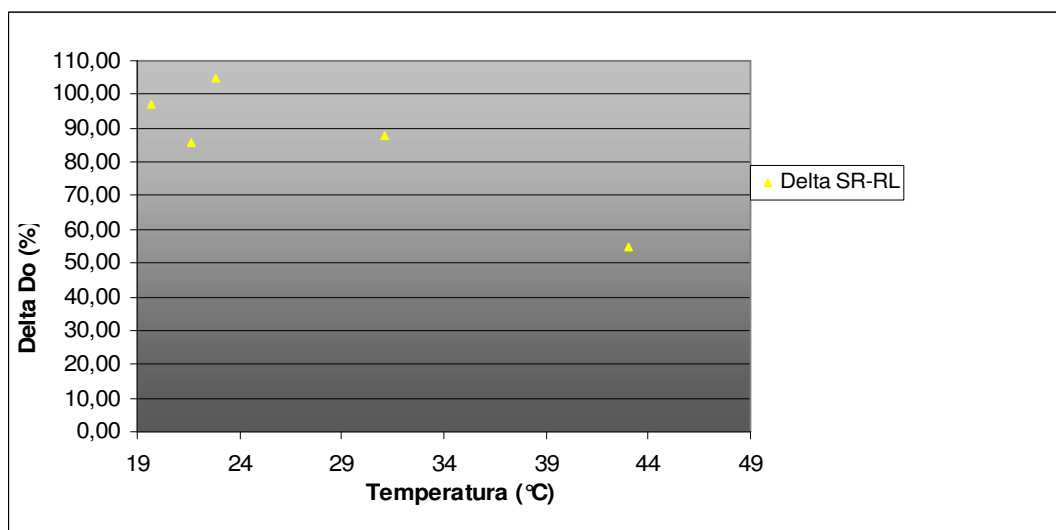


Grafico 59: Valores Do V/S temperatura para carga 50 KN espesor 8 cm.



Al analizar Delta Do entre tramo con y sin riego liga para una misma carga nominal y espesor capa superficial, en función de la temperatura no se aprecia una tendencia clara como se muestra en el siguiente grafico.

Grafico 60: Delta Do V/S temperatura para e =5 cm y carga 30 KN.



Al analizar Delta Do entre tramo con y sin riego liga para una misma temperatura y espesor capa superficial, y en función de la carga nominal no se aprecia una tendencia clara como se muestra en los siguientes gráficos.

Grafico 61: Delta Do V/S carga para $e = 8$ cm, mediciones LNV, T promedio pav $22,8$ °C.

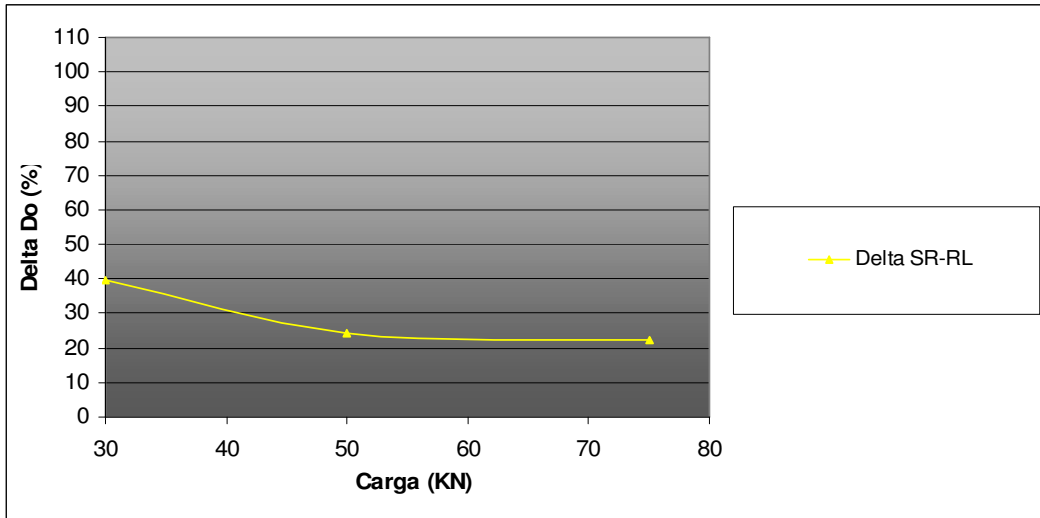
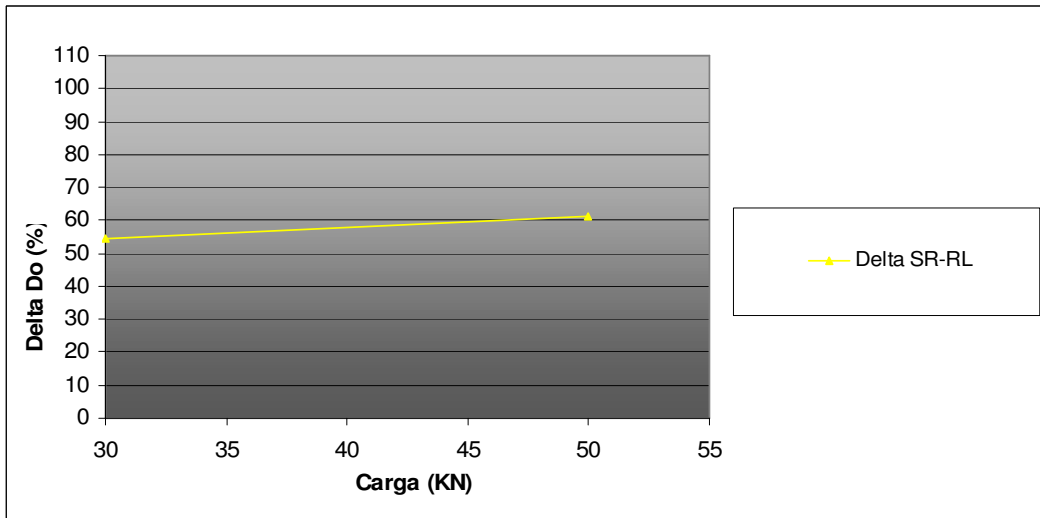


Grafico 62: Delta Do V/S carga para $e = 5$ cm, intervalo4, T promedio pav 43 °C.



Al analizar Delta Do entre tramo con y sin riego liga para una misma temperatura y carga nominal, y en función del espesor de la capa superficial una tendencia clara como se muestra en los siguientes gráficos

Grafico 63: Delta Do V/S espesor para 30 KN, intervalo 2, T promedio pav 21,6°C.

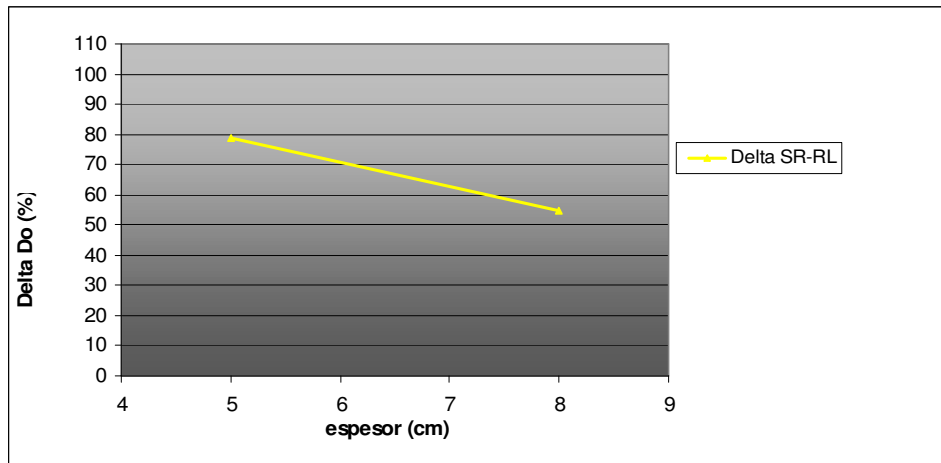


Grafico 64: Delta Do V/S espesor para 30 KN, intervalo 3, T promedio pav 31.1°C.

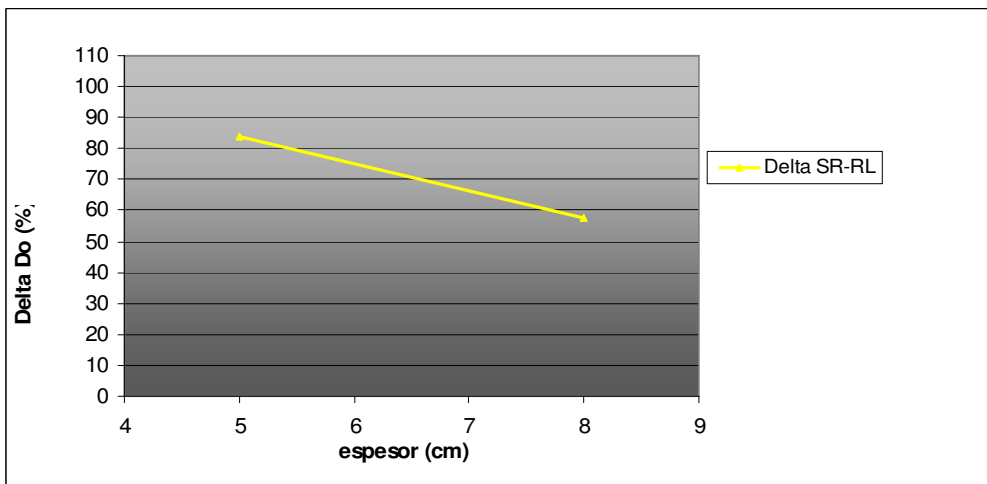
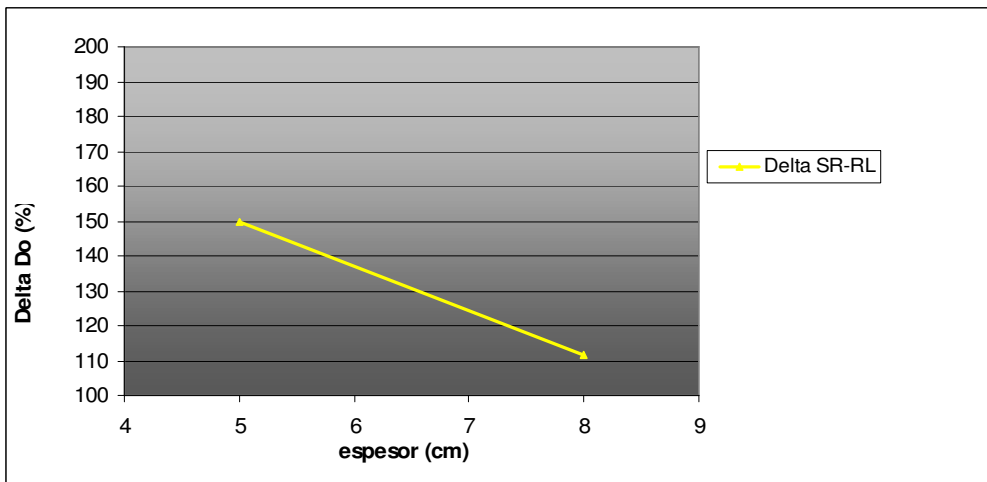


Grafico 65: Delta Do V/S espesor para 50 KN, intervalo 2, T promedio pav 21.6°C.



4.2 Cálculo de Parámetro de rigidez método AASTHO:

Se realizará el análisis para las deflexiones de las pistas sobre la base granular, obtenidas por el deflectómetro facilitados por Gauss S.A.

Para este instrumento, se analizará en distintos intervalos de temperatura el valor de estos parámetros indicados en el anexo J.

A continuación se ven los resultados para cada intervalo de medición.

1º intervalo de medición 7:00 T promedio Pavimento 19,7°C

Tabla 20: Cálculo de parámetro de rigidez método AASTHO 1º intervalo de medición:

T promedio pavimento 19,7°C						
Tramo	MR (Mpa)	DS	EP (Mpa)	DS	NE (cm)	DS
Sin Riego Liga	311	31	488	56	6,3	0,2
Riego Liga Contaminado	265	2	1157	7	8,4	0,0
Riego Liga Limpio	346	12	1219	99	8,6	0,2

Grafico 66: Módulo efectivo de las capas intervalo medición 1

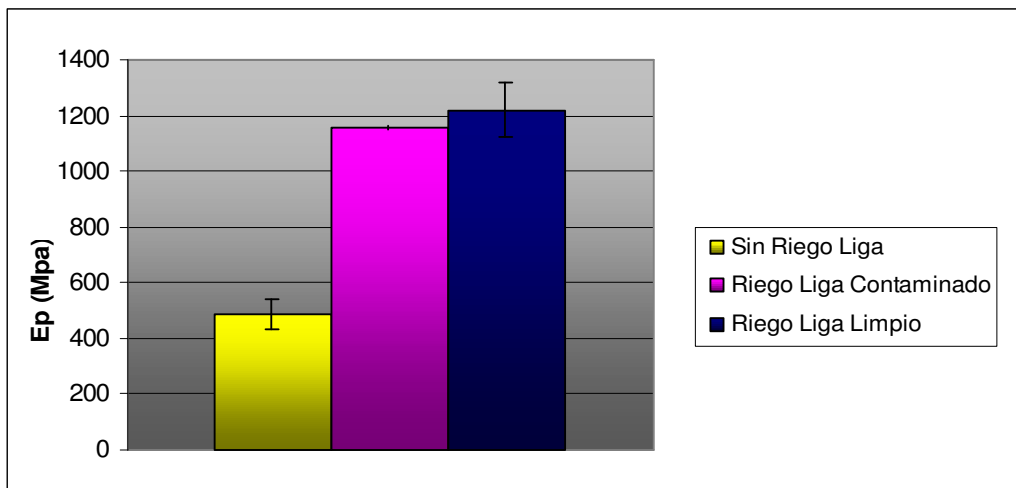
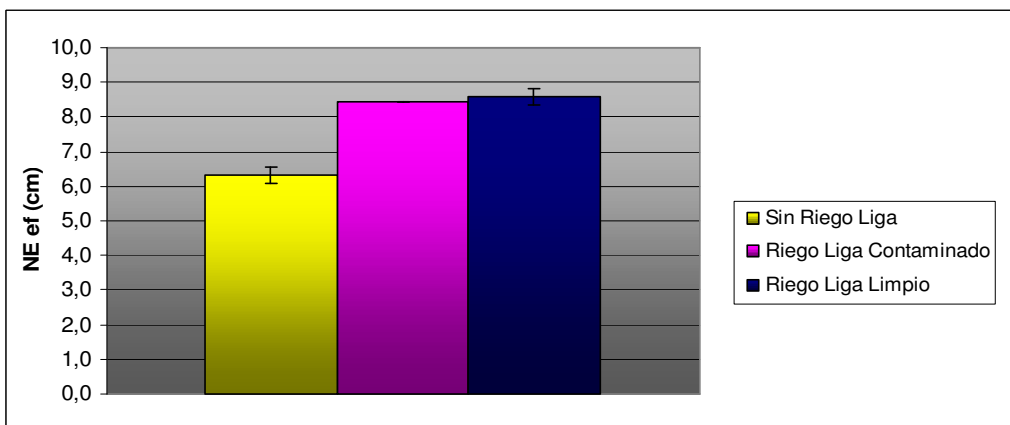


Grafico 67: NE efectivo intervalo medición 1



2º intervalo de medición 8:30 T promedio pavimento 22,7°C

Tabla 21: Cálculo de parámetro de rigidez método AASTHO 2º intervalo de medición:

T promedio pavimento 22,7°C						
Tramo	MR (Mpa)	DS	EP (Mpa)	DS	NE (cm)	DS
Sin Riego Liga	311	31	488	56	6,3	0,2
Riego Liga Contaminado	247	18	1081	84	8,2	0,2
Riego Liga Limpio	346	12	1219	99	8,6	0,2

Grafico 68: Módulo efectivo de las capas intervalo medición 2

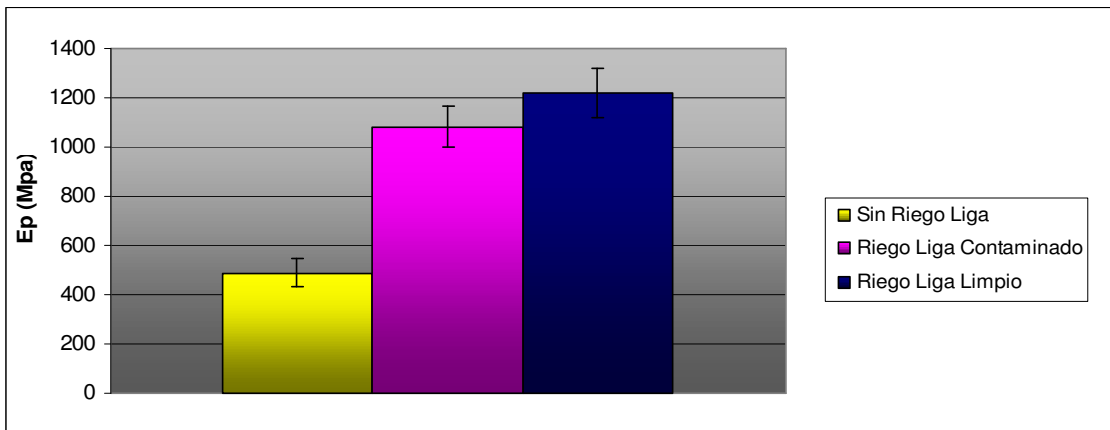
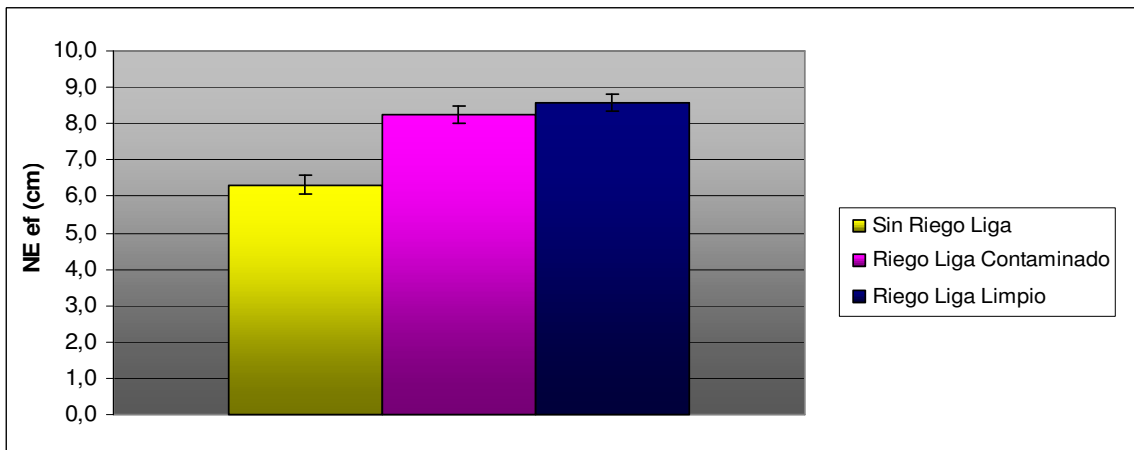


Grafico 69: NE efectivo intervalo medición 2



3º intervalo de medición 10:30 T Promedio pavimento 31,1 °C

Tabla 22: Cálculo de parámetro de rigidez método AASTHO 3º intervalo de medición:

T promedio pavimento 31,1°C						
Tramo	MR (Mpa)	DS	EP (Mpa)	DS	NE (cm)	DS
Sin Riego Liga	298	25	483	34	6,3	0,1
Riego Liga Contaminado	249	16	830	36	7,6	0,1
Riego Liga Limpio	326	11	938	59	7,9	0,2

Grafico 70: Módulo efectivo de las capas intervalo medición 3

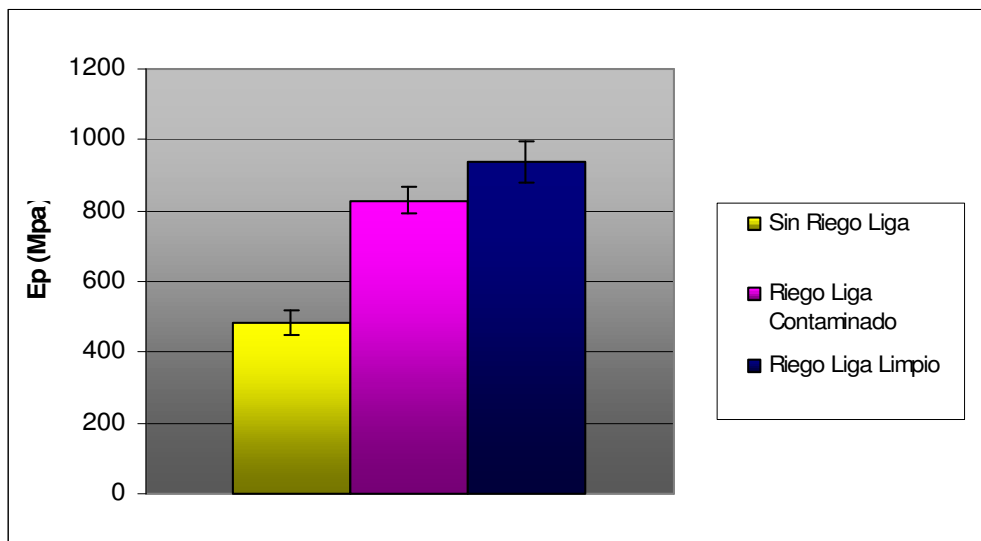
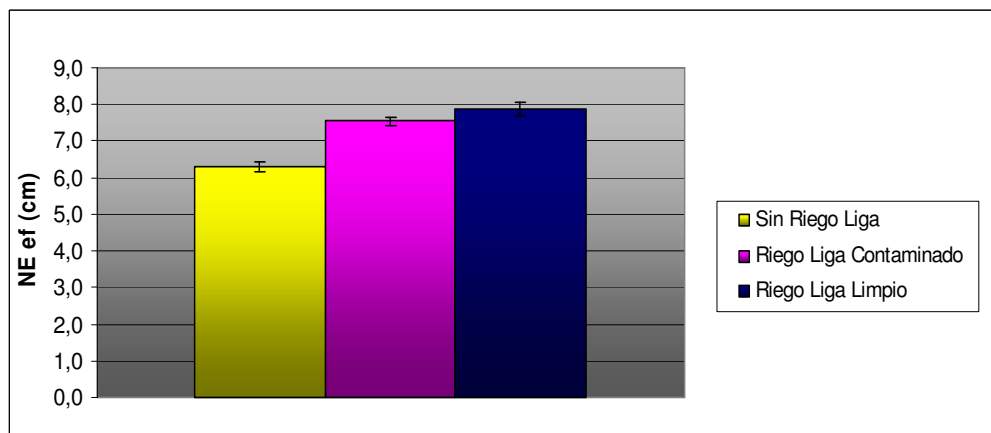


Grafico 71: NE efectivo intervalo medición 3



4º intervalo de medición 10:30 T Promedio pavimento 43,1 °C

Tabla 23: Cálculo de parámetro de rigidez método AASTHO 4º intervalo de medición:

T promedio pavimento 43,1°C						
Tramo	MR (Mpa)	DS	EP (Mpa)	DS	NE (cm)	DS
Sin Riego Liga	282	22	401	30	5,9	0,1
Riego Liga Contaminado	245	16	600	107	6,8	0,4
Riego Liga Limpio	328	9	732	40	7,2	0,1

Grafico 72: Módulo efectivo de las capas intervalo medición 4

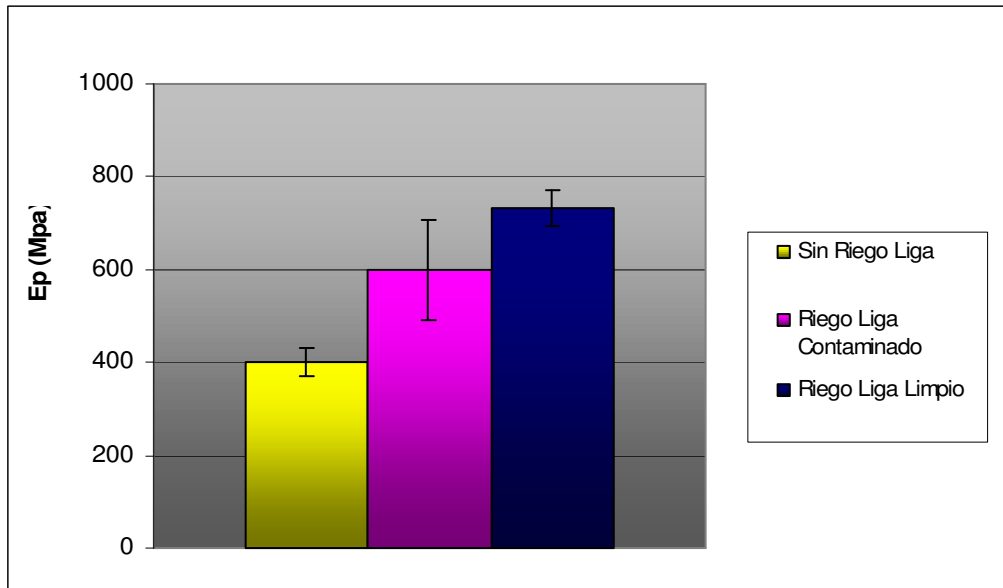
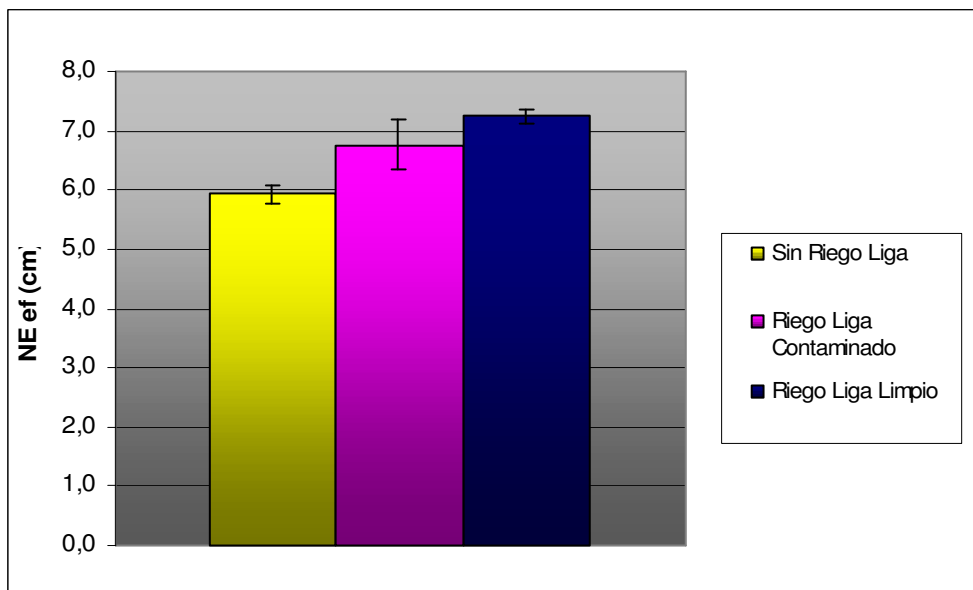
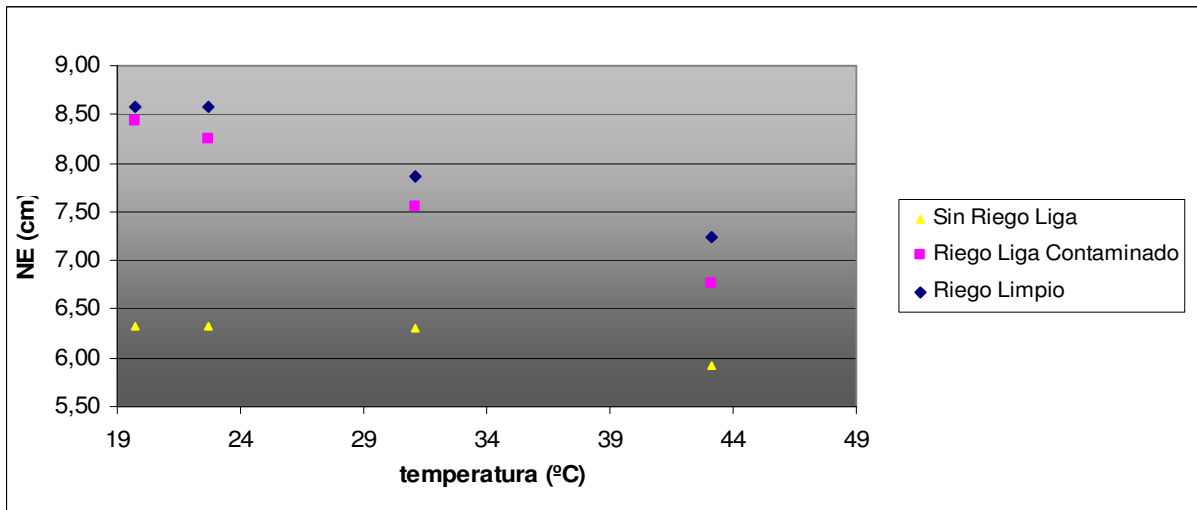


Grafico 73: NE efectivo intervalo medición 4



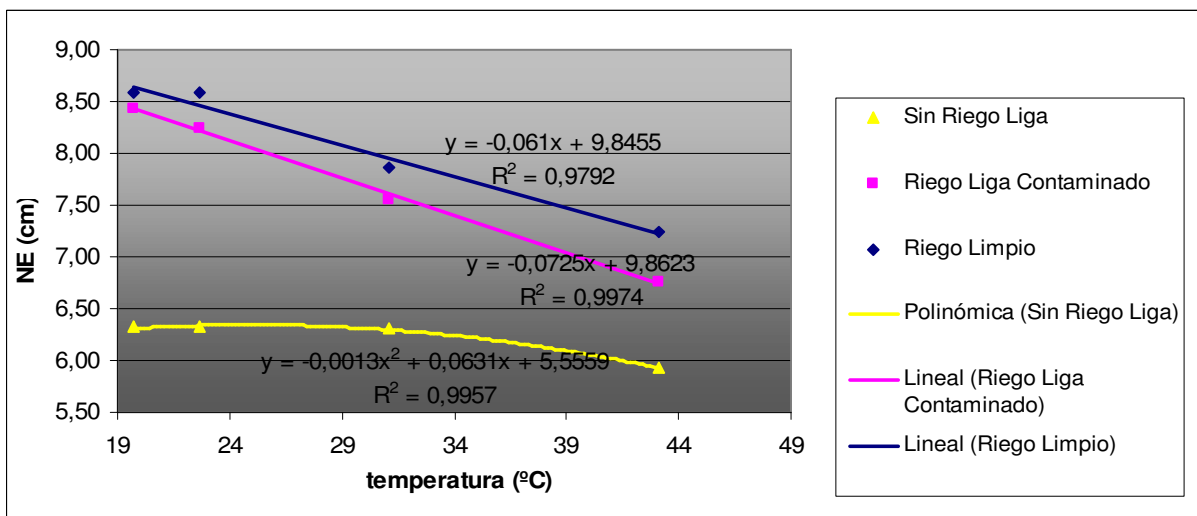
Al comparar el valor del número estructural en función de la temperatura promedio de cada intervalo de medición se obtiene el siguiente grafico.

Grafico 74: Curva NE V/S Temperatura



Al aplicar regresión más representativa para cada tramo con distinta adherencia se obtiene las siguientes curvas:

Grafico 75: Curva NE V/S Temperatura aplicada regresión lineal

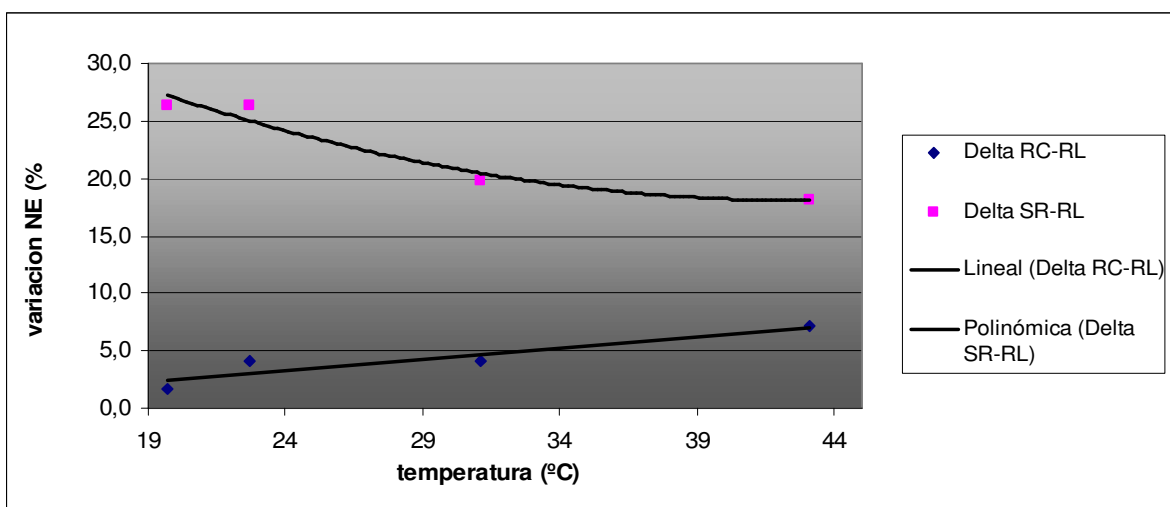


Al comparar las variaciones del número estructural entre tramos riego limpio – riego contaminado y riego liga limpio- sin riego liga, se obtiene los siguiente datos.

Tabla 24: Variación porcentual de valores del NE para distintos intervalos de medición:

Delta %			
intervalo	T Pav	RL-RC	RL-SR
1	19,7	1,7	26,36
2	22,7	4,1	26,36
3	31,1	4,2	19,86
4	43,1	7,1	18,18

Grafico 76: Variación porcentual del NE V/S temperatura



Al calcular el valor teórico del número estructural se tiene:

Tabla 25: Cálculo del número estructural teórico:

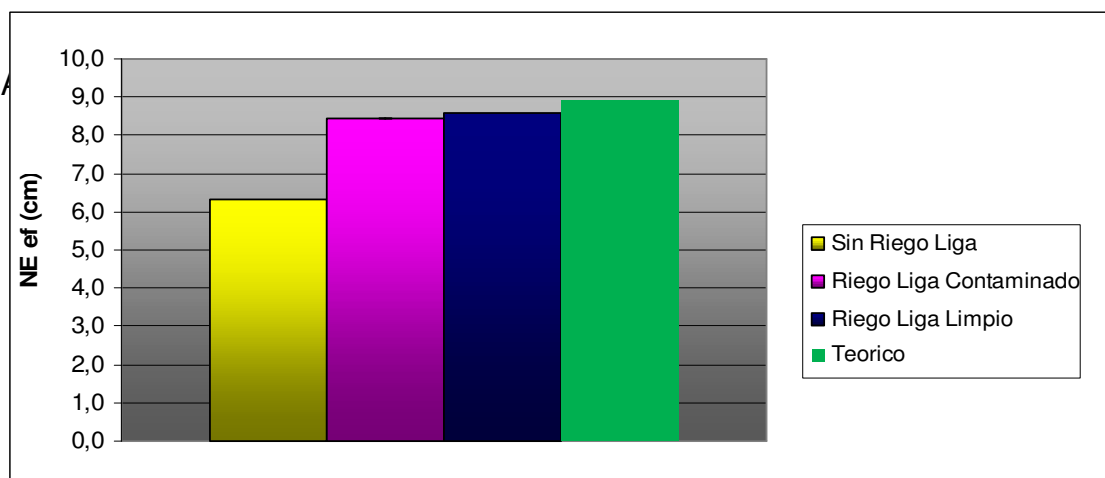
Numero estructural teorico		
espesor capas (cm)	ai	bi
5	0,43	
7	0,43	
22	0,13	1,3
valor NE teorico (cm)		8,9

Por lo tanto se tiene para 20 °C los siguientes valores del NE entre los distintos tramos:

Tabla 26: Valores del NE para 20 °C:

Tramo	NE (cm)
Sin Riego Liga	6,3
Riego Liga Contaminado	8,4
Riego Liga Limpio	8,6
Teorico	8,9

Grafico 77: Comparación de los valores del NE



Al analizar la variación porcentual con respecto al valor teórico se tiene la siguiente tabla:

Tabla 27: Variación porcentual con respecto a valor teórico:

Variacion Porcentual con respecto al NE teorico		
tramo	valor (%)	disminucion %
riego limpio	96,42	3,58
riego contaminado	94,80	5,20
sin riego de liga	71,01	28,99

5- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1- Análisis de deflexiones

a) Mediciones en pista sobre base granular:

Independiente del deflectómetro utilizado, carga nominal e intervalo de medición (el cual se define en función de una misma temperatura promedio del pavimento), se obtiene que:

- Los cuencos de las deflexiones de los puntos registrados, para un mismo tramo, con igual característica de adherencia, carga nominal e intervalo de medición, son semejantes, obteniéndose una baja dispersión para estas mediciones.
- Al comparar los valores promedios para los cuencos de deflexión, para distintos tramos, con distintas características de adherencia, bajo una misma carga nominal y en un mismo intervalo de medición se puede apreciar:
 - a) Una diferencia significativa del valor de las deflexiones máximas, para los distintos tramos con distintas características de adherencia.
 - b) Esta diferencia, se obtiene en los valores de las deflexiones de los sensores más próximos al plato de carga. Observándose las mayores deflexiones para el tramo sin riego liga, decreciendo estos valores, en el tramo con riego liga contaminado y finalmente, los menores valores en el tramo con riego de liga limpio.

b) Mediciones en pista sobre hormigón:

Independiente del deflectómetro utilizado, carga nominal, intervalo de medición y espesor de la capa superficial se observa que:

- A diferencia de lo observado en las mediciones registradas en la pista sobre base granular, el cuenco deflexiones en los puntos de un mismo tramo, con igual característica de adherencia, espesor de la capa superficial, bajo la misma carga nominal y el mismo intervalo de medición, se presenta una mayor dispersión deflexiones.
- Al comparar los valores promedios del cuenco de deflexiones, para distintos tramos, con distintas características de adherencia, bajo una misma carga nominal, un mismo intervalo de medición y el mismo valor del espesor de la capa superficial o de rodadura se aprecia:
 - a) Una diferencia significativa en el valor en las deflexiones entre los tramos con riego de liga y sin riego de liga.
 - b) A diferencia de lo observado en la pista sobre base granular, no se observa, en este caso diferencias significativas entre los tramos con riego de liga limpio y contaminado.

- c) Al igual que la pista sobre base granular, en la pista con espesor de capa superficial mayor de 8 cm, se observa que las diferencias de las deflexiones se presentan en los sensores más próximos al plato de carga. Obteniéndose también, los mayores valores de deflexión en el tramo sin riego de liga.
- d) Para el tramo con un espesor de capa superficial menor de 5 cm, la diferencia del valor de las deflexiones se mantiene para todos los sensores.

c) Conclusiones del análisis de deflexiones:

Al analizar las curvas de deflexiones se tiene que:

- Para la pista sobre base granular, se pueden utilizar los valores del cuenco de deflexiones (valor de las deflexiones más próximas al plato de carga), como un método inicial para distinguir zonas con distintas características de adherencia, independiente del deflectómetro utilizado, carga nominal y temperatura del pavimento.
- Para la pista sobre hormigón, el valor de las deflexiones se pueden utilizar sólo para diferenciar zonas con y sin riego de liga, sin poder distinguir aquellas zonas con riego de liga y niveles de adherencia deficiente, debido por ejemplo, a la contaminación de riego de liga.

5.2 -Comparación de valores de la deflexión máxima promedio:

a) Valores Do promedios en pista sobre base granular:

- Al comparar los valores de Do, se observan diferencias significativa en los sus valores promedios, entre las zonas con distinta características de adherencia, bajo una misma carga y un mismo intervalo. Presentándose mayores valores en el tramo sin riego de liga, disminuyendo en los tramos con riego de liga contaminado y obteniéndose los menores valores en el tramo con riego limpio.
- Esta tendencia se mantiene al variar la carga bajo un mismo intervalo de medición, como se aprecia en los gráficos de Do V/S carga.
- Porcentualmente la diferencia de los valores de Do (entre tramos con distintas características de adherencia) se mantienen relativamente constantes, para un mismo intervalo y distintas cargas. Indicando que bajo una misma temperatura, no influye de manera importante la carga que se utilice para comparar los valores de deflexión.
- Al comparar los valores promedios de Do V/S temperatura del pavimento bajo una misma carga nominal, se aprecia que independiente de la temperatura, se mantiene esta diferencia entre tramos con distintas características de adherencia.
- El gráfico de valores promedios de Do V/S temperatura del pavimento muestra una tendencia lineal, obteniendo una ecuación Do en función de la temperatura para los distintos grados de adherencia.
- Al comparar las variaciones de los valores de Do, entre tramos con distinta característica de adherencia, en función de la temperatura se aprecia:
 - a) Independiente de la carga nominal, la diferencia de Do entre zonas con riego liga limpio y contaminado, a diferentes temperaturas, no presentan variaciones significativas.
 - b) En cambio, independiente de la carga nominal y a mayor temperatura, la diferencia de los valores de Do entre zonas sin riego liga y riego liga limpio tiende a disminuir esta variable.

b) Valores Do promedios en pista sobre hormigón:

Independiente del deflectómetro utilizado, carga nominal, intervalo de medición y espesor de capa superficial se tiene que:

- Los valores promedios para Do, bajo una misma carga, el mismo intervalo de medición e igual espesor de la capa de rodadura, presentan una diferencia significativa de estos valores solo entre las zonas con y sin riego de liga, presentando los tramos sin riego de liga los mayores valores de Do. En cambio la diferencia entre zonas con riego de liga limpio y contaminado no se percibe claramente en este caso.
- Las tendencias antes mencionadas, se mantienen al variar la carga bajo un mismo intervalo de medición y espesor de la capa de rodadura, como se aprecia en los gráficos de Do V/S carga. Además, la diferencia de Do entre los tramos a igual temperatura pero en función de la carga, no presentan una variación porcentual clara, por lo tanto, igual que en la pista sobre base granular, no influirá considerablemente la carga de impacto aplicada para cuantificar diferencias de adherencia, entre los distintos tramos.
- Al comparar los valores promedios de Do V/S temperatura del pavimento bajo una misma carga nominal y espesor de la capa superficial, se aprecia la misma tendencia anterior.
- Al analizar las variaciones de los valores de Do en función de la temperatura del pavimento, se aprecia que, a diferencia de la pista sobre base granular, no se distingue un comportamiento claro en relación de la carga de ensayo aplicada.
- En cambio, la influencia del espesor de la capa superficial se aprecia en las variaciones de Do entre tramos con distintas características de adherencia. Obteniendo mayores valores en la zona con el espesores de 5 cm.

c) Conclusiones a partir de los valores de Do promedio:

Al analizar los valores de Do promedio se tiene:

- Esta variable se puede utilizar para detectar zonas con distintas características de adherencia, presentando los mismos comportamientos vistos en el análisis de deflexiones.
- En la pista sobre base granular, se distinguen respuestas distintas para los tres tipos de riego de liga, presentándose los mayores valores de esta variable en las zonas sin riego de liga, menores valores el tramo con riego liga contaminado y los más bajos en la zona con riego de liga limpio. Independiente de la carga nominal, temperatura promedio del pavimento y deflectómetro utilizado.
- En cambio, para la pista sobre Hormigón, sólo se distinguen claramente tramos sin riego y con riego. Obteniendo mayores valores de esta variable para el primer caso. No se puede distinguir claramente, los distintos niveles de adherencia para una superficie con riego de liga, independiente de la carga nominal, temperatura del pavimento, espesor de la capa superficial y deflectómetro utilizado.
- Al analizar la variación de Do para ambas pistas, en función de la carga y a una temperatura promedio constante, entre tramos con distintas características de adherencia, no se presentan variaciones relevantes. Por lo que el factor de carga nominal no es un factor relevante para detectar zonas con distintas características de adherencia.
- Para las mediciones en la pista sobre base granular, la temperatura es un factor que influye en la variación de los Do entre zonas con riego de liga limpio y sin riego para carga constante. Observándose que a mayor temperatura, menor es la diferencia entre estos valores, por lo tanto, se debe considerar este factor cuando se utilice esta variable. En cambio, la diferencia entre zonas con riego de liga limpio y riego contaminado se mantienen relativamente constantes, en función de la temperatura. En este caso, no es un factor determinante a considerar.
- En la pista sobre hormigón, no se puede obtener un comportamiento claro sobre cómo afecta la temperatura en las variaciones de Do entre los distintos tramos. A diferencia con el espesor de la capa superficial, el cual es un factor a considerar, ya que en aquellos tramos con mayor espesor, la diferencia de los valores de Do entre tramos sin riego de liga y con riego de liga limpio son menores.

5.3- Análisis de parámetros de rigidez calculados por método AASTHO:

a) Valores de parámetros de rigidez:

Se analizan las mediciones del deflectómetro de GAUSS S.A, en la pista sobre base granular debido a:

- Para este instrumento se compararon las distintas mediciones a diferentes temperaturas.
- Solo en esta pista, se pueden diferenciar los tres casos de tipo de adherencia.

Se obtuvieron los siguientes parámetros de rigidez: módulo equivalente y número estructural, apreciándose que:

- Independiente del valor de la temperatura, se mantienen diferencias significativas como se apreciaba en los análisis anteriores, entre los tramos con distinta adherencia entre las capas, obteniéndose en este caso:
$$E_p \text{ sin riego} < E_p \text{ riego contaminado} < E_p \text{ riego limpio.}$$
$$NE \text{ sin riego} < NE \text{ riego contaminado} < NE \text{ riego limpio.}$$

Al analizar la influencia de la temperatura en el número estructural como se muestra en el grafico NE V/S Temperatura, se aprecia que:

- Se mantiene la tendencia anterior, con respecto a la diferencia entre los Números estructurales con distintas características de adherencia.
- Al aumentar la temperatura, disminuyen los números estructurales para los tramos con riego limpio y riego contaminado. En cambio para el caso sin riego de liga se aprecia que se mantiene constante este valor.

Para la diferencia entre tramos de diferentes grados de adherencia, como se ve en grafico de Delta NE V/S Temperatura se aprecia:

- Al aumentar la temperatura, se presenta un leve aumento porcentual de la diferencia entre tramos con riego limpio y riego contaminado.
- En cambio, al aumentar la temperatura disminuye porcentualmente la diferencia entre tramo sin riego de liga y riego limpio.

Al comparar los valores de los números estructurales con respecto al valor teórico, el cual depende de la configuración de las capas, se valida la diferencia observada entre los tramos con distintas características de adherencia, obteniéndose menores valores de esta variable en aquellos tramos con menor calidad de unión entre las capas.

b) Conclusiones del cálculo del NE:

- Para este parámetro se mantiene la misma tendencia antes mencionada, es decir, se puede utilizar esta variable para detectar en la pista sobre base granular, zonas con distintas características de adherencia.
- El factor de la temperatura influye, dado que a mayor temperatura es más fácil diferenciar las variaciones del NE entre zonas con riego limpio y contaminado. En cambio se aprecia una menor diferencia del Número Estructural entre zonas con riego limpio y sin riego al incrementarse la temperatura.
- Un aspecto importante a considerar es que los Números estructurales calculados en el tramo sin riego de liga, permanecen relativamente constantes. A diferencia de la tendencia lógica, que a mayor temperatura, menor es el número estructural, como puede apreciarse en las zonas con otras características de adherencia.
- La tendencia anterior se valida al comparar con un valor conocido que es el Número Estructural teórico, manifestando que aquellas zonas que presentan menor calidad de unión de las capas presentan menores valores del Número estructural.

6- CONCLUSIONES

Este trabajo analiza la utilización del deflectómetro de impacto (FWD) como método de auscultación del monolitismo para pavimentos asfálticos multicapas, para lo cual, se construyeron pistas de prueba con diferente estructuración de capas y calidad de unión entre las capas de la carpeta asfáltica.

Se realizaron una serie de mediciones con el deflectómetro de impacto para distintos equipos, rangos de carga de impacto y valores de temperatura del pavimento, obteniéndose para esta configuración y características de capas de las pistas de prueba las siguientes conclusiones:

- El deflectómetro de impacto es una herramienta que permite, controlando algunas variables, determinar zonas con distintas características de adherencia, entre capas de la carpeta evaluada, independiente del equipo utilizado, temperatura del pavimento y carga utilizada.
- En la pista construida sobre hormigón (recapado), se pueden diferenciar sólo zonas con y sin riego de liga. En cambio, en la pista sobre base granular, además, se pueden distinguir en zonas con riego de liga, distintos grados de adherencia.
- Para poder distinguir los diferentes grados de adherencia, se analizan en este estudio diversas variables como: cuenco deflexiones, valor de la deflexión máxima bajo el plato de carga y número estructural, las cuales permiten detectar zonas con distintos grados de adherencia.
- Del análisis de los cuencos de deflexiones, se obtiene que los valores de las deflexiones máximas permiten detectar zonas con diferente calidad de unión de las capas asfálticas, y estas son inversamente proporcionales con la calidad de unión.
- Se observó que los valores promedios de las deflexiones máximas son inversamente proporcionales a la calidad de unión de las capas. Al analizar la diferencia de estos valores, se obtiene que para la pista sobre base granular, al aumentar la temperatura disminuye la diferencia entre tramos con riego limpio y sin riego. En cambio, en la pista sobre hormigón, al aumentar el espesor de la capa superficial disminuye la diferencia entre tramos con y sin riego de liga.
- Los valores del número estructural, independiente de la temperatura, son directamente proporcionales a la calidad de unión de las capas asfálticas. Con respecto a las variaciones de esta variable, la temperatura es directamente proporcional a la diferencia entre riego limpio y riego contaminado e inversamente proporcional a la diferencia entre riego limpio y sin riego.

- De las variables estudiadas, dado sus características, se puede utilizar el Número Estructural para detectar zonas con distintos grados de adherencia, definiendo una metodología preliminar de auscultación para un pavimento asfáltico multicapas, la que consiste en:
 - 1.- Realizar mediciones con el deflectómetro de impacto en el pavimento a auscultar.
 - 2.- A partir de las deflexiones registradas, se debe calcular el Número Estructural y compararlo con el valor teórico.
 - 3.- Para aquellas zonas que posean mayores diferencias de este valor, se analizarán las adherencias de sus capas mediante un método destructivo, por ejemplo, extracción de testigo y ensayo a corte.
- A diferencia de los otros métodos no destructivos, esta metodología permite sectorizar un pavimento a auscultar en zonas con distintos grados de adherencia en forma mucho más rápida y en mayores superficies. Además, este instrumento posee otras funciones asociadas a la auscultación de un pavimento, por lo tanto, su utilización posee más ámbitos de aplicación.
- Se recomienda para estudios posteriores:
 1. Analizar las diferencias registradas para distintas configuraciones de las capas asfálticas.
 2. Estudiar el efecto de menores valores de temperaturas que las utilizadas en este estudio, para la detección de zonas con distintos grados de adherencia.
 3. Analizar en forma detallada, la influencia de las distintas características de adherencia de las capas asfálticas, en el valor de los módulos estructurales.

BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez, C. 2007. "Estudio experimental de la adherencia entre capas en la construcción de carpetas asfálticas en caliente". Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Universidad de Chile.
2. Aravena, C. 2009. "Validación de un método de impacto para verificar el monolitismo en pavimentos asfálticos multicapas". Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Universidad de Chile.
3. Claros, G; Rand, D. 2006. "Tack coat field acceptance criterion". Center for Transportation Infrastructure Systems The University of Texas at El Paso.Texas. project Sumary Report.
4. Gazaué, S. 1999. "Efecto de la presencia de terraplenes en el módulo resiliente para el diseño de pavimentos flexibles". Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Universidad de Chile.
5. Gazitúa, F. 1999. "Módulos resilientes, comparación de determinaciones de laboratorio y terreno". Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Universidad de Chile.
6. Gomba, S. 2004. "Evaluation of interlayer bonding in hot mix asphalt pavement". Thesis of Master of Science Degree, the Graduate School, Rowan University.
7. Manual de carreteras, Volumen N° 5: Especificaciones técnicas generales de construcción. Ministerio de Obras Públicas, Chile. Diciembre 2003
8. Manual de carreteras, Volumen N° 8: Especificaciones y Métodos de muestreo, ensayo y control. Ministerio de Obras Públicas, Chile. Diciembre 2003
9. Roberts; Kandhal; Brown; Lee y Kennedy. "Hot mix Asphalt materials, mixture design and construction"
10. Roffe, J; Chaignon, F. 2002."Characterization Tests on Bond Coast: Worldwide Study, Impact, Tests and Recommendations". 3º International Conference Bituminous Mixtures and Pavements, Thessaloniki.
11. Sargiorgi,C; Collop, A; Thom, N.2003."A non-destructive impulse hammer for evaluating the bond between asphalt layer in a road pavement". International Symposium non-destructive Testing in Civil Engineering 2003
12. Vargas, P. 2008. "Estudio experimental de soluciones de construcción para asegurar la adherencia entre capas asfálticas". Memoria para optar al título de Ingeniero civil. Universidad de Chile.
13. West, R; Zhang, J; Moore,J. 2005."Evaluation of bond strength between pavement layers". National Centre of asphalt Technology. Alabama. NCAT Report 05-08.

ANEXO A PISTA DE HORMIGON COMPACTADO POR RODILLO (HCR)

Base Hormigón Compactado con Rodillo (HCR)

Fecha de construcción: 4 de Diciembre 1988

Longitud: 100 metros.

Ancho: 4 metros.

Base estabilizada: 15 cm.

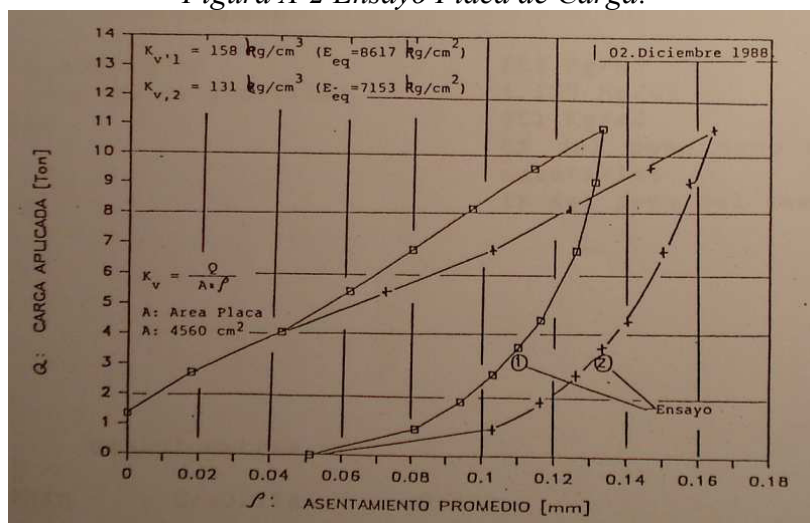
Espesor H.C.R.: 22 cm.

I-Mecánica de suelos correspondiente a la subrasante y material de base Granular en pavimento HCR.

Tabla A- 1 Estratigrafía y material base granular

Muestra N°		1	1	1	1	2	2	Base Granular
Horizonte cota (m)		0,2	0,4	0,53	0,6	0,21	0,44	
Granulometría (% en peso que pasa)								
Tamaño Malla ASTM N°	3"							
	2 1/2"							
	2"							
	1 1/2"				100	100		100
	1"	100			97,9	98,7		84,2
	3/4"	99,4		100			100	69,9
	3/8"	98,7	100	97,9	91,5	98,2	97	51,5
	4	97,4	99,6	97,7	87,6	97,9	92,6	41,5
	10	96,9	99	96	82,1	96,4	87,8	34,6
	20	95,1	97,5	93,2	76,3	94,6	82,1	28,6
	40	92,2	94,9	90,2	72,8	92,1	78,9	20,3
	60	89,7	92,5	87,7	70,2	89,3	76,5	14,2
200	78,7	82,7	76,9	61,6	75,8	67,4	9	
Limite Liquido (%)		32	42	41	39	27	49	18
Limite Plastico (%)		17	18	18	21	18	21	-
Indice Plasticidad (%)		15	25	21	18	9	28	NP
Clasificación AASTHO		A-6	A-7	A-7	A-6	A-4	A-6	A-1-a
Clasificación USCS		CL	CL	CL	CL	CL	CL	GP-GM

Figura A-2 Ensayo Placa de Carga:



II- Composición del hormigón HCR:

Tabla A-2 Dosificación

Dosificación	
Cemento Corriente	260 Kg/m ³
Arena (con 9% gravilla)	1159 Kg/m ³
Gravilla	951 Kg/m ³
Agua	6 % del peso seco de los materiales
Aditivo	1 % del peso del cemento

Tabla A-3 Granulometría

Granulometría		
ASTM	Gravilla	Arena
1 1/2"		
1"	100	
3/4"	99	
1/2"	66	
3/8"	32	100
Nº4	2	88
8		76
16		52
30		21
50		8
100		2

Producción del hormigón: Planta dosificadora y mezcladora.

Transporte: Camiones tolva.

Distribución y colocación: distribuido en una sola capa con motoniveladora.

Curado: membrana química.

ANEXO B DATO DE DISEÑO DE MEZCLA

LACEM S.A.

Laboratorio Control y Ensayes de Materiales
Institución Oficial de Control Técnico, Resolución MINVU N° 1695 del 30 de Mayo del 2006.

Informe N°	75513
Fecha de emisión	01.02.08
Página	4 de 4

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA

RESULTADOS

IV.- PARAMETROS MARSHALL (75 golpes)						exigencias
C.A. 24 (% ref. ag.)	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Densidad (kg/m ³)	2,307	2,320	2,323	2,318	2,312	
Huecos en la mezcla	6,4	5,2	4,5	4,1	3,7	3 - 5
V.A.M (%)	15,8	15,7	16,0	16,6	17,2	min. 13
Huecos Llenos (%)	59,3	66,6	72,0	75,5	78,6	
Fluencia (0,01")	9,8	11,9	12,5	13,8	15,3	8 - 14
Estabilidad (N)	10,944	12,607	12,975	12,481	11,792	9.000 - 14.000
Relac. Estab/Fluencia (kg/cm)	4,553	4,320	4,232	3,688	3,143	2.400 - 4.300
Según L.N.V. - 46:						
Optimo por estabilidad	:	5,5				
Optimo por densidad	:	5,5				
Optimo para 4,5% de huecos	:	5,5				
Optimo a usar	:	5,5 +/- 0.3				
V.- MEZCLA DE TRABAJO						
Granulometría (% en peso que pasa)			Banda de Trabajo			
tamiz de 25 mm (1")			100			
tamiz de 20 mm (3/4")			95	100		
tamiz de 12.5 mm (1/2")			88	98		
tamiz de 10 mm (3/8")			75	85		
tamiz de 5 mm (N° 4)			55	65		
tamiz de 2.5 mm (N° 8)			34	42		
tamiz de 1.25 mm (N° 16)			24	32		
tamiz de 0.63 mm (N° 30)			16	22		
tamiz de 0.315 mm (N° 50)			10	16		
tamiz de 0.16 mm (N° 100)			7	11		
tamiz de 0.08 mm (N° 200)			5	9		
Optimo C.A. 24 (% ref. ag.)			5,5 +/- 0,3			
Densidad Marshall (kg/m ³)			2,323			
Temp. de mezclado (°C)			165			
Temp. de compactación inicial (°C)			145			

OBSERVACIONES:

La dosificación de los áridos para efectos de la alimentación en frío debe variar de acuerdo a la dispersión de las granulometrías

LACEM S.A.
Laboratorio Control y
Ensayes de Materiales

CRISTIAN ALARCON BRAVO
Ingeniero Civil U.C.
Jefe de Área Asfaltos

AV. AMERICO VESPUCCIO 1392 - QUILICURA
FONO/FAX: 603 82 42 E-Mail: lacem@lacem.cl

ANEXO C SUELO DE FUNDACION Y CAPA GRANULAR



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



SISTEMA NACIONAL
DE ACREDITACION
Acreditación LE 304

Idiem

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

Inscripción MINVU
Res. Ex. N° 8414
del 17 de Septiembre de 2008

INFORME N°530.220

INFORME DE ENSAYO N° 530.220

FECHA DE EMISIÓN	19 de Noviembre del 2008	CONTROL N°	1
EMITIDO/ELABORADO POR	Sección Laboratorio de Geotecnia / Alejandra Sánchez		
REFERENCIA	Toma de muestras y ensayos físico-mecánicos de suelos.		
SOLICITANTE	SECCION PAVIMENTACION IDIEM		
DESTINATARIO	Sr. Juan Carlos Verdugo		
OBRA	Pistas de Prueba Cerrillos / Salomón Sack 840, Santiago.		
METODOLOGÍA	<p>NCh 164. Of.1976 Áridos para morteros y hormigones - Extracción y preparación de muestras MOP, Dirección de Vialidad, Manual de Carreteras (LNV 105). Determinación de la granulometría de suelos. NCh 1515. Of.1979 Mecánica de suelos - Determinación de la humedad. NCh 1532. Of.1980 Mecánica de suelos - Determinación de la densidad de partículas sólidas. NCh 1517/1. Of.1979 Mecánica de suelos - Límites de consistencia Parte 1: Determinación del límite líquido. (Método mecánico con acanalador ASTM). NCh 1517/2. Of.1979 Mecánica de suelos - Límites de consistencia Parte 2: Determinación del límite plástico. ASTM D 2487-06. Standard Classification of soils for engineering purposes (USCS). NCh 1534/2. Of.1979 Mecánica de suelos - Relaciones humedad/Densidad Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 kg y 460 mm de caída. Próctor modificado. ASTM D 4254-00. Minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density. ASTM D 4253-00. Maximum index density and unit weight of soils using a vibratory table. NCh 1852.Of.1981 Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio. NCh 1369. Of.1978 Áridos - Determinación del desgaste de las gravas - Método de la máquina de Los Angeles.* MOP, Dirección de Vialidad, Manual de Carreteras (LNV 3) Determinación de la cubricidad de partículas.* (*): Este ensayo se encuentra fuera del alcance de la acreditación LE 304</p>		
N° BOLETA	34713	N° DE OT DE LA MUESTRA	318
FECHA DE MUESTREO Y/O RECEPCIÓN	05 de Septiembre del 2008 (Inspector: César Coliqueo)		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 1	Material Existente		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA 2	Material Base		

ENSAYOS		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
GRANULOMETRÍA				
Fecha inicio		30-Sep-08	26-Sep-08	-
Fecha término		30-Sep-08	26-Sep-08	-
Sobretamaño (%)		-	-	-
Tamaño máximo (mm)		40	40	-
PORCENTAJE QUE PASA (%)				
ASTM	(mm)			
2 "	50	100	100	-
1 1/2 "	40	95	99	-
1 "	25	94	89	-
3/4 "	20	92	79	-
3/8 "	10	88	66	-
N°4	5	78	51	-
N°10	2	74	45	-
N°20	0,84	66	35	-
N°40	0,5	60	27	-
N°60	0,25	54	21	-
N°140	0,11	37	16	-
N°200	0,08	32	15	-
LÍMITES DE ATTERBERG				
Fecha inicio		23-Sep-08	22-Sep-08	-
Fecha término		24-Sep-08	24-Sep-08	-
Límite líquido (%)		-	22	-
Acanalador		ASTM	ASTM	-
Método		Mecánico	Mecánico	-
Límite plástico (%)		-	16	-
Índice de plasticidad		NP	6	-

Versión: 03 SLG-FOR-96

PLAZA ERCILLA 883 - Casilla 1420 - Santiago Fonos: (56-2) 9780646 - 9784796
Fax: (56-2) 9784797 e-mail: geotecnia@idiem.cl



Arica
Calama
Antofagasta
Viña del Mar



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



SISTEMA NACIONAL
DE ACREDITACIÓN
Acreditación LE 304

Idiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

Inscripción MINVU
Res. Ex. N° 6414
del 17 de Septiembre de 2008

INFORME N°530.220

PESO ESPECÍFICO			
Fecha inicio		22-Sep-08	22-Sep-08
Fecha término		23-Sep-08	23-Sep-08
Peso Específico		2,369	2,748
CLASIFICACIÓN USCS			
		SM	GC-GM
PROCTOR MODIFICADO			
Fecha inicio		01-Oct-08	-
Fecha término		01-Oct-08	-
Método		C	-
Humedad óptima	(%)	17,5	-
Densidad máxima seca	(g/cm ³)	1,568	-
Material retenido en 20 mm	(%)	7,7	-
Reemplazo	(%)	-	-
DENSIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA			
Fecha inicio		-	25-Sep-08
Fecha término		-	26-Sep-08
Tamaño Molde Utilizado	(cm ³)	-	14230
Método densidad mínima		-	A
Densidad seca mínima	(g/cm ³)	-	1,590
Método densidad máxima		-	2B
Frecuencia Utilizada	(Hz)	-	60
Densidad seca máxima	(g/cm ³)	-	2,356
CBR			
Fecha inicio		02-Oct-08	26-Sep-08
Fecha término		06-Oct-08	03-Oct-08
Inmersión		Sí	Sí
Número de Golpes		10 25 56	-
Humedad antes de la compactación	(%)	18,2 16,4 17,4	6,5
Densidad seca antes de la inmersión	(g/cm ³)	1,422 1,536 1,564	2,141
Humedad después de la inmersión	(%)	22,1 16,8 19,3	8,2
Densidad seca después de la inmersión	(g/cm ³)	1,421 1,539 1,567	2,147
Humedad a 25 mm	(%)	22,7 19,9 20,0	8,7
Sobrecarga	(kg)	5,140 5,048 5,097	5,109
Hinchamiento	(%)	-0,22 -0,20 0,09	-0,29
Porcentaje de CBR al 95% de Densidad Seca para 0,1" de Penetración	(%)	28	-
Porcentaje de CBR al 95% de Densidad Seca para 0,2" de Penetración	(%)	38	-
Porcentaje de CBR al 80% de Densidad Relativa para 0,1" de Penetración		-	96
Porcentaje de CBR al 80% de Densidad Relativa para 0,2" de Penetración		-	97

Versión: 03 SLG-FOR-96

PLAZA ERCILLA 883 - Casilla 1420 - Santiago Fonos: (56-2) 9780646 - 9784798
Fax: (56-2) 9784797 e-mail: geotecnia@idiem.cl



Página 2 de 3



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



SISTEMA NACIONAL
DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditación LE 304

Idiem

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

Inscripción MINVU
Res. Ex. N° 6414
del 17 de Septiembre de 2008

INFORME N°530.220

DESGASTE DE LOS ANGELES			
Fecha inicio	-	30-Sep-08	-
Fecha término	-	01-Oct-08	-
Grado	-	4	-
Pérdida (%)	-	18,87	-
CUBICIDAD DE PARTÍCULAS			
Fecha inicio	-	30-Sep-08	-
Fecha término	-	30-Sep-08	-
Chancado Total (%)	-	71,1	-
Rodadura Total (%)	-	28,9	-
Laja Total (%)	-	1,3	-

Observaciones: CBR Muestra 2 Determinado al 80% Densidad Relativa de Acuerdo a Especificaciones Técnicas del SERVIU Metropolitano.

Alejandra Sánchez T.
Alejandra Sánchez T.
Jefe Sección Laboratorio



Iván Bejarano B.
Iván Bejarano B.
Jefe Area Geotecnia y Pavimentación

INFORME DE ENSAYO N° 530.220-1

FECHA DE EMISIÓN	19 de Diciembre de 2008	CONTROL N°	2
EMITIDO/ELABORADO POR	Sección Pavimentación / César Coliqueo C.		
REFERENCIA	Densidad in situ con densímetro nuclear		
SOLICITANTE	SECCION PAVIMENTACION IDIEM		
DESTINATARIO	Sr. Juan Carlos Verdugo		
OBRA	Pistas de Prueba Cerrillos / Salomón Sack 840, Santiago		
METODOLOGÍA	ASTM D 6938-08a. Standard test methods for density of soil and soil aggregate in place by nuclear methods (Shallow Depth)		
N° BOLETA	65665	OPERADOR:	Mauricio Meza
FECHA DE MUESTREO	11 de Agosto de 2008	EQUIPO:	TROXLER 3430

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

D1	Base, PK 0003
D2	Base, PK 0015
D3	---
D4	---
D5	---
D6	---
D7	---
D8	---
D9	---
D10	---

ANÁLISIS DE SUELOS


MUESTRA	INFORME	DENSIDAD MIN (g/cm ³)	DENSIDAD MAX (g/cm ³)	DESCRIPCIÓN
M1	530.220	1,590	2,356	Material Base

DENSIDAD RELATIVA

	Espesor Medición (cm)	Densidad Húmeda (g/cm ³)	Humedad (%)	Densidad Seca (g/cm ³)	Densidad		DENSIDAD RELATIVA (%)
					Mínima (g/cm ³)	Máxima (g/cm ³)	
D1	20	2,353	5,8	2,224	1,590	2,356	87,7
D2	20	2,242	7,8	2,080	1,590	2,356	72,5
D3	---	---	---	---	---	---	---
D4	---	---	---	---	---	---	---
D5	---	---	---	---	---	---	---
D6	---	---	---	---	---	---	---
D7	---	---	---	---	---	---	---
D8	---	---	---	---	---	---	---
D9	---	---	---	---	---	---	---
D10	---	---	---	---	---	---	---
DENSÍMETRO N° SERIE		35490	CONTEO DENSIDAD	2388	CONTEO HUMEDAD		642


 César Coliqueo Catalán
 Coordinador Unidad de Suelos




 Cristián Díaz Montecino
 Jefe Sección Pavimentación

NVV

Arica
 Calama
 Antofagasta
 Viña del Mar

Anexo D Riegos de liga

Tabla D-1 Control de dosis de imprimación sobre la base granular:

INFORMACION GENERAL				
Fecha del Control: 12-9-2008				
Laboratista: Aldo Figueroa				
Tipo de Control: Control dosis de imprimacion				
Obra: Proyecto Cerrillo Pista de prueba sobre base granular				
Hora de entrada: 16:00			Hora de salida: 16:30	
INFORMACION DEL CONTROL				
Ubicación Bandeja N° 1: 4 metros				
Ubicación Bandeja N° 8: 8 metros				
Ubicación Bandeja N° 3: 12 metros				
Ubicación Bandeja N° 4:				
Tipo de Emulsion o Ligante: Imprimante				
Bandeja N°	1	8	3	4
Masa de Bandeja MB (KG)	0,68	0,685	0,686	
Area Bandeja AB (m2)	0,0625	0,0625	0,0625	
Masa de Bandeja mas Riego MR (Kg)	0,760	0,774	0,777	
Diferencia (Kg)	0,080	0,089	0,091	
Dosis Aplicada (kg/m2)	1,28	1,424	1,456	
DENSIDAD DE RIEGO (Kg/Lt)	0,969			
Dosis Aplicada (Lt/m2)	1,321	1,470	1,503	

Tabla D-2 Control de dosis de riego de liga sobre la superficie de hormigón compactado por rodillo (HCR):

INFORMACION GENERAL				
Fecha del Control: 17-9-2008				
Laboratista: Aldo Figueroa				
Tipo de Control: Control dosis de riego de liga				
Obra: Proyecto Cerrillo Pista de prueba sobre hormigon rodillado				
Solicitante:				
Hora de entrada: 9:30			Hora de salida: 10:00	
INFORMACION DEL CONTROL				
Ubicación Bandeja N° 1: 15 metros				
Ubicación Bandeja N° 8: 30 metros				
Ubicación Bandeja N° 3: 45 metros				
Ubicación Bandeja N° 4:				
Tipo de Emulsion o Ligante: CSS-1H Dilución 1:2				
Bandeja N°	1	8	3	4
Masa de Bandeja MB (KG)	0,682	0,684	0,685	
Area Bandeja AB (m2)	0,0625	0,0625	0,0625	
Masa de Bandeja mas Riego MR (Kg)	0,710	0,710	0,711	
Diferencia (Kg)	0,028	0,026	0,026	
Dosis Aplicada (kg/m2)	0,448	0,416	0,416	
DENSIDAD DE RIEGO (Kg/Lt)	0,969			
Dosis Aplicada (Lt/m2)	0,462	0,429	0,429	

Residuo asfáltico útil: 100 g/m2 aproximadamente.

Tabla D-3 Control de dosis de riego de liga entre las capas asfálticas en la pista sobre la base granular:

INFORMACION GENERAL				
Fecha del Control: 7-10-2008				
Laboratista: Aldo Figueroa				
Tipo de Control: Control dosis de riego de liga				
Obra: Proyecto Cerrillo Pista de prueba sobre base granular				
Hora de entrada:			Hora de salida:	
INFORMACION DEL CONTROL				
Ubicación Bandeja N° 1: 3 metros				
Ubicación Bandeja N° 8: 7 metros				
Ubicación Bandeja N° 3:				
Ubicación Bandeja N° 4:				
Tipo de Emulsion o Ligante: CSS-1h Dilusion 1:1				
Bandeja N°	1	8	3	4
Masa de Bandeja MB (KG)	0,68	0,684		
Area Bandeja AB (m2)	0,0625	0,0625		
Masa de Bandeja mas Riego MR (Kg)	0,727	0,728		
Diferencia (Kg)	0,047	0,044		
Dosis Aplicada (kg/m2)	0,752	0,704		
DENSIDAD DE RIEGO (Kg/Lt)	0,969			
Dosis Aplicada (Lt/m2)	0,776	0,727		

Tabla D-4 Control de dosis de riego de liga entre capas asfálticas en la pista sobre hormigón:

INFORMACION GENERAL				
Fecha del Control: 7-10-2008				
Laboratista: Aldo Figueroa				
Tipo de Control: Control dosis de riego de liga				
Obra: Proyecto Cerrillo Pista de prueba sobre hormigon				
INFORMACION DEL CONTROL				
Ubicación Bandeja N° 1: 20 metros				
Ubicación Bandeja N° 8: 30 metros				
Ubicación Bandeja N° 3: 40 metros				
Ubicación Bandeja N° 4:				
Tipo de Emulsion o Ligante: CSS 1-h Dilusion 1:1				
Bandeja N°	1	8	3	4
Masa de Bandeja MB (KG)	0,68	0,684	0,685	
Area Bandeja AB (m2)	0,0625	0,0625	0,0625	
Masa de Bandeja mas Riego MR (Kg)	0,724	0,728	0,73	
Diferencia (Kg)	0,044	0,044	0,045	
Dosis Aplicada (kg/m2)	0,704	0,704	0,72	
DENSIDAD DE RIEGO (Kg/Lt)	0,969			
Dosis Aplicada (Lt/m2)	0,727	0,727	0,743	

INFORME DE ENSAYO N° INT.2008/907

FECHA DE EMISION	30 de Octubre de 2008		
EMITIDO / ELABORADO POR	Sección Pavimentación / Juan Carlos Verdugo		
REFERENCIA	Ensayo Físico/Químico. Emulsiones asfálticas de quiebre lento. CSS-1h		
SOLICITANTE	SECCION PAVIMENTACION		
DESTINATARIO	Sr. Juan Carlos Verdugo		
CLIENTE	SECCION PAVIMENTACION		
OBRA	Proyecto Cerrillos		
DIRECCION OBRA	Av. Salomón Sack N° 840, Cerrillos		
METODOLOGIA	<p>NCh 2331. Of 1998. Asfaltos - Vocabulario</p> <p>NCh 2440. Of 1998. Asfaltos para pavimentos - Clasificación y requisitos.</p> <p>NCh 2332. Of 1998. Asfaltos - Muestreo.</p> <p>NCh 2334. Of 1998. Asfaltos - Determinación de la viscosidad Saybolt.</p> <p>NCh 2340. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de penetración.</p> <p>NCh 2342. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de ductilidad.</p> <p>NCh 2341. Of 1999. Asfaltos - Determinación de la solubilidad en solventes orgánicos.</p> <p>NCh 2343. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de la mancha.</p> <p>NCh 2348. Of 1998. Emulsiones asfálticas - Métodos de ensayo.</p>		
MUESTREADO POR	Personal Idiem	FECHA DE MUESTREO	7 de Octubre de 2008
N° DE BOLETA	2	FECHA DE RECEPCION	7 de Octubre de 2008
PLANTA DE PROCEDENCIA	Petreos Quilín	N° DE GUIA DE DESPACHO	—
N° DE PARTIDA	—	FECHA DE ENSAYO	15 a 23 de Octubre de 2008
N° DE OT DE LA MUESTRA	907		
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS	REQUISITO
VISCOSIDAD SAYBOLT UNIVERSAL A 25 °C	sFu	34 ⁽¹⁾	Min. 20 - Máx. 100
ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO, 1 DIA.	%	—	Máx. 1
CARGA DE PARTICULA	-	—	Positiva
TAMIZADO	%	—	Máx. 0,10
MEZCLA CON CEMENTO	%	—	Máx. 2,0
DESTILACION			
RESIDUO POR DESTILACION	%	22 ⁽²⁾	Min. 57
ENSAYES EN EL RESIDUO			
PENETRACION (25 °C, 100g, 5s)	0,1mm	76	Min. 40 - Máx. 90
DUCTILIDAD (25 °C, 5 cm/min)	cm	—	Min. 40
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	—	Min. 97,5
MANCHA HEPTANO - XILOL	% xilol	—	25% Máx. de xilol

Nota N° 1: Producto se encuentra diluido con agua, por este motivo se mide con orificio universal.

Nota N° 2: Producto no cumple con requisito de Residuo por Destilación, por estar diluido con agua.



Juan Carlos Verdugo
Laboratorio de Ligantes




Cristián Cruz Montecino
Jefe Sección Pavimentación

NOTA: Documento firmado digitalmente, conforme a Ley N° 19.799

JCF

INFORME DE ENSAYO N° INT.2008/907-1

FECHA DE EMISION	30 de Octubre de 2008		
EMITIDO / ELABORADO POR	Sección Pavimentación / Juan Carlos Verdugo		
REFERENCIA	Ensayo Físico/Químico. Emulsiones asfálticas de quiebre lento. CSS-1h		
SOLICITANTE	SECCION PAVIMENTACION		
DESTINATARIO	Sr. Juan Carlos Verdugo		
CLIENTE	SECCION PAVIMENTACION		
OBRA	Proyecto Cerrillos		
DIRECCION OBRA	Av. Salomón Sack N° 840, Cerrillos		
METODOLOGIA	<p>NCh 2331. Of 1998. Asfaltos - Vocabulario</p> <p>NCh 2441. Of 1998. Asfaltos para pavimentos - Clasificación y requisitos.</p> <p>NCh 2332. Of 1998. Asfaltos - Muestreo.</p> <p>NCh 2334. Of 1998. Asfaltos - Determinación de la viscosidad Saybolt.</p> <p>NCh 2340. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de penetración.</p> <p>NCh 2342. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de ductilidad.</p> <p>NCh 2341. Of 1999. Asfaltos - Determinación de la solubilidad en solventes orgánicos.</p> <p>NCh 2343. Of 1999. Asfaltos - Ensayo de la mancha.</p> <p>NCh 2348. Of 1998. Emulsiones asfálticas - Métodos de ensayo.</p>		
MUESTREO POR	Personal IdiEM	FECHA DE MUESTREO	7 de Octubre de 2008
N° DE BOLETA	3	FECHA DE RECEPCION	7 de Octubre de 2008
PLANTA DE PROCEDENCIA	Petros Quilín	N° DE GUIA DE DESPACHO	—
N° DE PARTIDA	—	FECHA DE ENSAYO	23 de Octubre de 2008
N° DE OT DE LA MUESTRA	907		
ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS	REQUISITO
VISCOSIDAD SAYBOLT UNIVERSAL A 25 °C	sFu	31 ⁽¹⁾	Min. 20 - Máx. 100
ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO, 1 DIA	%	—	Máx. 1
CARGA DE PARTICULA	-	—	Positiva
TAMIZADO	%	—	Máx. 0,10
MEZCLA CON CEMENTO	%	—	Máx. 2,0
EVAPORACION			
RESIDUO POR EVAPORACION	%	21 ⁽²⁾	Min. 57
ENSAYES EN EL RESIDUO			
PENETRACION (25 °C, 100g, 5s)	0,1mm	77	Min. 40 - Máx. 90
DUCTILIDAD (25 °C, 5 cm/min)	cm	—	Min. 40
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	%	—	Min. 97,5
MANCHA HEPTANO - XILOL	% xilol	—	25% Máx. de xilol

Nota N° 1: Producto se encuentra diluido con agua, por este motivo se mide con orificio universal.

Nota N° 2: Producto no cumple con requisito de Residuo por Evaporación, por estar diluido con agua.



Juan Carlos Verdugo
Laboratorio de Ligantes




Cristián Díaz Montecino
Jefe Sección Pavimentación

NOTA: Documento firmado digitalmente, conforme a Ley N° 19.799

JCF

ANEXO E CONTROL DE MEZCLA ASFALTICAS

I- Datos de la primera capa asfáltica sobre la pista sobre hormigón

Tabla E- 1 Formulario de registro para la extracción asfáltica de primera capa en la pista sobre hormigón:

INFORMACION GENERAL			
Fecha de ensayo:	28/10/2008		
Laboratorista	Aldo Figueroa reyes		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfaltica IV- 20		
N° Muestra:	1ª capa asfaltica Pista sobre Hormigon		
Muestrado por:	Aldo Figueroa Reyes		
INFORMACION DEL ENSAYO			
Tamaño maximo nominal	TMn	20	(mm)
Masa Inicial (muestra c/asfalto)	M1	1516,34	(g)
Masa Material petroe sin asfalto	M2	1438,24	(g)
Masa final filtro	Mff	16,69	(g)
Masa inicial filtro	Mfi	15,48	(g)
Masa fino retenido	M4= Mff-Mci	1,21	(g)
Temperatura calcinacion	Tc		°C
Masa crisol con cenizas	Mcf	62,16	(g)
Masa crisol	Mci	62,13	(g)
Contenido de cenizas en el crisol	c=Mcf-Mci	0,03	(g)
Solvente recuperado	V1	7188	(ml)
Volumen alicuota	V2	100	(ml)
Masa total de cenizas	M3=C*V1/V2	2,16	(g)
Total petreos	A=M2+M3+M4	1441,61	(g)
Total asfalto	B=M1-A	74,73	(g)
% asfalto retenido al agregado	100*B/A	5,2	(%)

Tabla E- 2 Formulario de registro para el análisis granulométrico de primera capa en la pista sobre hormigón:

INFORMACION GENERAL				
Fecha de ensayo:	29/10/2008			
Laboratorista:	Aldo Figueroa Reyes			
N° muestra:	1ª capa asfáltica Pista sobre Hormigon			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfáltica IV-20			
GRANULOMETRIA				
MASA SECA LAVADA PETREOS	M1=	1439,2	(g)	
MASA SECA LAVADA PETREOS	M2=	1368,6	(g)	
Tamiz	retenidos		Informe granulometria	
(mm)	peso (g)	% (*)	Tamiz	% PASA(*)
25 (1")			25 (1")	100
20 (3/4")			20 (3/4")	100
12,5 (1/2")	205,8	14,30	12,5 (1/2")	86
10 (3/8")	126,8	8,81	10 (3/8")	77
6,3 (1/4")	263,6	18,32	6,3 (1/4")	59
5 (N°4)	123,6	8,59	5 (N°4)	50
2,5 (N°8)	210,8	14,65	2,5 (N°8)	35
2,0 (N°10)	39,1	2,72	2,0 (N°10)	33
1,3 (N°16)	100	6,95	1,3 (N°16)	26
0,63 (N°30)	94,8	6,59	0,63 (N°30)	19
0,315 (N°50)	76,5	5,32	0,315 (N°50)	14
0,16 (N°100)	71,8	4,99	0,16 (N°100)	9
0,08 (N°200)	37,6	2,61	0,08 (N°200)	6
residuo parcial	16	1,11		
M2' = Sumatoria Peso retenido + residuo parcial=		1366,4	(g)	
$((M2+M2')/M2)*100$ (%)=		0,16	< 0,2 %	
Residuo total =M1+residuo parcial-M2=		86,6	(g)	
% total pasa malla N° 200= Residuototal*100/M1=		6,02	(%)	

Se tiene el siguiente registro de densidades en esta pista:

Tabla E- 3 Registro de densidades de colocación 1ª capa sobre pista sobre hormigón.

Distancia al origen (m)	Densidades (%)
3	96
5	95
8	97
10	98

En resumen se tiene el siguiente registro de temperaturas:

Tabla E- 4 Registro de temperatura de colación 1ª capa sobre pista sobre hormigón.

temperatura	Valor (°C)
ambiente	19
colocacion	130-125
Compactacion	102-110

II- Datos de la primera capa asfáltica sobre la pista sobre base granular:

Tabla E-5 Formulario de registro para la extracción asfáltica de primera capa en la pista sobre base granular.

INFORMACION GENERAL			
Fecha de ensayo:	11/11/2008		
Laboratorista:	Aldo Figueroa Reyes		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfáltica IV-20		
N° Muestra:	pa asfáltica pista sobre base granular		
Muestrado por:	Aldo Figueroa Reyes		
INFORMACION DEL ENSAYO			
Tamaño máximo nominal	TMn	20	(mm)
Masa Inicial (muestra c/asfalto)	M1	2233,07	(g)
Masa Material petroeo sin asfalto	M2	2111,65	(g)
Masa final filtro	Mff	16,73	(g)
Masa inicial filtro	Mfi	16,09	(g)
Masa fino retenido	$M4= Mff-Mci$	0,64	(g)
Temperatura calcinacion	Tc		°C
Masa crisol con cenizas	Mcf	62,58	(g)
Masa crisol	Mci	62,51	(g)
Contenido de cenizas en el crisol	$c=Mcf-Mci$	0,07	(g)
Solvente recuperado	V1	8500	(ml)
Volumen alicuota	V2	100	(ml)
Masa total de cenizas	$M3=C*V1/V2$	5,95	(g)
Total petreos	$A=M2+M3+M4$	2118,24	(g)
Total asfalto	$B=M1-A$	114,83	(g)
% asfalto retenido al agregado	$100*B/A$	5,4	(%)

Tabla E-6 Formulario de registro para el análisis granulométrico de primera capa en la pista sobre base granular:

INFORMACION GENERAL				
Fecha de ensayo:	12/11/2008			
Laboratorista:	Aldo Figueroa Reyes			
N° muestra:	1ª capa asfáltica Pista sobre Hormigon			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfáltica IV-20			
GRANULOMETRIA				
MASA SECA LAVADA PETREOS	M1=	2091,8	(g)	
MASA SECA LAVADA PETREOS	M2=	1959,6	(g)	
Tamiz (mm)	retenidos		Informe granulometria	
	peso (g)	% (*)	Tamiz	% PASA(*)
25 (1")			25 (1")	100
20 (3/4")			20 (3/4")	100
12,5 (1/2")	202,6	9,69	12,5 (1/2")	90
10 (3/8")	120,7	5,77	10 (3/8")	85
6,3 (1/4")	353,1	16,88	6,3 (1/4")	68
5 (N°4)	231,2	11,05	5 (N°4)	57
2,5 (N°8)	387,1	18,51	2,5 (N°8)	38
2,0 (N°10)	68,9	3,29	2,0 (N°10)	35
1,3 (N°16)	163	7,79	1,3 (N°16)	27
0,63 (N°30)	157	7,51	0,63 (N°30)	20
0,315 (N°50)	115,3	5,51	0,315 (N°50)	14
0,16 (N°100)	96,1	4,59	0,16 (N°100)	9
0,08 (N°200)	54,1	2,59	0,08 (N°200)	7
residuo parcial	7	0,33		
M2' = Sumatoria Peso retenido + residuo parcial =		1956,1	(g)	
$((M2+M2')/M2)*100$ (%) =		0,18	< 0,2 %	
Residuo total = M1 + residuo parcial - M2 =		139,2	(g)	
% total pasa malla N° 200 = Residuototal*100/M1 =		6,65	(%)	

Se tiene el siguiente registro de densidades en esta pista:

Tabla E- 7 registro de densidades de colocación 1ª capa sobre pista sobre base granular.

Distancia al origen (m)	Densidades (%)
3	96
5	95
8	97
10	98

En resumen se tiene el siguiente registro de temperaturas:

Tabla E-8 registro de temperatura de colación 1ª capa sobre pista sobre base granular.

temperatura	Valor (°C)
ambiente	19
colocacion	130-125
Compactacion	102-110

III- Datos de la segunda capa asfáltica sobre la pista sobre hormigón:

Tabla E-9 Formulario de registro para la extracción asfáltica de segunda capa en la pista sobre base granular:

INFORMACION GENERAL			
Fecha de ensayo:	05/11/2008		
Laboratorista	Cristian Aravena		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfaltica IV- 20		
N° Muestra:	2ª capa asfaltica Pista sobre Hormigon		
Muestradp por:	Aldo Figueroa Reyes		
INFORMACION DEL ENSAYO			
Tamaño maximo nominal	TMn	20	(mm)
Masa Inicial (muestra c/asfalto)	M1	1986,45	(g)
Masa Material petroe sin asfalto	M2	1861,41	(g)
Masa final filtro	Mff	14,27	(g)
Masa inicial filtro	Mfi	13,7	(g)
Masa fino retenido	M4= Mff-Mci	0,57	(g)
Temperatura calcinacion	Tc		°C
Masa crisol con cenizas	Mcf	53,58	(g)
Masa crisol	Mci	53,32	(g)
Contenido de cenizas en el crisol	c=Mcf-Mci	0,26	(g)
Solvente recuperado	V1	9361	(ml)
Volumen alicuota	V2	100	(ml)
Masa total de cenizas	M3=C*V1/V2	24,34	(g)
Total petreos	A=M2+M3+M4	1886,32	(g)
Total asfalto	B=M1-A	100,13	(g)
% asfalto retenido al agregado	100*B/A	5,3	(%)

Tabla E-10 Formulario de registro para el análisis granulométrico de la segunda capa en la pista sobre hormigón

INFORMACION GENERAL				
Fecha de ensayo:	12/11/2008			
Laboratorista:	Aldo Figueroa Reyes			
N° muestra:	2ª capa asfáltica Pista sobre Hormigón			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfáltica IV-20			
GRANULOMETRIA				
MASA SECA LAVADA PETREOS	M1=	1886,32	(g)	
MASA SECA LAVADA PETREOS	M2=	1758,65	(g)	
Tamiz (mm)	retenidos peso (g)	% (*)	Informe granulometria Tamiz	% PASA(*)
25 (1")			25 (1")	100
20 (3/4")			20 (3/4")	100
12,5 (1/2")	196,1	10,40	12,5 (1/2")	90
10 (3/8")	84,2	4,46	10 (3/8")	85
6,3 (1/4")	248,8	13,19	6,3 (1/4")	72
5 (N°4)	255,4	13,54	5 (N°4)	58
2,5 (N°8)	345,6	18,32	2,5 (N°8)	40
2,0 (N°10)	68,9	3,65	2,0 (N°10)	36
1,3 (N°16)	124,3	6,59	1,3 (N°16)	30
0,63 (N°30)	157	8,32	0,63 (N°30)	22
0,315 (N°50)	115,3	6,11	0,315 (N°50)	15
0,16 (N°100)	96,1	5,09	0,16 (N°100)	10
0,08 (N°200)	59,1	3,13	0,08 (N°200)	7
residuo parcial	5	0,27		
M2' = Sumatoria Peso retenido + residuo parcial =		1755,8	(g)	
$((M2+M2')/M2)*100$ (%) =		0,16	< 0,2 %	
Residuo total = M1+residuo parcial-M2 =		132,67	(g)	
% total pasa malla N° 200 = Residuototal*100/M1 =		7,03	(%)	

Se tiene el siguiente registro de densidades en esta pista:

Tabla E- XI registro de densidades de colocación 2ª capa sobre pista sobre hormigón:

PK [m]	% Marshall
5	94,1
15	95,7
25	96,6
35	95,5
45	95,8
55	93,8

En resumen se tiene el siguiente registro de temperaturas:

Tabla E-XII registro de temperatura de colocación 2ª capa sobre pista sobre hormigón:

Temperatura	(° C)
Temp. Ambiente:	14,3
Temp. Colocación:	143
Temp. Compactación:	115,2

IV- Datos de la segunda capa asfáltica en la pista sobre base granular:

Tabla E- 13 Formulario de registro para el análisis granulométrico de la segunda capa en la pista sobre base granular

INFORMACION GENERAL				
Fecha de ensayo:	13/01/2009			
Laboratorista:	Aldo Figueroa Reyes			
N° muestra:	2ª capa asfáltica Pista sobre base granular			
Tipo de Muestra:	Mezcla asfáltica IV-20			
GRANULOMETRIA				
MASA SECA LAVADA PETREOS	M1=	1481,96	(g)	
MASA SECA LAVADA PETREOS	M2=	1360,9	(g)	
Tamiz	retenidos	Informe granulometria		
(mm)	peso (g)	% (*)	Tamiz	% PASA(*)
25 (1")			25 (1")	100
20 (3/4")			20 (3/4")	100
12,5 (1/2")	172,5	11,64	12,5 (1/2")	88
10 (3/8")	121,8	8,22	10 (3/8")	80
6,3 (1/4")	211,2	14,25	6,3 (1/4")	66
5 (N°4)	150,3	10,14	5 (N°4)	56
2,5 (N°8)	220,6	14,89	2,5 (N°8)	41
2,0 (N°10)	45,8	3,09	2,0 (N°10)	38
1,3 (N°16)	109,4	7,38	1,3 (N°16)	30
0,63 (N°30)	123,7	8,35	0,63 (N°30)	22
0,315 (N°50)	90,4	6,10	0,315 (N°50)	16
0,16 (N°100)	70,5	4,76	0,16 (N°100)	11
0,08 (N°200)	40,2	2,71	0,08 (N°200)	8
residuo parcial	4,2	0,28		
M2' = Sumatoria Peso retenido + residuo parcial =		1360,6	(g)	
$((M2+M2')/M2)*100$ (%) =		0,02	< 0,2 %	
Residuo total = M1+residuo parcial-M2 =		125,26	(g)	
% total pasa malla N° 200 = Residuo total * 100 / M1 =		8,45	%	

Se tiene el siguiente registro de densidades en esta pista:

Tabla E- XIV registro de densidades de colocación 2ª capa sobre pista sobre base granular.

PK [m]	% Marshall	
4	92,6	93,5
8	96,4	98,2
12	94,1	92,9

En resumen se tiene el siguiente registro de temperaturas:

Tabla E-XV registro de temperatura de colación 2ª capa sobre pista sobre base granular.

Temperatura	(° C)
Temp. Ambiente:	14
Temp. Colocación:	140
Temp. Compactación:	125,4

ANEXO F VALORES DE DEFLEXIONES REGISTRADAS

I-Registro de deflexiones sobre las pistas sobre base granular:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

Tabla F-1 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro del laboratorio nacional de vialidad sobre pista sobre base granular

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BRLC	BRLC1	Riego Contaminado	32,50	226	169	132	85	55	24	14	22	26
BRLC	BRLC1	Riego Contaminado	51,40	359	272	207	134	87	37	22	22	26
BRLC	BRLC1	Riego Contaminado	72,90	491	371	285	185	120	54	31	22	26
BRLC	BRLC2	Riego Contaminado	32,40	166	123	98	67	48	23	15	23	26
BRLC	BRLC2	Riego Contaminado	51,90	272	203	162	111	76	39	24	23	26
BRLC	BRLC2	Riego Contaminado	73,70	388	293	234	159	109	56	34	23	26
BRLC	BRLC3	Riego Contaminado	32,10	149	113	91	64	46	22	15	23	22
BRLC	BRLC3	Riego Contaminado	51,90	247	186	153	109	76	40	25	23	22
BRLC	BRLC3	Riego Contaminado	73,50	348	266	216	153	111	59	36	23	22
BRLL	BRLL1	Riego Limpio	32,20	130	93	72	48	33	18	13	21	27
BRLL	BRLL1	Riego Limpio	51,10	216	151	120	79	53	29	20	21	27
BRLL	BRLL1	Riego Limpio	72,50	309	218	173	115	77	40	29	21	27
BRLL	BRLL2	Riego Limpio	32,10	124	92	71	48	33	19	11	21	23
BRLL	BRLL2	Riego Limpio	50,60	207	149	118	80	55	28	18	21	23
BRLL	BRLL2	Riego Limpio	72,40	292	216	170	115	79	40	27	21	23
BRLL	BRLL3	Riego Limpio	31,90	124	92	73	49	33	17	12	22	21
BRLL	BRLL3	Riego Limpio	50,20	206	152	120	83	57	29	20	22	21
BRLL	BRLL3	Riego Limpio	72,40	298	221	176	120	82	43	29	22	21
BSRL	BSRL 1	Sin Riego	31,70	213	135	93	55	36	20	13	22	22
BSRL	BSRL1	Sin Riego	50,70	368	234	157	88	57	29	20	22	22
BSRL	BSRL 1	Sin Riego	72,60	519	341	232	127	79	44	29	22	22
BSRL	BSRL2	Sin Riego	31,60	217	137	93	57	40	-1	13	23	22
BSRL	BSRL 2	Sin Riego	50,00	361	227	150	89	60	36	20	23	22
BSRL	BSRL 2	Sin Riego	72,50	505	323	212	121	80	50	29	23	22
BSRL	BSRL 4	Sin Riego	31,90	187	116	77	43	27	14	10	22	28
BSRL	BSRL 4	Sin Riego	51,00	312	189	122	69	44	23	16	22	28
BSRL	BSRL 4	Sin Riego	71,40	432	266	166	94	59	32	23	22	28

B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro de GAUSS S.A.:

Tabla F-2 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular primer intervalo

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,8	388	219	126	68	49	18	17	13,4	19,3
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26,3	183	103	62	34	25	10	9	13,4	19,3
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,7	404	242	151	80	58	23	19	14,1	19,3
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26,2	190	116	73	40	30	13	11	14,1	19,3
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,8	361	240	159	94	72	27	17	14,8	19,0
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26,1	188	125	83	49	39	15	11	14,8	19,0
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	48,7	199	146	111	76	61	25	17	15,2	19,6
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	26,1	101	74	58	40	32	13	11	15,2	19,6
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	48,3	199	145	111	74	59	24	19	15,2	20,4
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	25,9	106	76	58	39	31	14	9	15,2	20,4
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	48,1	222	159	120	79	62	24	17	14,9	20,8
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	26,1	105	78	58	39	31	13	11	14,9	20,8
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	26,1	105	78	58	39	31	13	11	14,9	20,8
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	47,7	656	178	138	91	74	32	21	14,6	20,9
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	26,0	124	92	72	52	40	16	14	14,6	20,9
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	47,3	816	189	150	98	82	34	22	15,2	20,5
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	26,2	125	98	77	53	44	17	13	15,2	20,5

Tabla F-3 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A sobre pista sobre base granular segundo intervalo

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,7	368	217	131	67	47	18	17	17,6	22,1
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26,3	181	109	67	36	26	10	9	17,6	22,1
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,6	377	236	142	78	55	21	17	17,3	22,0
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26,2	188	117	72	42	30	12	9	17,3	22,0
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,9	371	251	167	99	74	24	17	17,8	21,9
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26,1	185	129	84	51	38	15	10	17,8	21,9
BRLL	BRL3	Riego Liga Limpio	48,5	209	148	115	78	63	26	17	17,7	22,5
BRLL	BRL3	Riego Liga Limpio	26,3	102	77	58	40	32	13	12	17,7	22,5
BRLL	BRL2	Riego Liga Limpio	48,8	218	159	120	80	61	24	17	17,8	23,1
BRLL	BRL2	Riego Liga Limpio	26,3	109	79	61	40	32	13	11	17,8	23,1
BRLL	BRL1	Riego Liga Limpio	48,3	225	157	120	80	60	22	20	18,4	23,1
BRLL	BRL1	Riego Liga Limpio	26,4	115	83	62	42	32	13	11	18,4	23,1
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	47,8	492	180	141	94	75	33	23	18,6	23,1
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	26,1	125	94	71	52	40	15	11	18,6	23,1
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	47,3	261	204	159	108	86	34	23	19,0	23,5
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	26,2	133	103	79	58	44	18	10	19,0	23,5

Tabla F-4 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular tercer intervalo

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,6	378	217	123	67	47	18	20	26,2	33,0
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26,2	188	110	64	35	25	10	9	26,2	33,0
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,7	389	238	146	83	59	23	21	26,3	33,7
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26,1	195	121	75	45	32	12	11	26,3	33,7
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,8	381	252	163	96	73	27	18	26,4	33,8
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26,0	198	132	86	52	40	15	12	26,4	33,8
BRLl	BRLl3	Riego Liga Limpio	48,7	246	169	127	84	65	26	17	25,0	37,8
BRLl	BRLl3	Riego Liga Limpio	25,9	122	84	64	42	33	14	10	25,0	37,8
BRLl	BRLl2	Riego Liga Limpio	48,6	238	167	124	81	61	23	19	23,8	36,0
BRLl	BRLl2	Riego Liga Limpio	25,9	124	84	63	41	32	13	9	23,8	36,0
BRLl	BRLl1	Riego Liga Limpio	48,8	260	176	129	81	61	22	18	24,8	34,9
BRLl	BRLl1	Riego Liga Limpio	26,1	125	88	64	41	32	13	12	24,8	34,9
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	47,4	270	204	154	96	81	32	24	25,3	36,8
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	26,0	147	105	78	53	40	16	11	25,3	36,8
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	47,5	299	229	172	109	86	34	23	24,6	36,7
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	26,0	157	116	88	58	45	19	11	24,6	36,7

Tabla F-5 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular cuarto intervalo

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,0	406	217	124	65	47	17	16	25,3	44,8
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	25,4	205	111	65	34	24	9	10	25,3	44,8
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,3	446	250	138	75	55	20	17	25,0	43,1
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	25,4	219	124	72	43	30	12	11	25,0	43,1
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,7	469	271	167	100	73	24	18	25,2	43,4
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	25,3	222	135	85	51	39	14	11	25,2	43,4
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	47,3	440	246	143	80	58	20	17	25,2	43,8
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	25,4	215	123	74	43	31	12	11	25,2	43,8
BRLl	BRLl3	Riego Liga Limpio	48,1	270	177	127	80	61	24	20	25,7	42,6
BRLl	BRLl3	Riego Liga Limpio	25,5	138	88	63	40	32	12	10	25,7	42,6
BRLl	BRLl2	Riego Liga Limpio	47,8	281	179	128	78	58	22	17	24,7	42,4
BRLl	BRLl2	Riego Liga Limpio	25,5	141	93	66	41	31	12	11	24,7	42,4
BRLl	BRLl1	Riego Liga Limpio	48,1	290	184	132	81	58	20	17	23,8	42,2
BRLl	BRLl1	Riego Liga Limpio	25,7	148	95	67	41	31	11	9	23,8	42,2
BRLl	BRLl Prom	Riego Liga Limpio	48,0	280	180	129	80	59	22	18	24,7	42,4
BRLl	BRLl Prom	Riego Liga Limpio	25,6	142	92	65	41	31	12	10	24,7	42,4
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	47,2	393	222	159	94	75	28	22	26,0	43,3
BRLC	BRLC3	Riego Liga Contaminado	25,5	168	112	82	55	39	16	11	26,0	43,3
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	46,5	343	239	175	105	83	33	22	25,1	43,0
BRLC	BRLC2	Riego Liga Contaminado	25,5	177	121	89	59	43	16	11	25,1	43,0
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	46,9	368	231	167	100	79	31	22	25,6	43,2
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	25,5	173	117	86	57	41	16	11	25,6	43,2

II- Registro de deflexiones sobre la pista sobre hormigón:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm

Tabla F-6 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro del laboratorio nacional de vialidad sobre pista sobre hormigón e = 5 cm

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	37,6	126	106	102	94	85	69	54	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	58,6	213	183	173	160	143	117	91	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	83,0	305	261	249	227	205	166	129	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	34,8	90	75	71	68	63	55	46	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	57,5	149	123	119	103	105	92	77	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	82,8	205	176	168	160	150	131	109	19,0	24,0
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	34,0	113	85	73	67	62	52	42	19,0	23,0
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	56,4	179	137	122	113	103	87	70	19,0	23,0
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	81,3	247	197	178	162	149	126	99	19,0	23,0
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	34,8	112	89	79	64	55	39	28	18,0	23,0
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	56,1	183	147	129	106	88	65	48	18,0	23,0
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	80,6	259	210	188	153	128	96	69	18,0	23,0
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	34,2	60	49	47	43	40	34	27	18,0	24,0
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	55,7	97	82	77	73	68	58	46	18,0	24,0
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	80,8	136	117	112	105	98	83	67	18,0	24,0
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	34,2	47	37	35	32	30	24	18	19,0	24,0
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	56,0	77	63	59	54	49	39	30	19,0	24,0
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	81,4	113	89	86	77	68	55	44	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	35,5	56	46	42	39	35	27	21	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	56,1	99	77	72	67	60	48	37	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	80,6	140	114	109	99	89	72	56	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	33,8	53	46	44	41	38	34	25	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	55,0	90	76	73	69	63	55	42	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	79,7	124	107	104	97	90	76	60	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	39,7	72	62	58	50	45	37	28	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	55,2	119	100	96	83	74	60	47	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	79,5	167	145	138	120	106	85	68	19,0	24,0

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm

Tabla F-7 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro del laboratorio nacional de vialidad sobre pista sobre hormigón e = 8 cm

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	34,4	49	39	35	32	29	27	20	19,0	22,0
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	54,8	84	63	56	53	48	43	33	19,0	22,0
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	78,0	117	87	82	76	70	59	48	19,0	22,0
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	34,8	46	37	35	31	29	24	19	19,0	21,0
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	54,5	77	61	58	54	47	40	32	19,0	21,0
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	76,6	112	87	83	76	68	56	45	19,0	21,0
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	33,7	47	37	35	32	31	24	20	18,0	24,0
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	53,5	76	62	58	54	49	41	33	18,0	24,0
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	76,4	113	89	84	77	71	60	48	18,0	24,0
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	36,3	43	34	31	29	25	19	15	19,0	21,0
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	53,1	74	56	51	46	41	33	26	19,0	21,0
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	75,8	104	80	74	67	59	48	38	19,0	21,0
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	33,4	57	46	42	36	32	27	17	19,0	22,0
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	53,4	96	79	70	62	54	42	31	19,0	22,0
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	76,3	139	110	102	90	78	62	46	19,0	22,0
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	33,7	47	41	36	32	29	22	17	19,0	25,0
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	53,5	84	65	60	55	48	37	27	19,0	25,0
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	76,3	122	96	89	79	70	55	41	19,0	25,0
H8SRL	H8RLC3	8	sin riego	33,8	67	44	38	33	30	24	19	19,0	20,0
H8SRL	H8RLC3	8	sin riego	54,1	102	70	61	53	48	41	31	19,0	20,0
H8SRL	H8RLC3	8	sin riego	76,7	137	101	88	76	70	60	46	19,0	20,0
H8SRL	H8RLC2	8	sin riego	33,5	76	52	43	34	31	24	18	19,0	19,0
H8SRL	H8RLC2	8	sin riego	53,2	120	86	72	58	51	39	30	19,0	19,0
H8SRL	H8RLC2	8	sin riego	77,0	167	124	105	85	76	60	45	19,0	19,0
H8SRL	H8RLC1	8	sin riego	33,4	62	52	47	44	41	35	27	19,0	22,0
H8SRL	H8RLC1	8	sin riego	53,2	94	83	78	73	67	55	45	19,0	22,0
H8SRL	H8RLC1	8	sin riego	75,8	143	117	113	106	96	82	66	19,0	22,0

B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro GAUSS S.A.

Intervalo 1 T Promedio Pavimento 19,7° C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm

Tabla F-8 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón e = 5 cm primer intervalo.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	47,4	177	165	155	143	147	90	98	14,1	18,8
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	26,5	96	84	78	72	75	47	51	14,1	18,8
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	48,0	131	132	125	117	126	83	92	13,9	18,4
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	26,5	76	66	63	59	63	41	47	13,9	18,4
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	48,2	164	126	112	102	106	68	66	14,0	18,9
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	26,3	79	64	57	51	54	33	34	14,0	18,9
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	47,9	170	128	110	87	80	42	36	13,5	19,2
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	26,3	81	64	55	43	40	21	18	13,5	19,2
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	48,3	90	75	71	67	69	43	32	13,2	18,8
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	26,4	42	39	35	33	35	23	16	13,2	18,8
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	47,8	83	65	58	53	54	32	29	13,3	19,8
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	26,2	43	33	30	27	28	17	13	13,3	19,8
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	48,0	97	75	67	59	61	37	38	13,6	21,0
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	26,4	56	38	34	31	31	20	21	13,6	21,0
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	48,3	92	82	77	73	78	50	33	15,1	20,3
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	26,1	51	43	41	38	41	27	16	15,1	20,3
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	48,3	104	94	86	79	77	48	31	15,0	19,6
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	26,2	57	49	45	40	39	25	16	15,0	19,6

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm

Tabla F-9 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS sobre pista sobre hormigón e = 8 cm primer intervalo.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	48,1	92	59	52	47	51	33	25	14,2	20,9
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	26,1	41	30	28	25	26	17	15	14,2	20,9
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	48,1	83	60	55	51	53	34	30	13,6	20,3
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	26,1	42	30	28	27	28	17	16	13,6	20,3
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	48,4	124	63	58	54	55	35	29	13,8	18,7
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	26,2	39	30	29	26	27	17	16	13,8	18,7
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	48,3	77	56	50	45	45	27	23	14,3	21,0
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	25,9	36	28	25	22	22	14	13	14,3	21,0
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	47,9	88	78	68	60	61	35	26	14,1	20,0
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	26,0	46	38	34	30	30	17	12	14,1	20,0
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	47,9	82	57	49	43	45	26	24	14,1	19,5
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	26,0	37	27	24	22	22	12	14	14,1	19,5
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	48,7	109	79	66	58	60	36	30	14,0	19,7
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	26,1	50	37	31	27	28	16	15	14,0	19,7
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	48,4	165	96	78	64	62	36	37	13,6	19,2
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	25,9	65	50	41	33	32	19	21	13,6	19,2
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	47,5	430	79	73	64	71	52	29	13,6	21,1
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	26,0	54	43	39	37	40	25	17	13,6	21,1

Intervalo 2 T Promedio Pavimento 21,6° C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla F- 10 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón e = 5 cm. segundo intervalo

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	47,9	191	167	154	140	144	89	80	18,6	21,4
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	26,3	102	86	78	76	76	46	42	18,6	21,4
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	48,1	121	113	106	99	106	69	65	18,6	20,9
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	26,5	65	57	54	52	55	36	34	18,6	20,9
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	48,2	137	114	96	86	89	54	49	18,3	21,1
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	26,5	70	57	48	43	45	28	27	18,3	21,1
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	47,8	179	135	108	88	85	44	43	19,1	22,3
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	26,3	87	68	55	44	43	23	24	19,1	22,3
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	48,2	84	73	66	62	63	42	34	18,9	19,7
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	26,3	43	38	33	32	32	19	16	18,9	19,7
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	26,3	42	33	30	27	27	17	13	18,5	21,9
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	48,3	87	77	70	63	66	40	27	18,9	22,7
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	26,2	45	39	35	32	32	20	17	18,9	22,7
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	48,1	75	67	62	55	59	37	32	18,9	20,6
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	26,2	41	35	32	31	31	18	17	18,9	20,6
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	47,7	138	93	84	70	73	43	36	19,1	21,3
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	26,1	60	50	44	38	38	23	18	19,1	21,3

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla F- 11 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón e = 8 cm. segundo intervalo

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	48,0	61	53	47	44	47	29	25	19,0	22,7
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	26,1	36	28	25	23	24	15	13	19,0	22,7
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	26,1	40	31	28	26	27	16	16	19,4	22,2
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	28,2	185	61	54	50	53	33	30	18,6	20,4
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	26,1	36	32	28	26	27	17	14	18,6	20,4
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	38,1	123	57	51	47	50	31	28	18,8	21,6
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	26,1	37	30	27	25	26	16	14	19,0	21,8
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	47,8	492	56	49	44	45	28	26	19,0	22,9
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	26,0	35	29	25	22	23	14	11	19,0	22,9
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	48,1	97	76	66	59	57	32	24	17,7	22,7
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	26,1	43	38	33	31	29	17	14	17,7	22,7
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	48,3	76	59	52	46	47	26	25	17,7	20,3
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	25,9	40	31	27	24	24	13	15	17,7	20,3
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	48,1	222	64	56	50	50	29	25	18,1	22,0
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	26,0	39	33	28	26	25	15	13	18,1	22,0
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	48,5	101	71	59	51	53	33	28	18,1	21,6
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	26,2	54	34	29	25	26	17	14	18,1	21,6
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	38,2	122	93	74	59	58	32	31	18,6	22,4
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	26,0	65	45	37	30	28	15	18	18,6	22,4
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	26,1	46	40	34	31	34	23	17	18,4	21,8
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	44,9	74	80	68	58	58	37	31	18,4	21,9
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	26,1	55	40	33	29	29	18	16	18,4	21,9

Intervalo 3 T Promedio Pavimento 31,1º C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla F-12 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A sobre pista sobre hormigón e = 5 cm. tercer intervalo

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)								Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento	
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	47,7	210	182	169	151	157	92	86	21,5	32,2	
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	26,4	113	91	84	80	80	47	43	21,5	32,2	
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	48,2	129	116	109	103	110	71	67	23,2	34,5	
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	26,3	68	59	56	53	57	37	36	23,2	34,5	
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	48,4	141	114	99	87	91	55	48	23,0	24,4	
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	26,2	70	58	49	44	46	28	26	23,0	24,4	
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	47,7	177	144	115	88	85	44	40	22,6	29,3	
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	26,1	93	76	59	45	43	24	21	22,6	29,3	
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	48,2	79	70	66	60	63	39	30	22,8	26,8	
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	26,2	46	36	36	31	32	22	15	22,8	26,8	
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	47,9	78	67	60	55	56	33	27	23,4	31,7	
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	26,2	43	34	31	29	30	17	14	23,4	31,7	
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	48,8	100	84	76	70	72	43	33	24,0	34,2	
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	26,1	55	41	39	34	36	21	18	24,0	34,2	
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	48,2	89	76	72	68	72	44	30	24,1	35,4	
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	26,1	48	39	38	35	38	23	17	24,1	35,4	
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	47,6	110	101	86	74	74	43	33	23,1	32,3	
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	26,0	61	51	44	37	38	22	19	23,1	32,3	

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla F-13 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón e = 8 cm. tercer intervalo

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)								Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento	
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	48,4	65	51	48	45	47	28	28	24,3	27,4	
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	26,9	35	28	25	23	24	15	14	24,3	27,4	
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	47,7	71	62	58	54	57	35	30	25,4	26,5	
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	26,1	41	32	29	27	29	18	15	25,4	26,5	
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	48,1	80	65	59	54	57	36	30	26,0	34,0	
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	25,9	43	34	30	27	29	19	16	26,0	34,0	
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	48,1	74	58	51	46	47	27	23	25,4	33,4	
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	25,9	37	31	26	24	24	14	11	25,4	33,4	
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	47,7	100	77	67	59	59	34	24	25,2	35,6	
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	25,8	48	37	34	29	29	17	12	25,2	35,6	
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	47,7	80	60	54	48	48	27	26	22,7	26,9	
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	25,9	42	32	28	24	25	14	12	22,7	26,9	
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	48,4	112	73	62	53	55	34	29	22,3	26,6	
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	25,9	55	37	31	27	27	17	13	22,3	26,6	
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	47,8	126	94	76	61	60	32	31	21,8	34,0	
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	26,1	67	48	38	31	30	17	17	21,8	34,0	
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	47,2	90	81	75	64	72	47	31	22,0	34,0	
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	25,7	51	42	39	35	39	23	16	22,0	34,0	

Intervalo 4 T Promedio Pavimento 43º C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla F-14 Registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón e = 5 cm. cuarto intervalo

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	47,2	224	187	173	153	159	80	84	28,0	43,2
H5SRL	H5SRL3	5	sin riego	25,8	114	95	86	81	82	47	42	28,0	43,2
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	47,8	138	115	109	103	110	69	67	27,7	37,3
H5SRL	H5SRL2	5	sin riego	25,7	66	58	56	52	56	35	35	27,7	37,3
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	48,1	141	119	100	90	93	54	47	27,2	38,9
H5SRL	H5SRL1	5	sin riego	25,8	70	60	51	45	47	28	23	27,2	38,9
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	47,9	205	152	119	92	89	44	39	28,0	42,1
H5RLL	H5RLL3	5	Riego limpio	25,8	106	78	61	47	46	24	22	28,0	42,1
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	47,6	83	75	67	61	65	38	30	27,7	39,0
H5RLL	H5RLL2	5	Riego limpio	25,7	41	38	34	33	33	19	15	27,7	39,0
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	47,7	90	66	59	54	55	31	25	25,3	44,1
H5RLL	H5RLL1	5	Riego limpio	25,6	47	36	32	29	25	16	15	25,3	44,1
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	47,7	109	90	79	72	74	44	35	27,3	43,7
H5RLC	H5RLC3	5	Riego Contaminado	25,5	58	46	41	36	37	23	16	27,3	43,7
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	47,5	90	73	67	62	66	38	28	27,4	44,8
H5RLC	H5RLC2	5	Riego Contaminado	25,6	52	38	35	32	34	19	14	27,4	44,8
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	47,5	121	104	91	77	76	41	32	27,9	43,0
H5RLC	H5RLC1	5	Riego Contaminado	25,4	64	54	45	38	38	21	14	27,9	43,0

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla F-15 registro deflexiones obtenidos del deflectómetro de GAUSS sobre pista sobre hormigón e = 8 cm. cuarto intervalo

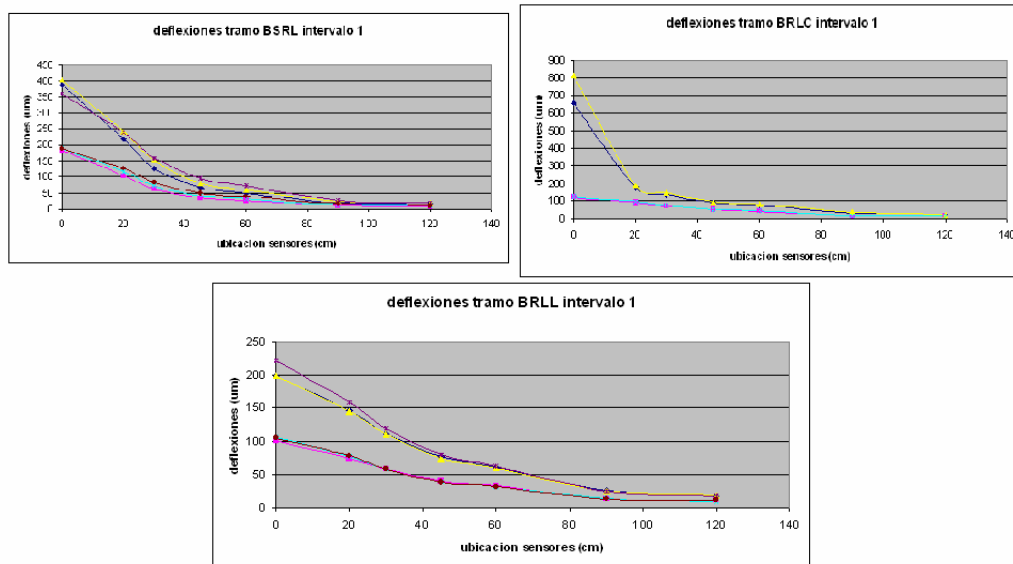
Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	47,5	90	60	51	47	50	31	25	27,6	41,8
H8RLC	H8RLC3	8	Riego Contaminado	25,5	46	31	26	25	25	16	15	27,6	41,8
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	47,2	82	62	57	53	55	32	31	27,7	47,7
H8RLC	H8RLC2	8	Riego Contaminado	25,5	41	33	29	28	28	17	14	27,7	47,7
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	47,6	81	64	58	55	57	35	29	26,3	46,0
H8RLC	H8RLC1	8	Riego Contaminado	25,3	43	34	31	29	29	18	16	26,3	46,0
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	47,4	84	62	55	52	54	33	28	27,2	45,2
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	25,4	43	33	29	27	27	17	15	27,2	45,2
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	47,1	87	60	52	47	48	27	25	26,3	44,3
H8RLL	H8RLL3	8	Riego limpio	25,2	43	29	26	24	24	14	13	26,3	44,3
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	47,5	116	86	76	66	75	35	28	24,3	44,6
H8RLL	H8RLL2	8	Riego limpio	25,3	60	46	37	32	31	16	13	24,3	44,6
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	47,5	94	64	56	50	50	27	26	24,3	42,5
H8RLL	H8RLL1	8	Riego limpio	25,3	44	34	28	25	25	13	11	24,3	42,5
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	47,4	99	70	61	54	58	30	26	25,0	43,8
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	25,3	49	36	30	27	27	14	12	25,0	43,8
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	47,9	107	71	60	52	55	32	28	24,1	42,5
H8SRL	H8SRL3	8	sin riego	25,3	58	38	31	27	29	16	12	24,1	42,5
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	47,7	144	98	80	65	63	35	30	26,5	46,6
H8SRL	H8SRL2	8	sin riego	25,4	69	49	39	33	31	16	15	26,5	46,6
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	47,3	177	86	79	70	74	47	31	24,3	42,4
H8SRL	H8SRL1	8	sin riego	25,2	59	45	40	40	41	25	14	24,3	42,4
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	47,6	143	85	73	62	64	38	30	25,0	43,8
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	25,3	62	44	37	33	34	19	14	25,0	43,8

ANEXO G CURVAS DE DEFLEXIONES REGISTRADAS

I- Gráficos de deflexiones sobre pista base granular:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

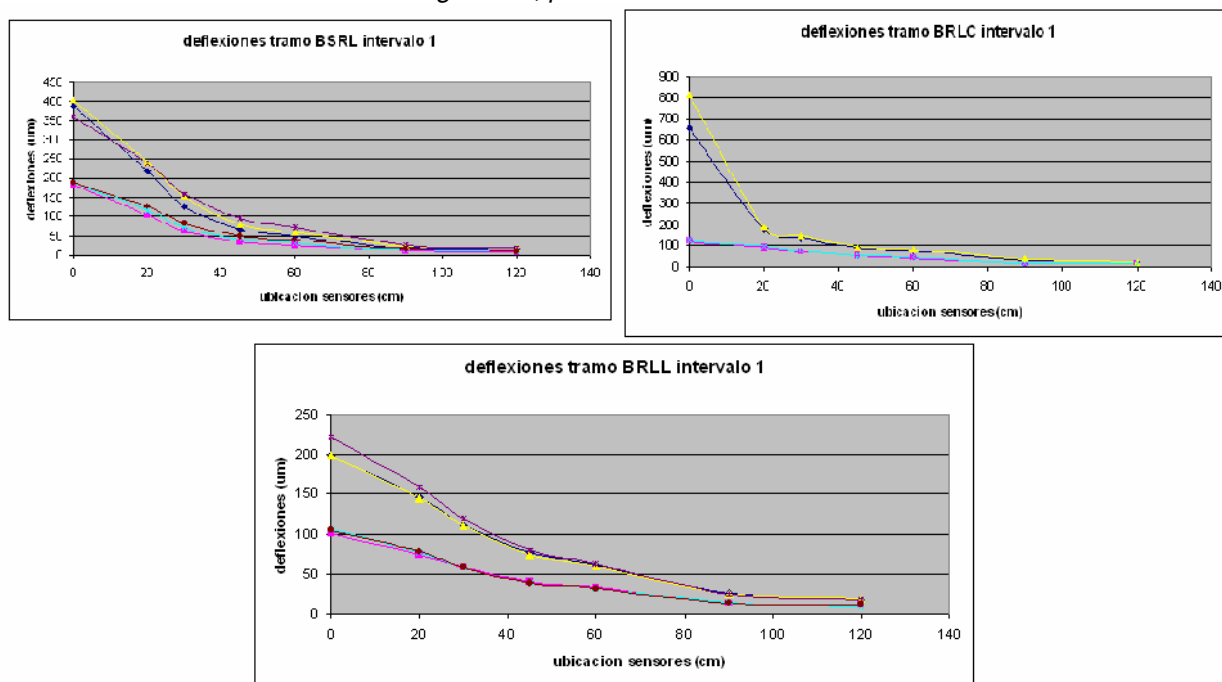
Grafico G-1 Comportamiento deflexiones , obtenida del deflectómetro de vialidad sobre base granular



B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro de GAUSS S.A.

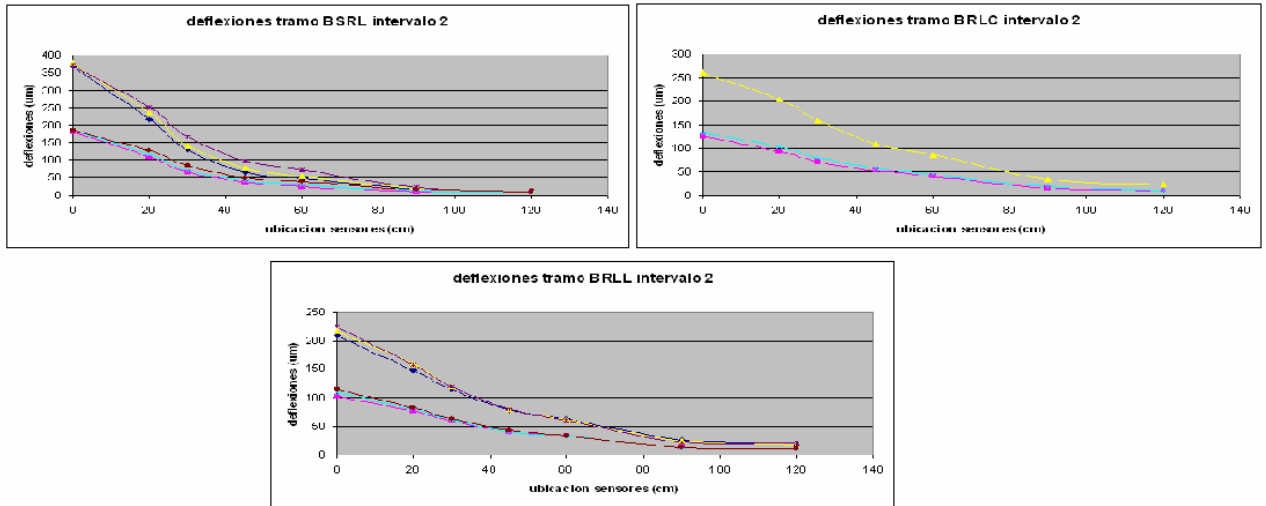
Intervalo 1 T promedio Pavimento: 20°C

Grafico G-2 Comportamiento deflexiones obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre base granular, primer intervalo.



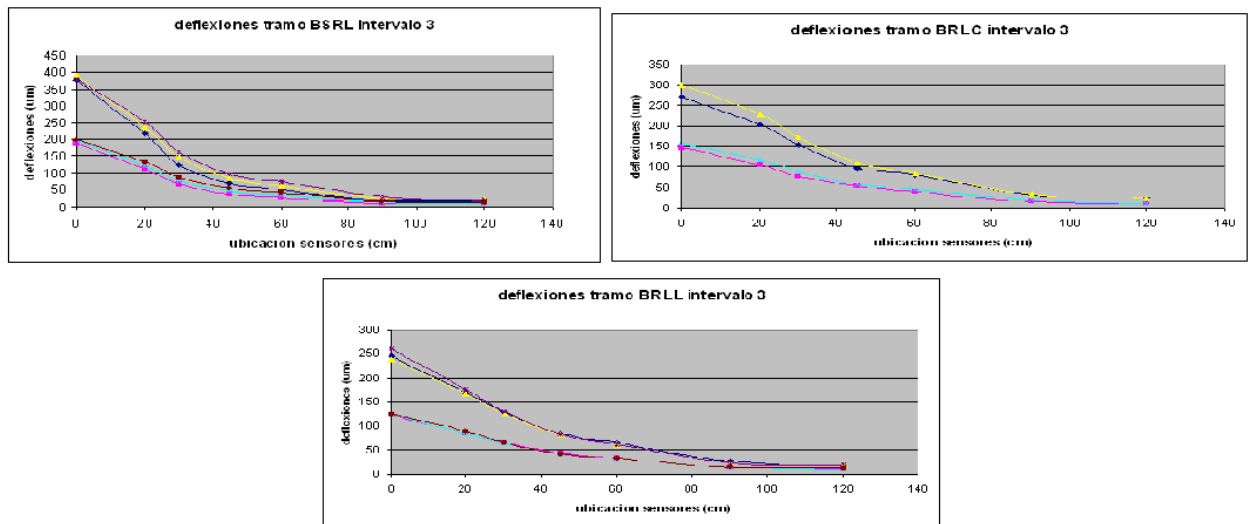
Intervalo 2 T promedio Pavimento: 22,7 °C

Grafico G-3 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre base granular, segundo intervalo



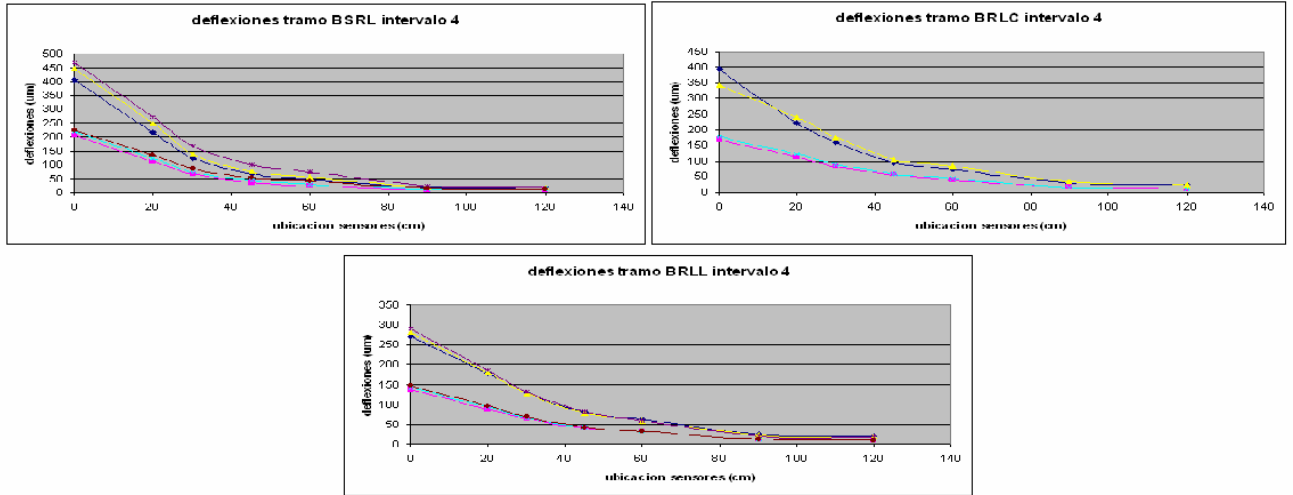
Intervalo 3 T promedio Pavimento: 35,4 °C

Grafico G-4 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre base granular, tercer intervalo



Intervalo 4 T promedio Pavimento: 43,1 °C

Grafico G- 5 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre base granular, cuarto intervalo

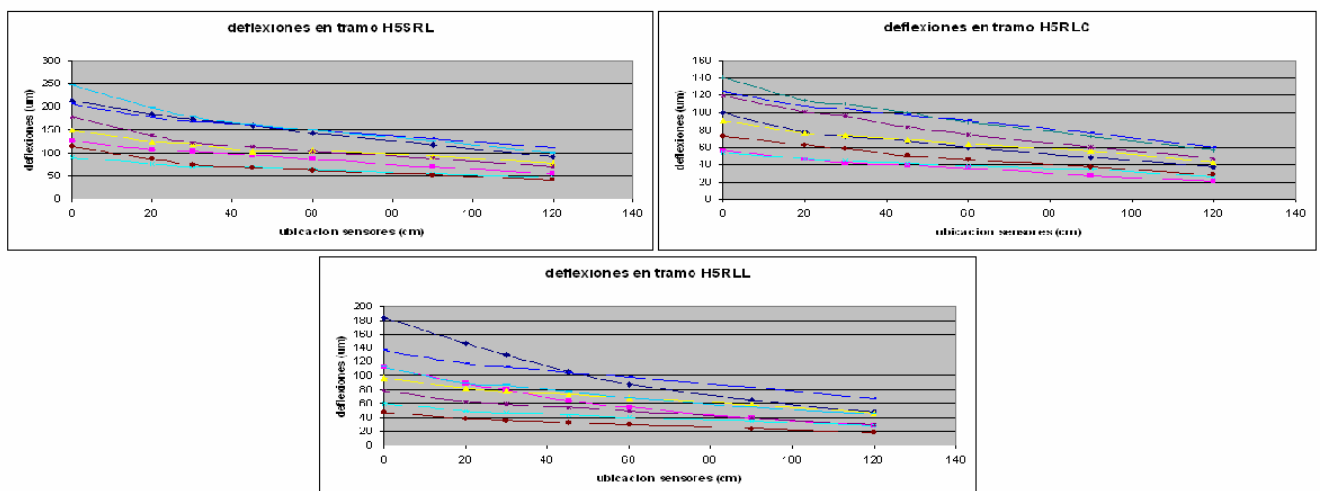


II- Gráficos de deflexiones sobre pista sobre hormigón:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

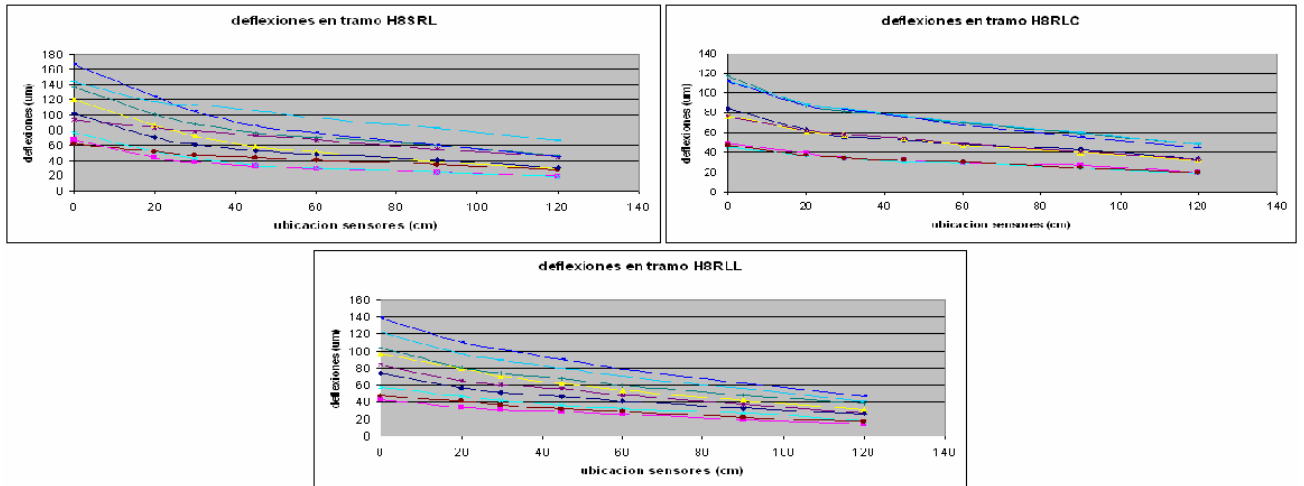
Espesor capa superficial o rodadura e=5 cm

Grafico G-6 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro del LNV sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 5 cm



Espesor capa superficial o rodadura $e=8$ cm

Grafico G-7 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro del LNV sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 8 cm

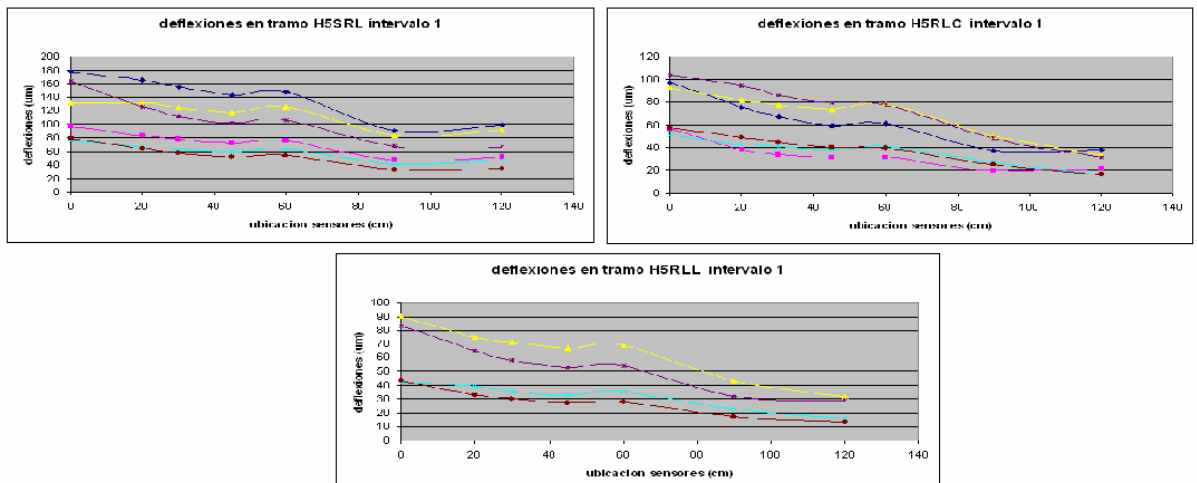


B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro de GAUSS S.A.:

Intervalo 1: Temperatura promedio pavimento 19,7° C

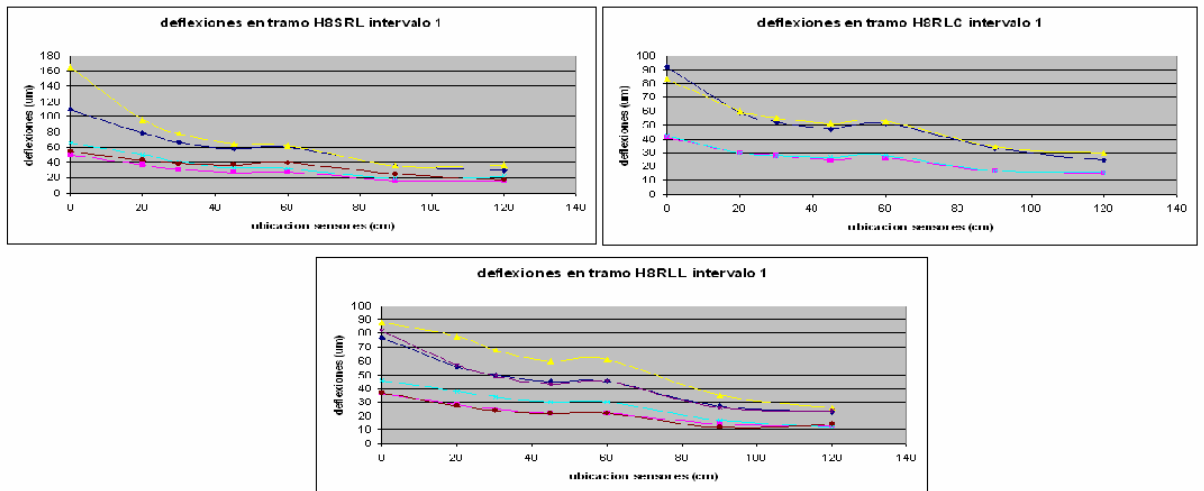
Espesor capa superficial o rodadura $e=5$ cm.

Grafico G-8 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 5 cm. primer intervalo



Espesor capa superficial o rodadura e=8 cm.

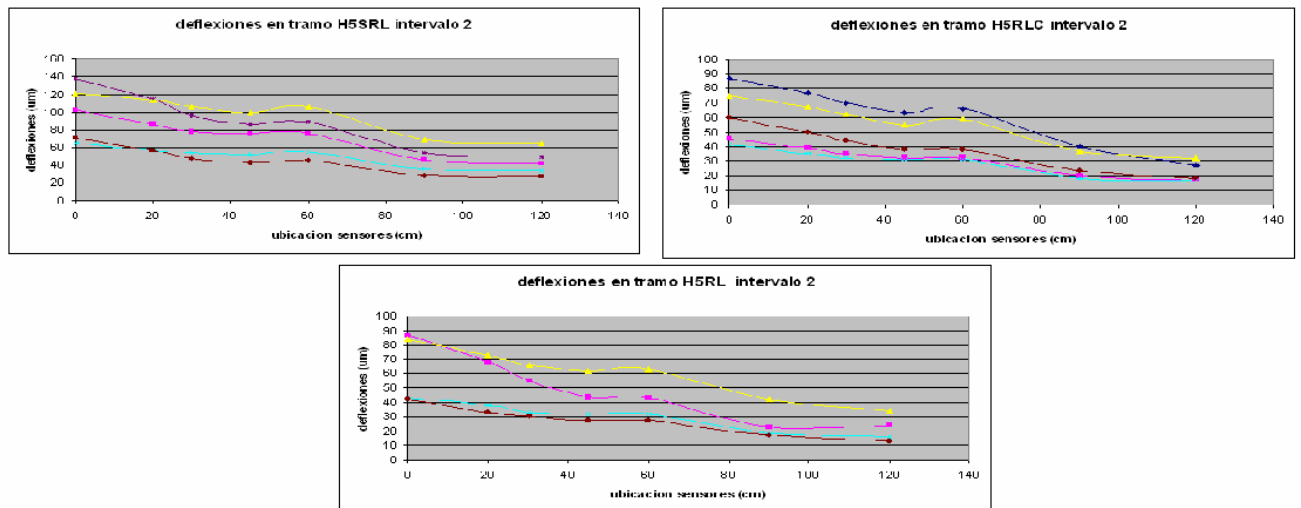
Grafico G-9 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 8 cm., primer intervalo



Intervalo 2: Temperatura promedio pavimento 21,6 ° C

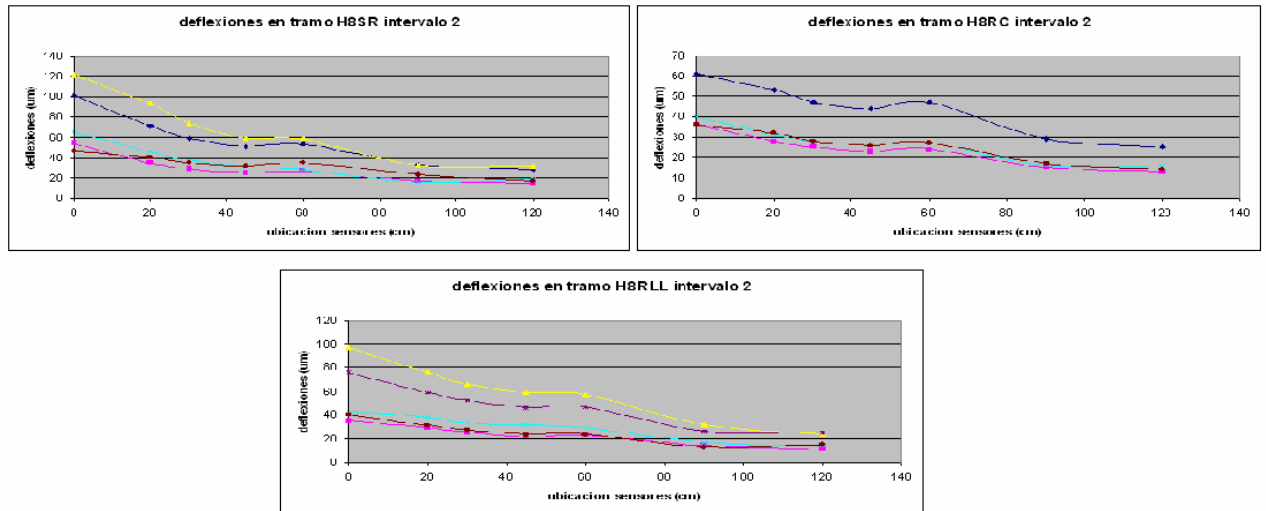
Espesor capa superficial o rodadura e=5 cm.

Grafico G-10 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 5 cm. segundo intervalo



Espesor capa superficial o rodadura e=8 cm.

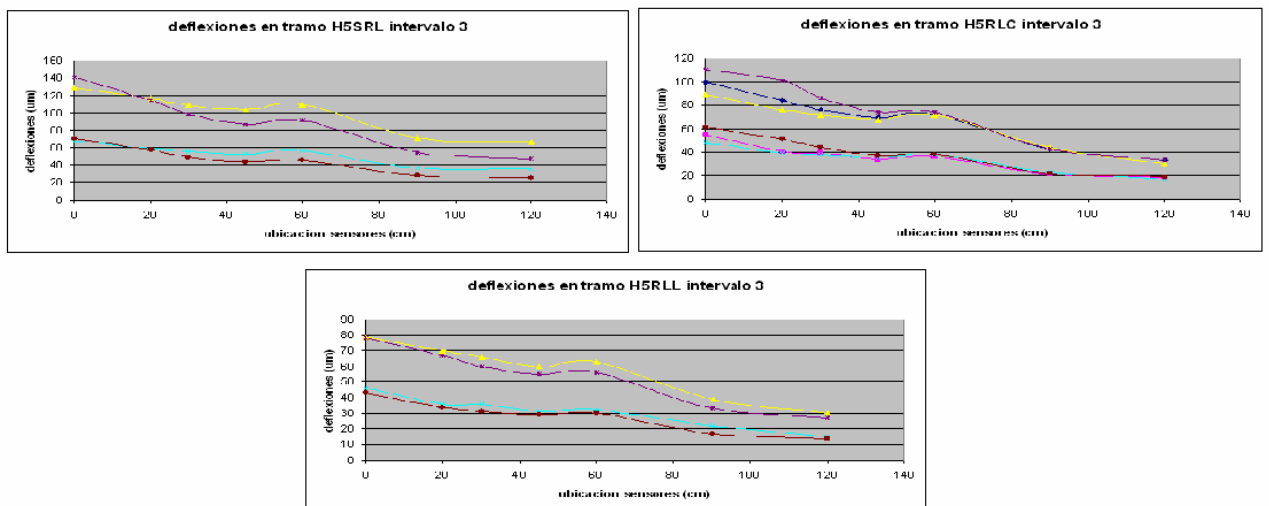
Grafico G11 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 8 cm. segundo intervalo



Intervalo 3: Temperatura promedio pavimento 31,1 ° C

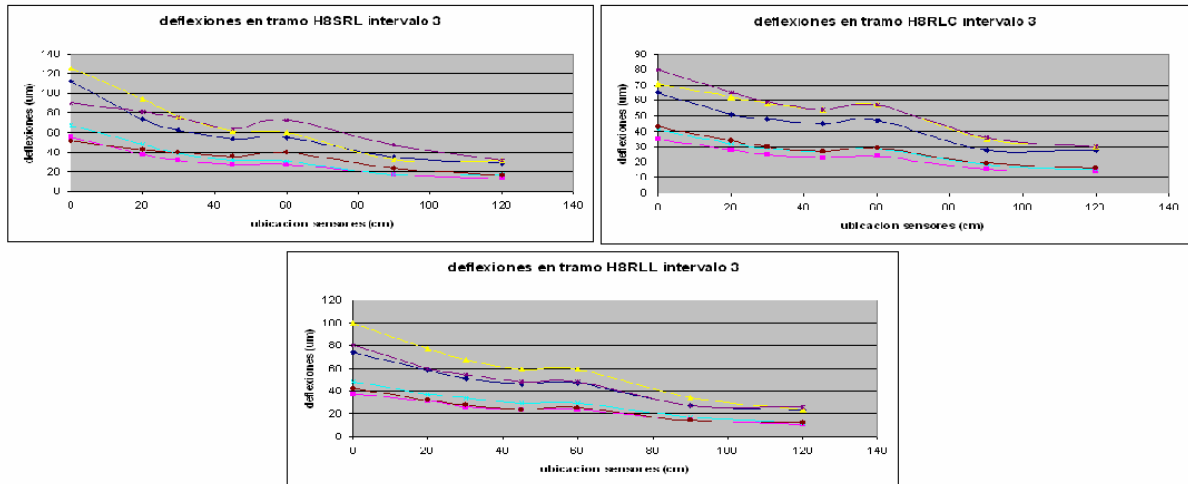
Espesor capa superficial o rodadura e=5 cm.

Grafico G-12 comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 5 cm. tercer intervalo



Espesor capa superficial o rodadura $e=8$ cm.

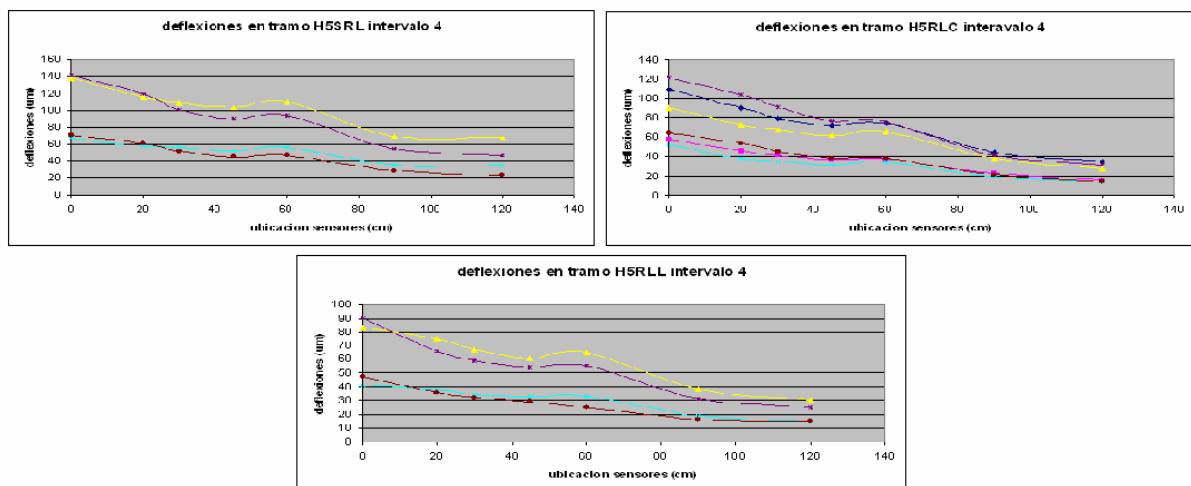
Grafico G-13 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 8 cm. tercer intervalo



Intervalo 4: Temperatura promedio pavimento 43° C

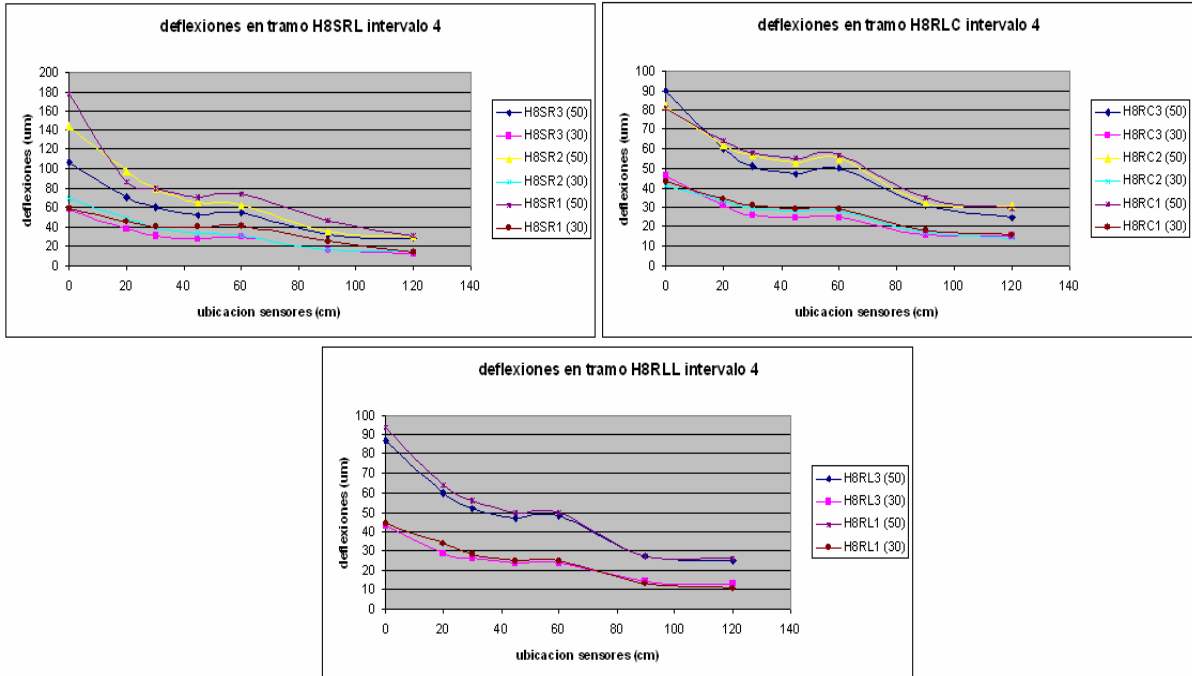
Espesor capa superficial o rodadura $e=5$ cm.

Grafico G-14 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 5 cm. cuarto intervalo



Espesor capa superficial o rodadura $e=8$ cm.

Grafico G-15 Comportamiento deflexiones, obtenida del deflectómetro de GAUSS S.A sobre pista sobre hormigón, espesor capa superficial 8 cm. cuarto intervalo



ANEXO H VALORES PROMEDIOS DEFLEXIONES

I-Registro de deflexiones sobre las pistas sobre base granular:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

Tabla H-1 Valores deflexiones promedio obtenidos del deflectómetro LNV sobre pista sobre base granular:

Tramo	Punto	Tipo Riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)								temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)	
BRLC	BRLC Prom	Riego Contaminado	30	158	118	95	66	47	23	15	23,0	24,0	
BRLC	BRLC Prom	Riego Contaminado	50	260	195	158	110	76	40	25	23,0	24,0	
BRLC	BRLC Prom	Riego Contaminado	75	368	280	225	156	110	58	35	23,0	24,0	
BRLL	BRLL Prom	Riego Limpio	30	126	92	72	48	33	18	12	21,3	23,7	
BRLL	BRLL Prom	Riego Limpio	50	210	151	119	81	55	29	19	21,3	23,7	
BRLL	BRLL Prom	Riego Limpio	75	300	218	173	117	79	41	28	21,3	23,7	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego	30	206	129	88	52	34	11	12	22,3	24,0	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego	50	347	217	143	82	54	29	19	22,3	24,0	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego	75	485	310	203	114	73	42	27	22,3	24,0	

B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro de GAUSS S.A

Tabla H-2 Valores deflexiones promedio obtenidos del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular primer intervalo, T promedio Pavimento 20° C:

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)								temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	50	384	234	145	81	60	23	18	14,1	19,2	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	30	187	115	73	41	31	13	10	14,1	19,2	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	50	207	150	114	76	61	24	18	15,1	20,3	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	30	104	76	58	39	31	13	10	15,1	20,3	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Contaminado	50	736	184	144	95	78	33	22	14,9	20,7	
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	30	125	95	75	53	42	17	14	14,9	20,7	

Tabla H-3 Valores deflexiones promedio obtenidos del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular segundo intervalo, T promedio Pavimento 22,7° C:

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)								temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	50	372	235	147	81	59	21	17	17,6	22,0	
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	30	185	118	74	43	31	12	9	17,6	22,0	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	50	217	155	118	79	61	24	18	18,0	22,9	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	30	109	80	60	41	32	13	11	18,0	22,9	
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Contaminado	50	261	204	159	108	86	34	23	19,0	23,5	
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	30	129	99	75	55	42	17	11	18,8	23,3	

Tabla H-4 Valores deflexiones promedio obtenidos del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular tercer intervalo, T promedio Pavimento 35,4º C:

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	50	383	236	144	82	60	23	20	26,3	33,5
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	30	194	121	75	44	32	12	11	26,3	33,5
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	50	248	171	127	82	62	24	18	24,5	36,2
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	30	124	85	64	41	32	13	10	24,5	36,2
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	50	285	217	163	103	84	33	24	25,0	36,8
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	30	152	111	83	56	43	18	11	25,0	36,8

Tabla H-5 Valores deflexiones promedio obtenidos del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre base granular cuarto intervalo, T promedio Pavimento 43,1º C:

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones (um)							temperatura	
				Do	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Aire (°C)	Pavimento (°C)
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	50	440	246	143	80	58	20	17	25,2	43,8
BSRL	BSRL Prom	Sin Riego Liga	30	215	123	74	43	31	12	11	25,2	43,8
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	50	280	180	129	80	59	22	18	24,7	42,4
BRLL	BRLL Prom	Riego Liga Limpio	30	142	92	65	41	31	12	10	24,7	42,4
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	50	368	231	167	100	79	31	22	25,6	43,2
BRLC	BRLC Prom	Riego Liga Contaminado	30	173	117	86	57	41	16	11	25,6	43,2

II- Registro de deflexiones sobre la pista sobre hormigón:

A) Deflexiones obtenidas de deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm

Tabla H-6 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro del LNV sobre pista sobre hormigón e= 5 cm:

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	30	110	89	82	76	70	59	47	19,0	23,7
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	50	180	148	138	125	117	99	79	19,0	23,7
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	75	252	211	198	183	168	141	112	19,0	23,7
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	30	73	58	54	46	42	32	24	18,3	23,7
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	50	119	97	88	78	68	54	41	18,3	23,7
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	75	169	139	129	112	98	78	60	18,3	23,7
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	30	60	51	48	43	39	33	25	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	50	103	84	80	73	66	54	42	19,0	24,0
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	75	144	122	117	105	95	78	61	19,0	24,0

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm

Tabla H-7 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro del LNV sobre pista sobre hormigón e= 8 cm:

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	30	47	38	35	32	30	25	20	18,7	22,3
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	50	79	62	57	54	48	41	33	18,7	22,3
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	75	114	88	83	76	70	58	47	18,7	22,3
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	30	49	40	36	32	29	23	16	19,0	22,7
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	50	85	67	60	54	48	37	28	19,0	22,7
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	75	122	95	88	79	69	55	42	19,0	22,7
H8SRL	H8RLC Prom	8	sin riego	30	68	49	43	37	34	28	21	19,0	20,3
H8SRL	H8RLC Prom	8	sin riego	50	105	80	70	61	55	45	35	19,0	20,3
H8SRL	H8RLC Prom	8	sin riego	75	149	114	102	89	81	67	52	19,0	20,3

B) Deflexiones obtenidas de deflectómetro de GAUSS S.A.

Intervalo 1 T Promedio Pavimento 19,7°C

Espesor capa superficial e= 5 cm.

Tabla H-8 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, primer intervalo, T promedio Pavimento 19,7° C e = 5 cm:

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	50	157	141	131	121	126	80	85	14,0	18,7
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	30	84	71	66	61	64	40	44	14,0	18,7
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	50	114	89	80	69	68	39	32	13,3	19,3
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	30	55	45	40	34	34	20	16	13,3	19,3
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	50	98	84	77	70	72	45	34	14,6	20,3
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	30	55	43	40	36	37	24	18	14,6	20,3

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla H-9 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A sobre pista sobre hormigón, primer intervalo, T promedio Pavimento 19,7° C e = 8 cm:

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	50	100	61	55	51	53	34	28	13,9	20,0
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	30	41	30	28	26	27	17	16	13,9	20,0
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	50	82	64	56	49	50	29	24	14,2	20,2
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	30	40	31	28	25	25	14	13	14,2	20,2
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	50	235	85	72	62	64	41	32	13,7	20,0
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	30	56	43	37	32	33	20	18	13,7	20,0

Intervalo 2 T Promedio Pavimento 21,6 °C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla H-10 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, segundo intervalo, T promedio Pavimento 21,6° C e = 5 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	50	150	131	119	108	113	71	65	18,5	21,1
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	30	79	67	60	57	59	37	34	18,5	21,1
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	50	132	91	77	67	67	39	35	18,8	21,3
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	30	57	46	39	34	34	20	18	18,8	21,3
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	50	100	79	72	63	66	40	32	19,0	21,5
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	30	49	41	37	34	34	20	17	19,0	21,5

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla H-11 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, segundo intervalo, T promedio Pavimento 21,6° C e = 8 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	50	123	57	51	47	50	31	28	18,8	21,6
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	30	37	30	27	25	26	16	14	19,0	21,8
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	50	222	64	56	50	50	29	25	18,1	22,0
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	30	39	33	28	26	25	15	13	18,1	22,0
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	50	74	80	68	58	58	37	31	18,4	21,9
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	30	55	40	33	29	29	18	16	18,4	21,9

Grafico H-1 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 5, intervalo 2 T Prom. Pav 21,6° C

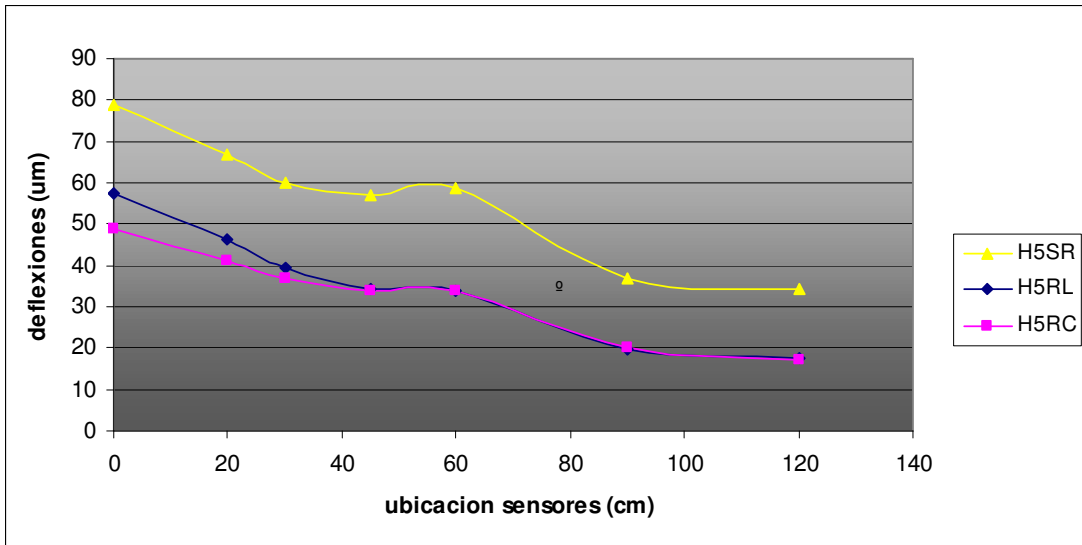


Grafico H-2 Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 5, intervalo 2 T Prom. Pav 21,6° C

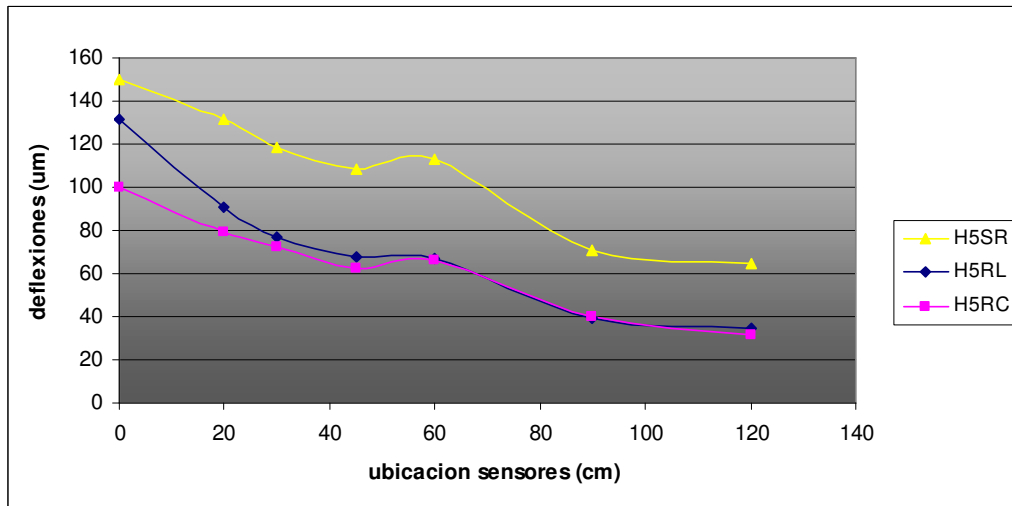
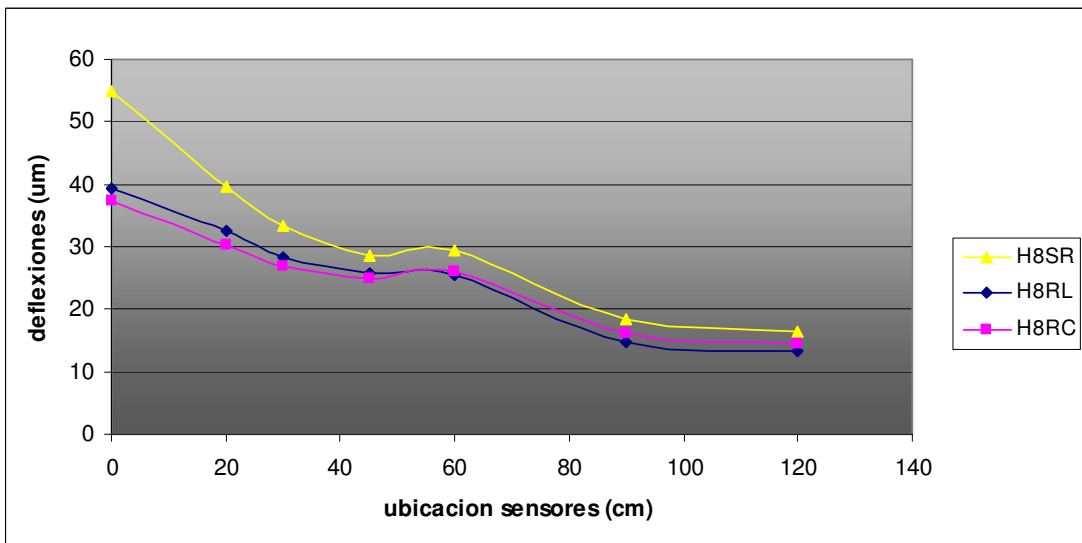


Grafico H-3 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 8, intervalo 2 T Prom. Pav 21,6° C



Intervalo 3 T Promedio Pavimento 31,1 °C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla H-12 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, tercer intervalo, T promedio Pavimento 31,1° C e = 5 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	50	160	137	126	114	119	73	67	22,6	30,4
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	30	84	69	63	59	61	37	35	22,6	30,4
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	50	111	94	80	68	68	39	32	22,9	29,3
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	30	61	49	42	35	35	21	17	22,9	29,3
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	50	100	87	78	71	73	43	32	23,7	34,0
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	30	55	44	40	35	37	22	18	23,7	34,0

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla H-13 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, tercer intervalo, T promedio Pavimento 31,1° C e = 8 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)							Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	50	72	59	55	51	54	33	29	25,2	29,3
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	30	40	31	28	26	27	17	15	25,2	29,3
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	50	85	65	57	51	51	29	24	24,4	32,0
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	30	42	33	29	26	26	15	12	24,4	32,0
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	50	109	83	71	59	62	38	30	22,0	31,5
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	30	58	42	36	31	32	19	15	22,0	31,5

Grafico H-4 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 5, intervalo 3 T Prom. Pav 31,1° C

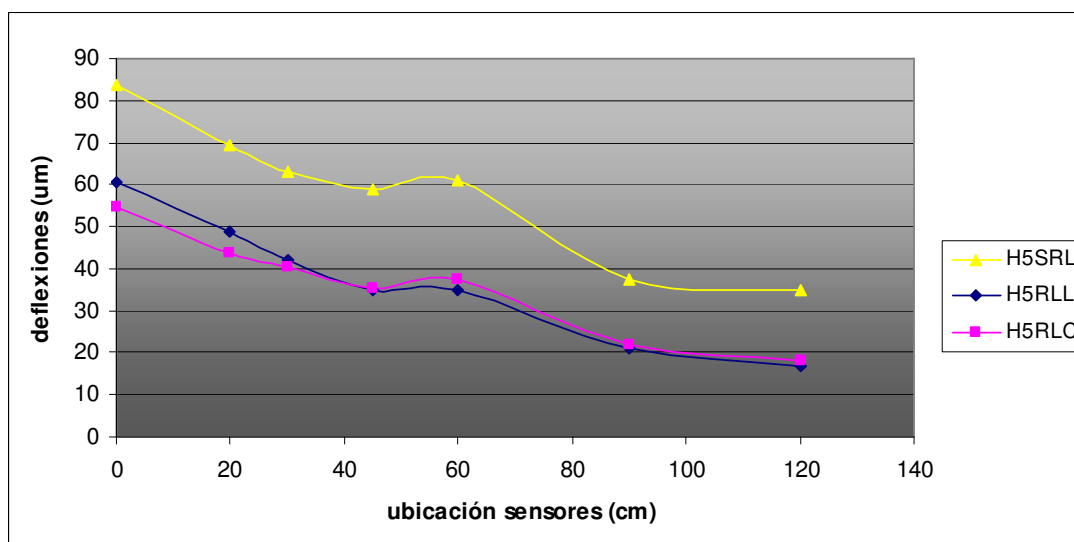


Grafico H-5 Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 5, intervalo 3 T Prom. Pav 31,1º C

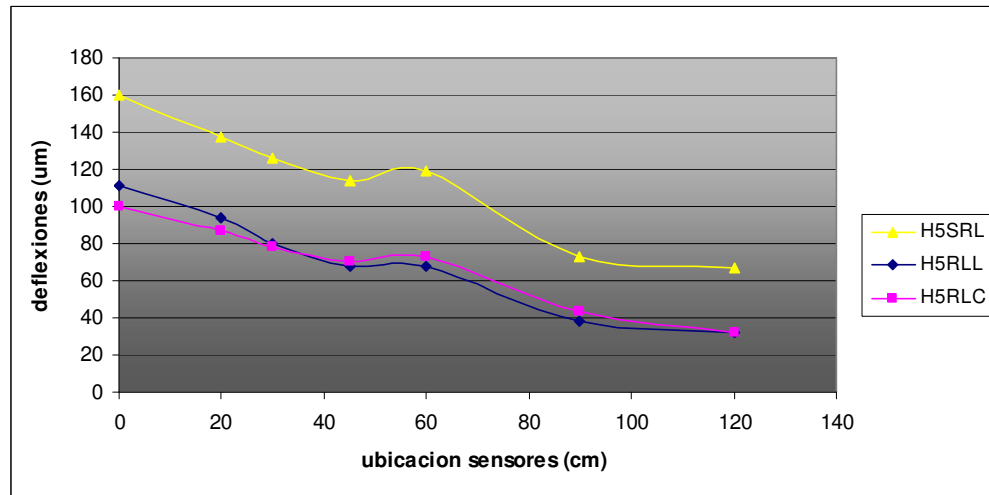


Grafico H-6 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 8, intervalo 3 T Prom. Pav 31,1º C

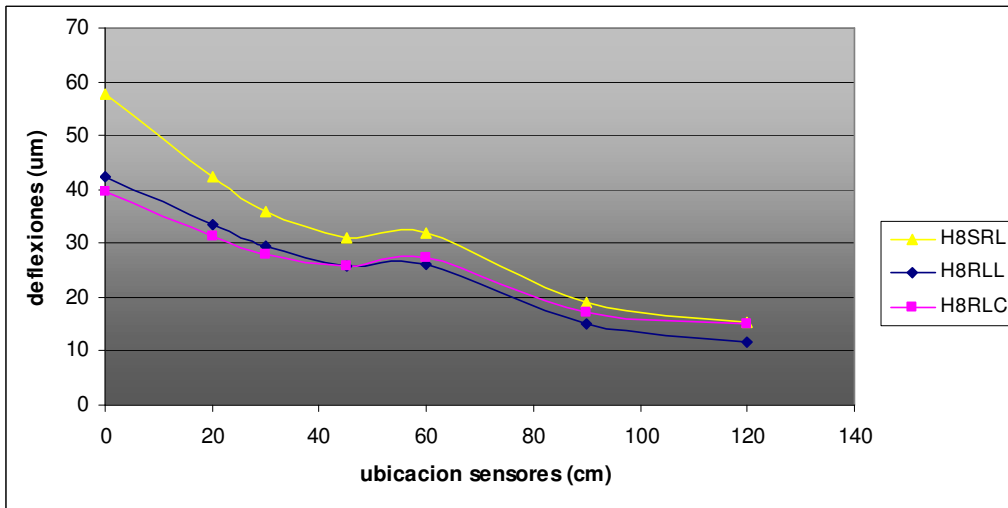
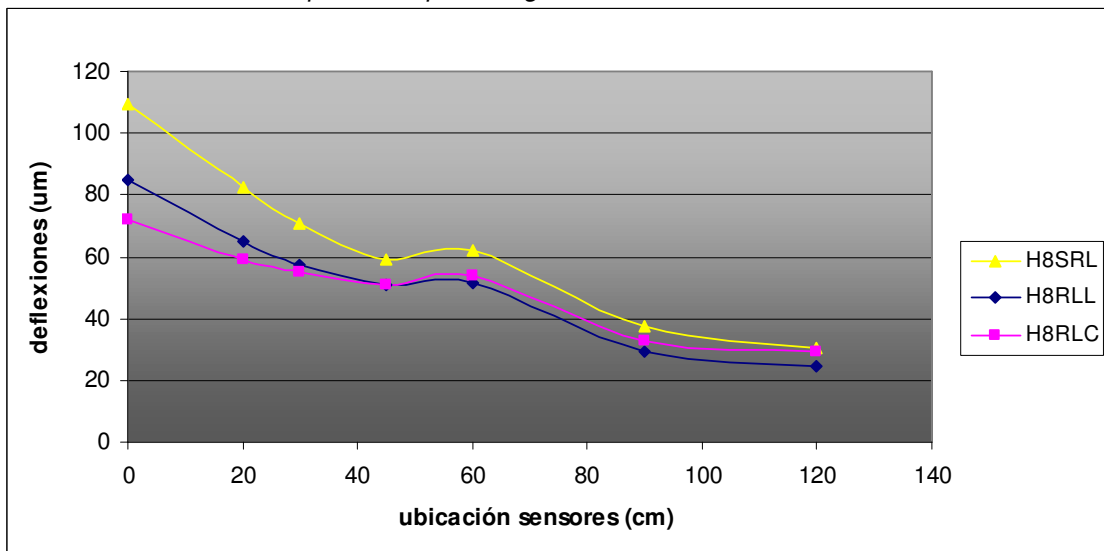


Grafico H-7 Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 8, intervalo 3 T Prom. Pav 31,1º C



Intervalo 4 T Promedio Pavimento 43 °C

Espesor capa superficial o rodadura e= 5 cm.

Tabla H-14 valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A. sobre pista sobre hormigón, cuarto intervalo, T promedio Pavimento 43° C e = 5 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)								Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento	
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	50	168	140	127	115	121	68	66	27,6	39,8	
H5SRL	H5SRL Prom	5	sin riego	30	83	71	64	59	62	37	33	27,6	39,8	
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	50	126	98	82	69	70	38	31	27,0	41,7	
H5RLL	H5RLL Prom	5	Riego limpio	30	65	51	42	36	35	20	17	27,0	41,7	
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	50	107	89	79	70	72	41	32	27,5	43,8	
H5RLC	H5RLC Prom	5	Riego Contaminado	30	58	46	40	35	36	21	15	27,5	43,8	

Espesor capa superficial o rodadura e= 8 cm.

Tabla H-15 Valores deflexiones promedio obtenidas del deflectómetro GAUSS S.A sobre pista sobre hormigón, cuarto intervalo, T promedio Pavimento 43° C e = 8 cm.

Tramo	Punto	espesor capa superficial (cm)	tipo adherencia	Carga (KN)	Deflexiones (um)								Temperatura (° C)	
					D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	aire	pavimento	
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	50	84	62	55	52	54	33	28	27,2	45,2	
H8RLC	H8RLC Prom	8	Riego Contaminado	30	43	33	29	27	27	17	15	27,2	45,2	
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	50	99	70	61	54	58	30	26	25,0	43,8	
H8RLL	H8RLL Prom	8	Riego limpio	30	49	36	30	27	27	14	12	25,0	43,8	
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	50	143	85	73	62	64	38	30	25,0	43,8	
H8SRL	H8SRL Prom	8	sin riego	30	62	44	37	33	34	19	14	25,0	43,8	

Gráfico H-8 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 5, intervalo 4 T Prom. Pav 43° C

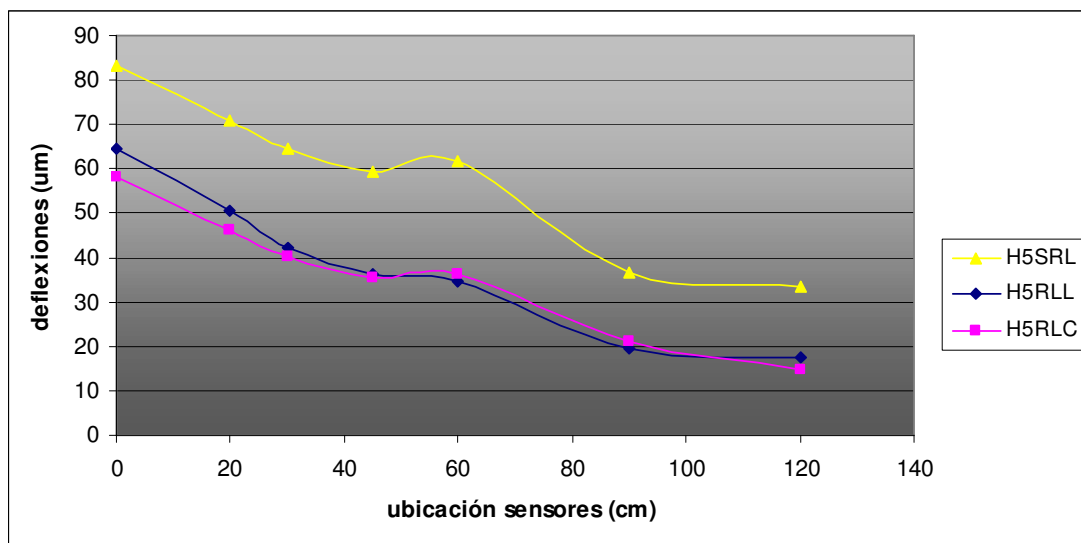


Grafico H-9 Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 5, intervalo 4 T Prom. Pav 43º C

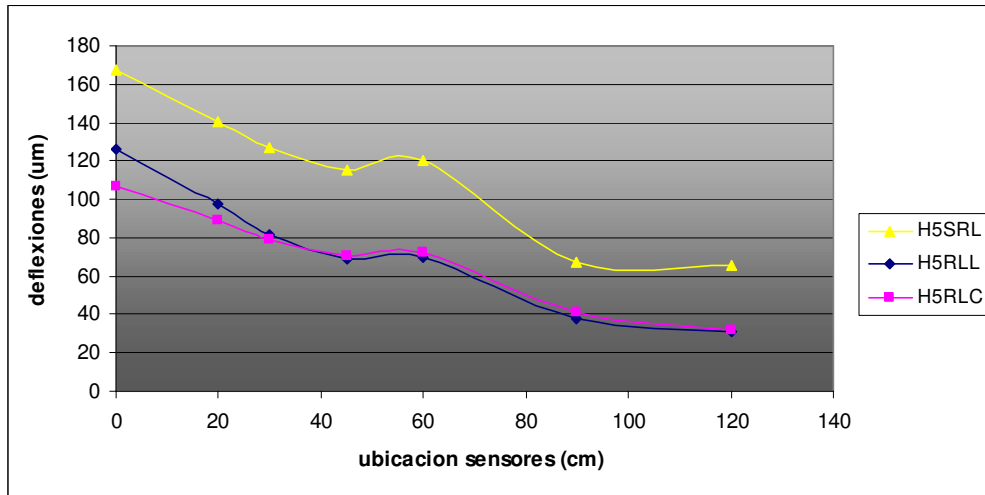


Grafico H- 10 Deflexiones promedio para carga 30 KN, e= 8, intervalo 4 T Prom. Pav 43º C

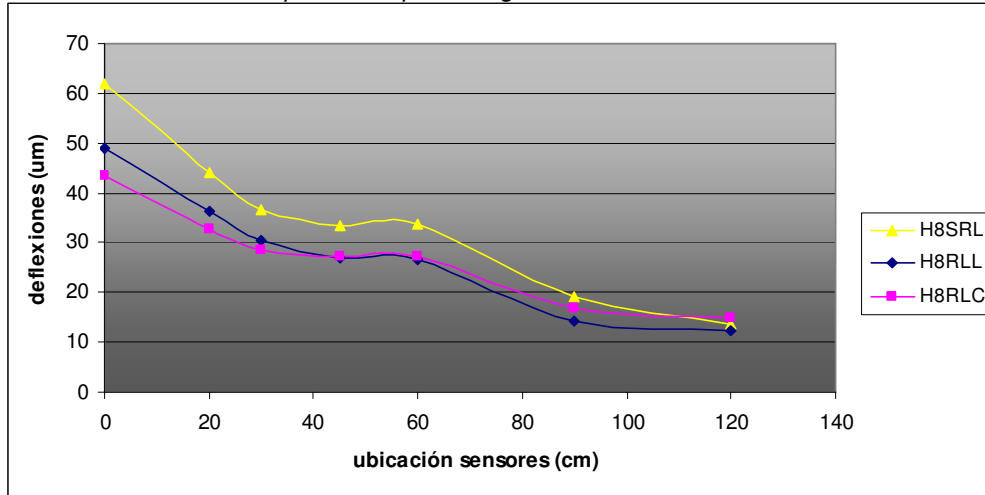
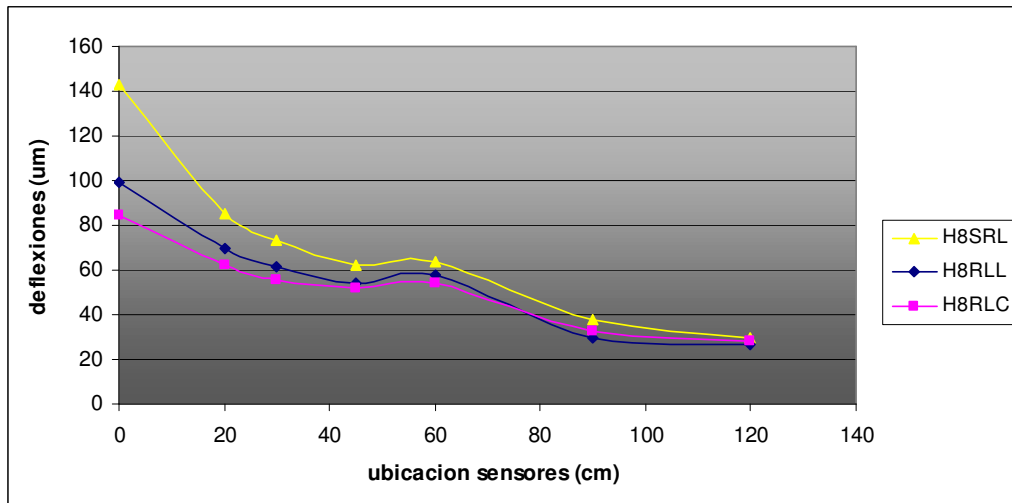


Grafico H-11 Deflexiones promedio para carga 50 KN, e= 8, intervalo 4 T Prom. Pav 43º C



ANEXO I VALORES DO

I-Pista sobre base granular

A) Valores obtenidos del deflectómetro del laboratorio nacional de vialidad:

Tabla I-1 Valores Do del deflectómetro del LNV:

Riego	carga	Do
Sin riego	30	213
Sin riego	30	217
Sin riego	30	187
promedio		206
DS		16,3
Sin riego	50	368
Sin riego	50	361
Sin riego	50	312
promedio		347
DS		30,5
Sin riego	75	519
Sin riego	75	505
Sin riego	75	432
promedio		485
DS		46,7
Riego contaminado	30	166
Riego contaminado	30	149
promedio		158
DS		12,0
Riego contaminado	50	272
Riego contaminado	50	247
promedio		260
DS		17,7
Riego contaminado	75	388
Riego contaminado	75	348
promedio		368
DS		28,3
Riego Limpio	30	130
Riego Limpio	30	124
Riego Limpio	30	124
promedio		126
DS		3,5
Riego Limpio	50	216
Riego Limpio	50	207
Riego Limpio	50	206
promedio		210
DS		5,5
Riego Limpio	75	309
Riego Limpio	75	292
Riego Limpio	75	298
promedio		300
DS		8,6

B) Valores obtenidos del deflectómetro GAUSS S.A:

Intervalo 1 T promedio Pav : 20°C

Tabla I-2 Valores Do, para intervalo 1

Riego	carga	Do
Sin riego	30	183
Sin riego	30	190
Sin riego	30	188
promedio		187
DS		3,6
Sin riego	50	388
Sin riego	50	404
Sin riego	50	361
promedio		384
DS		21,7
Riego contaminado	30	124
Riego contaminado	30	125
promedio		125
DS		0,7
Riego Limpio	30	101
Riego Limpio	30	106
Riego Limpio	30	105
promedio		104
DS		2,6
Riego Limpio	50	199
Riego Limpio	50	199
Riego Limpio	50	222
promedio		207
DS		13,3

Intervalo 2 T promedio Pav : 22,7°C

Tabla I-3 Valores Do , para intervalo 2

Riego	carga	Do
Sin riego	30	181
Sin riego	30	188
Sin riego	30	185
promedio		185
DS		3,5
Sin riego	50	368
Sin riego	50	377
Sin riego	50	371
promedio		372
DS		4,6
Riego contaminado	30	125
Riego contaminado	30	133
promedio		129
DS		5,7
Riego contaminado	50	492
Riego contaminado	50	261
promedio		261
DS		
Riego Limpio	30	102
Riego Limpio	30	109
Riego Limpio	30	115
promedio		109
DS		6,5
Riego Limpio	50	209
Riego Limpio	50	218
Riego Limpio	50	225
promedio		217
DS		8,0

Grafico I-1 Valores Do Intervalo 2 , carga 30 KN

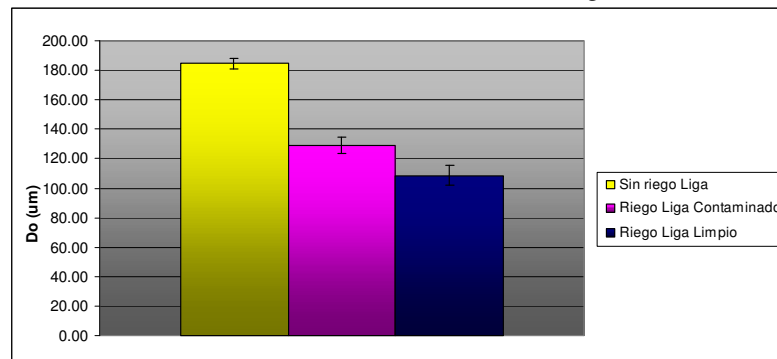
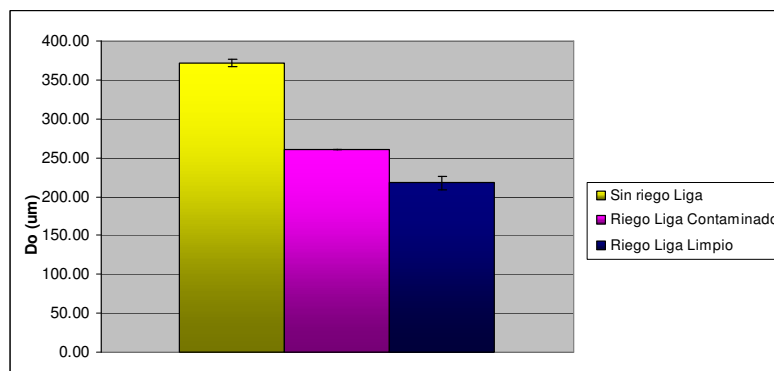


Grafico I-2 Valores Do Intervalo 2 , carga 50 KN



Intervalo 3 T promedio Pav: 35,4°C

Tabla I-4 Valores Do, para intervalo 3

Riego	carga	Do
Sin riego	30	188
Sin riego	30	195
Sin riego	30	198
promedio		194
DS		5,1
Sin riego	50	378
Sin riego	50	389
Sin riego	50	381
promedio		383
DS		5,7
Riego contaminado	30	147
Riego contaminado	30	157
promedio		152
DS		7,1
Riego contaminado	50	270
Riego contaminado	50	299
promedio		285
DS		20,5
Riego Limpio	30	122
Riego Limpio	30	124
Riego Limpio	30	125
promedio		124
DS		1,5
Riego Limpio	50	246
Riego Limpio	50	238
Riego Limpio	50	260
promedio		248
DS		11,1

Grafico I-3 Valores Do Intervalo 3, carga 30 KN

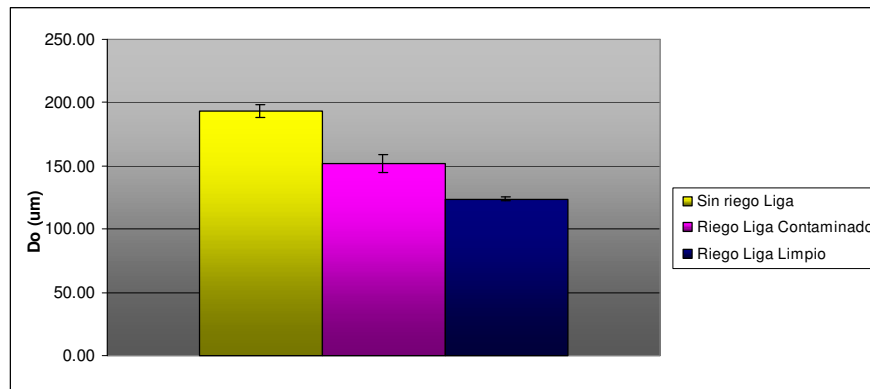
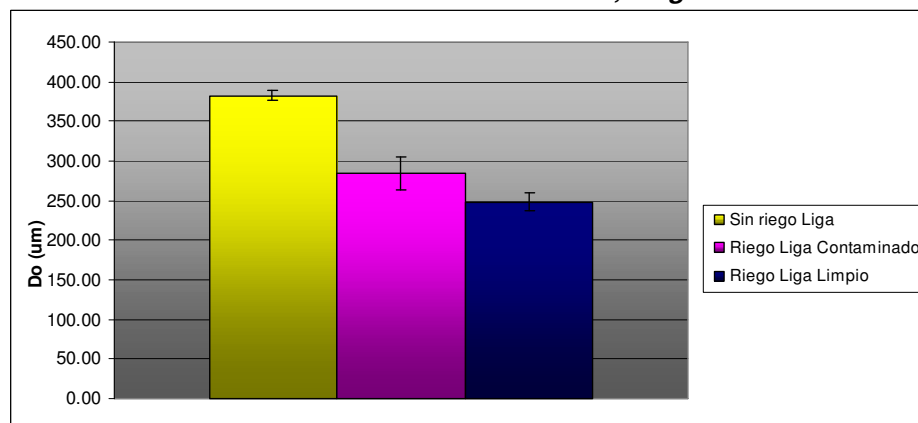


Grafico I-4 Valores Do Intervalo 3, carga 50 KN



Intervalo 4 T promedio Pav : 43,1°C

Tabla I-5 valores Do, para intervalo 4

Riego	carga	do
Sin riego	30	205
Sin riego	30	219
Sin riego	30	222
promedio		215
DS		9,1
Sin riego	50	406
Sin riego	50	446
Sin riego	50	469
promedio		440
DS		31,9
Riego contaminado	30	168
Riego contaminado	30	177
promedio		173
DS		6,4
Riego contaminado	50	393
Riego contaminado	50	343
promedio		368
DS		35,4
Riego Limpio	30	138
Riego Limpio	30	141
Riego Limpio	30	148
promedio		142
DS		5,1
Riego Limpio	50	270
Riego Limpio	50	281
Riego Limpio	50	290
promedio		280
DS		10,0

Grafico I-5 Valores Do Intervalo 4, carga 30 KN

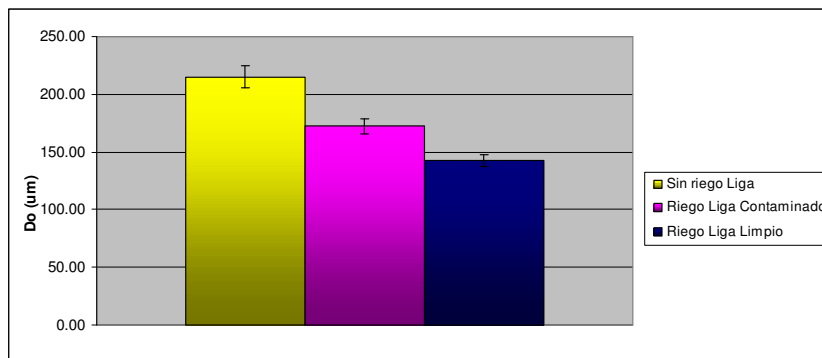
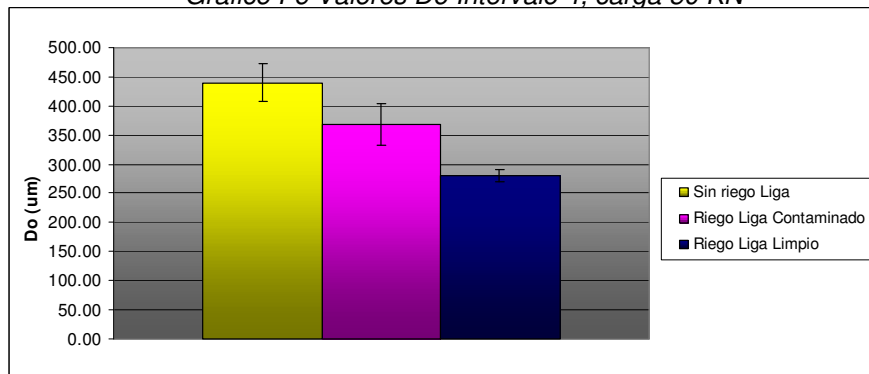


Grafico I-6 Valores Do Intervalo 4, carga 50 KN



II- Pista sobre hormigón

A) Valores obtenidos del deflectómetro del Laboratorio Nacional de Vialidad:

Tabla I-6 Valores Do del deflectómetro del LNV:

espesor 5 cms			espesor 8 cms		
Riego	carga	Do	Riego	carga	Do
Sin riego	30	126	Sin riego	30	67
Sin riego	30	90	Sin riego	30	76
Sin riego	30	113	Sin riego	30	62
promedio		110	promedio		68
DS		18,2	DS		7,1
Sin riego	50	213	Sin riego	50	102
Sin riego	50	149	Sin riego	50	120
Sin riego	50	179	Sin riego	50	94
promedio		180	promedio		105
DS		32,0	DS		13,3
Sin riego	75	305	Sin riego	75	137
Sin riego	75	205	Sin riego	75	167
Sin riego	75	247	Sin riego	75	143
promedio		252	promedio		149
DS		50,2	DS		15,9
riego contaminado	30	56	riego contaminado	30	49
riego contaminado	30	53	riego contaminado	30	46
riego contaminado	30	72	riego contaminado	30	47
promedio		60	promedio		47
DS		10,2	DS		1,5
riego contaminado	50	99	riego contaminado	50	84
riego contaminado	50	90	riego contaminado	50	77
riego contaminado	50	119	riego contaminado	50	76
promedio		103	promedio		79
DS		14,8	DS		4,4
riego contaminado	75	140	riego contaminado	75	117
riego contaminado	75	124	riego contaminado	75	112
riego contaminado	75	167	riego contaminado	75	113
promedio		144	promedio		114
DS		21,7	DS		2,6
riego limpio	30	112	riego limpio	30	43
riego limpio	30	60	riego limpio	30	57
riego limpio	30	47	riego limpio	30	47
promedio		54	promedio		49
DS		9,2	DS		7,2
riego limpio	50	183	riego limpio	50	74
riego limpio	50	97	riego limpio	50	96
riego limpio	50	77	riego limpio	50	84
promedio		87	promedio		85
DS		14,1	DS		11,0
riego limpio	75	259	riego limpio	75	104
riego limpio	75	136	riego limpio	75	139
riego limpio	75	113	riego limpio	75	122
promedio		125	promedio		122
DS		16,3	DS		17,5

B) Valores obtenidos del deflectómetro de GAUSS S.A.

Intervalo 1 T promedio Pavimento: 19,7 °C

Tabla I-7 Valores Do del deflectómetro de GAUSS, Intervalo 1:

espesor 5 cms			espesor 8 cms		
Riego	carga	Do	Riego	carga	Do
Sin riego	30	96	Sin riego	30	50
Sin riego	30	76	Sin riego	30	65
Sin riego	30	79	Sin riego	30	54
promedio		84	promedio		56
DS		10,8	DS		7,8
Sin riego	50	177	Sin riego	50	109
Sin riego	50	131	Sin riego	50	165
Sin riego	50	164	Sin riego	50	430
promedio		157	promedio		137
DS		23,7	DS		39,6
riego contaminado	30	56	riego contaminado	30	41
riego contaminado	30	51	riego contaminado	30	42
riego contaminado	30	57	riego contaminado	30	39
promedio		55	promedio		41
DS		3,2	DS		1,5
riego contaminado	50	97	riego contaminado	50	92
riego contaminado	50	92	riego contaminado	50	83
riego contaminado	50	104	riego contaminado	50	124
promedio		98	promedio		88
DS		6,0	DS		6,4
riego limpio	30	81	riego limpio	30	36
riego limpio	30	42	riego limpio	30	46
riego limpio	30	43	riego limpio	30	37
promedio		43	promedio		40
DS		0,7	DS		5,5
riego limpio	50	170	riego limpio	50	77
riego limpio	50	90	riego limpio	50	88
riego limpio	50	83	riego limpio	50	82
promedio		87	promedio		82
DS		4,9	DS		5,5

Intervalo 2 T promedio Pavimento: 21,6 °C

Tabla I-8 Valores Do del deflectómetro de GAUSS, Intervalo 2:

espesor 5 cms			espesor 8 cms		
Riego	carga	Do	Riego	carga	Do
Sin riego	30	102	Sin riego	30	54
Sin riego	30	65	Sin riego	30	65
Sin riego	30	70	Sin riego	30	46
promedio		79	promedio		55
DS		20,1	DS		9,5
Sin riego	50	191	Sin riego	50	101
Sin riego	50	121	Sin riego	50	122
Sin riego	50	137			
promedio		150	promedio		112
DS		36,7	DS		14,8
riego contaminado	30	45	riego contaminado	30	36
riego contaminado	30	41	riego contaminado	30	40
riego contaminado	30	60	riego contaminado	30	36
promedio		49	promedio		37
DS		10,0	DS		2
riego contaminado	50	87	riego contaminado	50	61
riego contaminado	50	75	riego contaminado	50	185
riego contaminado	50	138	promedio		61
promedio		100	DS		
DS		33,5	riego limpio	30	35
riego limpio	30	87	riego limpio	30	43
riego limpio	30	43	riego limpio	30	40
riego limpio	30	42	promedio		39
promedio		57	DS		4,0
DS		25,7	riego limpio	50	492
riego limpio	50	179	riego limpio	50	97
riego limpio	50	84	riego limpio	50	76
promedio		132	promedio		87
DS		67,2	DS		14,8

Espesor capa superficial o rodadura 5 cm

Grafico I-7 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 5 cm segundo intervalo

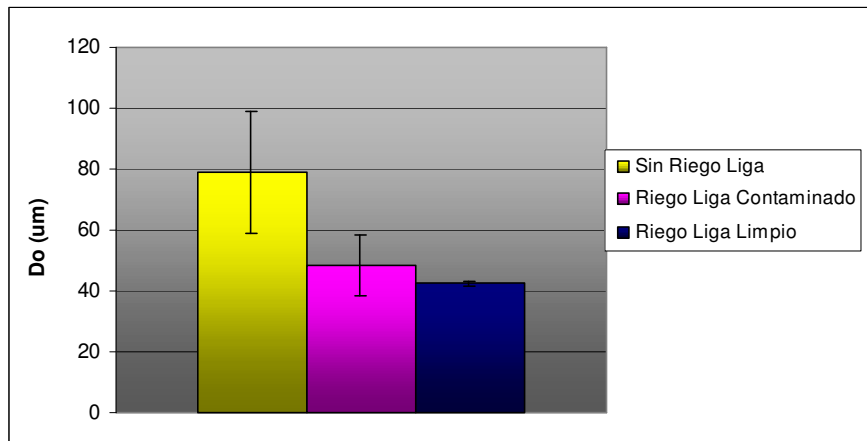
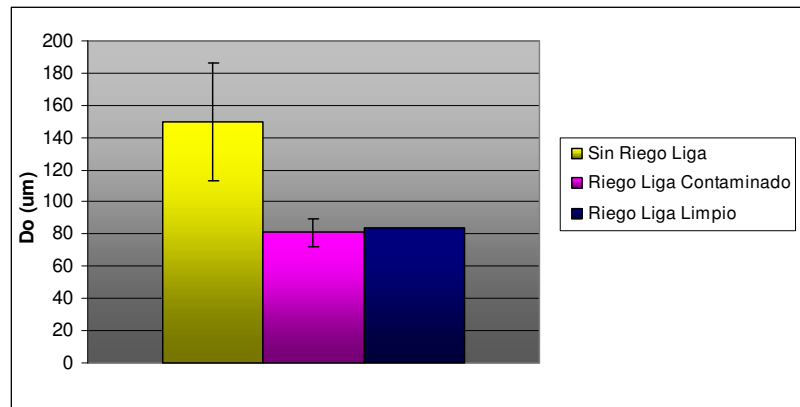


Grafico I-8 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 5 cm segundo intervalo



Esesor capa superficial o rodadura 8 cm

Grafico I-9 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 8 cm segundo intervalo

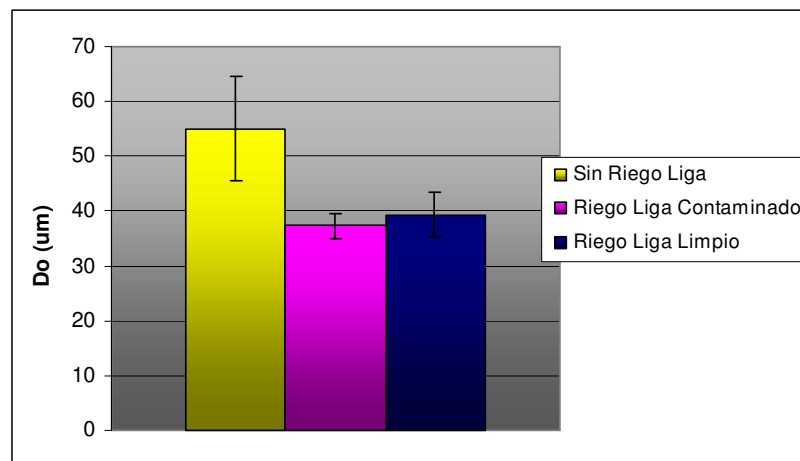
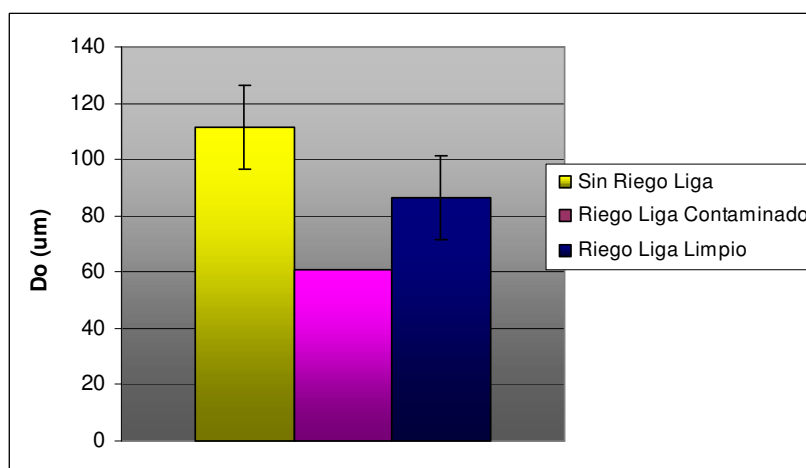


Grafico I-10 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 8 cm segundo intervalo



Intervalo 3 T promedio Pavimento: 31,1 °C

Tabla I-9 Valores Do del deflectómetro de GAUSS, Intervalo 3:

espesor 5 cms			espesor 8 cms		
Riego	carga	do	Riego	carga	do
Sin riego	30	113	Sin riego	30	55
Sin riego	30	68	Sin riego	30	67
Sin riego	30	70	Sin riego	30	51
promedio		83,67	promedio		57,67
DS		25,42	DS		8,33
Sin riego	50	210	Sin riego	50	112
Sin riego	50	129	Sin riego	50	126
Sin riego	50	141	Sin riego	50	90
promedio		160,00	promedio		119,00
DS		43,71	DS		9,90
riego contaminado	30	55	riego contaminado	30	35
riego contaminado	30	48	riego contaminado	30	41
riego contaminado	30	61	riego contaminado	30	43
promedio		54,67	promedio		39,67
DS		6,51	DS		4,16
riego contaminado	50	100	riego contaminado	50	65
riego contaminado	50	89	riego contaminado	50	71
riego contaminado	50	110	riego contaminado	50	80
promedio		99,67	promedio		72,00
DS		10,50	DS		7,55
riego limpio	30	93	riego limpio	30	37
riego limpio	30	46	riego limpio	30	48
riego limpio	30	43	riego limpio	30	42
promedio		44,50	promedio		42,33
DS		2,12	DS		5,51
riego limpio	50	177	riego limpio	50	74
riego limpio	50	79	riego limpio	50	100
riego limpio	50	78	riego limpio	50	80
promedio		78,50	promedio		84,67
DS		0,71	DS		13,61

Espesor capa superficial o rodadura 5 cm.

Grafico I-11 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 5 cm. tercer intervalo

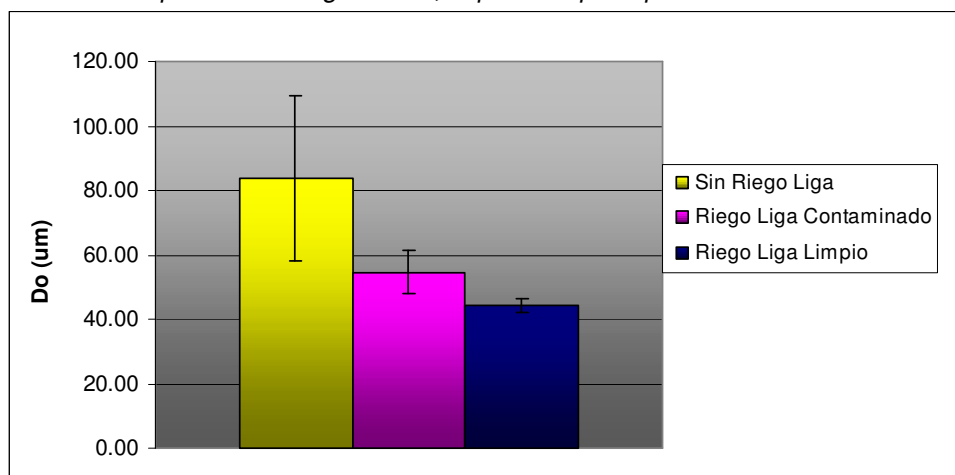
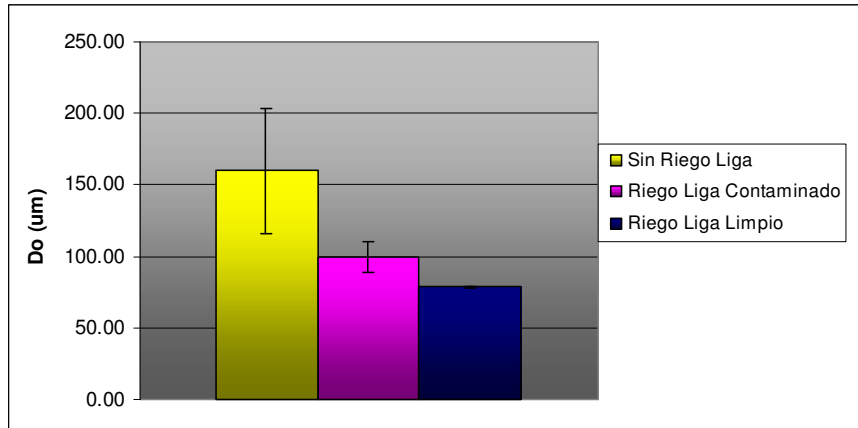


Grafico I-12 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 5 cm. tercer intervalo



Espesor capa superficial o rodadura 8 cm.

Grafico I-13 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 8 cm. tercer intervalo

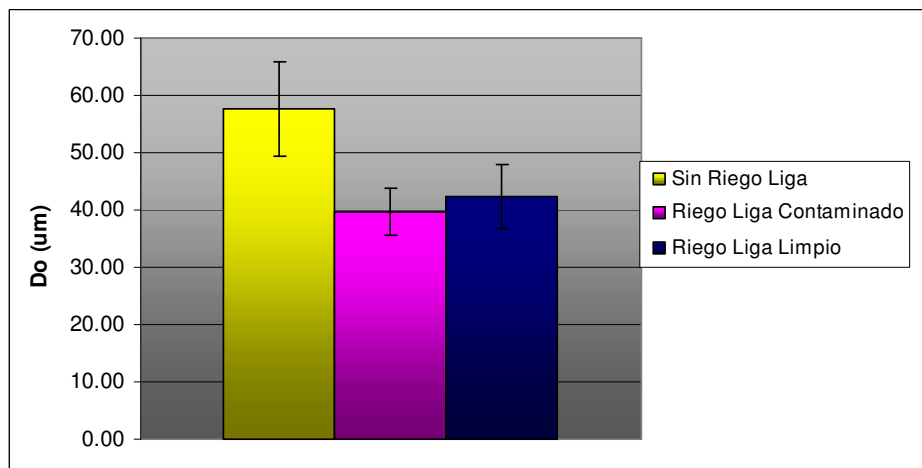
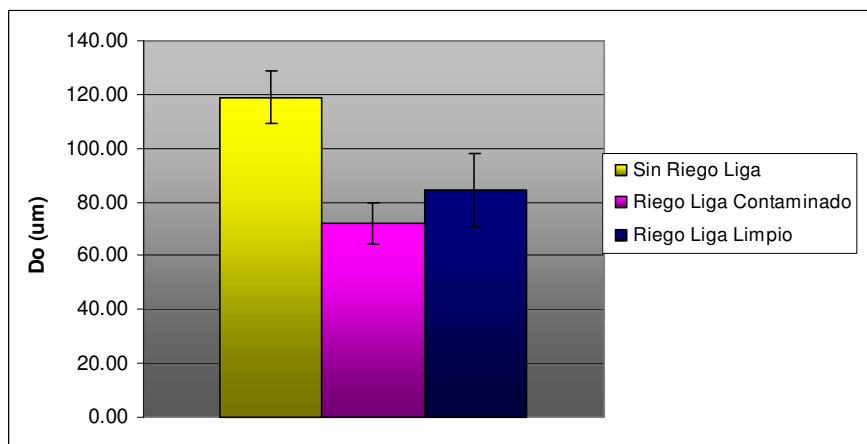


Grafico I-14 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 8 cm. tercer intervalo



Intervalo 4 T promedio Pavimento: 43 °C

Tabla I-10 Valores Do del deflectómetro de GAUSS, Intervalo 4:

espesor 5 cms					espesor 8 cms		
Riego	carga	Do			Riego	carga	Do
Sin riego	30	114			Sin riego	30	58
Sin riego	30	70			Sin riego	30	69
Sin riego	30	66			Sin riego	30	59
promedio		68			promedio		62
DS		2,8			DS		6,1
Sin riego	50	224			Sin riego	50	107
Sin riego	50	138			Sin riego	50	144
Sin riego	50	141			Sin riego	50	177
promedio		140			promedio		126
DS		2,1			DS		26,2
riego contaminado	30	58			riego contaminado	30	46
riego contaminado	30	52			riego contaminado	30	41
riego contaminado	30	64			riego contaminado	30	43
promedio		58			promedio		43
DS		6,0			DS		2,5
riego contaminado	50	109			riego contaminado	50	90
riego contaminado	50	90			riego contaminado	50	82
riego contaminado	50	121			riego contaminado	50	81
promedio		100			promedio		84
DS		13,4			DS		4,9
riego limpio	30	106			riego limpio	30	60
riego limpio	30	41			riego limpio	30	43
riego limpio	30	47			riego limpio	30	44
promedio		44			promedio		44
DS		4,2			DS		0,7
riego limpio	50	205			riego limpio	50	87
riego limpio	50	83			riego limpio	50	94
riego limpio	50	90			riego limpio	50	116
promedio		87			promedio		91
DS		4,9			DS		4,9

Espesor capa superficial o rodadura 5 cm.

Grafico I-15 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 5 cm. cuarto intervalo

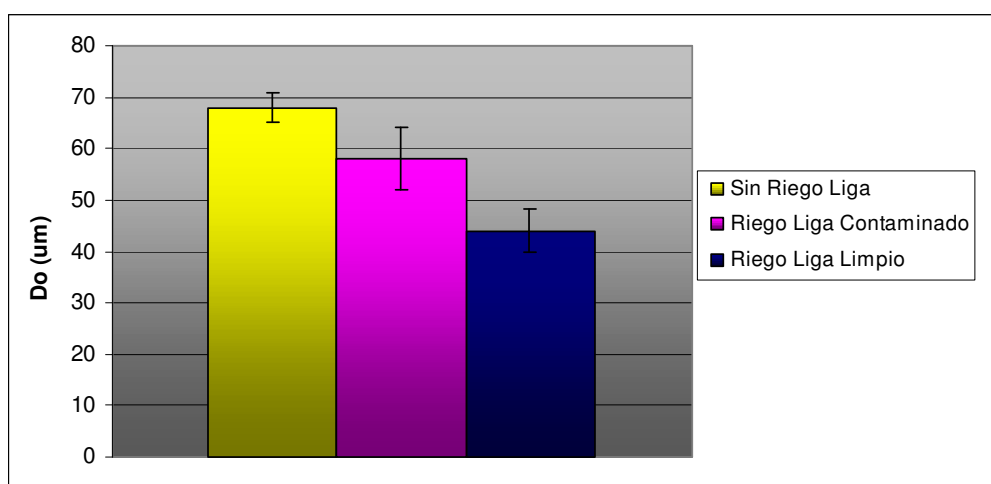
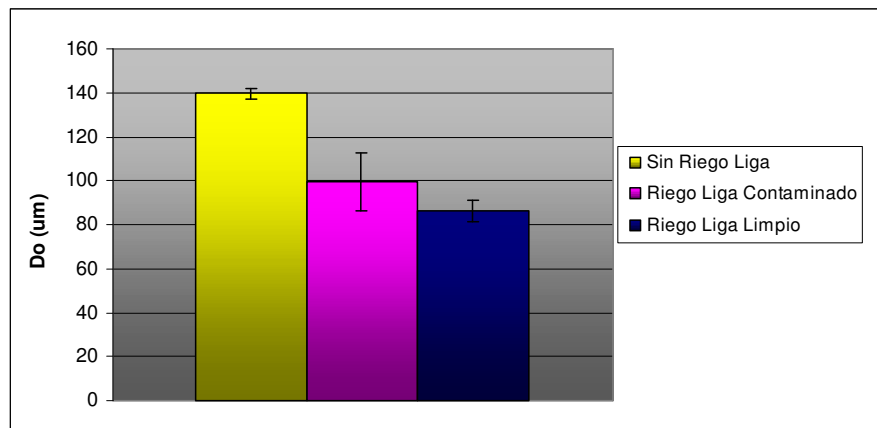


Grafico I-16 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 5 cm. cuarto intervalo



Espesor capa superficial o rodadura 8 cm.

Grafico I- 17 Valores Do promedio carga 30 KN, espesor capa superficial 8 cm. cuarto intervalo

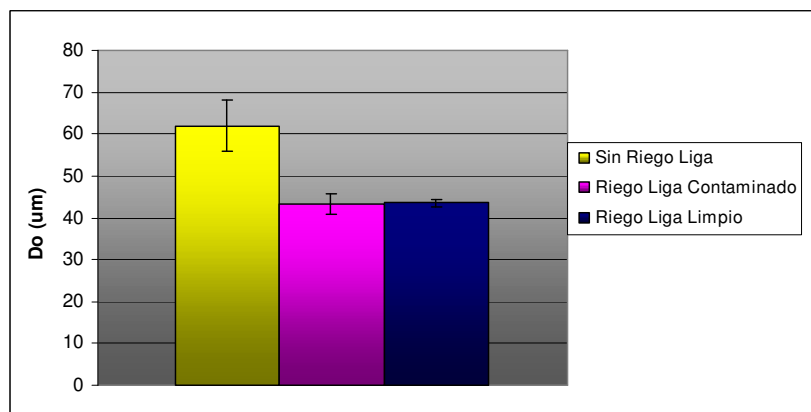
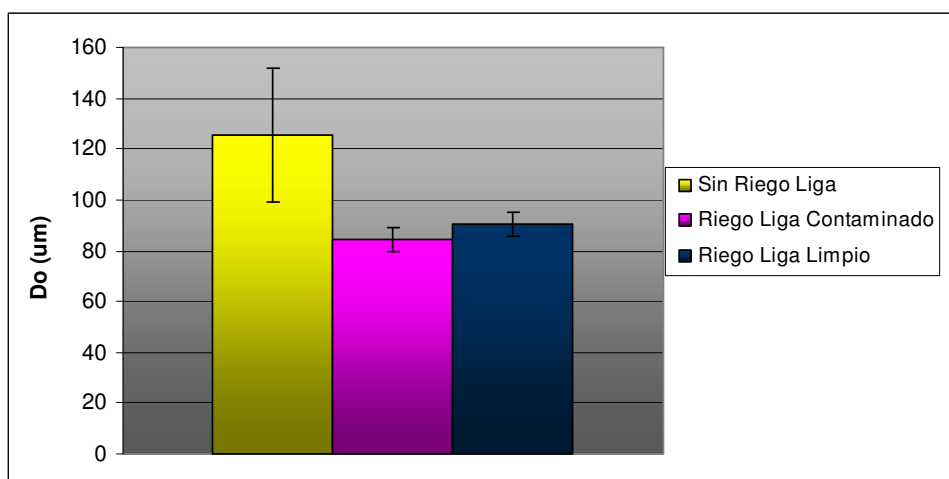


Grafico I-18 Valores Do promedio carga 50 KN, espesor capa superficial 8 cm. cuarto intervalo



ANEXO J CALCULO DE NUMERO ESTRUCTURAL

Tabla J-1 Cálculo de parámetros de Rigidez método AASTHO, intervalo de medición 1 T pav promedio 19,7°C

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones							T aire (°C)	T Pav (°C)	Do corregido por carga (um)	Mr (Mpa)	Ep (Mpa)	Ne ef (cm)
				D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120						
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	48	388	219	126	68	49	18	17	13,4	19,3	406	303	441	6,1
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26	183	103	62	34	25	10	9	13,4	19,3	174	339	525	6,5
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	48	404	242	151	80	58	23	19	14,1	19,3	423	318	404	5,9
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26	190	116	73	40	30	13	11	14,1	19,3	181	349	486	6,3
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	48	361	240	159	94	72	27	17	14,8	19,0	378	271	523	6,5
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26	188	125	83	49	39	15	11	14,8	19,0	180	284	548	6,6
												Promedio	311	488	6,3	
												DS	31	56	0,2	
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	49	199	146	111	76	61	25	17	15,2	19,6	204	342	1248	8,7
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	26	101	74	58	40	32	13	11	15,2	19,6	97	348	1356	8,9
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	48	199	145	111	74	59	24	19	15,2	20,4	206	348	1213	8,6
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	26	106	76	58	39	31	14	9	15,2	20,4	102	354	1211	8,6
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	48	222	159	120	79	61	24	17	14,9	20,8	231	325	1048	8,2
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	26	105	78	58	39	31	13	11	14,9	20,8	101	357	1241	8,6
												Promedio	346	1219	8,6	
												DS	12	99	0,2	
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	26	124	92	72	52	40	16	14	14,6	20,9	119	267	1152	8,4
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	26	125	98	77	53	44	17	13	15,2	20,5	119	264	1162	8,4
												Promedio	265	1157	8,4	
												DS	2	7	0,0	

Tabla J-2 Cálculo de parámetros de Rigidez método AASTHO, intervalo de medición 2 T pav promedio 22,7°C

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones							T aire (°C)	T Pav (°C)	Do corregido por carga (um)	Mr (Mpa)	Ep (Mpa)	Ne ef (cm)
				D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120						
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,7	368	217	131	67	47	18	17	17,6	22,1	406	303	441	6,1
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26,3	181	109	67	36	26	10	9	17,6	22,1	174	339	525	6,5
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,6	377	236	142	78	55	21	17	17,3	22	423	318	404	5,9
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26,2	188	117	72	42	30	12	9	17,3	22	181	349	486	6,3
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,9	371	251	167	99	74	24	17	17,8	21,9	378	271	523	6,5
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26,1	185	129	84	51	38	15	10	17,8	21,9	180	284	548	6,6
												Promedio	311	488	6,3	
												DS	31	56	0,2	
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	48,5	209	148	115	78	63	26	17	17,7	22,5	215	342	1248	8,7
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	26,3	102	77	58	40	32	13	12	17,7	22,5	97	348	1356	8,9
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	48,8	218	159	120	80	61	24	17	17,8	23,1	223	348	1213	8,6
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	26,3	109	79	61	40	32	13	11	17,8	23,1	104	354	1211	8,6
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	48,3	225	157	120	80	60	22	20	18,4	23,1	233	325	1048	8,2
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	26,4	115	83	62	42	32	13	11	18,4	23,1	109	357	1241	8,6
												Promedio	346	1219	8,6	
												DS	12	99	0,2	
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	26,1	125	94	71	52	40	15	11	18,6	23,1	120	268	1139	8,4
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	47,3	261	204	159	108	86	34	23	19	23,5	276	234	985	8,0
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	26,2	133	103	79	58	44	18	10	19	23,5	127	241	1118	8,3
												Promedio	247	1081	8,2	
												DS	18	84	0,2	

Tabla J-3 Cálculo de parámetros de Rigidez método AASTHO, intervalo de medición 3 T pav promedio 31,1°C

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones							T aire (°C)	T Pav (°C)	Do corregido por carga (um)	Mr (Mpa)	Ep (Mpa)	Ne ef (cm)
				D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120						
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47,6	378	217	123	66	47	18	20	26,2	33,0	397	310	451	6,2
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	26,2	188	110	64	35	25	10	9	26,2	33,0	179	328	510	6,4
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,7	389	238	146	83	59	23	21	26,3	33,7	408	307	435	6,1
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	26,1	195	121	75	45	32	12	11	26,3	33,7	187	309	495	6,4
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,8	381	252	163	96	73	27	18	26,4	33,8	399	266	486	6,3
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	26,0	198	132	86	52	40	15	12	26,4	33,8	190	267	521	6,5
												Promedio	298	483	6,3	
												DS	25	34	0,1	
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	48,7	246	169	127	84	65	26	17	25	37,8	253	309	930	7,8
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	25,9	122	84	64	42	33	14	10	25	37,8	118	329	1003	8,0
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	48,6	238	167	124	81	61	23	19	23,8	36,0	245	320	957	7,9
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	25,9	124	84	63	41	32	13	9	23,8	36,0	120	337	959	7,9
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	48,8	260	176	129	81	61	22	18	24,8	34,9	266	321	828	7,5
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	26,1	125	88	64	41	32	13	12	24,8	34,9	120	340	953	7,9
												Promedio	326	938	7,9	
												DS	11	59	0,2	
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	47,4	270	204	154	96	81	32	24	25,3	36,8	285	263	849	7,6
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	26,0	147	105	78	53	40	16	11	25,3	36,8	141	262	864	7,7
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	47,5	299	229	172	109	86	34	23	24,6	36,7	315	232	782	7,4
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	26,0	157	116	88	58	45	19	11	24,6	36,7	151	239	823	7,5
												Promedio	249	830	7,6	
												DS	16	36	0,1	

Tabla J-4 Cálculo de parámetros de Rigidez método AASTHO, intervalo de medición 4 T pav promedio 43,1°C

tramo	Punto	tipo riego	Carga (KN)	Deflexiones							T aire (°C)	T Pav (°C)	Do corregido por carga (um)	Mr (Mpa)	Ep (Mpa)	Ne ef (cm)
				D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120						
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	47	406	217	124	65	47	17	16	25,3	44,8	432	303	402	5,9
BSRL	BSRL3	Sin Riego Liga	25,4	205	111	65	34	24	9	10	25,3	44,8	202	313	438	6,1
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	47,3	446	250	138	75	55	20	17	25	43,1	471	274	370	5,8
BSRL	BSRL2	Sin Riego Liga	25,4	219	124	72	43	30	12	11	25	43,1	216	282	417	6,0
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	47,7	469	271	167	100	73	24	18	25,2	43,4	492	254	361	5,7
BSRL	BSRL1	Sin Riego Liga	25,3	222	135	85	51	39	14	11	25,2	43,4	219	265	420	6,0
												Promedio	282	401	5,9	
												DS	22	30	0,1	
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	48,1	270	177	127	80	61	24	20	25,7	42,6	281	321	761	7,3
BRLL	BRLL3	Riego Liga Limpio	25,5	138	88	63	40	32	12	10	25,7	42,6	135	340	778	7,4
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	47,8	281	179	128	78	58	22	17	24,7	42,4	294	327	697	7,1
BRLL	BRLL2	Riego Liga Limpio	25,5	141	93	66	41	31	12	11	24,7	42,4	138	332	763	7,3
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	48,1	290	184	132	81	58	20	17	23,8	42,2	301	317	683	7,1
BRLL	BRLL1	Riego Liga Limpio	25,7	148	95	67	41	31	11	9	23,8	42,2	144	334	711	7,2
												Promedio	328	732	7,2	
												DS	9	40	0,1	
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	47,2	393	222	159	94	75	28	22	26	43,3	416	268	452	6,2
BRLL	BRLL2	Riego Liga Contaminado	25,5	168	112	82	55	39	16	11	26	43,3	165	247	692	7,1
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	46,5	343	239	175	105	83	33	22	25,1	43	369	236	591	6,7
BRLL	BRLL1	Riego Liga Contaminado	25,5	177	121	89	59	43	16	11	25,1	43	174	231	665	7,0
												Promedio	245	600	6,8	
												DS	16	107	0,4	