



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO:
EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA VÍA PERIMETRAL, TRAMO
TERCER PUENTE – DESVÍO PROSPERINA, EN FUNCIÓN DE SU
SERVICIABILIDAD Y CAPACIDAD ESTRUCTURAL PARA
DETERMINAR EL MANTENIMIENTO ADECUADO.**

**AUTOR:
GRAU SACOTO CARLOS ANDRÉS**

**Trabajo de Grado Previo a la Obtención del Título de INGENIERO
CIVIL**

**TUTOR:
ING. GARCIA CAPUTI GUSTAVO**

**Guayaquil, Ecuador
2014**



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Carlos Andrés Grau Sacoto, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

Ing. Gustavo García Caputi

REVISOR(ES)

Dr. Rolando Vila Romani

Dra. Estela Ampuero Velasco MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas Rossi

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2014



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Carlos Andrés Grau Sacoto

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**Evaluación del pavimento de la vía Perimetral, tramo Tercer Puente – Desvío Prosperina, en función de su serviciabilidad y capacidad estructural para determinar el mantenimiento adecuado**”, previa a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2014

EL AUTOR:

Carlos Andrés Grau Sacoto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Carlos Andrés Grau Sacoto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Evaluación del pavimento de la vía Perimetral, tramo Tercer Puente – Desvío Prosperina, en función de su serviciabilidad y capacidad estructural para determinar el mantenimiento adecuado.**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2014

EL AUTOR:

Carlos Andrés Grau Sacoto

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios y la Madre Dolorosa, por haber sido mis guías en estos años de mi vida.

En segundo lugar, a mis padres Francisco y Sandra, por el amor y el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis hermanos: Francisco y Mariuxi, quienes me han alentado a superarme cada día para conseguir las metas propuestas.

A la compañía Geocimientos S.A y a todo su personal técnico por la ayuda brindada para la realización y feliz culminación de este trabajo de titulación.

A mi tutor el Ing. Gustavo García, por haberme guiado durante la realización de este trabajo.

Carlos Andrés Grau Sacoto

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Gustavo García Caputi
PROFESOR TUTOR

Dr. Rolando Vila Romani
PROFESOR DELEGADO



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

CALIFICACIÓN

**Ing. Gustavo García Caputi
PROFESOR TUTOR**

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción

1.1 Razones que motivaron el estudio	1
1.2 Justificación del tema	1
1.2.1 Vista Científico	1
1.2.2 Vista Social	3
1.3 Descripción de la situación problemática	4
1.4 Objeto de estudio	4
1.5 Antecedentes	5
1.6 Objetivos	7
1.7 Hipótesis	7

Capítulo 2: Pavimentos Flexibles

2.1 Definición	8
2.2 Composición del pavimento flexible	9
2.2.1 Carpeta Asfáltica	9
2.2.2 Base Granular	10
2.2.3 Subbase Granular	11
2.2.4 Subrasante	13
2.3 Métodos de diseños de Pavimentos Flexibles	13
2.3.1. Métodos Empíricos	14
2.3.2 Método Empírico-Mecanicista	15
2.4 Consideraciones de diseño Método AASHTO	15
2.4.1 Desempeño del pavimento	17
2.4.2 Tránsito	17
2.4.3 Material de la subrasante	18
2.4.4 Materiales de construcción	19
2.4.5 Medio Ambiente	19
2.4.6 Drenaje	19
2.4.7 Confiabilidad	20

Capítulo 3 : Comportamiento del pavimento flexible	
3.1 Factores que afectan el comportamiento del pavimento	21
3.1.1 Tránsito vehicular	21
3.1.2 Efectos de la temperatura	23
3.2 Fallas en pavimentos flexibles	24
Capítulo 4 : Evaluación del Pavimento Flexible	
4.1 Serviciabilidad de Pavimentos	26
4.1.1 Present Serviceability Rating (PSR)	27
4.1.2 Present Serviciability Index (PSI)	29
4.1.3 International Roughness Index (IRI)	32
4.1.3.1 Concepto	32
4.1.3.2 Métodos de medición de IRI	32
4.1.3.3 Modelo del cuarto de carro	34
4.1.4 Relación entre PSI e IRI	35
4.2 Deterioro Superficial	36
4.2.1 Métodos empleando equipos de medición de deterioro superficial	37
4.2.2 Métodos visuales de medición de deterioro superficial	37
4.3 Evaluación Estructural	39
4.3.1 Factores influyentes	40
4.3.2 Métodos de evaluación estructural	40
Capítulo 5 : Ensayos realizados en la vía	
5.1 Medición de IRI	42
5.1.1 Equipo MERLIN	42
5.1.2 Funcionamiento del MERLIN	44
5.1.3 Método para el cálculo del IRI	46
5.2 Medición de deflexiones	49
5.2.1 Equipo Viga Benkelman	49
5.2.2 Funcionamiento de la viga Benkelman	51
5.2.3 Método para el cálculo de deflexiones	54

5.3	Conteo Vehicular	59
5.3.1	Procedimiento de conteo vehicular	59
5.3.2	Estudios previos de tráfico	60
5.3.3	Método para obtener el TPDA	61
5.3.4	Método para obtener el ESAL	62
5.4	Medición de deterioro superficial del pavimento	62
5.4.1	Elección de unidades a analizar	62
5.4.2	Procedimiento de medición de fallas	64
5.4.3	Procedimiento para cálculo del PCI	64
Capítulo 6 : Análisis de Resultados Obtenidos		
6.1	Análisis del IRI	66
6.2	Análisis del TPDA y ESALS	68
6.3	Análisis del PCI	69
6.4	Análisis de deflexiones	72
Capítulo 7 : Evaluación del pavimento		
7.1	Evaluación funcional	76
7.2	Evaluación estructural	78
Conclusiones y recomendaciones		79
Bibliografía		81
Anexos		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 TPDA de varias vías de Guayaquil	60
Tabla 6.1 Resumen de valores de IRI obtenidos	66
Tabla 6.2 Relación entre PSI e IRI	67
Tabla 6.3 Valores de PCI obtenidos sentido Pto. Marítimo – Prosperina	70
Tabla 6.4 Valores de PCI obtenidos sentido Prosperina - Pto. Marítimo	71
Tabla 6.5 Resumen de valores de área y radio de curvatura	74
Tabla 6.6 Diseño de sobrecapa	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.1 Pavimentos Flexibles	8
Figura 4.1 Formulario Calificación AASHO	28
Figura 4.2 Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO	28
Figura 4.3 Perfilómetro CHLOE	29
Figura 4.4 Curva de comportamiento de un pavimento	31
Figura 4.5 Ciclo de vida de un pavimento	31
Figura 4.6 Modelo del cuarto de carro	35
Figura 5.1 Vista longitudinal del MERLIN	43
Figura 5.2 Vista transversal del MERLIN	44
Figura 5.3 Equipo de trabajo para medición del MERLIN	45
Figura 5.4 Medición de regularidad de pavimento utilizando MERLIN	45
Figura 5.5 Anotaciones de desplazamientos	46
Figura 5.6 Viga Benkelman utilizada en ensayos	50
Figura 5.7 Viga Benkelman con dial de deformación digital	50
Figura 5.8 Camión en la estación de peaje	52
Figura 5.9 Toma de lecturas en el dial de deformación	53
Figura 5.10 Regla marcada de más de 2 metros	53
Figura 5.11 Termómetro láser infrarrojo	54
Figura 5.12 Vista en planta de las ruedas y las lecturas de deformaciones	55
Figura 5.13 Esquema de medida del cálculo del radio de curvatura	56
Figura 5.14 Esquema del cuenco de deflexiones	56
Figura 5.15 Factor de Crecimiento	58
Figura 5.16 Selección del mínimo número de unidades de tramos	63
Figura 5.17 Corrección de curvas para pavimentos flexibles	65
Figura 6.1 Escala del IRI	67
Figura 6.2 Rango de valores del parámetro área	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 : Cálculo del IRI	85
Anexo 2: Cálculo de TPDA y ESALS	107
Anexo 3: Cálculo del PCI	112
Anexo 4:Cálculo de deflexiones	179

RESUMEN

El presente trabajo de titulación realiza una evaluación del pavimento de la vía Perimetral de la ciudad de Guayaquil, en el tramo comprendido desde el tercer puente de la vía hasta el desvío a Prosperina, con una extensión de 10 km.

La importancia de estudiar esta vía radica en que es la de mayor tránsito vehicular de la ciudad y es la principal vía de acceso hacia el Puerto Marítimo de Guayaquil, el mayor puerto del Ecuador.

Para realizar una correcta evaluación funcional y estructural del pavimento se requería conocer ciertos parámetros tales como deflexiones, IRI, TPDA y PCI. Los cuales fueron obtenidos mediante ensayos o mediciones en sitio, se empleó la viga Benkelman para la obtención de las deflexiones, el Merlin que sirve para medir el IRI, el método Paver para registrar las fallas superficiales en el pavimento y así obtener el PCI; además se realizó un conteo vehicular para obtener el TPDA.

Del análisis de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos y mediciones, se realizaron las respectivas evaluaciones. La estructura del pavimento se encuentra en buenas condiciones; sin embargo, se recomienda la colocación de una carpeta. La serviciabilidad que brinda el pavimento de la vía, se encuentra entre condiciones regular y pobre, por lo que el mantenimiento adecuado va enfocado a mejorar la serviciabilidad.

Se recomienda una carpeta asfáltica delgada de espesores entre 2 y 4cm para prolongar la vida útil de la vía, además con esto se espera mejorar el IRI, PCI y así brindar un mejor servicio a los más de 15000 vehículos que transitan por la vía diariamente.

Palabras Claves: pavimentos flexibles, evaluación estructural, evaluación funcional, deflexiones mediante viga benkelman, medición de IRI, Merlin, método Paver.

Capítulo 1: Introducción

1.1 Razones que motivaron el estudio

El pavimento es la estructura principal en una red vial, por lo tanto es necesario que se encuentre en perfectas condiciones y que exista una congruencia entre la comodidad del conductor al conducir un vehículo sobre una vía y la capacidad estructural de la misma.

Las vías de comunicación son de importancia fundamental para el desarrollo de una ciudad, país o región; y como tal, deben tener un constante mantenimiento para brindar un servicio óptimo a la comunidad.

En el Ecuador, el transporte por carretera es el de mayor contribución a la actividad nacional, por tal motivo es necesario que la red vial se encuentre con parámetros de eficiencia altos.

A lo largo de los últimos semestres de la carrera de ingeniería civil, sentí afinidad con las materias del área de vías, por lo tanto me gustaría desenvolverme dentro del ámbito profesional en el campo vial.

1.2 Justificación del tema

1.2.1 Vista Científico

Existen varias razones científicas del por qué los pavimentos de las principales vías de la ciudad o país deben brindar un óptimo servicio además de estar en excelentes condiciones. MONTEJO (1998) define a un pavimento como “un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente

compactados”. (p. 505) Estas capas superpuestas transmiten las cargas del tránsito a la subrasante, que es la encargada de resistir dichos esfuerzos.

El Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes de Brasil. (2005) afirma que una vía debe tener un desempeño funcional y estructural adecuado. El desempeño funcional es la capacidad del pavimento de proporcionar una superficie de calidad para el tránsito de los vehículos. El desempeño estructural es la capacidad de un pavimento de mantener su estructura sin presentar fallas significativas, se debe asociar con la preservación del pavimento y considerar el mejor momento para rehabilitar el pavimento de una vía.

Los pavimentos son diseñados para que duren un determinado período, a medida que pasa el tiempo, el pavimento comienza a deteriorarse y va desde una condición óptima hasta una condición mala.

Existen varios factores que originan alteraciones en la superficie de rodamiento de los pavimentos. MONTEJO (1998) Según Montejo: “Entre algunas de las causas de estas alteraciones podemos mencionar las siguientes:

- Incremento de las cargas en comparación con las cargas de diseño.
- Mala calidad de los materiales en espesores
- Deficiente compactación en las capas durante el proceso constructivo.
- Empleo de métodos de diseños inadecuados
- Falta de mantenimiento”

MONTEJO (1998). Montejo sostiene que: “Existen dos tipos de fallas que pueden ocurrir en un pavimento. Las fallas de superficie son aquellas que comprenden defectos en la capa de rodadura debido a fallas en la carpeta asfáltica. Las otras fallas son las fallas estructurales que comprenden defectos en la capa de rodadura debido a una falla en la estructura del pavimento.”

BARIANI, GORETTI, PEREIRA y BARBOSA (2006) concluyeron que para emitir cualquier alternativa de restauración o mantenimiento se debe realizar un diagnóstico general de los defectos del pavimento para establecer la mejor solución. Recomiendan una visita al sitio para observar los problemas en la superficie

Para preservar las vías, es importante contar con un programa de mantenimiento y rehabilitación acorde con las necesidades y presupuestos de cada gobierno provincial, municipios de nuestro país.

1.2.2 Vista Social

El Ecuador necesita carreteras y vías en buen estado para promover un desarrollo social y económico de calidad para sus habitantes, por tal motivo se necesitan realizar mantenimientos y controles en sus vías.

Toda vía necesita su mantenimiento o rehabilitación después de cierto período de su construcción, de tal manera se brinda un mejor servicio a los usuarios que transitan sobre ella y se cuida la estructura vial.

En países en vías de desarrollo como el Ecuador, muchas veces el correcto mantenimiento no se lo puede realizar por falta de recursos económicos y las vías se deterioran más rápido de lo esperado por no brindarle la rehabilitación o mantenimiento oportuno.

Como guayaquileño y estudiante de la UCSG, busco promover la ciencia y tecnología para un desarrollo sustentable de mi ciudad, brindando con este trabajo de titulación, información útil para los distintos organismos que están destinados a controlar y preservar la Vía Perimetral, para en un futuro pueda

ser tomado como guía comparativa para un mantenimiento o ampliación de la vía.

1.3 Descripción de la situación problemática

La vía Perimetral, comprendida desde la Av. 25 de Julio hasta la vía Daule, posee 43 km de red vial, y es una de las vías más importantes de la ciudad de Guayaquil, puesto que por ella circulan vehículos principalmente hacia el Puerto Marítimo y la zona industrial en la vía Daule.

Al transitar sobre esta vía se notan oquedades en la capa de rodadura, y ciertos tramos de la vía se siente una inseguridad al dirigir el vehículo a una alta velocidad. Esta capa de rodadura es motivo de estudio, debido a que es la encargada de transmitir seguridad y comodidad a los usuarios.

Una capa de rodadura en deficientes condiciones de servicio, produce un incremento en el costo de operación de los vehículos, con mayores gastos en piezas de repuestos, consumo de combustible, desgaste de llantas y tiempo de viaje.

1.4 Objeto de estudio

El tramo comprendido desde el 3er Puente hasta el desvío Prosperina posee 10 km de un total de 43 km, y es la vía de principal acceso hacia el Puerto Marítimo, que es a su vez el principal puerto del Ecuador. Por este tramo circulan vehículos de diferentes pesos y a grandes velocidades, por lo que el servicio que debe brindar este tramo debe ser eficiente.

En este tramo se encuentra el desvío hacia la Terminal Marítimo y Estación de Transferencia Tres Bocas, km 39 , que es de mucha importancia para el país, Morales (2012) indica que “a través de este puerto ingresan los combustibles importados para cubrir la demanda de más del 45% de productos limpios que requiere el país diariamente.”(p. 25)

Otro desvío de esta vía es hacia la Planta Unidad Eléctrica de Guayaquil – Salitral, que se localiza en el sentido opuesto al desvío hacia el Sector Tres Bocas.

En este tramo se encuentra localizado el intercambiador de tráfico que comunica a la vía Perimetral con la Vía a la Costa, esta última comunica a la ciudad de Guayaquil con el litoral ecuatoriano, todos los vehículos que salen del puerto con rumbo a la provincia de Santa Elena, recorren este tramo.

El sector Los Ceibos de la ciudad de Guayaquil, se comunica con esta vía a la altura del 30.5 km, al igual que el Campus Gustavo Galindo perteneciente a la ESPOL. Diferentes líneas de buses transitan por este tramo, ya que llevan a los estudiantes de la Universidad hacia diferentes sectores de la ciudad.

Por último, el desvío a Prosperina comunica a la vía Perimetral con este sector de la ciudad, además se comunica con la Av. Tanca Marengo a través del viaducto sobre la Vía a Daule.

1.5 Antecedentes

La vía Perimetral, que cuenta con una red de 43 km, inició su construcción en 1987, en el período de Presidencia de León Febres Cordero. Antes de su construcción fue motivo de discusión los seis carriles que posee actualmente. Durante su construcción presentó dificultades de estabilizar los suelos del

sector debido a su cercanía al estero Salado se utilizaron materiales compactados y cascajos de máxima resistencia.

Al principio se planeó una gran autopista que comunicara de manera rápida el Puerto Marítimo con el Sector Industrial de la vía Daule, esto no se dio del todo, debido a las invasiones que se asentaron en los costados de la vía a medida que se avanzaba la construcción. El tramo a estudiar, desde el 3er Puente hasta el desvío Prosperina, es el único tramo que no cuenta con invasiones a los costados de la vía.

A principios de los años sesentas, la American Association of State Highway Officials (AASHO) creó un parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Present e(PSI), el cual de una forma rápida y sin interrumpir el flujo de vehicular estima las condiciones en las que se encuentra una determinada vía. Este método consiste en calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe al transitar por una vía a la velocidad de operación. La calificación que emite cada chofer es subjetiva, se encuentra en una escala de 0 a 5, correspondiente a una superficie intransitable y a una superficie en excelente condición, respectivamente.

Para la evaluación estructural se utilizaba tradicionalmente perforaciones de calicatas para obtener muestras que luego son ensayadas en el laboratorio para obtener sus componentes y deducir acerca de las características estructurales del mismo. Este sistema es caro, lento y además altera el equilibrio del sistema al perforar ya que destruye la capa de rodadura.

1.6 Objetivos

- Observar mediante el examen superficial del pavimento, las diferentes fallas en el pavimento.
- Obtener Índice de Rugosidad Internacional por medio del MERLIN
- Evaluar estructuralmente el pavimento flexible basado en la interpretación de curvas de deflexiones por medio de la viga BENKELMAN
- Evaluar la condición actual del pavimento de la vía perimetral
- Conocer el TPDA que actualmente existe en la vía.
- Proponer un mantenimiento adecuada al tramo estudiado.

1.7 Hipótesis

-¿Qué fallas se notan en el pavimento existente en la vía? Se deben realizar observaciones superficiales sobre el pavimento de la vía, además obtener su IRI y su capacidad estructural, para poder emitir un criterio de evaluación.

-¿Qué se desea hacer con los resultados obtenidos de la evaluación? Colocar una capa de espesor delgada de asfalto? Colocar una capa de grueso espesor de asfalto?

Capítulo 2: Pavimentos Flexibles

2.1 Definición

Los pavimentos flexibles son aquellos que están formados por una capa exterior bituminosa, la cual se encuentra apoyada sobre dos capas granulares no rígidas que son la base y la subbase, las cuales se pueden apreciar en la figura 1.1.

Dichas capas deben proporcionar una superficie de rodamiento uniforme que resista la acción del tránsito, cambios climáticos y otros agentes perjudiciales. Así también deben ser económicos y durables para evitar reparaciones antes de las previstas.

Los esfuerzos ejercidos por la carga vehicular son transmitidos hacia las capas inferiores, es decir, al pasar un vehículo sobre el pavimento, este ejerce esfuerzos, por lo tanto existen mayores tensiones en la subrasante.



Figura 1.1 Pavimentos Flexibles. Imagen tomada del sitio :

http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=275&Itemid=317

El pavimento es el elemento básico dentro de una infraestructura vial debido a la funcionalidad que cumple dentro de la operación de un camino, debe brindar confort y seguridad a los usuarios que transitan sobre ella.

2.2 Composición del pavimento flexible

2.2.1 Carpeta Asfáltica

Es la capa más exterior en un pavimento flexible, entre sus principales funciones está la de impedir la infiltración de aguas lluvias hacia las capas inferiores, resistir la carga ejercida por el tránsito, y debe proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos. MORALES (2008). Morales divide para su estudio a la carpeta asfáltica en capa de rodadura y capa de unión o liga.

La capa de rodadura debe tener ciertas características y funciones, como la de proveer al tráfico una superficie tersa y silenciosa, ser resistente al desgaste del tráfico así como también ser altamente estable para resistir las deformaciones superficiales. Debe tener una densidad suficiente para ser impermeable y resistir la acción del clima.

La estabilidad está relacionada con la densidad y compresibilidad de la mezcla asfáltica. Generalmente el espesor de esta capa de rodadura varía entre 2,5 y 5 cm en vías con un tráfico pesado. Para vías con poco tráfico se puede emplear espesores de 1 a 2 cm.

La capa de unión o liga posee requisitos diferentes a la de rodadura puesto que por no estar sujeta a la abrasión, permite usar agregados más blandos y un menor contenido de asfalto. El espesor varía entre 5 a 7,5 cm, además el Instituto de Asfalto recomienda que la carpeta asfáltica, es decir, capa de

rodadura más capa de unión, debe tener para tráfico muy pesado como mínimo 10 cm y para tráfico liviano 5cm

2.2.2 Base Granular

Al igual que la subbase granular, debe cumplir ciertos parámetros especificados por el MOPT para poder ser empleada en pavimentos flexibles. Así mismo como en la subbase, el MOPT clasifica a las bases en 3 tipos; clase 1, clase 2 , clase 3 y clase 4.

Los requisitos básicos que debe cumplir una base granular son:

- CBR Superior a 80
- Límite líquido máximo 25
- Índice de plasticidad inferior a 6

La base clase 1 está constituida por agregados gruesos y finos que deben ser triturados en un 100%, a su vez se divide en tipo A y tipo B. En ambos casos obedecen a una granulometría específica, con una similitud en el pasante de tamiz #200 de máximo 12%.

La base clase 2 está conformada por fragmentos de roca o grava trituradas, con la fracción de agregado grueso triturada al 50% de su peso. La granulometría está especificada en el manual del MOPT con un pasante del tamiz 1" de 100%, tamiz #4=35-65% y tamiz #200=3-15%.

La base clase 3 está conformada por fragmentos de roca o grava trituradas, con la fracción de agregado grueso triturada al 25% de su peso. . La granulometría

está especificada en el manual del MOPT con un pasante del tamiz #4=45-80% y tamiz #200=3-15%.

La base clase 4 está constituida por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas. La granulometría está especificada en el manual del MOPT con un pasante del tamiz 2" de 100%, tamiz #4=20-50% y tamiz #200=0-15%

El espesor mínimo de la suma de las carpeta asfáltica y base que recomienda el Instituto de Asfalto depende del tráfico de la vía. Si la vía tiene un tráfico muy pesado se recomienda 25cm , si posee un tráfico pesado debe ser 20 cm. Si se tiene tráfico mediano y liviano, se recomienda 15cm y 12,5 cm respectivamente. Estas recomendaciones son aplicables en Colombia y en algunos países de América del Sur.

La base debe ser lo resistente para transmitir los esfuerzos producidos por la carga vehicular recibida por la carpeta asfáltica para transmitirla a la subbase y subrasante.

2.2.3 Subbase Granular

En el Ecuador la subbase granular colocada para pavimentos flexibles debe cumplir ciertas normas impuestas por el MOPT, Los requisitos básicos que debe cumplir una subbase granular son:

- CBR Superior a 30
- Límite líquido máximo 25
- Índice de plasticidad inferior a 6
- De acuerdo a la clasificación SUCS pueden ser: GW, GP, SW, SP, GM, SM. Los suelos GC y SC sirven si se controla el IP

El MOPT clasifica a las subbases en nuestro medio en 3 tipos; clase 1, clase 2 y clase 3. La clase 1 es construída con agregados triturados de roca o gravas, además la granulometría debe tener un pasante del tamiz #4 entre 30 y 70%, el pasante del tamiz#200 no debe ser mayor al 15%. La clase 2 debe estar constituida con agregado mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, su granulometría difiere de la clase 1 en el pasante de tamiz #200 con un máximo del 20%. La subbase clase 3 debe ser construida con agregados naturales y procesados que cumplan con la siguiente granulometría; pasante tamiz 3" =100%, tamiz #4=30-70 y tamiz #200=0-20.

Los agregados de esta capa no necesariamente deben de ser bien gradados, lo único que debe ser controlado es el tamaño del mismo, no debe exceder de $\frac{3}{4}$ del espesor de la capa que se va a usar. Puesto que es muy difícil obtener de una misma cantera un material bien gradado.

Esta capa no permite que los materiales que constituyen la base pasen a la subrasante, es decir que actúa como filtro de las partículas finas de la subrasante entren en contacto con la base y reduzca su calidad.

MONTEJO (1998) Montejo aclara que :”La subbase debe estar diseñada para soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos provenientes de la base y transmitirlo hacia la subrasante. Además muchas veces cumple una función económica, ya que esta capa es más económica que la base, y para disminuir los esfuerzos en la subrasante se incrementa el espesor de esta capa para disipar dichos esfuerzos.”

Muchas veces cumple un papel importante en el drenaje del agua, así como también los cambios de volúmenes en la subrasante debido a los ascensos

capilares del agua o por motivos de expansión. Esta agua es absorbida por dicha capa para evitar deformaciones en la capa de rodadura.

2.2.4 Subrasante

La subrasante es la capa más profunda en la estructura de un pavimento, en los pavimentos flexibles recibe en menor magnitud los esfuerzos originados por el tránsito, ya que primero son recibidos por la carpeta asfáltica, base y subbase.

Cuando existe una concentración pesada de tráfico y la subrasante es muy débil, se puede usar un material de subrasante mejorado con un CBR mayor a 10, el MOPT recomienda que valores de 20 de CBR, la capa compactada deberá ser el 95% de densidad máxima, además el pasante de tamiz #200 como máxima debe ser el 20%.

2.3 Métodos de diseños de Pavimentos Flexibles

El diseño de pavimentos flexibles puede ser clasificados en cinco categorías según HUANG (2004) : métodos empíricos, métodos empíricos-mecanicista, método falla de corte al límite, método deflexión al límite y método basado en comportamiento del pavimento. Otros autores e ingenieros simplifican a los métodos en dos categorías, los métodos empíricos y los métodos empíricos mecanicista.

La fatiga y el ahuellamiento son los dos principales mecanismo de degradación de un pavimento flexible, por esto los métodos de diseño deben controlar estos efectos durante su periodo de diseño.

La fatiga se origina por la excesiva repetición de pasadas de los vehículos que transitan por el pavimento, cuando esto ocurre, se generan valores altos de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica.

El ahuellamiento se origina por el comportamiento plástico de los materiales que conforman el pavimento flexible, estos al deformarse, alteran el nivel de servicio de la estructura.

En el Ecuador el método que propone el MOPT para los diseños de pavimentos es el Método AASHTO 93 que se encuentra dentro de los métodos basados en el comportamiento del pavimento y pruebas en carreteras o también denominado método empírico. Este método propone una ecuación para el diseño del espesor de las capas que conforman el pavimento.

2.3.1. Métodos Empíricos

Los métodos empíricos son aquellos que están basados en resultados de experimentos in situ. Este comportamiento del pavimento en el campo se relaciona con los factores que originan daños en el pavimento, estos son el tránsito y las condiciones ambientales. Dentro de los métodos empíricos tenemos el más usado en nuestro país el AASHTO 93, Método CBR, Método Public Roads (PR), Método Highway Research Board (HRB).

Una de las limitantes de los métodos empíricos es que supone que las deformaciones sólo se generan en la capa subrasante, puesto que es la capa menos rígida, y las deformaciones se generan en cada una de las capas que conforman la estructura.

En la capa asfáltica, al incrementarse la temperatura, esta pierde rigidez y origina un incremento en la deformación del pavimento. Así mismo, en carreteras de bajo tráfico vehicular, la capa asfáltica no tiene alguna función estructural por lo que la base y subbase soportan casi la totalidad de la carga vehicular.

2.3.2 Método Empírico-Mecanicista

Actualmente no existe algún procedimiento de diseño 100% mecanicista, ya que estos están basados en la mecánica del comportamiento estructural ante la aplicación de cargas y deben conocerse las propiedades fundamentales de los materiales.

Los métodos empíricos mecanicistas combinan ambas teorías, y busca reducir las tensiones, deformaciones y deflexiones críticas a niveles aceptables. Entre algunos de los métodos tenemos el propuesto por Huang en su programa Kenpave, el método Shell, método del Instituto de Asfalto.

Estos métodos son de mucha utilidad ya que se obtiene una clara conceptualización del diseño, puede ser aplicable a condiciones de carga particulares y a distintos tipos de mezclas.

2.4 Consideraciones de diseño Método AASHTO

El método AASHTO como fue mencionado anteriormente es un método basado en resultados de pruebas, sostienen que estas pruebas fueron realizadas en Ottawa, Illinois, la cual fue llevada a cabo por los 49 estados, el Bureau of Public Roads y varios grupos industriales. Estas pruebas fueron realizadas en pavimentos flexibles y rígidos construidos sobre terraplén A-6. Así mismo los

vehículos de prueba fueron de un solo eje y de eje tipo tándem con varias combinaciones y miles de repeticiones.

GARBER y LESTER (2005) Garber y Lester afirman que la primera publicación fue en 1961 la cual fue modificada en 1972. En el año de 1986 se realizaron cambios y se incorporaron nuevos desarrollos. Finalmente en 1993 se lanzó la guía de diseño que se mantiene presente hasta hoy, en ella se modificó el procedimiento de diseño para recubrimiento.

La desventaja de este método según Huang es que las ecuaciones de diseño sólo pueden ser aplicadas a las condiciones donde fueron tomadas las pruebas de carreteras. Además existen innumerables variables involucradas, por tal motivo es limitada.

Los factores que considera el procedimiento AASHTO para diseñar pavimentos flexibles son los siguientes:

- Desempeño del pavimento
- Tránsito
- Suelos de afirmado
- Materiales para construcción
- Medio ambiente
- Drenaje
- Confiabilidad

2.4.1 Desempeño del pavimento

Un pavimento debe desempeñarse estructural y funcionalmente en condiciones óptimas para brindar un mejor servicio a los usuarios. GARBBER y LESTER (2005) El desempeño estructural se relaciona con la condición física del pavimento, existen factores como los agrietamientos, fallas, desprendimientos que son causados por la carga del tránsito. El desempeño funcional es una indicación de la eficacia con que el pavimento sirve al usuario.

La durabilidad es el parámetro que mide dicho desempeño, AASHTO recomienda valores de 4,2 como durabilidad inicial (p_i), este valor muestra el desempeño que debe tener un pavimento una vez que sea construido. La durabilidad final(p_f) es el desempeño que un pavimento debe tener al final de su período de diseño, valores de 2 y 3 son aceptables dependiendo de la importancia de la vía.

Este índice de durabilidad o también conocido como PSI, está basado en la percepción del conductor al transitar sobre una vía en una escala del 0 al 5, en donde 5 es un pavimento excelente y 0 un pavimento intransitable.

2.4.2 Tránsito

El tráfico es uno de los parámetros más importantes en el diseño de pavimentos, ya que este es el que va a determinar las cargas que pasarán sobre el pavimento durante su vida de servicio.

Es necesario obtener el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el período de diseño, esto se lo obtiene mediante un conteo vehicular en la vía. Se necesita cierta información sobre la vía para determinar el tráfico en su vida de diseño, entre las cuales tenemos:

- Período de diseño
- Distribución de ejes
- Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)
- Tasa de crecimiento anual
- Sentido del tráfico
- Número de carriles por sentido
- Porcentaje del tránsito sobre el carril más transitado
- Índice de Serviciabilidad
- Factores de equivalencia de carga

El tratamiento de la carga de tránsito está basado en el ESAL, en la cantidad de cargas de 18000 lb en eje sencillo, la conversión de todos los tipos de vehículos está dada por los LEF. Los factores de equivalencia (LEF) fueron determinados por la AASHTO en los tramos de prueba, en la cual los pavimentos se sometieron a pruebas con las diferentes configuraciones de ejes y cargas para analizar el daño producido.

Un mal estudio del tránsito puede conllevar a un mal dimensionamiento de las capas de la estructura del pavimento, originando daños en la capa de rodadura y disminución de la vida de servicio.

2.4.3 Material de la subrasante

La AASHTO recomienda el módulo de resiliencia (M_r) para definir esta propiedad, la cual relaciona al CBR multiplicado por un factor. El CBR está dado por la relación de un suelo determinado con un material de condiciones óptimas, este ensayo mide la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos y sirve para evaluar un suelo determinado que va a ser empleado en un pavimento.

2.4.4 Materiales de construcción

Los materiales que se usan para la construcción se clasifican en: materiales para la subbase, para la base y para la superficie. El coeficiente a_3 es el coeficiente de capa de la subbase, a diferencia del coeficiente de la capa de base que es el a_2 , este coeficiente se usa para convertir el espesor real en un número estructural equivalente.

El material para la superficie normalmente es una mezcla en caliente de planta de cemento asfáltico con agregados, el coeficiente de esta capa es el a_1 y se lo obtiene de relaciones con el coeficiente estructural y módulo de resiliencia.

2.4.5 Medio Ambiente

La temperatura y la precipitación son los dos enemigos ambientales del pavimento. Los efectos de temperatura inducen esfuerzos por acción térmica y la precipitación es perjudicial cuando ingresa agua en el interior de las capas que forman el pavimento, lo que origina un cambio en las propiedades.

2.4.6 Drenaje

Es el efecto que tiene el agua sobre la resistencia del material de base y subrasante. Depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje y el porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento este casi saturada.

La capacidad de drenaje que está basada en el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, y el porcentaje depende de la precipitación media anual.

2.4.7 Confiabilidad

Este parámetro es de control de diseño, fue creado como medida para garantizar el proceso de estimación del tráfico proyectado. Este factor mide las incertidumbres posibles en la predicción del tránsito y del funcionamiento del pavimento, se espera que el pavimento diseñado se comporte satisfactoriamente durante su vida de diseño.

El nivel de confiabilidad debe ser mayor cuanto más importante sea la carretera y mayor sea su volumen de tráfico. Además existe una desviación estándar S_o y una desviación normal Z_r que sugiere la AASHTO como ajuste a este nivel de confianza.

Capítulo 3 : Comportamiento del pavimento flexible

3.1 Factores que afectan el comportamiento del pavimento

Existen dos factores que afectan el comportamiento del pavimento de cierta vía durante todo su período de diseño, el tránsito y el clima. El tránsito se lo asocia a las cargas pesadas que circulan sobre el pavimento, y el clima es visto en forma de lluvia o cambios de temperatura.

El tráfico diario que soporta una vía va desgastando la capa de rodadura, debido a los esfuerzos que se originan en el pavimento al paso de los vehículos que circulan sobre determinada vía.

El agua lluvia produce en el pavimento una reducción de su resistencia y estabilidad de cada una de sus capas. Por tal motivo se recomienda dejar una pendiente para que el agua escurra y no se almacene en los carriles.

Estos dos factores son los causantes del deterioro en los pavimentos, al producirse fallas en el pavimento se produce una pérdida de serviciabilidad, los usuarios que transitan sobre determinada vía sienten una incomodidad, además la vida de servicio se ve reducida.

3.1.1 Tránsito vehicular

DE SOLMINIHAC (2001) El tránsito es un factor importante cuando se predice o determina el daño que sufrirá un pavimento. En el mundo entero se puede apreciar un incremento notable en el volumen de vehículos en las grandes ciudades.

Por el pavimento de una vía circulan diferentes tipos de vehículos con diferentes configuraciones de ejes. Los vehículos pesados son los más determinantes y los que más afectan al pavimento, más aún si ellos circulan con peso mayor del estimado o permitido.

El espaciamiento entre ruedas así como la presión de inflado de los neumáticos, tipo de apoyo, intensidad y frecuencia de las cargas, rigidez relativa de las capas componentes, inciden en el efecto del tránsito sobre el pavimento y son uno de los mayores problemas que se encuentran en las predicciones sobre el efecto negativo que podría tener las cargas del tránsito.

DE SOLMINIHAC (2001) De Solminihac estima cuatro consideraciones que pueden afectar el ciclo de vida de un pavimento, entre las cuales están:

- Exactitud de los valores de la carga equivalente
- Precisión del conteo vehicular y el peso del tránsito
- Predicción de los ejes equivalentes para cierto período.
- Interacción de la edad y el tránsito que afecta la serviciabilidad.

Es importante tomar en cuenta estas consideraciones al momento de realizar una evaluación de la actual condición del pavimento de una vía. En la vía Perimetral del año de diseño hasta el año de la evaluación, el volumen del tránsito ha aumentado notablemente ya que la ciudad se ha expandido hacia los sectores de Daule y Samborondón, y esta vía Perimetral se comunica con dichos cantones.

El sector industrial se ha expandido a lo largo de la vía Daule y también en sectores aledaños a la vía Perimetral, no cabe duda que por esta vía circulan vehículos con pesos cercanos a los límites permitidos por el MOPT.

3.1.2 Efectos de la temperatura

La ciudad Guayaquil por encontrarse en la zona ecuatorial posee dos estaciones al año, la época seca y la época húmeda y lluviosa. Su temperatura promedio es de 27 grados; sin embargo, durante todo el año la ciudad presenta temperaturas mayores a los 30 grados.

El asfalto al encontrarse en altas temperaturas sufre efectos de ablandamientos, lo que produce una reducción de su espesor. Además de la reducción de la viscosidad del asfalto.

La humedad promedio en la ciudad es del 71%, en la época lluviosa llega a valores superiores a los 75%. Esta humedad provoca disgregación de la mezcla y ayuda al transporte de contaminantes externos a las grietas. Estos efectos se agravan si no se tiene una buena adherencia entre el asfalto con el agregado.

La humedad reduce la resistencia y la estabilidad de la base, subbase y subrasante además de disminuir la resistencia al deslizamiento. Al ingresar el agua de las precipitaciones a las capas granulares, estas se debilitan reduciendo su resistencia. Además el material fino de las capas es arrastrado por el efecto del bombeo, lo que origina una pérdida del soporte.

La cantidad de huecos también tiene un papel importante en la rapidez con que se deteriora un pavimento flexible. Se puede remitir a los hechos de las carreteras de la región Costa, que al terminar la época lluviosa, el pavimento sufre daños por efecto de la precipitación.

Una vía de la importancia de la vía Perimetral debe tener un buen sistema de drenaje que permita la evacuación de las aguas, en la época lluviosa del año

2013, se pudo evidenciar que los carriles izquierdos y medios inclusive, permanecieron inundados por varias horas una vez que la lluvia acabara.

3.2 Fallas en pavimentos flexibles

Debido a los efectos del clima y al tránsito los pavimentos flexibles pueden sufrir diferentes tipos de fallas, SHAHIN (2005) expone las 19 tipos de fallas y como se originan cada una de ellas, las cuales son:

1. Grietas piel de cocodrilo
2. Exudación del asfalto
3. Grietas de contracción (bloque)
4. Elevaciones-Hundimientos
5. Corrugaciones
6. Depresiones
7. Grietas de borde
8. Grietas de reflexión de juntas
9. Desnivel calzada-berma
10. Grietas longitudinales y transversales
11. Baches y zanjas reparadas
12. Agregados pulidos
13. Huecos
14. Cruces de rieles
15. Ahuellamiento
16. Deformación por empuje
17. Grietas de deslizamiento
18. Hinchamiento
19. Disgregación y desintegración

Las fallas más comunes son las de piel de cocodrilo es las cuales se origina cuando el pavimento falla por fatiga debido a la acción repetido de las cargas de tránsito. Esta falla es considerada como un daño estructural importante y suele estar acompañada por ahuellamiento.

En la ciudad de Guayaquil debido a las fuertes precipitaciones en la época lluviosa, se presentan los huecos u oquedades, los cuales son depresiones en

la superficie del pavimento en forma de tazón. Se forman cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie y el crecimiento de estas oquedades se acelera por la acumulación de agua.

Capítulo 4 : Evaluación del Pavimento Flexible

Para poder emitir un correcto criterio acerca de la condición actual de un pavimento se debe realizar una evaluación adecuada. GARBER y LESTER (2005) afirman que para poder evaluar correctamente un pavimento se deben estudiar 4 características:

- Serviciabilidad, facilidad para el rodamiento
- Daños al pavimento, estado de la superficie
- Falla estructural, deflexión del pavimento
- Resistencia al deslizamiento

Una vez obtenidas dichas características se puede emitir una evaluación más precisa, lo que conllevará a una selección de rehabilitación adecuada.

4.1 Serviciabilidad de Pavimentos

DE SOLMINIHAC (2001) De Solminihac afirma que hay dificultad para medir la calidad del pavimento de una vía porque su evaluación depende de dos condiciones, la estructural y la funcional.

La AASHO en busca de brindar un mejor servicio a las vías en los Estados Unidos, trataron de llegar a una medición de esta serviciabilidad. Los investigadores Carey e Irick, CAREY y IRICK (1960), propusieron un procedimiento y suposiciones para medir la serviciabilidad de un pavimento en su estudio para la AASHO en 1959.

DE SOLMINIHAC (2001) propone algunas suposiciones de lo desarrollado por los investigadores americanos, entre las cuales tenemos:

- “El pavimento debe brindar confort y seguridad a los usuarios
- El confort es un aspecto subjetivo de cada usuario
- El promedio de la evaluación de los usuarios puede dar un valor de serviciabilidad, de aquí se origina el Present Serviceability Rating (PSR)
- Las características físicas del pavimento pueden medirse objetivamente y se las relaciona con evaluaciones objetivas. Esto da lugar al Present Serviceability Index (PSI)
- El comportamiento del pavimento puede ser representado por la historia de la serviciabilidad de dicho pavimento”

4.1.1 Present Serviceability Rating (PSR)

El PSR se originó por la búsqueda de un valor para medir la serviciabilidad, que es la percepción que tienen los usuarios del servicio que brinda un pavimento. La metodología que utiliza, es la selección aleatoria de usuarios que conforman un panel evaluador, cada usuario al transitar por la vía expresa su opinión propia y subjetiva acerca de la calidad de la capa de rodado.

En esta encuesta el usuario califica del 0 al 5 al pavimento, teniendo como parámetro 5 muy bueno y 0 muy malo. Además califica la aceptabilidad del pavimento ,en la figura 4.1. tomado del libro de de Solminihac, se aprecia el formulario de calificación AASHO y en la figura 4.2 la escala de calificación de serviciabilidad según AASHO.

Acceptable?		5	Very Good
Yes	<input type="checkbox"/>	4	Good
No	<input type="checkbox"/>	3	Fair
Undecided	<input type="checkbox"/>	2	Poor
		1	Very Poor
		0	
Section Identification _____		Rating _____	
Rater _____	Date _____	Time _____	Vehicle _____

Figura 4.1 Formulario Calificación AASHO Por: De Solminihac *Gestión de Infraestructura Vial*

Calificación		Descripción
Numérica	Verbal	
5	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos o casi nuevos son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buenos
4	Buena	Los pavimentos de esta categoría no son tan suaves como los "Muy Buenos" pero entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco signo de deterioro superficial. En pavimentos flexibles pueden comenzar a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria
3	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades. Los defectos superficiales pueden incluir parches ahuellamiento y agrietamiento.
2	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito. Pueden tener grandes Baches y grietas profundas. Incluye pérdida de áridos, agrietamiento Y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie.
1	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de Extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades Reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen Grandes baches y grietas profundas.

Figura 4.2 Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO. Por: De Solminihac *"Gestión de Infraestructura Vial"*

Cada evaluación personal se la denomina IPSR (Individual Present Serviciability Rating), y al promedio de las IPSR se las llama PSR (Present Serviciability Rating). De esta manera se obtuvo una calificación para el servicio brindado por un pavimento.

4.1.2 Present Serviciability Index (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) fue creado en 1957 por la AASHO Road Test para poder evaluar las vías y como estaba el deterioro de cada una de ellas. La AASHO al darse cuenta de los valores del PSR y al revisar los pavimentos de las vías, determinó que lo que afectaba la calificación del IPSR eran las deformaciones del perfil longitudinal, las irregularidades producidas por los parches y baches, las fisuras y el ahuellamiento en el pavimento.

En busca de un valor más exacto de la serviciabilidad, la AASHO Road Test desarrolló un perfilómetro llamado CHLOE para poder medir las variaciones del perfil longitudinal que estaban dadas por la irregularidad superficial del pavimento. Este perfilómetro figura 4.3, es remolcado por un vehículo a una velocidad de 8 km/h y mide la irregularidad del pavimento mediante el cambio del ángulo entre dos líneas de referencia.



Figura 4.3 Perfilómetro CHLOE Tomado de Bariani y otros autores

“Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros”

La AASHO presentó una ecuación, que se llevó a cabo mediante un análisis de regresión estadístico, la cual relaciona el PSR de las encuestas realizadas con los deterioros medidos. De esta ecuación se obtiene el PSI y está dado por:

$$PSI = 5.03 - 1.91 * \text{Log} (1 + SV) - 1.38 * RD^2 - 0.01 * \sqrt{C + P}$$

Donde el valor de SV es la varianza de la pendiente longitudinal dada por la medición del perfilómetro CHLOE, y es el parámetro que representa la rugosidad de la sección del pavimento. Además este SV es el valor que más incide en el valor de PSI. El ahuellamiento está dado por RD, así como la superficie agrietada y bacheada está dada por C y P respectivamente.

De esta manera se cambia de la calificación de serviciabilidad dada en un principio por los usuarios, al deterioro físico de un pavimento. Esto se logra gracias a la relación cuantitativa entre la calificación subjetiva de los usuarios y los parámetros que miden el deterioro físico del pavimento.

En la figura 4.4 se puede apreciar la curva de la degradación de la serviciabilidad del pavimento en función del tiempo, la cual es una curva parabólica, donde se presentan valores entre 4 y 5 de la calificación PSI una vez terminada su construcción. Además se establece como pavimento aceptable con valores entre 2 y 3 de la calificación PSI.

Una vez que el pavimento de una vía tiene calificación entre 2 y 3 PSI, es necesario que se realice un mantenimiento, previo a un estudio, para mejorar su PSI y que la vida útil del pavimento se alargue.

En la figura 4.5 observamos el ciclo de vida de un pavimento, en la cual cuando un pavimento se encuentra entre condición regular y mala, entre 2 y 3 de PSI, la

pendiente de la curva cae notablemente, ocasionando que el pavimento se degrade más rápido.

Los pavimentos construidos en condiciones adecuadas, la calidad baja en un 40% cuando ha transcurrido el 75% de la vida de servicio del mismo, por esta razón es adecuado realizar el mantenimiento adecuado en este período.

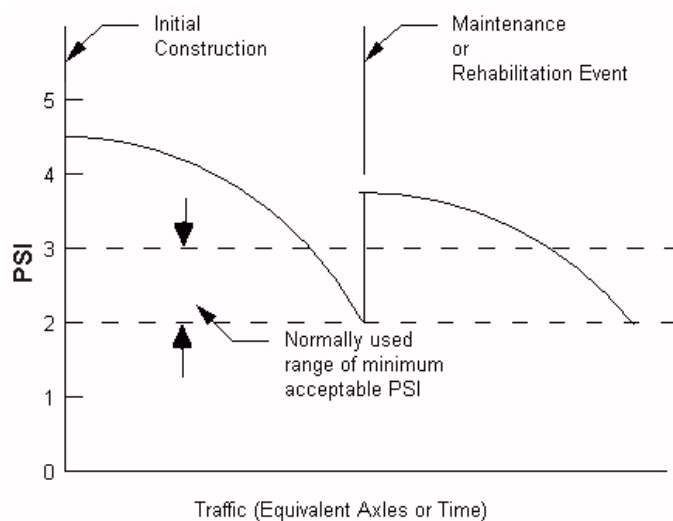


Figura 4.4 curva de comportamiento de un pavimento. Tomado de: <http://www.pavementinteractive.org/article/present-serviceability-index/>

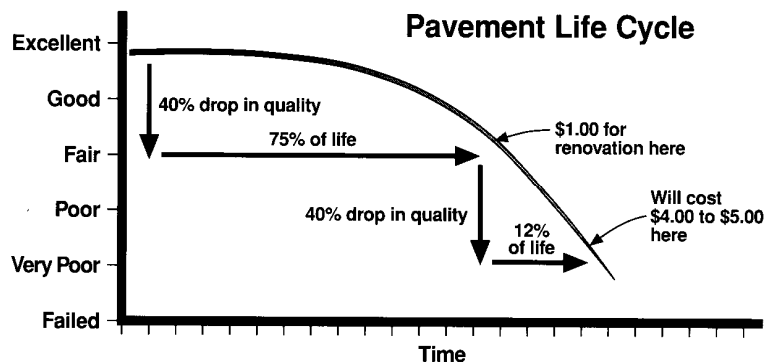


Figura 4.5 Ciclo de vida de un pavimento. Tomado de: https://engineering.purdue.edu/~ce361/LECTURE/Lrigid_pms.html

4.1.3 International Roughness Index (IRI)

4.1.3.1 Concepto

El Índice de Regularidad Internacional es un indicador de la regularidad superficial de un pavimento, y se lo define como la sumatoria de los desvíos acumulados de la superficie en relación al plano deseable.

El Índice de Regularidad Internacional fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 debido al interés de los técnicos de diferentes países del mundo en busca de un índice único que represente las percepciones de los usuarios al transitar sobre una vía, y tiene sus orígenes en el programa NCHRP.

Este índice se lo denomina también como parámetro de la rugosidad, sin embargo; si buscamos la traducción de la palabra “roughness” sería aspereza, y la aspereza de una vía está dada por la regularidad de dicha vía, no por la rugosidad.

El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, por lo tanto un IRI inicial mayor o igual a 0, es decir que mientras mejor sea la regularidad de un pavimento, tendrá un valor inferior de IRI.

4.1.3.2 Métodos de medición de IRI

DE SOLMINIHAC (2001) De Solminihac divide en 2 grupos la medición del IRI mediante métodos perfilométricos. Las cuales se obtienen a partir del perfil longitudinal del camino. Los equipos de medición deben de seguir la huella que dejan las ruedas de los vehículos en un determinado carril.

Equipos de medición estáticos

-La mira y nivel es el método más conocido para medir perfiles, estos equipos topográficos son de gran exactitud y es de bajo costo; sin embargo, requiere de muchas horas y es recomendado para distancias muy cortas.

-Perfilómetro de barra del TRRL realiza las mediciones en intervalos de 100mm sobre dos huellas de rodadura de 320m de longitud y fue creado para ser utilizado en los países desarrollados ya que es portátil, sólido y totalmente integrado.

-Face Dipstick es un acelerómetro sobre una estructura la cual permite el movimiento del equipo a lo largo de la huella de los vehículos. Posee un microcomputador que permite calcular resúmenes estadísticos de rugosidad.

-Merlin consiste en una estructura metálica con una rueda y unos apoyos, uno de ellos mide las desviaciones del perfil al momento de que rueda complete una vuelta, y la registra en un tablero integrado.

Equipos de medición dinámicos

-Perfilógrafos consisten en un conjunto de patines con una rueda al centro que posee movimiento vertical, el cual se registra en una plantilla. A pesar de tener un bajo costo y operación simple, es de baja velocidad de operación.

-Perfilómetro inercial APL tiene la ventaja de realizar evaluaciones continuas a gran velocidad debido al remolque especial con una rueda, un chasis con lastre y un péndulo inercial.

-Perfilómetros inerciales consiste en un vehículo con instrumentos que mide los perfiles al transitar por la huella ocasionada por los vehículos. Es de gran velocidad de medición.

en 4 clases a los métodos de medición de IRI, en base a su aproximación de medidas, y entre los cuales tenemos:

4.1.3.3 Modelo del cuarto de carro

El modelo de Cuarto de Carro fue creado para establecer una correlación con los sistemas de medición del tipo respuesta y así poder filtrar el perfil longitudinal para calcular el IRI.

Este modelo se encuentra en el algoritmo para el cálculo del IRI y simula la suspensión acumulada por un vehículo al transitar por una determinada longitud del perfil de carretera a 80km/h.

En la figura se puede apreciar dicho modelo, además al avanzar por una vía a una velocidad constante por una superficie irregular, este movimiento produce desplazamientos y queda regido por la primera ley de Newton.

El movimiento vertical acumulado de la masa superior es lo que se conoce como IRI y esto se debe a la combinación de las constantes de rigidez con el movimiento vertical de las masas.

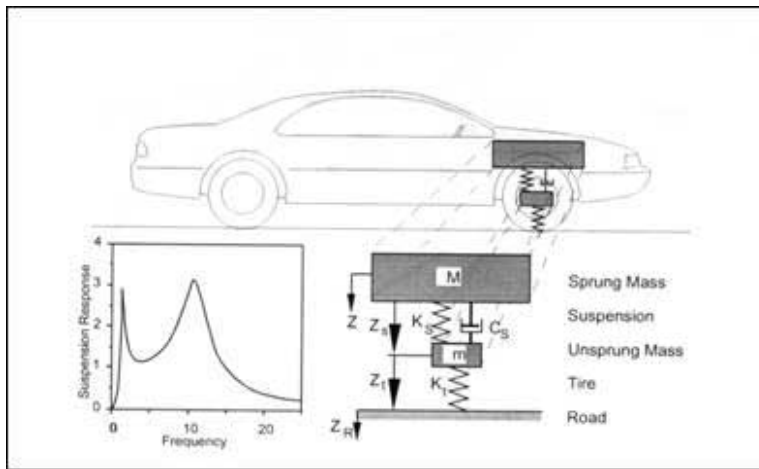


Figura 4.6 Modelo del cuarto de carro. Tomado de : <http://www.mountain-plains.org/pubs/html/mpc-02-130/pg2.php>

4.1.4 Relación entre PSI e IRI

Una vez obtenido el índice de regularidad internacional, los investigadores en busca de obtener un valor de serviciabilidad (PSI) actual, decidieron correlacionar al IRI con el PSI.

El modelo empleado por el HDM III, creado en 1987 por Paterson, se dedujo en sitios como Brasil, Texas, Sudafrica y Pennsylvania y se obtuvo la siguiente ecuación para correlacionar los valores de IRI y PSI:

$$PSI = 5 * e^{(-\frac{IRI}{5.5})}$$

El modelo desarrollado por Al Omari y Darter en 1994 fue tomado de resultados en estados de Estados Unidos como Louisiana, Michigan, New jersey, New Mexico, Ohio e Indiana. Los investigadores propusieron la siguiente ecuación:

$$PSI = 5 * e^{(-0.26IRI)}$$

Como la rugosidad es el factor que más afecta la serviciabilidad en las ecuaciones originales de la AASHO Road Test, los investigadores Dujisin y Arroyo propusieron la siguiente ecuación:

$$PSI = 5,85 - 1,68 * IRI^{(0,5)}$$

Estudios realizados demuestran que al utilizar estas ecuaciones para correlacionar el IRI con el PSI, para los valores de serviciabilidad inicial de 4,2 de diseño por el método AASHO 93 se obtiene IRI entre 0,7 y 1,4; es decir, que para una correcta elección del factor pi de 4,2 , el pavimento al momento de ser entregado debe tener un IRI entre 0,7 y 1,4.

En el Ecuador lo anterior mencionado no ocurre ya que las vías son entregadas con valores de IRI de 2 o mayor, lo que pone en duda la elección del factor de 4,2.

La serviciabilidad final que aconseja el método AASHO para pavimentos flexibles es de 2,5, y al utilizar estas correlaciones se obtiene valores de IRI entre 3,4 y 2,6. Estos valores de IRI son considerados como aceptables, por tal motivo los diseños pueden estar subdimensionados o sobredimensionados.

4.2 Deterioro Superficial

La capa de rodadura por efectos del tránsito y del clima sufre alteraciones, lo que origina a fallas, en pavimentos flexibles existen 19 tipos de fallas que se pueden presentar, las cuales se encuentran mencionadas en 3.2,y debe ser muy importante el poder identificarlas para analizar su severidad y su posible corrección.

Estas fallas generan congestión e inseguridad en el viaje y los usuarios, por esta razón deben de ser motivo de estudio, es decir, conocer sus causas y consecuencias, así como también método de medición.

DE SOLMINIHAC (2004) afirma que los deterioros en los pavimentos afectan a la seguridad, confort del usuario, además elevan los costos de operación de los vehículos.

Existen varios métodos para la medición del deterioro superficial de pavimentos, ya sea métodos visuales o métodos empleando equipos, pueden variar dependiendo del país o región en que se aplique.

4.2.1 Métodos empleando equipos de medición de deterioro superficial

Existen varios equipos para medición del deterioro superficial entre ellos tenemos el PASCO ROADRECON, el cual produce una grabación del pavimento y toma medida de la rugosidad. Su alcance es de 5 m de ancho con velocidad máxima de 80 km/h.

El sistema GERPHO archiva las imágenes del pavimento en una película de 35 mm. Es muy usado en países Europeos y al igual que el PASCO se puede captar imágenes por la noche.

El Tester Laser (RST) usa tecnología Laser para medir las profundidades de las grietas y profundidad de rodadura de neumático. Posee la ventaja de medir el perfil longitudinal, macrotextura y distancia recorrida.

4.2.2 Métodos visuales de medición de deterioro superficial

El método SHRP (Strategic Highway Research Program), del tipo visual, consta de dos partes, el primero es el llenado del croquis de la sección a estudiar, el cual nos da una percepción clara de lo que está sucediendo en ese tramo. La segunda parte es la ficha de resumen en la cual se presentan los datos recogidos de manera simplificada.

A pesar de todos estos métodos nombrados, existe el método propuesto por Shahin, SHAHIN (2005), el cual fue realizado en 1975 para el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos

Shahin creó el programa PAVER, dicho programa se basa en el PCI (Pavement Condition Index) que se encuentra en una escala del 0 al 100 en el cual mientras mayor sea el índice, el pavimento se encuentra en mejor estado.

Pasar los datos hechos en campo y calcular el PCI de manera manual es muy tedioso para grandes números de unidades, ya que demanda mucho tiempo. El PAVER simplifica esto ya que al momento de ingresar la información, el programa automáticamente calcula el PCI de cada unidad.

SHAHIN (2005) Shahin aclara que este programa puede determinar el porcentaje del valor de PCI deducible de las mediciones hechas en campo. Además se deduce en forma de curva los valores de las mediciones.

La fase más importante del PAVER es la que incluye la recopilación de datos y su actualización, ya que de ésta dependerá la exactitud de los resultados a ser obtenidos de su procesamiento y las estrategias de mantenimiento y rehabilitación a adoptar a corto y largo plazo.

El sistema PAVER se resume en lo siguiente:

- Para una determinada red vial, se identifican los tramos y secciones que serán de estudio
- Cada pavimento tiene un número de fallas posibles
- Cada falla tiene su grado de severidad y magnitud.

El PCI está basado en las observaciones de las fallas del pavimento, su severidad y la cantidad de ellas deben estar definidas. Este índice es utilizado para evaluar pavimentos de cualquier tipo, ya sea aeropuertos, parqueaderos, vías.

Actualmente el PCI es el método o índice más utilizado, aunque demande tiempo y personal calificado que son los que medirán las fallas en la vía.

4.3 Evaluación Estructural

La evaluación estructural de los pavimentos sirve conocer la función estructural que está brindando un pavimento, depende principalmente de la capacidad resistente y del envejecimiento del pavimento. Las evaluaciones estructurales deben medir las deflexiones e inspecciones visuales.

De las evaluaciones estructurales se pueden obtener ciertos resultados directa o indirectamente entre los cuales tenemos: capacidad de soporte, parámetros de resistencias de las diversas capas (módulo elástico, propiedades de fatiga, tensiones residuales), predicciones de la vida remanente del pavimento, diseño de mantenciones y reconstrucciones.

La deflexión es el parámetro principal en una evaluación estructural y DE SOLMINIHAC(2004) la define como la medida de la deformación elástica que experimenta un pavimento al paso de una carga, y está en función del tipo del pavimento, del estado del pavimento, del método y equipo de medida. Las deflexiones se miden normalmente por ensayos con equipos no destructivos, los cuales sirven para relacionar la capacidad estructural del pavimento.

Al pasar un vehículo sobre un pavimento, este se deflecta no solo en el punto bajo la carga, sino en un sector alrededor de ella, lo que origina un conjunto de deflexiones llamados cuenco.

Los primeros equipos de mediciones solo medían la deflexión máxima sobre el punto de carga, pero actualmente existen equipos que miden una serie de deflexiones en dicho cuenco.

4.3.1 Factores influyentes

Los factores que influyen en la auscultación estructural son la temperatura, la humedad, el tiempo de carga y la geometría.

La temperatura influye debido a los cambios de temperatura y en pavimentos asfálticos se debe corregir en algunas ocasiones la deflexión máxima dado para un valor de temperatura de referencia.

La humedad puede afectar las mediciones debido a su influencia en las capas granulares como la base, subbase y subrasante, al presentar plasticidad estas capas pueden ser sensibles al agua.

El tiempo de carga tiene una gran influencia en los valores obtenidos debido a la naturaleza viscoelástica del asfalto, y tiene mayor influencia en temperaturas altas.

La geometría afecta cuando los equipos que miden las deflexiones y cuyos puntos de referencia están dentro del cuenco de deflexiones. Existen correcciones para ajustar los valores de las deflexiones medidas.

4.3.2 Métodos de evaluación estructural

Existen diversos métodos para medir la deflexión de un pavimento, DE SOLMiNIHAC (2004) las divide en 3 categorías: Estática o movimiento lento, vibración e impacto.

Las estáticas fueron las primeras en desarrollarse, Huang (2004) la medida de deflexión en un punto está dado bajo una carga fija o de movimiento lento. Para poder realizar las mediciones se necesita un vehículo cargado, las desventajas

que presenta es que consume mucho tiempo realizar los ensayos. Entre este grupo tenemos a la viga Benkelman, base profunda y el deflectómetro Lacroix.

Los de vibración se producen por equipos que aplican cargas dinámicas vibratorias, las cuales imponen una fuerza sinusoidal dinámica sobre un peso estático lo que da origen a las deflexiones, dichas deflexiones son medidas por acelerómetros o geófonos. La desventaja de este grupo es que las cargas que se utilizan no son las reales. Entre este grupo tenemos el Dynaflect, Road Rater y el WES Heavy Vibrator.

Los de impacto se producen debido a equipos que originan una carga de impacto sobre el pavimento, esta carga puede variar dependiendo del peso y altura de caída. Entre este grupo tenemos los equipos FWD, Dynatest, Phoenix, Foundation Mechanics.

Capítulo 5: Ensayos realizados en la vía

Para poder emitir una correcta evaluación del estado actual de la vía se planificaron ensayos y mediciones en el tramo a estudiar. Se realizaron ensayos para la medición del IRI, ensayos no destructivos para medir las deflexiones, auscultación del pavimento y un conteo vehicular.

5.1 Medición del IRI

La medición del IRI se la realizó en la semana del 20 al 24 de enero del 2014 se utilizó para la medición el perfilómetro estático MERLIN, este ensayo mide la irregularidad del pavimento cada 400 m. Se realizaron mediciones en cada kilómetro de la vía, las cuales fueron en el carril derecho, en ambos sentidos, debido a que por este carril circulan los vehículos más pesados.

5.1.1 Equipo MERLIN

El Equipo MERLIN fue creado por el laboratorio británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) para obtener un instrumento de fácil manejo que mida la regularidad de una vía.

Este perfilómetro estático es de bajo costo y su método de análisis es simple con resultados confiables, posee una exactitud que solo es superada por el método topográfico.

Su principal desventaja es la lentitud, por lo cual tiene un bajo rendimiento, debido al tramo a estudiar es de 10 km por sentido, el trabajo se lo realizó en varios días.

DEL AGUILA, introdujo en el Perú en 1993 este instrumento para la evaluación de más de 3000 km de pavimentos. En los países latinoamericanos estos equipos económicos son una buena alternativa, ya que son muy exactos y el empleo de equipos de medición de IRI son esporádicos.

La figura 5.1 muestra las dimensiones del equipo Merlin, el cual mide 1,80 m de longitud y está formado por una rueda delantera, la cual sirve para movilizar el equipo, y cuyo desplazamiento es de 2 metros cada circunferencia. En la parte trasera posee un patín móvil y dos estabilizadores para descanso y ensayo. En el medio posee una barra vertical que no llega al piso y que sostiene a un patín móvil que se encuentra en contacto con el piso, el cual se ajusta con la superficie del terreno.

En la figura 5.2 se observa un puntero que se desliza sobre un tablero conforme al movimiento del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación del brazo móvil es de 1 a 10, es decir, que 1 mm en el extremo inferior del patín móvil, equivale a 1 cm de desplazamiento del puntero.

Sobre el tablero se coloca una escala gráfica con 50 divisiones de 5 mm de espesor, en la cual se tienen que marcar las lecturas al momento de desplazar el equipo.

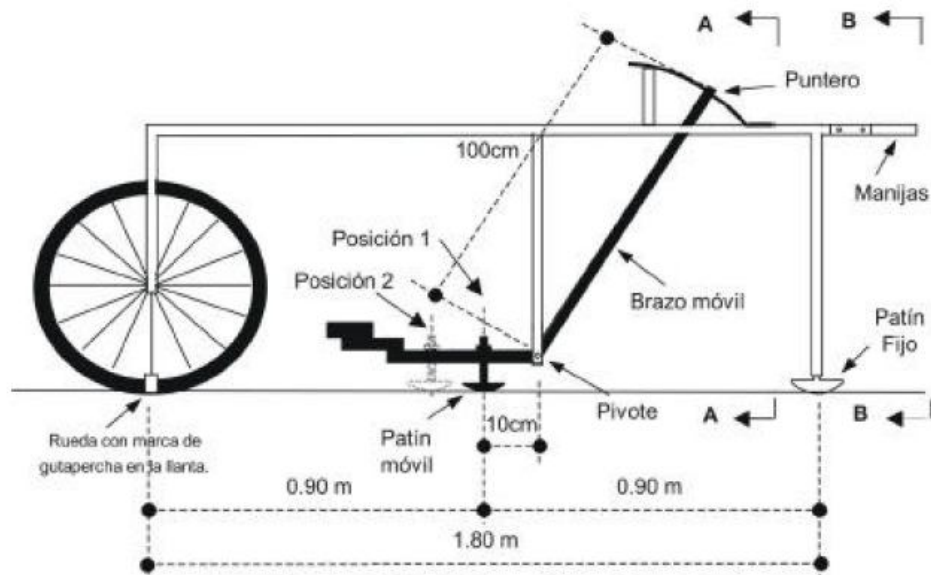


Figura 5.1 Vista longitudinal del MERLIN. Tomado de: Del Aguila “*Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos.*”

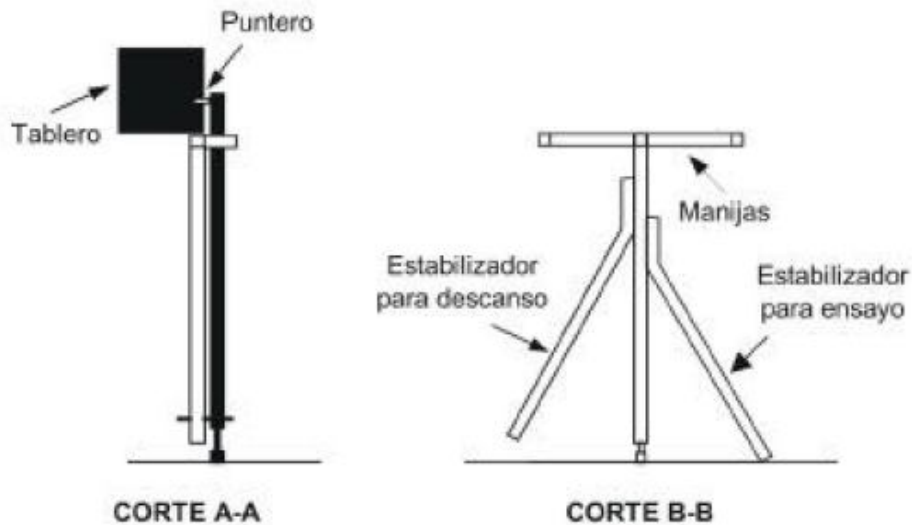


Figura 5.2 Vista transversal del MERLIN. Tomado de: Del Aguila “*Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos.*”

5.1.2. Funcionamiento del MERLIN

El ensayo se lo realiza en 400 m de longitud sobre un carril de una vía siguiendo la huella exterior del tráfico. DEL AGUILA sostiene que para la ejecución del ensayo se necesitan dos personas, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota.

En las mediciones colaboraron 4 personas adicionales al operador y auxiliar debido al alto flujo vehicular. Se colocó un vehículo atrás del Merlin para brindar seguridad a los operadores y tres personas que iban avisando a los vehículos del carril bloqueado. Se puede observar lo antes mencionado en las figuras 5.3 y 5.4.

Se deben efectuar 200 observaciones de las desviaciones relativas a la cuerda promedio, las cuales son indicadas en el tablero de acuerdo a la posición que adopte el puntero sobre la hoja cuadrículada. Dichas observaciones deben ser realizadas cada 2 metros, o una circunferencia, estacionando el equipo.



Figura 5.3 Equipo de trabajo para medición del MERLIN



Figura 5.4 Medición de regularidad de pavimento utilizando el MERLIN

En cada medición el equipo debe descansar en tres puntos fijos, la rueda y los dos patines. El proceso de medición se lo debe realizar a una velocidad promedio de 2 km/h.

DEL AGUILA sostiene que la prueba comienza estacionando el equipo al inicio del tramo a analizar y cuando el puntero se estabilice, se realiza la primera lectura que es anotada por el auxiliar. En la figura 5.5 se observa realizando la anotación respectiva. Paso seguido, el operador eleva el equipo por las manijas y lo desplaza 2 m, en la nueva ubicación se repite lo antes mencionado y se repite hasta completar las 200 lecturas.



Figura 5.5 Anotaciones de desplazamientos

5.1.3 Método para el cálculo del IRI

Para la calibración del instrumento, se empleó una placa cuadrada de 6 mm de espesor, la cual se colocó debajo del patín móvil en una superficie plana y se marca la lectura que corresponde a la posición que ocupa el puntero cuando el

patín se encuentra en el piso; posteriormente se realiza la medición sin la placa.

El espesor de la placa multiplicada por la relación del brazo de palanca, y dividida para la diferencia de cuadros multiplicado por el espesor de cada cuadro, se obtiene un factor de corrección de ensayo. En la siguiente ecuación se obtiene el factor de corrección antes mencionado.

$$F.C = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

De acuerdo a las posiciones que adopte el puntero y coincida con la medición sin la placa en terreno plano, el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta. Si adopta posiciones alejadas se demuestra que el pavimento tiene un perfil con inflexiones.

De las 200 mediciones realizadas expresadas en forma de histograma, se descartan el 10% (se eliminan el 5% de cada extremo) de ellas que corresponden a posiciones erradas o poco representativas.

Una vez realizado el descarte del 10% se calcula el ancho del histograma en unidades de la escala considerando inclusive las fracciones. Este rango D se lo debe expresar en milímetros por lo cual se lo multiplica por el espesor de cada cuadro, en este caso 5 mm.

El cálculo del rango D corregido se lo realiza por la siguiente ecuación:

$$D_{\text{corregido}} = D \times FC \times RB$$

Donde RB es la relación de brazos empleada en el ensayo, en el ensayo sobre el tramo de la vía Perimetral , el RB es 1 debido a la posición ubicada a 10 cm del punto de pivote.

Para pavimentos flexibles que no son nuevos la ecuación que correlaciona el rango D con el IRI es la siguiente:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D$$

5.2 Medición de deflexiones

Las mediciones de deflexiones en el pavimento del tramo estudiado de la vía perimetral se realizó en la semana del 13 al 17 de enero del 2014. Estas mediciones fueron realizadas por ensayos no destructivos (NDT) mediante el equipo de la viga Benkelman y la temperatura del asfalto fue de 30 grados °C.

A pesar de varios equipos existentes para medir deflexiones por ensayos no destructivos como la prueba de placa, por medio de carga vibratoria (Dynaflect), por medio de carga de impacto (FWD), se optó por la viga Benkelman por ser más económico su empleo.

Existen diferencias entre los valores de deflexiones entre cada equipo; sin embargo, todos miden las deflexiones en el pavimento de una vía y sirven para evaluar estructuralmente un pavimento.

Se tomaron lecturas a 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm y lectura máxima, para obtener el cuenco de deflexiones. Bariani y otros (2006), consideran que el método para obtener el cuenco de deflexiones mediante la viga Benkelman demandas más trabajo y es de poca precisión. Se realizaron mediciones cada 200 metros.

5.2.1 Equipo Viga Benkelman

La viga Benkelman fue desarrollada en 1953 por el ingeniero A.C. Benkelman, con el fin de obtener las deflexiones de un pavimento, para esto se realizaron ensayos viales por la WASHO Road Test. En la figura 5.6 y 5.7 se observa la viga Benkelman que se utilizó proporcionada por la empresa Geocimientos que posee dial de deformación digital obtener deformaciones más precisas.



Figura 5.6 Viga Benkelman utilizada en ensayos



Figura 5.7 Viga Benkelman con dial de deformación digital

Bariani y otros(2006) consideran a la viga Benkelman: “como un equipo simple que necesita de un camión con eje trasero simple de rueda doble cargado con 8,2 toneladas para aplicar una carga sobre la cual será medida la deformación elástica”.

DEL AGUILA sostiene que la viga consta de dos partes; un cuerpo de sostén que se ubica sobre el terreno mediante tres apoyos y un brazo móvil unido al cuerpo fijo mediante el pivote. Del pivote sale el brazo de la viga que en su extremo posee una punta que se encuentra en contacto con el pavimento y se ubica en medio de las llantas del camión. Del otro extremo se encuentra en contacto con el vástago de un extensómetro de mide las deformaciones verticales.

Adicionalmente la viga Benkelman posee un equipo vibrador o también conocido como “chicharra”, la cual al accionarse evita que el indicador del dial se trabe y afecte a las lecturas realizadas.

Existen dos tipos de viga Benkelman, las de brazo simple y las de brazo doble, la diferencia radica en la toma de lecturas; sin embargo, las dos poseen el mismo grado de precisión. Para la evaluación estructural del tramo de la vía Perimetral, se utilizó la viga Benkelman de brazo simple.

5.2.2. Funcionamiento de la viga Benkelman

Como se mencionó anteriormente, para realizar el ensayo de deflexión mediante la viga Benkelman se necesita un camión cargado con 8,2 toneladas, se utilizó la estación de pesaje de Concreto y Prefabricados para conocer la carga del camión, el peso marcado fue de 11,6 Ton. En la figura 5.8 se observa el pesaje del camión.

El ensayo consiste en colocar la punta de prueba de la viga en medio de las dos llantas traseras del camión, por el peso aplicado del camión se produce una deformación en el pavimento, dicha deformación debe ser registrada por la punta de prueba.



Figura 5.8 Camión en la estación de pesaje

Al momento que el vehículo avance, se produce una recuperación en las deformaciones del pavimento, es decir la viga Benkelman mide la deformación elástica que sufre un pavimento al retirar la carga ejercida por el camión.

Se colocó una regla de más de 2 metros de longitud marcada a las distancias a la cual tenían que ser tomadas las lecturas (30cm, 60cm, 90cm, 120cm, 150cm, 180cm y lectura final).Al momento que el vehículo pasaba por estas marcas, un auxiliar emitía una palabra de mando “YA”, la cual significaba que debían realizar las lecturas de las deformaciones reflejadas en el dial. En las figuras 5.9 y 5.10 se observa lo antes mencionado.

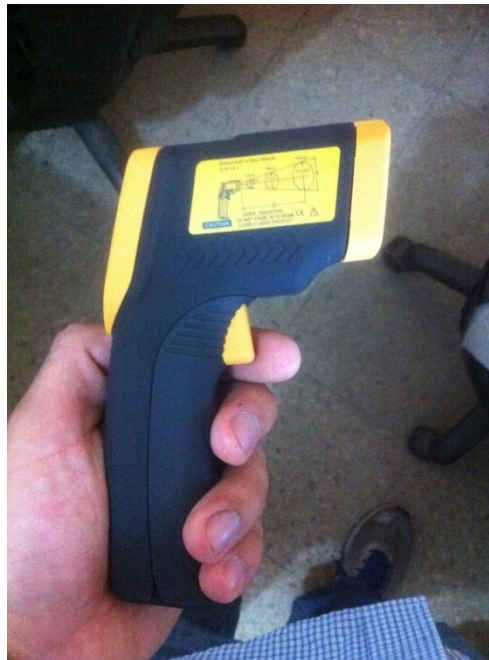


Figura 5.9 Toma de lecturas en el dial de deformación



Figura 5.10 Regla marcada de más de 2 metros

En las mediciones se colaboraron 5 personas adicionales al operador del camión debido al alto flujo vehicular. Se colocó un vehículo atrás de las personas que operaron la viga Benkelman para brindar seguridad a los operadores, además de las personas que iban avisando a los vehículos del carril bloqueado. La medición de la temperatura se realizó mediante un termómetro de láser infrarrojo mostrado en la figura 5.11.



5.11 Termómetro láser infrarrojo

5.2.3 Método para el cálculo de deflexiones

Existen varios métodos y criterios para emitir una evaluación estructural, ya que de los equipos que realizan ensayos no destructivos se obtienen varios parámetros de análisis los cuales son:

- Deflexión máxima: Desplazamiento del camión sobre la punta de prueba siendo la deflexión expresada en mm o en pulgadas (do). En la figura 5.12 se observa las diferentes mediciones de deformaciones de un ensayo con viga Benkelman

- Radio de curvatura: Arco de parábola que pasa por dos puntos de la deformada, normalmente sobre la carga y a 25cm del centro de la misma. En la figura 5.13 se puede observar el esquema del radio de curvatura. El radio de curvatura está dado por la siguiente expresión:

$$RC = \frac{10 x X^2}{2(\delta_0 - \delta_x)}$$

Donde “X” es la distancia desde donde se inicia el ensayo hasta donde se realiza la primera lectura.

- Cuenco de deflexiones: Medidas de deformaciones elásticas a diferentes distancias del centro de carga. En la figura 5.14 se observa el esquema del cuenco de deflexiones producto de la serie de lecturas de deformaciones. El área del cuenco de deflexiones representa la rigidez relativa entre el pavimento y su soporte y se la puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{150 * (\delta_0 + 2\delta_{30} + 2\delta_{60} + \delta_{90})}{\delta_0}$$

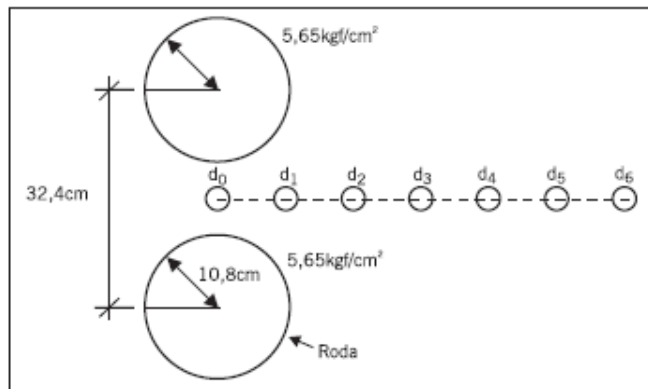
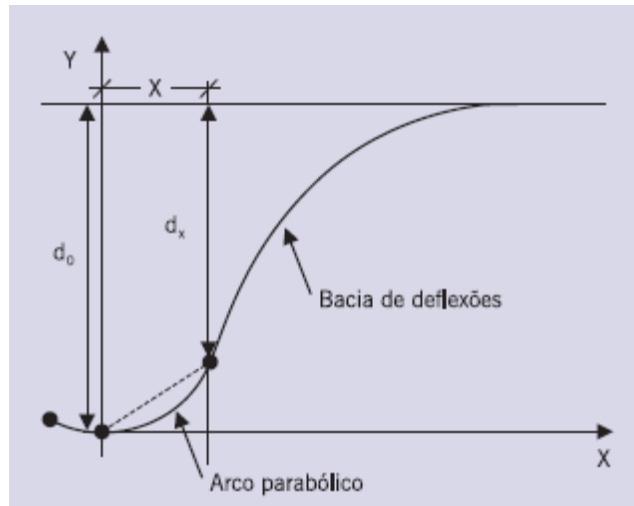


Figura 5.12 Vista en planta de las ruedas y las lecturas de deformaciones.
Tomado de Bariani y otros autores “*Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros*”



5.13 Esquema de medida del cálculo del radio de curvatura. Tomado de Bariani y otros autores *“Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros”*

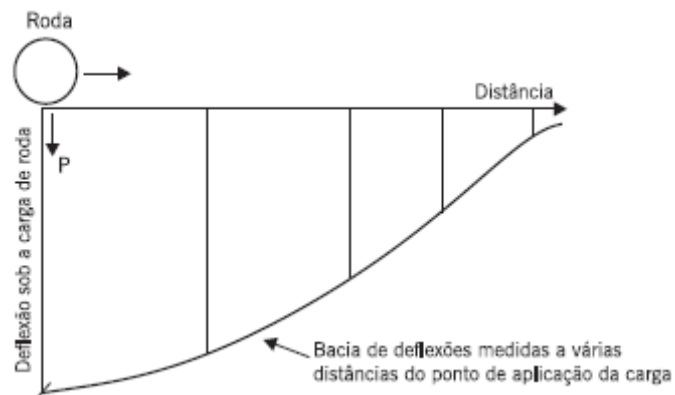


Figura 5.14 Esquema del cuenco de deflexiones Tomado de Bariani y otros autores *“Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros”*

Las lecturas obtenidas en el dial de deformación tienen que ser corregidas por diversos factores como por ejemplo:

- Factor temperatura (FC_t): El Instituto de Asfalto propone una tabla de corrección de deformación por temperatura de la carpeta de asfalto durante el ensayo.
- Factor peso(FC_p): Este factor está relacionado por el peso del eje trasero del camión.
- Factor brazo móvil(FC_b): Este factor está relacionado por la longitud desde el pivote hasta la punta de la viga Benkelman.

Por tal motivo las deformaciones corregidas (δ_c), están expresadas mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_c = \delta \times FC_t \times FC_p \times FC_b$$

HUANG (2004). Huang hace referencia al método propuesto por el Instituto del Asfalto para el diseño de sobrecapas basado en el análisis de deflexiones en un pavimento en la cual define la Deflexión de Rebote Representativa (RRD) que está dado por la siguiente ecuación:

$$\delta_{rrd} = (p\delta_c + 2s) C$$

Donde en esta ecuación δ_{rrd} es la deflexión de rebote representativa, $p\delta_c$ es el promedio de las deflexiones δ_0 , "s" es la desviación estándar y C es el factor de ajuste del período crítico. , El uso de dos desviaciones estándar implica el 97% de las medidas que son menores a δ_{rrd} .

Para obtener el tiempo de vida antes de una sobrecapa, el Instituto dl asfalto propone un método en el cual con la siguiente ecuación se puede predecir el número total de pasadas de ejes simples resiste el pavimento:

$$ESALr = \left(\frac{1.0363}{\delta_{rrd}} \right)^{4.1017}$$

Este valor de ESALr se lo divide para el ESAL actual de la vía proporcionado por el conteo vehicular y se obtiene el factor de crecimiento. Este factor de crecimiento junto con el factor de crecimiento del tráfico se ingresan en la tabla de la figura 5.15 para estimar los años de vida antes de una sobrecapa.

Design Period Years (n)	Annual Growth rate, Percent (r)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.04	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.98	19.38	21.38
13	13.0	14.68	16.83	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.78	37.98	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.02	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.98	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Figura 5.15 Factor de Crecimiento . Tomado de: Instituto de Asfalto. Asphalt overlays for highway and street rehabilitation.

Para el diseño de una posible sobrecapa el método del Instituto de Asfalto es muy útil. Se necesita conocer la deflexión después de una sobrecapa y método requiere obtener el módulo de la capa existente que está en función de la deflexión de rebote representativa, la presión de contacto y el radio de equivalencia de una carga simple. Lo antes mencionado se expresa en la siguiente ecuación:

$$E_2 = \frac{1.5qa}{\delta_{rrd}}$$

La deflexión de diseño está en función del ESAL esperado, de la siguiente ecuación se obtiene dicha deflexión:

$$\delta_d = 1.0363 (ESAL)^{-0.2438}$$

El espesor de la sobrecapa se lo obtiene de la siguiente ecuación, en la cual intervienen los módulos de la capa existente y de la que será colocada, además de la deflexión de diseño y otros factores mencionados anteriormente.

$$\delta_d = \frac{1.5qa}{E_2} \left(\left\{ 1 - \left[1 + 0.8 \left(\frac{h_1}{a} \right)^2 \right]^{-0.5} \right\} \frac{E_2}{E_1} + \left\{ 1 + \left[0.8 \frac{h_1}{a} \left(\frac{E_1}{E_2} \right)^{1/3} \right]^2 \right\}^{-0.5} \right)$$

5.3 Conteo Vehicular

Con el propósito de conocer el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) existente en el tramo a estudiar de la vía Perimetral se realizó un conteo vehicular volumétrico del lunes 3 de febrero al viernes 7 de febrero de 7:00 hasta las 23:00 cuya estación de conteo se ubicó en la abscisa 9+000 en el sentido Puerto Marítimo-Desvío Prosperina.

5.3.1 Procedimiento de conteo vehicular

Se contabilizaron los vehículos pesados solamente, los cuales eran clasificados según su combinación de ejes. Con esto se buscó seleccionar los vehículos que más daño ocasionan al pavimento existente para luego calcular el ESAL adecuado.

Durante la semana del 3 de febrero al 7 de febrero, 2 personas realizaron el conteo vehicular, lo hicieron en doble jornada debido a las 16 horas diarias de conteo vehicular.

La hoja de registro se dividió en el eje de las "X" las horas, separadas por cada hora. Mientras que en el eje de las "Y" se dividió las diferentes configuraciones de ejes de los vehículos.

5.3.2 Estudios previos de tráfico

Cuadro 10. TPDA red principal de Guayaquil					
Tipo de vía	Vía	TPDA	Sentidos	No. Carriles	Veh/carril/día
ML	Vía Perimetral	130.000	2	6	21.667
AS	Avda. Quito	52.367	1	7	7.481
AS	Domingo Comín	56.668	2	4	14.167
S	Avda. Antepará	38.390	1	3	12.797
S	Portete	33.997	2	6	5.666
S	Gómez Rendón	17.829	1	2	8.915
S	Cuenca	13.229	1	2	6.615
AS	Avda. Barcelona	56.955	2	6	9.493
ML	Vía a la Costa	68.483	2	4	17.121
AS-ML	Avda. Carlos Julio Arosemena	54.515	2	6	9.086
ML	Avda. J Roldós Aguilera	99.363	2	8	12.420
ML	Vía Perimetral	91.600	2	6	15.267
AS	Avda. Juan Tanca Marengo	128.723	2	10	12.872
AS	Vía Daule	58.675	2	10	5.868
AS	Avda. Francisco de Orellana	111.881	2	10	11.188
ML	Autopista T. Terrestre Pascuales	62.826	2	10	6.283
ML	Avda. Pedro Menéndez Gilbert	128.058	2	10	12.806
ML	Puente de la Unidad Nacional	121.000	2	10	12.100
AS	Avda. Plaza Dañin	83.401	2	6	13.900

Simbología: ML = Multi lane flujo continuo

AS = Arteria semaforizada (flujo discontinuo)

S = Vía Semaforizada colectorá (flujo discontinuo)

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guayaquil.-Estudio de movilidad de Guayaquil (2013).

Tabla 5.1 TPDA de varias vías de Guayaquil

La tabla 5.1 tomada del estudio de vialidad de la ciudad de Guayaquil realizado por el Ing. Federico Von Buchwald, muestra el TPDA actual de la vía Perimetral, el cual es 130000, lo que significa que alrededor de 21667 vehículos circulan por la vía Perimetral cada día.

Analizando la tabla observamos que la vía Perimetral es la vía de mayor flujo vehicular que tiene la ciudad de Guayaquil, superando a la Avda. Pedro Menéndez Gilbert y a la Avda. Francisco de Orellana, y es una vía de flujo continuo.

Para conocer el tráfico de vehículos pesados diarios (VPD) que circulan por esta vía, al TPDA se le tiene que aplicar unos factores expresados en la siguiente ecuación:

$$VPD = \frac{TPDA * \text{Factor Carril} * \% \text{ Camiones}}{\# \text{ Sementidos}}$$

5.3.3.Método para obtener el TPDA

Una vez obtenidos los volúmenes de tránsito diario (TDi) y el tránsito promedio diario semanal (TPDS), se procede a calcular la desviación estándar muestral que está dada por la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(TDi - TPDS)^2}{(n - 1)}}$$

Se necesita conocer la desviación estándar de la población estimada y está dada por la siguiente ecuación:

$$g = \frac{S}{\sqrt{n \cdot \left[\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]}}$$

Además el intervalo del TPDA de confiabilidad (k) es necesario para conocer el TPDA máximo y mínimo que circula por una vía, el cual se obtiene de la siguiente ecuación:

$$TPDA = TPDS \pm (k * g)$$

Si se requiere proyectar a futuro el TPDA se necesita conocer el factor de crecimiento Fc, que depende del período de diseño (t) y de la tasa anual de crecimiento de tránsito (tc).

$$Fc = (1 + tc)^t$$

De donde se obtiene el TPDA a futuro:

$$TPDA_f = TPDA * Fc$$

5.3.4.Método para obtener el ESAL

Para obtener el ESAL de la vía perimetral, el conteo vehicular se lo tiene que desglosar en los diferentes tipos de vehículos que transitan por la vía, además para obtener este ESAL, que es la cantidad de cargas de 18000 lb en eje sencillo, se tienen que aplicar unos factores de ejes equivalentes para cada una de las configuraciones.

Estos factores de ejes equivalentes se los obtiene por los diferentes pesos permitidos por el MOPT. El ESAL obtenido significa cuantos vehículos al año circulan por la vía Perimetral, a partir de esto se puede proyectar las pasadas de eje sencillo en un determinado año.

5.4 Medición de deterioro superficial del pavimento

La auscultación superficial del pavimento se llevó a cabo en la semana del 10 al 14 de febrero del 2014. El método utilizado fue el propuesto por Shahin llamado método "PAVER". Este método consiste en la medición y cuantificación de las diferentes fallas que presenta el pavimento en una vía.

5.4.1 Elección de unidades a analizar

El tramo a estudiar es de 10 km por lo tanto el método PAVER propone dividir la vía en tramos con una superficie entre 139m² y 325m². El número de unidades de tramos está dado por la longitud total de la vía dividido para la longitud de cada tramo.

Dado que el ancho del carril derecho es de 3,8 m, se dividieron en 143 unidades de 70m por 3,8 m. Lo que nos da 266 m² de superficie de cada tramo.

Para calcular el número de unidades de tramo a analizar (n) está dado por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N \times s^2}{(e^2/4)(N - 1) + s^2}$$

Donde “N” es el número total de divisiones de tramo, “s” es la desviación estándar y “e” es el error admisible por sección. El intervalo se lo calcula dividiendo “N” para “n”. De la figura 5.16 se obtienen los valores de “e” y “s” para pavimentos flexibles.

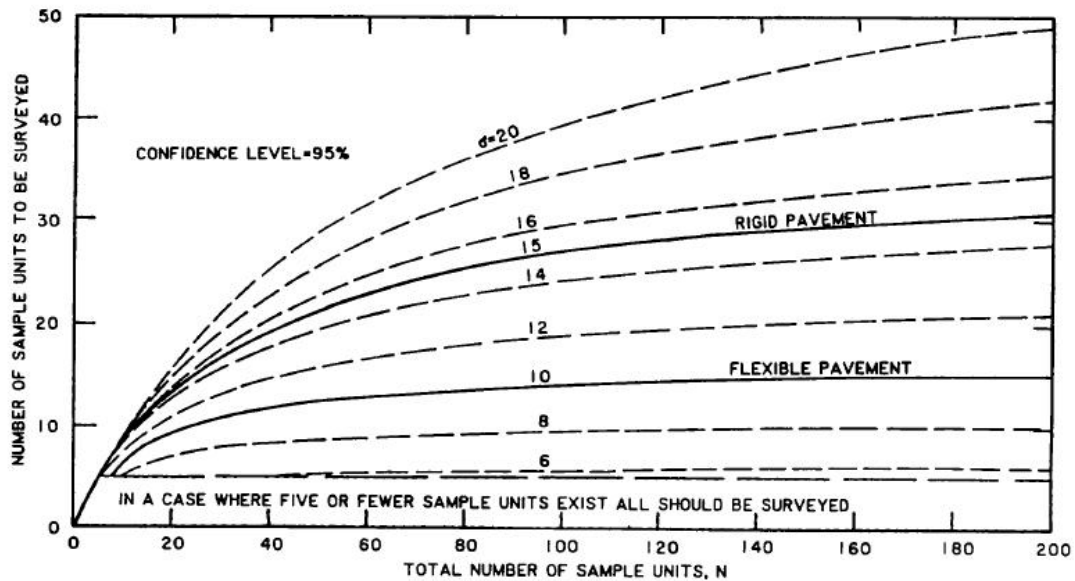


Figura 5.16 Selección del mínimo número de unidades de tramos. Tomada de: Shahin. “Pavement Management for Airports, Roads and Parking”

El número total de unidades a analizar es de 14, con un intervalo de 700 metros aproximadamente.

5.4.2 Procedimiento de medición de fallas

Para la medición de fallas de cada unidad, se necesitan determinados instrumentos para realizar una correcta auscultación del pavimento del tramo a analizar. Estos instrumentos son: odómetro para medir las longitudes de las fallas, regla para medir las profundidades y el manual de fallas.

Cada unidad es inspeccionada midiendo las diferentes fallas en el pavimento de acuerdo al manual de fallas de la PCI, cada falla debe ser registrada en la hoja de registro teniendo en cuenta la severidad de la misma y su forma de registrarla, ya sea en unidades de longitud, de superficie o por conteo en el caso de los huecos o baches.

Una vez que se termina de analizar la sección, se procede a calcular el total por cada nivel de severidad de falla. Además cada hoja de registro es válida para una unidad a analizar.

5.4.3 Procedimiento para cálculo del PCI

Se sigue el procedimiento PAVER propuesto por Shahin:

-Paso 1: Determinar los valores deducibles

Esto se logra sacando una densidad de cada falla con respecto al área total de la unidad analizada. El manual PAVER cuenta con curvas para cada falla y cada nivel de severidad en las cuales se obtiene un valor deducible.

-Paso 2: Determinar el número máximo admisible

Se emplea la siguiente ecuación para determinar el número máximo de valores deducibles a analizar para pavimentos flexibles:

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

Donde HDV es el valor máximo de todos los valores deducibles. Si existe solo un valor deducible mayor a 2 para pavimentos asfálticos, este valor se lo sustrae de 100 para obtener el PCI de la sección analizada.

-Paso 3: Determinar el número corregido de valores deducibles

Se contabilizan el número de valores deducibles mayores a 2 y se lo conoce a este número como "q". Posteriormente se los ordenan de mayor a menor de acuerdo al número "q" y se suman todos los valores deducibles.

Se utiliza la figura 5.17 para determinar el número corregido de valores deducibles. Para pavimentos flexibles se reduce a 2 el menor valor deducible a medida que se disminuya el valor "q" en cada fila. El máximo valor corregido de valores deducibles se lo toma en cuenta.

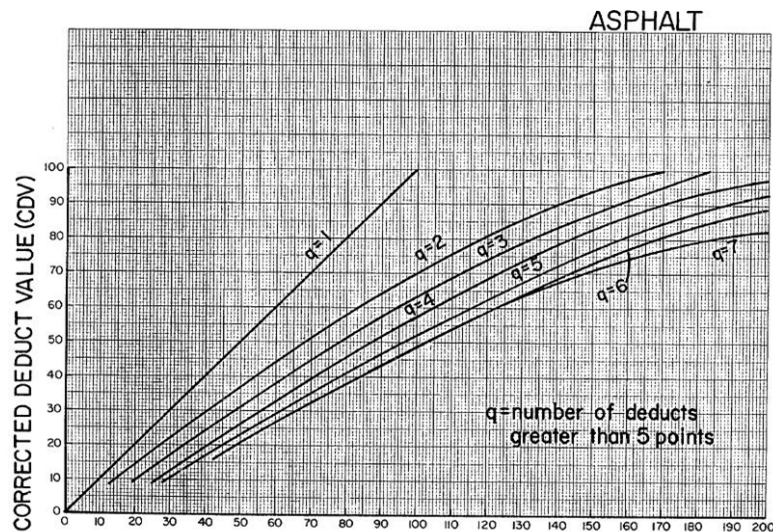


Figura 5.17: Corrección de curvas para pavimentos flexibles

Tomada de: Shahin. "Pavement Management for Airports, Roads and Parking"

-Paso 4: Cálculo del PCI

El máximo valor corregido de valores deducibles se lo resta de 100 para obtener el valor del PCI.

Capítulo 6: Análisis de Resultados Obtenidos

6.1. Análisis del IRI

El análisis se llevó a cabo siguiendo lo especificado en el capítulo anterior, se obtuvieron 10 valores de IRI en cada sentido analizado, los cuales se encuentran en el Anexo 1. El factor de corrección del equipo MERLIN utilizado fue de 1.2 y los valores promedio de IRI fueron de 3,44 m/km para el sentido Prosperina –Puerto Marítimo; en contraparte el IRI promedio para el sentido Puerto Marítimo – Prosperina fue de 3,69 m/km.

Analizando la tabla 6.1, en el sentido Prosperina –Puerto Marítimo los valores mínimo y máximo de IRI fueron de 2,48 y 5,54 m/km. Mientras que en el sentido Puerto Marítimo – Prosperina fueron de 2,5 y 5,96 m/km..

ABSCISAS	SENTIDO PROPERINA-PTO MARITIMO	SENTIDO PTO MARITIMO-PROSPERINA
0+100-0+500		3,11
0+600-1+000	5,54	
1+100-1+500		3,57
1+600-2+000	3,18	
2+100-2+500		2,78
2+600-3+000	3,14	
3+300-3+700		2,56
3+450-3+850	3	
4+100-4+500		5,96
4+300-4+700	3,98	
5+300-5+700		5,4
5+600-6+000	3,12	
6+100-6+500		2,5
6+600-7+000	2,48	
7+100-7+500		3,96
7+600-8+000	3,78	
8+100-8+500		3,98
8+600-9+000	3,36	
9+100-9+500		3,12
9+600-10+000	2,78	

Tabla 6.1 Resumen de valores de IRI obtenidos

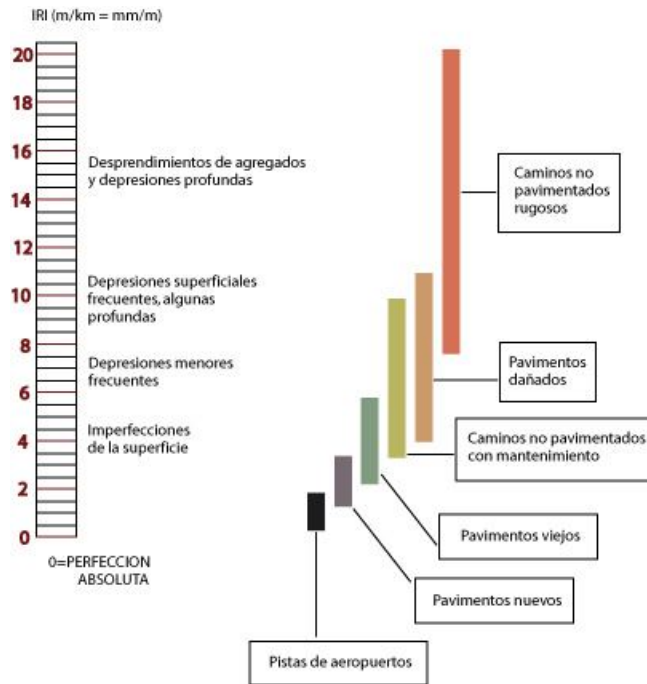


Figura 6.1 Escala del IRI. Tomado de:

<http://www.vialidad.ec/sites/default/files/archivos/tecnicos/gestionVialDescentralizada2/Evalvias/iri.html>

Tomando como referencia la figura 6.1 y con el valor del IRI promedio, la vía se encuentra catalogada como pavimentos viejos y con imperfecciones en la superficie. En una escala donde el 0 es representado como la perfección absoluta.

Empleando las ecuaciones de comparación entre el IRI y el PSI descritas en el capítulo 4, literal 4.1.4, propuestas por los investigadores Patterson, Al Omari y Darter, y Dujisin y Arroyo, los valores obtenidos de PSI son los expresados en la tabla 6.2.

		SENTIDO PROPERINA-PTO MARITIMO			SENTIDO PTO MARITIMO-PROSPERINA		
		IRI MAX	IRI PROM	IRI MIN	IRI MAX	IRI PROM	IRI MIN
		5,54	3,436	2,48	5,96	3,694	2,5
P	PATTERSON	1,83	2,68	3,19	1,69	2,55	3,17
S	AL OMARI Y DARTER	1,18	2,05	2,62	1,06	1,91	2,61
I	DUJISIN Y ARROYO	1,90	2,74	3,20	1,75	2,62	3,19

Tabla 6.2. Relación entre PSI e IRI.

Analizando los valores de la tabla 6.2, el PSI fluctúa entre 2 y 3, de acuerdo a los valores del IRI promedio del tramo estudiado. Cuando el pavimento de una vía posee valores entre 2 y 3 de PSI, se califica a ese pavimento como regular. La figura 4.2, en el capítulo 4, nos dice que estos pavimentos calificados como regulares pueden presentar problemas para altas velocidades y que pueden ocurrir defectos superficiales como ahuellamientos, grietas y parches.

De la figura 4.5 se observa que cuando un pavimento posee un PSI entre 2 y 3, ha transcurrido un 75% del tiempo de vida y que a partir de este punto, la pendiente de la curva es más pronunciada y que si no se le da un mantenimiento adecuado, decrece un 40% en el 12% de tiempo de vida. En consecuencia, un dólar de mantenimiento realizado ahora, costará entre cuatro y cinco dólares en un 12% de su vida.

6.2 Análisis del TPDA y ESALS

Se compararon los resultados del TPDA de la tabla 5.1, la cual aplicando la fórmula

$$VPD = \frac{TPDA * \text{Factor Carril} * \% \text{ Camiones}}{\# \text{ Semtidos}}$$

Se obtiene el número de vehículos pesados por día donde se utilizó un factor de carril de 0,6 y un porcentaje de camiones del 55%. El VPD obtenido fue de 21450. Sin embargo, para efectos de análisis se empleará el TPDA del conteo realizado.

La decisión de adoptar este TPDA es debido a que no se tienen más referencias acerca del conteo vehicular de la tabla 5.1. Además la estación de conteo estuvo localizada en la abscisa 9+000 que se encuentra dentro del tramo a analizar. El resultado obtenido fue de 7100 vehículos pesados por día.

En el Anexo 2 se encuentran los resultados obtenidos del conteo vehicular y así mismo el ESAL de 7 millones de pasadas de ejes sencillos. Para el cálculo del ESAL se consideró que el 70% de los camiones tenían el peso máximo permitido por el MOPT, mientras que un 30% tenían la mitad del peso máximo.

6.3 Análisis del PCI

En el anexo 3 se encuentra el resultado de PCI de cada uno de las unidades analizadas, así también las abscisas de cada unidad analizada, el resultado del PCI para cada sentido estudiado está dado por la ecuación:

$$PCI = \frac{\sum PCI \times A}{\sum A}$$

En el sentido Prosperina-Puerto Marítimo se inspeccionó una unidad más por lo tanto el valor del PCI de todo el tramo está dado por la siguiente ecuación:

$$PCI = \frac{PCIr(As - \sum Aa) + PCIa * \sum Aa}{As}$$

En el sentido Puerto Marítimo – Prosperina tenemos un valor de PCI de 43,1 reflejado en la tabla 6.3; siendo la más baja aquella ubicada en la unidad 11 con un valor de 10 de PCI. La más alta es aquella ubicada en la unidad 8 con un valor de 67 de PCI.

# UNIDAD	PCI	AREA
1	45	266
2	48	266
3	50	266
4	56	266
5	55	266
6	48	266
7	34	266
8	67	266
9	47	266
10	30	266
11	10	266
12	30	266
13	35	266
14	49	266
	PCI=	43,1

Tabla 6.3 Valores de PCI obtenidos sentido Pto. Marítimo-Prosperina

En el sentido Prosperina – Puerto Marítimo tenemos un valor de PCI de 51.07 reflejado en la tabla 6.4; siendo la más baja aquella ubicada en la unidad adicional ya que se consideró revisar esa unidad por la cantidad de fallas que se podían apreciar a simple vista, la cual tuvo un valor de 12 PCI.

La más alta es aquella ubicada en las unidades 14 y 13 con un valor de 64 de PCI. La unidad adicional no influyó mucho en el resultado del PCI total, debido a la gran cantidad de unidades analizadas.

# UNIDAD	PCI	AREA
1	58	266
2	49	266
3	55	266
4	36	266
5	35	266
6	49	266
7	39	266
8	57	266
9	43	266
10	56	266
11	62	266
12	53	266
13	64	266
14	64	266

PCIr= 51,43

PCla= 15

PCIs=	51,07
-------	-------

A1	12	266
----	----	-----

Tabla 6.4 Valores de PCI obtenidos sentido Prosperina - Pto. Marítimo

Las fallas grietas piel de cocodrilo, baches y parches, se las agruparon para el análisis. La forma que se originan dichas fallas comienza principalmente por la repetición de pasadas de los vehículos, la piel de cocodrilo es la primera en aparecer. Al pasar el tiempo esta falla progresa y se forman los huecos o baches, los cuales deben ser reparados con baches.

El conjunto de estas fallas originan daños estructurales importantes en el pavimento. Sin embargo, al realizar el análisis, el 3.5% (Pto. Marítimo- Prosperina) y el 1.2% (Prosperina - Pto. Marítimo) de total de la vía está afectada por este conjunto de fallas. Esto significa que el pavimento no posee daños estructurales importantes.

Las falla que más aparece a lo largo de la vía es el desnivel entre calzada y hombrillo, la cual se repara rellenando ese desnivel que falte para que queden a la misma altura.

La falla desprendimiento de agregados ocupa el segundo lugar, esta falla aparece en todas las unidades analizadas con un 36,38% (Pto. Marítimo-Prosperina) y un 31,63% (Prosperina - Pto. Marítimo) del total de la vía se encuentra afectado. Este desprendimiento puede ser causado por mala calidad de la mezcla presente o por la repetición de pasadas del tránsito.

La falla ahuellamiento ocupa un tercer lugar con un 13,04% (Pto. Marítimo-Prosperina) y un 9,77% (Prosperina - Pto. Marítimo) del carril se encuentra afectado por esta falla. Esta falla muchas veces suele aparecer por daños en las capas granulares o subrasante, pero este no es el caso debido a los valores de las deflexiones medidas por la viga benkelman.

Esta falla del ahuellamiento es originada por una mala mezcla asfáltica que no resiste la repetición de pasadas lo que produce en algunos tramos de la vía el hundimiento de la huella dejada por el camión pero a su vez un hinchamiento del borde del carril.

6.4 Análisis de deflexiones

Para poder emitir un correcto análisis de las deflexiones, se necesita conocer la estructura de pavimento existente en el tramo estudiado. Esto no se pudo conseguir a pesar de los varios intentos realizados; sin embargo, se tomó como referencia para los espesores de capas, los criterios y comentarios de ingenieros que trabajaron en la construcción o planificación de la vía perimetral.

El tramo a estudiar consta de dos tipos diferentes de subrasante iniciales, una zona manglar con suelos de compacidad baja, la cual fue rellenada con material con capacidad portante alta, y otra zona de formación rocosa con suelos de compacidad alta.

Se estima que se utilizaron 50 cm de espesor de las capas granulares, 30 cm para la subbase y 20 cm de para la base. A continuación se colocó una base asfáltica de 15 cm de espesor y encima de las cual se colocó 7 cm de carpeta asfáltica.

Desde su construcción inicial hasta nuestros días, en la vía perimetral se han colocado dos capas más de carpeta asfáltica de unos 7,5 cm de espesor cada una. Por lo que se puede concluir que el tramo estudiado tiene grandes espesores de las diferentes capas.

En el anexo 4 se encuentra el cálculo de las deflexiones del tramo estudiado. Se las dividió cada km de estudio en cada sentido. Para un mejor análisis de las deflexiones, se tomó en cuenta la deflexión máxima, el radio de curvatura y el área del cuenco de deflexiones.

Analizando el resultado del área del cuenco de la tabla 6.5, ésta varía desde 407,14 y 900, siendo el valor 900, el máximo posible en la ecuación del área del cuenco. Comparando con la figura 6.2, el 79% de las áreas del cuenco de deflexiones están catalogadas como “pavimentos con capas asfálticas gruesas”, lo cual concuerda con la referencia tomada de los espesores de las capas existentes. Tan solo el 21% está definido como “pavimentos con tratamiento superficiales”, lo cual puede ser por los diferentes parches que se encontraron en la inspección visual.

Con respecto al radio de curvatura y analizando la tabla 6.5, este varía desde 1454 y 11632 m, en algunos casos el valor del radio de curvatura es infinito, esto es debido a que las deformaciones son iguales entre el do y el d30. El valor más bajo del radio de curvatura es 1454, el cual sigue siendo alto, el radio es muy influenciado por la porción superior de la estructura. Por lo que se

puede concluir que el pavimento de la zona estudiada tiene una buena estructura.

Área >525	79		
Área <525	21		
Área prom	612,13	6951,93	Rc prom
Área may	900,00	11632,98	Rc mayor
Área Men	407,14	1454,12	Rc menor

Tabla 6.5 Resumen de valores de área y radio de curvatura

Estructura de pavimento	AREA, mm
Pavimentos con capas asfálticas gruesas (10 cm o más)	525 - 750
Pavimentos con capas asfálticas delgadas (<10 cm)	400 - 525
Pavimentos con tratamientos superficiales	375 - 425
Pavimentos débiles con tratamientos superficiales	300 - 375

Figura 6.2 Rango de Valores del parámetro área

Se utilizó el método del Instituto de Asfalto, mencionado en el capítulo anterior, para calcular la vida estimada antes de necesitar una sobrecapa, se asumió un 4% del crecimiento anual del tránsito y el número del factor de crecimiento se consideró el promedio de los factores de crecimientos correspondientes a cada km de vía.

En el sentido Puerto Marítimo-Prosperina se espera una vida promedio de 3,15 años antes de una sobrecapa, mientras que en el sentido Prosperina-Puerto Marítimo se espera una vida promedio de 7,07 años. Sin embargo, en ambos sentidos, hay tramos que necesitan la colocación de una carpeta asfáltica en menos de un año.

Se estima que el ESAL esperado sea de 35 millones, esto ocurriría en un período de 5 años aproximadamente. Con esta cantidad de pasadas se obtuvo una deflexión de diseño. En la tabla 6.6 se observan los diferentes espesores

requeridos de carpeta para cada tramo, dichos valores van desde 0 hasta 125mm.

Existen tramos que no necesitan refuerzo y que en los próximos 5 años van a resistir satisfactoriamente el tránsito vehicular. Sin embargo, existen otros tramos que no resistirán el tránsito vehicular, por tal motivo se proponen los espesores de la tabla 6.6

SENTIDO P.MARÍTIMO - PROSPERINA												
Abscisa	δ_{rrd} (mm)	q (kPa)	a (mm)	E2 (Mpa)	Carga (kN)	ESALproyecto	δ_d (req)	E1 (Mpa)	h1 (mm)	δ_d (esperado)	AREA	IRI
0+200 - 1+000	0,4511	552	152	279,00	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	655,00	3,11
1+200 - 2+000	0,3515	552	152	358,05	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,35	577,25	3,57
2+200 - 3+000	0,4448	552	152	282,95	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	732,98	2,78
3+200 - 4+000	0,5677	552	152	221,69	40,07	35.000.000	0,38	3.000	90	0,38	670,00	2,56
4+200 - 5+000	0,4248	552	152	296,27	40,07	35.000.000	0,38	3.000	45	0,38	590,67	5,96
5+200 - 6+000	0,3881	552	152	324,29	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,39	599,29	5,4
6+200 - 7+000	0,3778	552	152	333,13	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,38	519,57	2,5
7+200 - 8+000	0,4500	552	152	279,68	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	573,00	3,96
8+200 - 9+000	0,3770	552	152	333,84	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,38	570,00	3,98
9+200 - 10+000	0,7494	552	152	167,94	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,38	529,77	3,12
SENTIDO PROSPERINA - P. MARÍTIMO												
0+100 - 0+900	0,2394	552	152	525,71	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,24	657,50	5,54
1+100 - 1+900	0,4271	552	152	294,68	40,07	35.000.000	0,38	3.000	45	0,38	679,17	3,18
2+100 - 2+900	0,2875	552	152	437,76	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,29	589,00	3,14
3+100 - 3+900	0,7528	552	152	167,18	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,39	549,32	3
4+100 - 4+900	0,2771	552	152	454,19	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,28	554,00	3,98
5+100 - 5+900	0,7596	552	152	165,69	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,39	625,11	3,12
6+100 - 6+900	0,5684	552	152	221,42	40,07	35.000.000	0,38	3.000	90	0,38	599,88	2,48
7+100 - 7+900	0,6989	552	152	180,08	40,07	35.000.000	0,38	3.000	120	0,38	539,41	3,78
8+100 - 8+900	0,4864	552	152	258,75	40,07	35.000.000	0,38	3.000	70	0,38	646,78	3,36
9+100 - 9+900	0,3500	552	152	359,59	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,35	674,50	2,78

Tabla 6.6 Diseño de sobrecapas

Capítulo 7: Evaluación del pavimento

7.1 Evaluación Funcional

Los parámetros en los cuales se basó para analizar funcionalmente la vía fueron el IRI y el PCI. Dichos valores alteran las percepciones de los usuarios al transitar por una determinada vía.

El sentido Puerto Marítimo – Prosperina es el más afectado en los valores de IRI y PCI, debido al peso de los vehículos que circulan por este sentido, ya que al momento de salir del Puerto Marítimo, lo hacen con un peso cercano al límite permitido o superior. Está demostrado que vehículos con un pesaje mayor incrementa el daño ocurrido en el pavimento, debido a los factores de equivalencia que están en función del pesaje permitido.

El valor del IRI promedio en este sentido, es de 3,69, lo que significa que pavimento de la vía se encuentra en estado regular en función del IRI. Aplicando las ecuaciones de correlaciones entre IRI y PSI, el valor de 2,55 PSI obtenido de la ecuación propuesta por Patterson nos dice que el pavimento de la vía en función de su serviciabilidad se encuentra en un estado regular.

El PCI en este sentido es de 43,1 y según la escala estándar del PCI, el pavimento de este tramo de la vía Perimetral se encuentra en una condición pobre. La fallas predominantes son desnivel entre calzada y hombrillo y el desprendimiento de agregados.

En el sentido Prosperina-Puerto Marítimo, el pavimento de la vía Perimetral se encuentra en mejores condiciones que en el sentido Puerto Marítimo-

Prosperina; muy probablemente debido a que los camiones que arriban al Puerto Marítimo , su pesaje sea menor.

El valor del IRI promedio en este sentido, es de 3,44, lo que significa que pavimento de la vía se encuentra en estado regular en función del IRI. Aplicando las ecuaciones de correlaciones entre IRI y PSI, el valor de 2,68 PSI obtenido de la ecuación propuesta por Patterson nos dice que el pavimento de la vía en función de su serviciabilidad se encuentra en un estado regular.

El PCI en este sentido es de 51,07 y según la escala estándar del PCI, el pavimento de este tramo de la vía Perimetral se encuentra en una condición pobre. La fallas predominantes son desnivel entre calzada y hombrillo y el desprendimiento de agregados.

Es necesario realizar un mantenimiento en la vía porque el pavimento de la vía Perimetral se encuentra en un estado regular, y en caso de no realizarse, el deterioro del pavimento incrementaría significativamente en los próximos años y por lo tanto los costos serían mayores.

7.2 Evaluación Estructural

En ambos sentidos de la vía, el pavimento posee tramos en los cuales su estructura se encuentra en buenas condiciones y otros tramos en los cuales su estructura está en condiciones regulares.

Su área del cuenco de deflexiones en el 79% de la vía posee valores muy altos, lo que nos dice que la estructura es fuerte, esto se corrobora con las consultas sobre los espesores de las capas colocadas desde su construcción hasta nuestros días. Además a lo largo de toda la vía el radio de curvatura es alto y en muchas ocasiones infinito.

Según el método utilizado, el del Instituto del Asfalto, basado en las deflexiones, el pavimento de la vía Perimetral, tiene una vida en promedio de 3,15 años antes que sea necesario colocar una sobrecapa en el sentido Puerto Marítimo-Prosperina, mientras que en el sentido Prosperina-Puerto Marítimo, se espera una vida en promedio de 7,07 años. Sin embargo, en algunos tramos esta vida se encuentra en el límite, por tal motivo se necesitan colocar carpetas asfálticas delgadas de espesores entre 2 y 4 cm.

A pesar que en el análisis del PCI se observan ahuellamientos, estos no son por fallas estructurales, dichos ahuellamientos se producen debido a la mala elección de la mezcla asfáltica colocada, la cual no fue resistente a las cargas del tránsito y se produjo un ahuellamiento en la huella de la rueda de carga y un levantamiento a un costado de la misma. Lo cual se puede apreciar en las fotos del anexo correspondiente al PCI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tramo de la vía Perimetral estudiado, en la mayoría de sus secciones se encuentra en buenas condiciones estructurales, el pavimento tiene una vida de más de un año antes de que se necesite colocar una nueva sobrecapa. Durante los 25 años de servicio aproximadamente se han colocado dos sobrecapas.

La vía Perimetral posee el mayor número de vehículos que circulan sobre ella en la ciudad de Guayaquil, por tal motivo se deben realizar evaluaciones del pavimento periódicamente para conocer el estado del mismo.

Por el alto nivel de carga que se ha estimado para este tramo (7'000.000 de ejes equivalentes por año), si queremos asegurar períodos de vida que nos lleven 5 años adelante, necesitaremos espesores adicionales de carpeta entre 0 y 125 mm de espesor, conforme a la tabla 6.6.

La serviciabilidad del pavimento del tramo estudiado se encuentra en condiciones regulares y pobres por lo que se necesitan realizar mantenimientos que mejoren la serviciabilidad.

Es necesaria la realización de dichos mantenimientos en un plazo corto de tiempo debido a que el pavimento se encuentra en el límite de la pendiente crítica de la curva del ciclo de vida de un pavimento y en la cual los costos de mantenimiento se verían incrementados en un 400% en caso de no realizarse a tiempo dichos mantenimientos.

En los tramos donde se observen ahuellamientos a causa de la mala mezcla asfáltica, se recomienda realizar un fresado para retirar los abultamientos en los costados y luego colocar una buena mezcla asfáltica que resista las cargas del

tránsito. En tramos con ahuellamientos de nivel de severidad bajo, se recomienda no hacer nada con respecto al ahuellamiento, aunque la corrección del IRI nos llevaría a una capa delgada de carpeta asfáltica caliente, que solucionaría también cualquier problema de ahuellamiento. Esta carpeta tendrá que construirse con mezcla asfáltica diseñada para resistir ahuellamientos.

Se recomienda realizar relleno de hombrillo para ajustar el nivel de la vía, para que no exista ese desnivel entre calzada y hombrillo que muchas veces puede ser incómodo para los conductores que transitan por la vía, con esto se mejora el PCI. Este relleno puede ser del espesor del desnivel junto a la carpeta, y de un espesor menor en el extremo del hombrillo, de manera que se consuma menos mezcla asfáltica y resulte más económico el tratamiento.

Se deben realizar sellos y colocar parches, si sea necesario, en aquellos tramos donde se observen fallas del tipo de grietas de piel de cocodrilo y grietas longitudinales.

Todo hueco o bache debe ser reparado con parches, porque en caso de no realizarse, estos huecos se hacen más grande y puede ocasionar daños graves a la estructura del pavimento y luego su costo de reparación será mayor.

Se recomienda una carpeta asfáltica delgada de espesor entre 2 y 4cm a lo largo de todo el pavimento de la vía, con esto se mejora el IRI y la falla de desprendimiento de agregados. Si se quiere asegurar la capacidad estructural, los espesores serán superiores, conforme a la tabla 6.6, y donde el cálculo estructural solicite 0mm de espesor, se usarán entre 20 y 40mm.

Se recomienda utilizar mezclas asfálticas diseñadas para resistir las cargas de tránsito que soporta la vía Perimetral.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington D.C, United States
- Asphalt Institute (1983). “*Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation*”
Lexington, United States
- Bariani, L., Goretti, L., Pereira, J., Barbosa, J. (2006). *Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros* (3rd Ed.) Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA
- Castaño, F., Herrera, M., Gómez, J. y Reyes, F. (2009) “*Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D.C.*” (en línea). Universidad Javeriana, Colombia. Disponible en:
http://www.lanamme.ucr.ac.cr/riv/index.php?option=com_content&view=article&id=275&Itemid=317
- Corredo. G. y Corros M. (2008). “*Maestría en Vías Terrestres: Evaluación de Pavimentos*”. Universidad Nacional de Ingeniería
- De Solminihaç (2001). *Gestión de Infraestructura Vial* (2da Ed.) Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile

- Del Aguila, P. *Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos*. Manual del usuario MERLINER
<http://www.camineros.com/docs/cam011.pdf>

- Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes do Brasil. (2005). *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos* (2nd Ed.) Rio de Janeiro: Publicação IPR-720

- Haas, R., Hudson, W. y Zaniewski, J (1994). *“Modern Pavement Management”* . Krieger Press, Malamar, Florida.

- Hoffman, M. & Del Aguila, P. (1985) *“Estudios de evaluacion estructural de pavimentos basados en la interpretacion de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos)”* <http://www.camineros.com/docs/cam039.pdf>

- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall.

- Ksaibati, K. y Al Mahmood, S.(2002) “Utilizing the long term pavement performance database in evaluating the effectiveness of pavement smoothness” (en línea).
Disponible en: <http://www.mountain-plains.org/pubs/html/mpc-02-130/index.php>

- Montejo Fonseca, A. (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. (2nd Ed.) Santa fé de Bogotá: Universidad Católica de Colombia

- Morales, Pablo. (2008). *Construcción y conservación de vías* (2nd Ed.) Bogotá : E. Colombiana de Ingeniería

- Morales, A. (2012). *Repotenciación del poliducto Tres Bocas Pascuales*. Escuela Superior Politécnica del Litoral
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21257/1/REPOTENCIACION%20DEL%20POLIDUCTO%20TRES%20BOCAS%20PASCUALES.pdf>

- Nicholas J. Garber, Lester A. Hoel (2005). *Ingeniería de tránsito y de carreteras*. (3era Ed.) Mexico DF: Thomson

- Pavement Interactive (2006). “*Present Serviceability Index*” (en línea). Disponible en:
<http://www.pavementinteractive.org/article/present-serviceability-index/>

- Purdue University (2012). “Class on rigid pavement design and pavement management systems” (en línea). Disponible en:
https://engineering.purdue.edu/~ce361/LECTURE/Lrigid_pms.html

- Shahin, Mo Y. (2005). *Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots*. (2nd Ed.) New York : Springer

- Tadeu Balbo, J. “ *Gestao da manutenção de pavimentos e seus benefícios para a cidade de São Paulo*.” Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
<http://sites.poli.usp.br/ptr/lmp/download/palestra.PDF>

ANEXOS

ANEXO 1

CÁLCULO DEL IRI

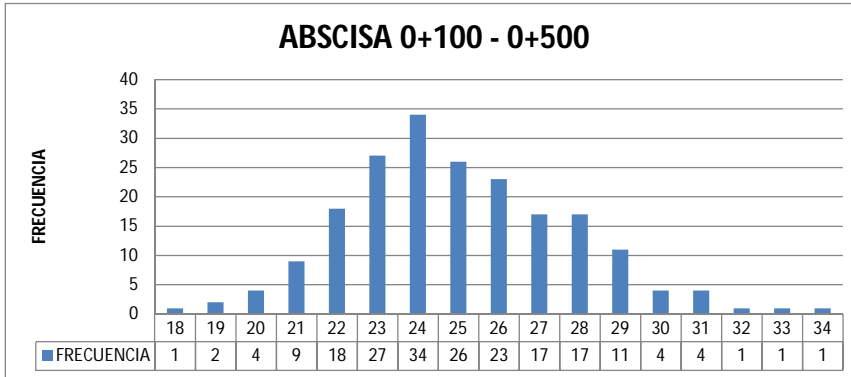
Ensayo 1

Abscisa: 0+100 - 0+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Repeticiones	1	2	4	9	18	27	34	26	23	17	17	11	4	4	1	1	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,67
 Extremo der 0,25
 Centro 8
 Rango 8,92 u
 D(mm): 44,58

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,2
 RB= 1

D corregido 53,50

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,11
--------------	------

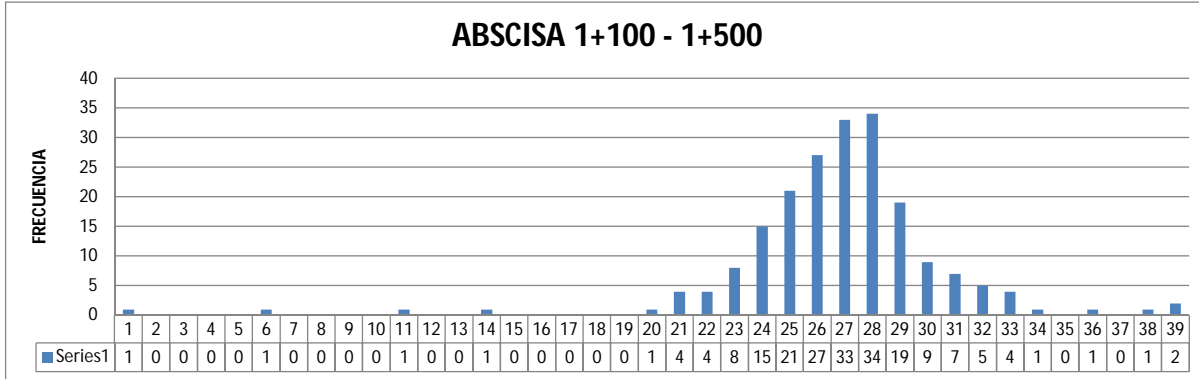
Ensayo 2

Abscisa: 1+100 - 1+500 Carril Derecho Sentido Puerto Marítimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Repeticiones	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	4	8	15	21
Punto	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39											
Repeticiones	27	33	34	19	9	7	5	4	1	0	1	0	1	2											



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,75
 Extremo der 0,80
 Centro 9
 Rango 10,55 u
 D(mm): 52,75

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 63,30

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,57

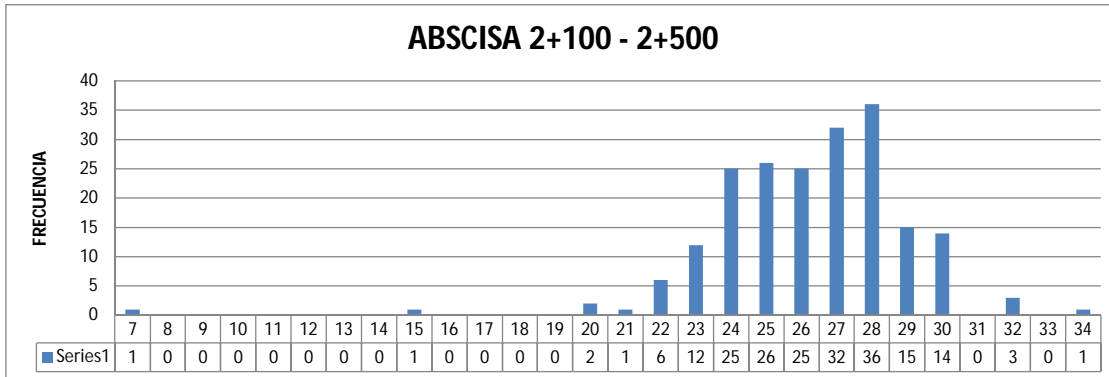
Ensayo 3

Abscisa: 2+100 - 2+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Repeticiones	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	6	12	25	26	25	32	36	15	14	0	
Punto	32	33	34																							
Repeticiones	3	0	1																							



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,17

Extremo der 0,57

Centro 7

Rango 7,74 u

D(mm): 38,69

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

EP : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

EP= 6

LI= 28

LF= 18

FC= 1,20

RB= 1

D corregido 46,43

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 2,78

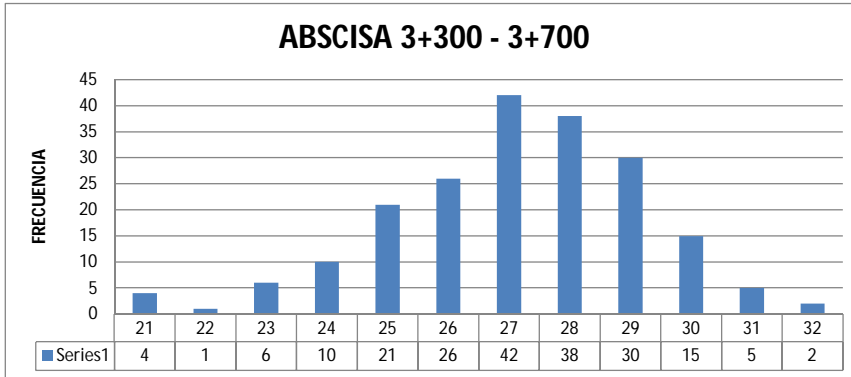
Ensayo 4

Abscisa: 3+300 - 3+700 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Repeticiones	4	1	6	10	21	26	42	38	30	15	5	2



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,17

Extremo der 0,80

Centro 6

Rango $\frac{6,97}{u}$

D(mm): 34,83

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

EP : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

EP= 6

LI= 28

LF= 18

FC= 1,20

RB= 1

D corregido 41,80

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	2,56
--------------	------

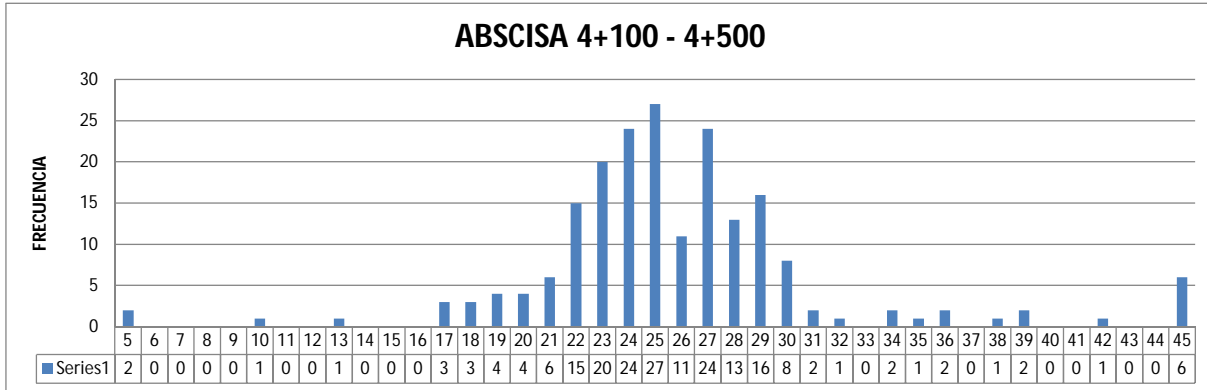
Ensayo 5

Abscisa: 4+100 - 4+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Repeticiones	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	3	4	4	6	15	20	24	27	11	24	13	16
Punto	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45									
Repeticiones	8	2	1	0	2	1	2	0	1	2	0	0	1	0	0	6									



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,00
 Extremo der 0,00
 Centro 19
 Rango 19,00 u
 D(mm): 95,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 114,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 5,96

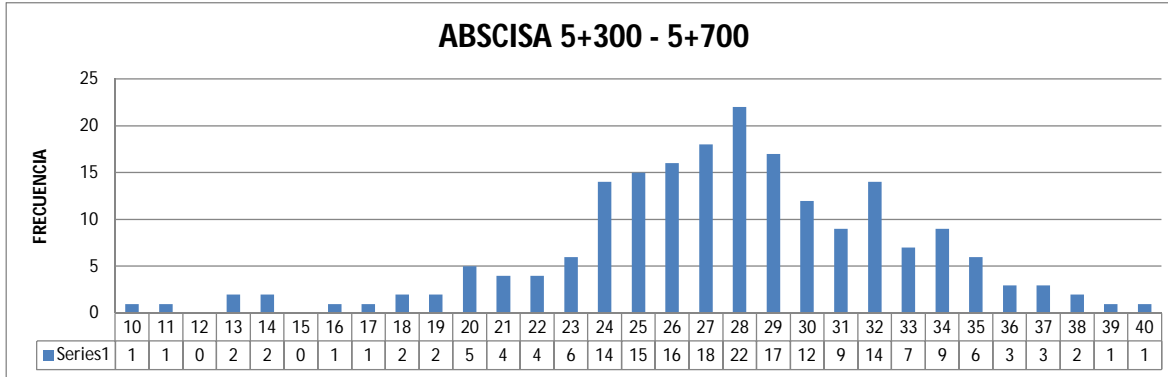
Ensayo 6

Abscisa: 5+300 - 5+700 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Repeticiones	1	1	0	2	2	0	1	1	2	2	5	4	4	6	14	15	16	18	22	17	12	9	14	7	9
Punto	35	36	37	38	39	40																			
Repeticiones	6	3	3	2	1	1																			



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,00
 Extremo der 0,00
 Centro 17
 Rango 17,00 u
 D(mm): 85,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 102,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 5,40

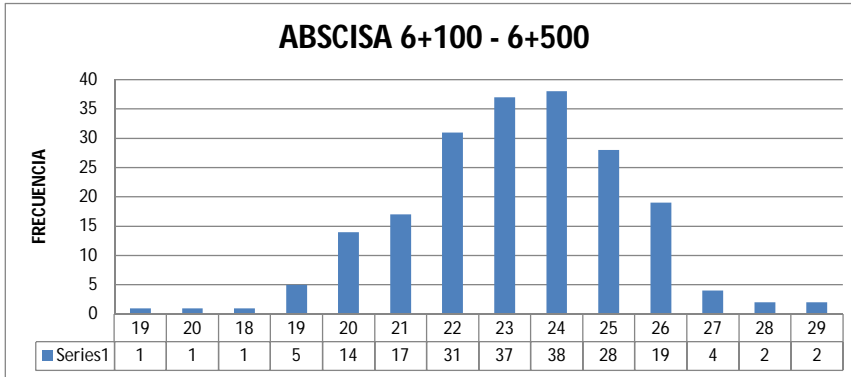
Ensayo 7

Abscisa: 6+100 - 6+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	19	20	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Repeticiones	1	1	1	5	14	17	31	37	38	28	19	4	2	2



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,86
 Extremo der 0,89
 Centro 5
 Rango 6,75 u
 D(mm): 33,76

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 40,51

De la expresión del IRI : IRI = 0.593 + 0.0471 D

IRI (m/km) =	2,50
--------------	------

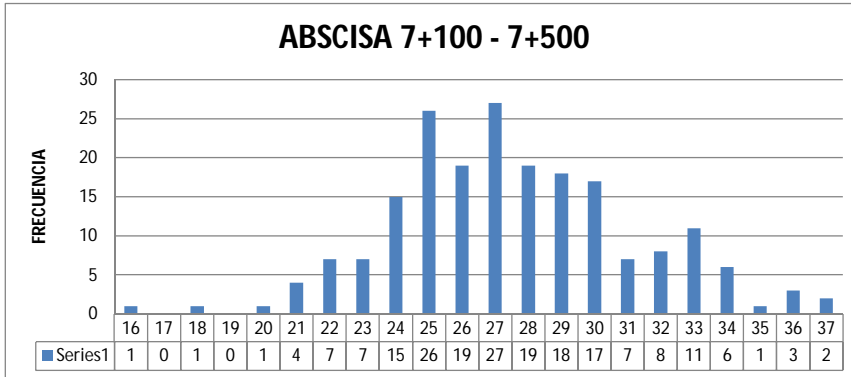
Ensayo 8

Abscisa: 7+100 - 7+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Repeticiones	1	0	1	0	1	4	7	7	15	26	19	27	19	18	17	7	8	11	6	1	3	2



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq	0,57
Extremo der	0,33
Centro	11
Rango	11,90 u
D(mm):	59,52

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP=	6
LI=	28
LF=	18
FC=	1,20
RB=	1

D corregido 71,43

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,96
--------------	------

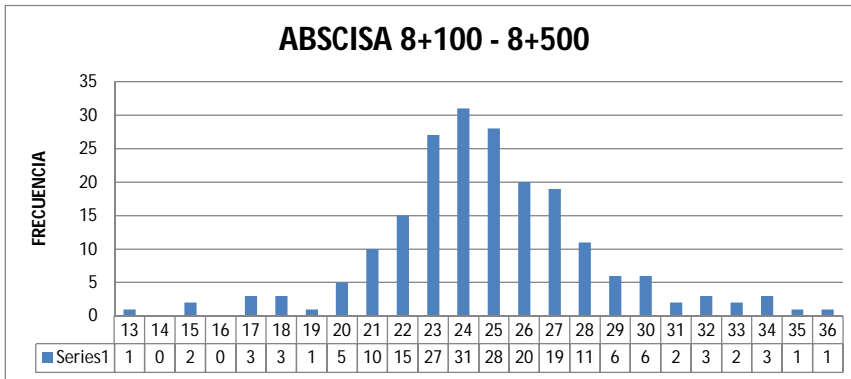
Ensayo 9

Abscisa: 8+100 - 8+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Repeticiones	1	0	2	0	3	3	1	5	10	15	27	31	28	20	19	11	6	6	2	3	2	3	1	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq	0,00
Extremo der	0,00
Centro	12
Rango	12,00 u
D(mm):	60,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP=	6
LI=	28
LF=	18
FC=	1,20
RB=	1

D corregido 72,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,98
--------------	------

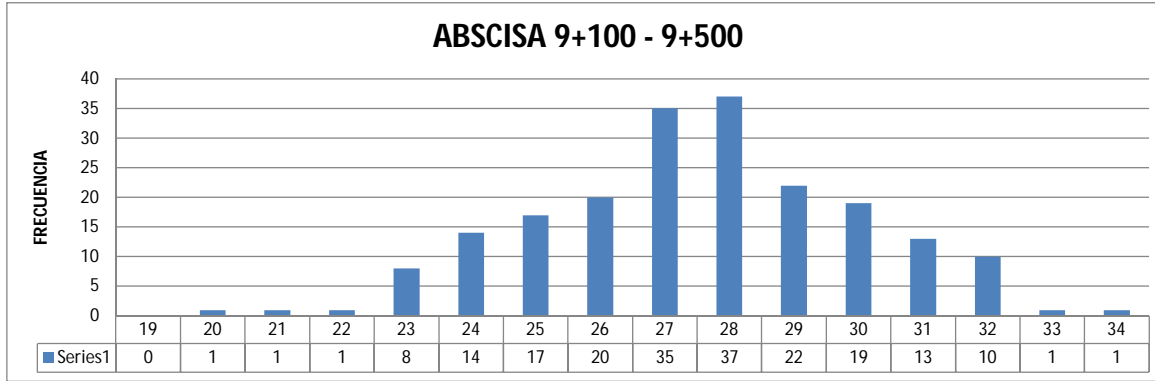
Ensayo 10

Abscisa: 9+100 - 9+500 Sentido Puerto Maritimo-Prosperina

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Repeticiones	0	1	1	1	8	14	17	20	35	37	22	19	13	10	1	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,13
 Extremo der 0,80
 Centro 8
 Rango $\frac{8,93}{u}$
 D(mm): 44,63

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 53,55

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,12
--------------	------

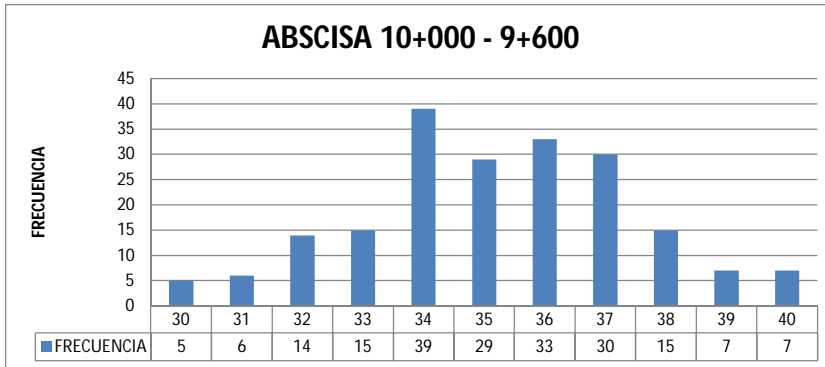
Ensayo 1

Abscisa: 10+000 - 9+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Repeticiones	5	6	14	15	39	29	33	30	15	7	7



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,17

Extremo der 0,57

Centro 7

Rango 7,74 u

D(mm): 38,69

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP= 6

LI= 28

LF= 18

FC= 1,2

RB= 1

D corregido 46,43

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	2,78
--------------	------

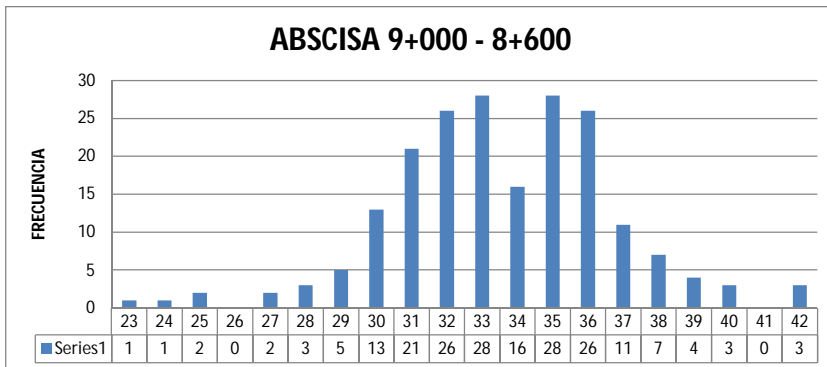
Ensayo 2

Abscisa: 9+000 - 8+600 Sentido Prosperina - Puerto Maritimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Repeticiones	1	1	2	0	2	3	5	13	21	26	28	16	28	26	11	7	4	3	0	3



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,80
 Extremo der 0,00
 Centro 9
 Rango 9,80 u
 D(mm): 49,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 58,80

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,36

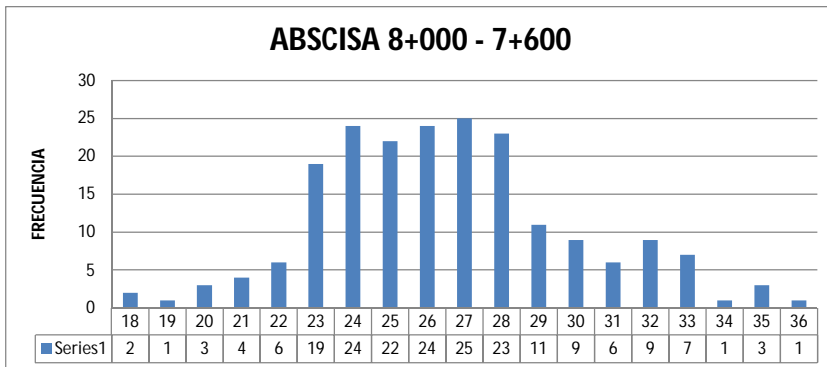
Ensayo 3

Abscisa: 8+000 - 7+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Repeticiones	2	1	3	4	6	19	24	22	24	25	23	11	9	6	9	7	1	3	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq	0,00
Extremo der	0,29
Centro	11
Rango	11,29 u
D(mm):	56,43

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP=	6
LI=	28
LF=	18
FC=	1,20
RB=	1

D corregido 67,71

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,78
--------------	------

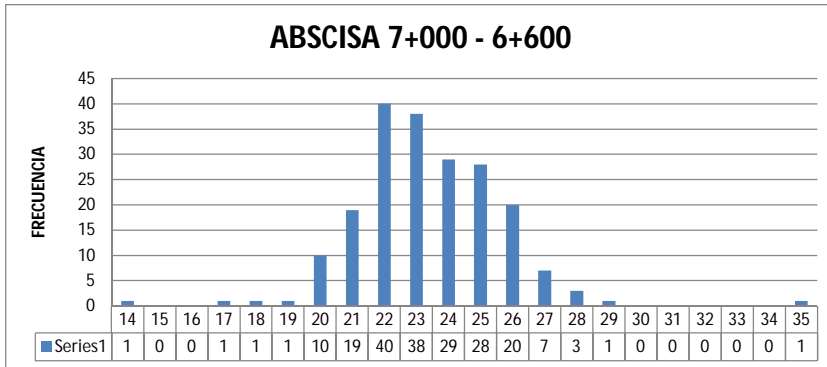
Ensayo 4

Abscisa: 7+000 - 6+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Repeticiones	1	0	0	1	1	1	10	19	40	38	29	28	20	7	3	1	0	0	0	0	0	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,40
 Extremo der 0,29
 Centro 6
 Rango 6,69 u
 D(mm): 33,43

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 40,11

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 2,48

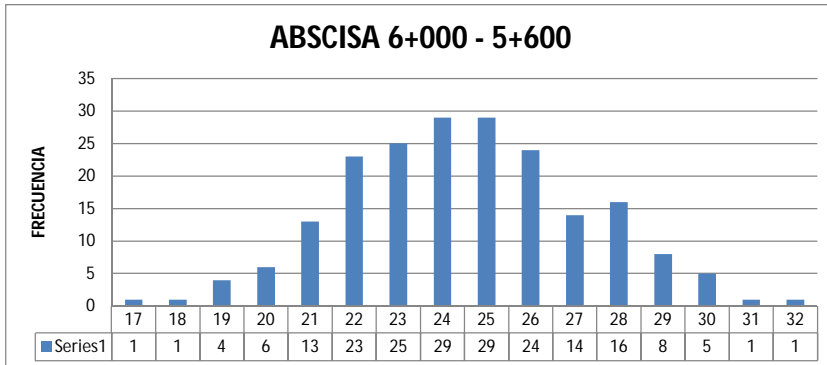
Ensayo 5

Abscisa: 6+000 - 5+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Repeticiones	1	1	4	6	13	23	25	29	29	24	14	16	8	5	1	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,33
 Extremo der 0,63
 Centro 8
 Rango 8,96 u
 D(mm): 44,79

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 53,75

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,12

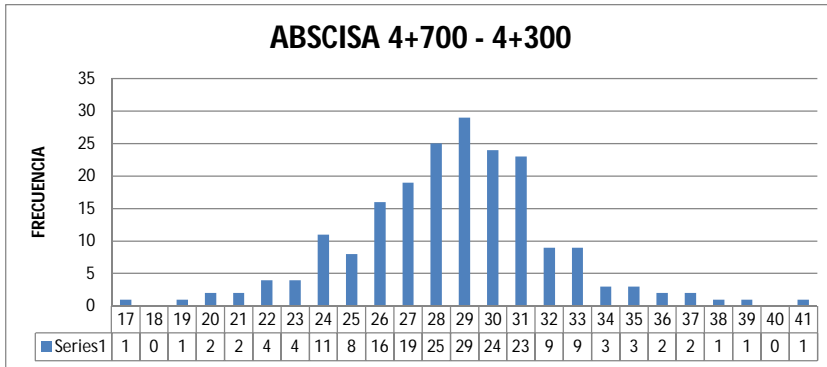
Ensayo 6

Abscisa: 4+700 - 4+300 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Repeticiones	1	0	1	2	2	4	4	11	8	16	19	25	29	24	23	9	9	3	3	2	2	1	1	0	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq	0,00
Extremo der	0,00
Centro	12
Rango	12,00 u
D(mm):	60,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP=	6
LI=	28
LF=	18
FC=	1,20
RB=	1

D corregido 72,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) =	3,98
--------------	------

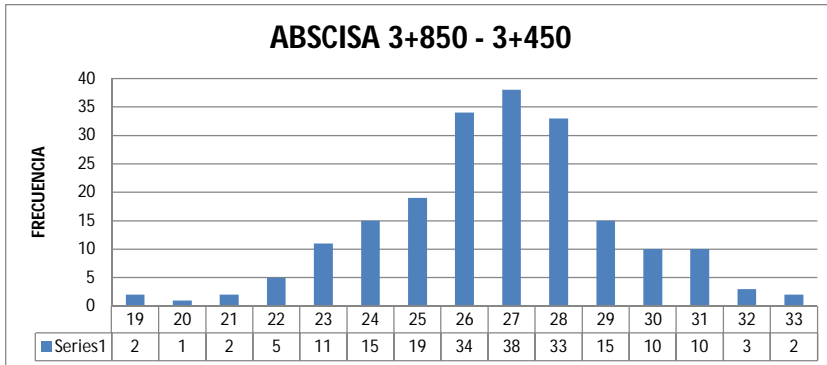
Ensayo 7

Abscisa: 3+850 - 3+450 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Repeticiones	2	1	2	5	11	15	19	34	38	33	15	10	10	3	2



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,00
 Extremo der 0,50
 Centro 8
 Rango 8,50 u
 D(mm): 42,50

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,

- EP : Espesor de la pastilla
- LI : Posición inicial del puntero
- LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 51,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,00

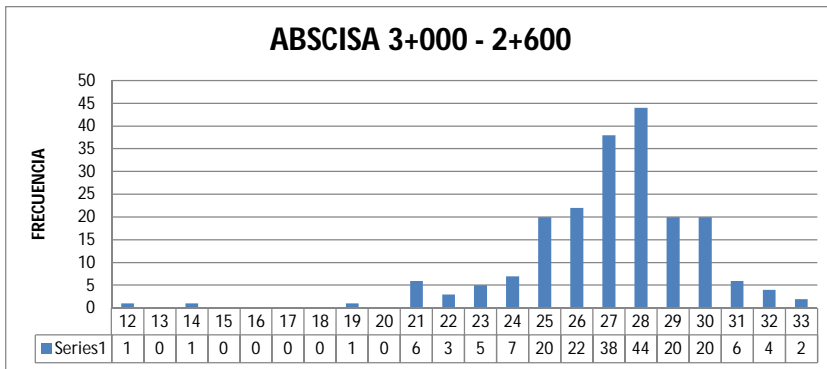
Ensayo 8

Abscisa: 3+000 - 2+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Repeticiones	1	0	1	0	0	0	0	1	0	6	3	5	7	20	22	38	44	20	20	6	4	2



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,67
 Extremo der 0,33
 Centro 8
 Rango 9,00 u
 D(mm): 45,00

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 54,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,14

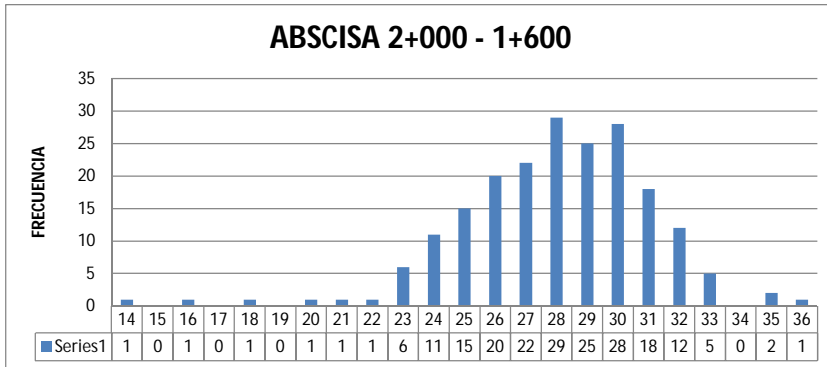
Ensayo 9

Abscisa: 2+000 - 1+600 Sentido Prosperina - Puerto Marítimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Repeticiones	1	0	1	0	1	0	1	1	1	6	11	15	20	22	29	25	28	18	12	5	0	2	1



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,33
 Extremo der 0,83
 Centro 8
 Rango 9,17 u
 D(mm): 45,83

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 55,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 3,18

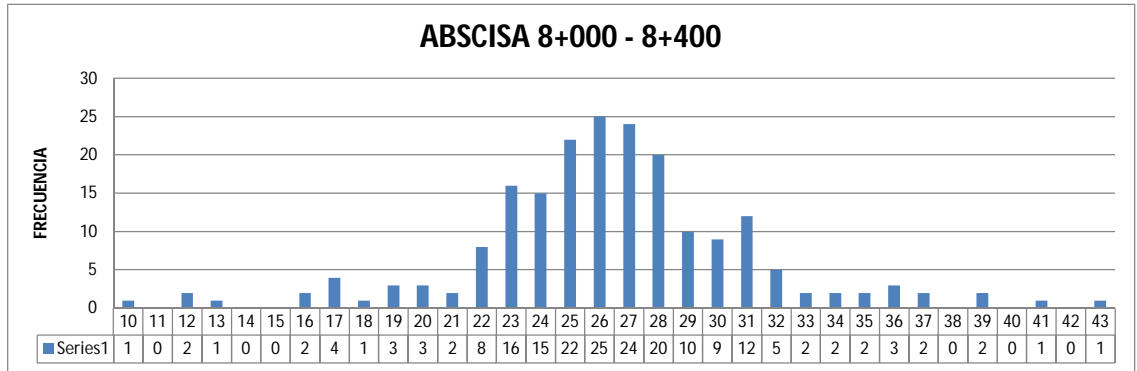
Ensayo 10

Abscisa: 1+000 - 0+600 Sentido Prosperina - Puerto Maritimo

Punto Calibrador: 18

Espaciado de cuadro (mm): 5

Punto	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Repeticiones	1	0	2	1	0	0	2	4	1	3	3	2	8	16	15	22	25	24	20	10	9	12	5	2	2
Punto	35	36	37	38	39	40	41	42	43																
Repeticiones	2	3	2	0	2	0	1	0	1																



Se descarta el 5% de los extremos (10 lecturas)

Extremo izq 0,00
 Extremo der 0,50
 Centro 17
 Rango 17,50 u
 D(mm): 87,50

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

donde,
 EP : Espesor de la pastilla
 LI : Posición inicial del puntero
 LF : Posición final del puntero

EP= 6
 LI= 28
 LF= 18
 FC= 1,20
 RB= 1

D corregido 105,00

De la expresión del IRI : $IRI = 0.593 + 0.0471 D$

IRI (m/km) = 5,54

TABLA DE RESUMEN DE IRI OBTENIDOS

ABSCISAS	SENTIDO PROPERINA-PTO MARITIMO	SENTIDO PTO MARITIMO-PROSPERINA
0+100-0+500		3,11
0+600-1+000	5,54	
1+100-1+500		3,57
1+600-2+000	3,18	
2+100-2+500		2,78
2+600-3+000	3,14	
3+300-3+700		2,56
3+450-3+850	3	
4+100-4+500		5,96
4+300-4+700	3,98	
5+300-5+700		5,4
5+600-6+000	3,12	
6+100-6+500		2,5
6+600-7+000	2,48	
7+100-7+500		3,96
7+600-8+000	3,78	
8+100-8+500		3,98
8+600-9+000	3,36	
9+100-9+500		3,12
9+600-10+000	2,78	
IRI PROM	3,436	3,694
IRI MIN	2,48	2,5
IRI MAX	5,54	5,96

CORRELACIONES VALORES DE IRI CON PSI

		SENTIDO PROPERINA-PTO MARITIMO			SENTIDO PTO MARITIMO-PROSPERINA		
		IRI MAX	IRI PROM	IRI MIN	IRI MAX	IRI PROM	IRI MIN
		5,54	3,44	2,48	5,96	3,694	2,5
P	PATTERSON	1,83	2,68	3,19	1,69	2,55	3,17
S	AL OMARI Y DARTER	1,18	2,05	2,62	1,06	1,91	2,61
I	DUJISIN Y ARROYO	1,90	2,74	3,20	1,75	2,62	3,19

ANEXO 2

CÁLCULO TPDA Y ESALS

PROYECTO : Estudio Tránsito Vía Perimetral
SENTIDO : Puerto Marítimo - Desvío Prosperina
UBICACIÓN : Abscisa 9+000
FECHA : 3-feb al 7-feb

CONTEO VEHICULAR

Tipo de Vehículo		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	TOTAL
A ₂	Autos	0	0	0	0	0	0
A' ₂	Camionetas y Camiones ligeros	0	0	0	0	0	0
B ₂	Buses 2 ejes	2556	2642	2331	2670	2438	12637
B ₃	Buses 3 ejes	0	0	0	0	0	0
C ₂	Camiones de 2 ejes	2978	3735	3355	3512	3428	17008
C ₃	Camiones de 3 ejes	1710	1845	2055	1895	1987	9492
T ₂ -S ₂	Tractores con Semiremolque de 2 ejes	402	496	650	583	570	2701
T ₂ -S ₃	Tractores con Semiremolque de 3 ejes	1665	1825	1520	1728	1577	8315
T ₃ -S ₂	Tractores con Semiremolque de 2 ejes	415	483	634	588	428	2548
T ₃ -S ₃	Tractores con Semiremolque de 3 ejes	1310	1420	1121	1267	1348	6466
							59167

Tipo de Vehículo		TOTAL	%
A ₂	Autos	0	0,0
A' ₂	Camionetas y Camiones ligeros	0	0,0
B ₂	Buses 2 ejes	12637	21,4
B ₃	Buses 3 ejes	0	0,0
C ₂	Camiones de 2 ejes	17008	28,7
C ₃	Camiones de 3 ejes	9492	16,0
T ₂ -S ₂	Tractores con Semiremolque de 2 ejes	2701	4,6
T ₂ -S ₃	Tractores con Semiremolque de 3 ejes	8315	14,1
T ₃ -S ₂	Tractores con Semiremolque de 2 ejes	2548	4,3
T ₃ -S ₃	Tractores con Semiremolque de 3 ejes	6466	10,9
		59167	100,0

PROYECTO : Estudio Tránsito Vía Perimetral
CARRIL : Puerto Marítimo - Desvío Prosperina
UBICACIÓN : Abscisa 9+000
FECHA : 3-feb al 7-feb

CÁLCULO DEL TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

TPDS = Transito promedio diario semanal (5 días)= 11833 veh./dia
TDi = Volumen de tránsito diario

	TDi	TPDS	TDi - TPDS	(TDi - TPDS)²
Lunes	11036	11833	-797	635209
Martes	12446	11833	613	375769
Miércoles	11666	11833	-167	27889
Jueves	12243	11833	410	168100
Viernes	11776	11833	-57	3249

$$\Sigma(\text{TDi} - \text{TPDS})^2 = 1210216$$

Desviación estándar muestral

$$S = \sqrt{\Sigma(\text{TDi} - \text{TPDS})^2 / (n-1)}$$

$$S = 550,05 \quad \text{vehiculos mixtos / dia}$$

Desviación estándar de la población estimada

$$g = \frac{S}{\sqrt{n \cdot \left[\frac{N-n}{N-1} \right]}}$$

N = 365 dias
 n = 5 dias

$$g = 246,67 \quad \text{vehiculos mixtos / dia}$$

Intervalos del TPDA

Confiabilidad: 85%

$$k = 1,36$$

$$A = k * g$$

$$A = 335,47$$

$$\text{TPDA} = \text{TPDS} \pm A$$

$$\text{TPDA}_{\text{max}} = 12168,5 \quad \text{veh./dia}$$

$$\text{TPDA}_{\text{min}} = 11497,5 \quad \text{veh./dia}$$

$$\text{TPDA} = 11833,0 \quad \text{veh./dia}$$

Cuadro 10. TPDA red principal de Guayaquil

Tipo de vía	Vía	TPDA	Sentidos	No. Carriles	Veh/carril/día
ML	Vía Perimetral	130.000	2	6	21.667
AS	Avda. Quito	52.367	1	7	7.481
AS	Domingo Comín	56.668	2	4	14.167
S	Avda. Antepara	38.390	1	3	12.797
S	Portete	33.997	2	6	5.666
S	Gómez Rendón	17.829	1	2	8.915
S	Cuenca	13.229	1	2	6.615
AS	Avda. Barcelona	56.955	2	6	9.493
ML	Vía a la Costa	68.483	2	4	17.121
AS-ML	Avda. Carlos Julio Arosemena	54.515	2	6	9.086
ML	Avda. J Roldós Aguilera	99.363	2	8	12.420
ML	Vía Perimetral	91.600	2	6	15.267
AS	Avda. Juan Tanca Marengo	128.723	2	10	12.872
AS	Vía Daule	58.675	2	10	5.868
AS	Avda. Francisco de Orellana	111.881	2	10	11.188
ML	Autopista Terminal Terrestre Pascuales	62.826	2	10	6.283
ML	Avda. Pedro Menéndez Gilbert	128.058	2	10	12.806
ML	Puente de la Unidad Nacional	121.000	2	10	12.100
AS	Avda. Plaza Dañin	83.401	2	6	13.900

Simbología: ML = Multi lane flujo continuo

AS = Arteria semaforizada (flujo discontinuo)

S = Vía Semaforizada coleccionera (flujo discontinuo)

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guayaquil.-Estudio de movilidad de Guayaquil (2013).

Vehiculos Pesados por dia= TPDA * Factor Carril * %Camiones / # Sentidos

VPD= 21450

PROYECTO : Estudio Tránsito Vía Perimetral
CARRIL : Puerto Marítimo - Desvío Prosperina
UBICACIÓN : Abscisa 9+000
FECHA : 3-feb al 7-feb

CALCULO DEL ESALS

Tipo de Vehículo	TOTAL SEMANAL	%	Tráfico Diario Promedio	Tráfico Promedio Anual	Factor Equivalente de ejes		ESAL Anual
					Peso Máx	Peso Medio	
A ₂ Autos	0	0,0	0	0	0,0006	0,0002	0
A' ₂ Camionetas y Camiones ligeros	0	0,0	0	0	0,080	0,001	0
B ₂ Buses 2 ejes	12637	21,4	1516	553.413	3,530	0,206	1.401.684
B ₃ Buses 3 ejes	0	0,0	0	0	3,760	0,090	0
C ₂ Camiones de 2 ejes	17008	28,7	2041	745.038	3,530	0,206	1.887.032
C ₃ Camiones de 3 ejes	9492	16,0	1139	415.662	2,580	0,171	772.009
T ₂ -S ₂ Tractores con Semiremolque de 2 ejes	2701	4,6	324	118.260	5,610	0,482	481.507
T ₂ -S ₃ Tractores con Semiremolque de 3 ejes	8315	14,1	998	364.197	5,190	0,418	1.368.798
T ₃ -S ₂ Tractores con Semiremolque de 2 ejes	2548	4,3	306	111.690	4,660	0,380	377.065
T ₃ -S ₃ Tractores con Semiremolque de 3 ejes	6466	10,9	776	283.167	4,240	0,267	863.121
Tráfico Total Promedio Diario (en carril derecho) :			7100			ESA TOTAL:	7.151.218

ANEXO 3

CÁLCULO DEL PCI

DETERMINAR NUMERO DE UNIDADES A ANALIZAR

Para asfaltos el área de cada sample unit

2500+- 1000 ft ²	Area max	325,16 m ²
	Area min	139,35 m ²

Longitud vía	10000 m
ancho vía	3,8 m
Total area	38000 m ²

Para obtener una sample unit

ancho sample	3,8 m
--------------	-------

largo sample	70 m	area 2	266 m ²
--------------	------	--------	--------------------

Por tal motivo, número total de sample units

N=	143
----	-----

$$n = \frac{N \times s^2}{(e^2/4)(N - 1) + s^2}$$

N= numero total de sample units

e= error admisible estimado

s= desviación estandar del PCI

Para asfaltos desviación estandar 10 yPCI rango 25

e= 5

s= 10

n2=	14
-----	----

Intervalo 2	10
-------------	----

# Samples U	Encuestas Pto-Pros	Abs Inicial	Abs Final	Encuestas Pros-Pto
1		0+000	0+070	
2	1	0+070	0+140	
3		0+140	0+210	
4		0+210	0+280	
5		0+280	0+350	
6		0+350	0+420	
7		0+420	0+490	
8		0+490	0+560	
9		0+560	0+630	
10		0+630	0+700	
11		0+700	0+770	14
12	2	0+770	0+840	
13		0+840	0+910	
14		0+910	0+980	
15		0+980	1+050	
16		1+050	1+120	
17		1+120	1+190	
18		1+190	1+260	
19		1+260	1+330	
20		1+330	1+400	
21		1+400	1+470	13
22	3	1+470	1+540	
23		1+540	1+610	
24		1+610	1+680	
25		1+680	1+750	
26		1+750	1+820	
27		1+820	1+890	
28		1+890	1+960	
29		1+960	2+030	
30		2+030	2+100	
31		2+100	2+170	12
32	4	2+170	2+240	
33		2+240	2+310	
34		2+310	2+380	
35		2+380	2+450	
36		2+450	2+520	
37		2+520	2+590	
38		2+590	2+660	
39		2+660	2+730	
40		2+730	2+800	
41		2+800	2+870	11
42	5	2+870	2+940	
43		2+940	3+010	
44		3+010	3+080	
45		3+080	3+150	
46		3+150	3+220	
47		3+220	3+290	
48		3+290	3+360	
49		3+360	3+430	

# Samples U	Encuestas Pto-Pros	Abs Inicial	Abs Final	Encuestas Pros-Pto
50		3+430	3+500	
51		3+500	3+570	10
52		3+570	3+640	
53	6	3+640	3+710	
54		3+710	3+780	
55		3+780	3+850	
56		3+850	3+920	
57		3+920	3+990	
58		3+990	4+060	
59		4+060	4+130	
60		4+130	4+200	
61		4+200	4+270	9
62		4+270	4+340	
63	7	4+340	4+410	
64		4+410	4+480	
65		4+480	4+550	
66		4+550	4+620	
67		4+620	4+690	
68		4+690	4+760	
69		4+760	4+830	8
70		4+830	4+900	
71		4+900	4+970	
72		4+970	5+040	
73		5+040	5+110	
74		5+110	5+180	
75		5+180	5+250	
76		5+250	5+320	
77		5+320	5+390	
78		5+390	5+460	
79		5+460	5+530	
80		5+530	5+600	
81	8	5+600	5+670	
82		5+670	5+740	7
83		5+740	5+810	
84		5+810	5+880	
85		5+880	5+950	
86		5+950	6+020	
87		6+020	6+090	
88		6+090	6+160	
89		6+160	6+230	
90	9	6+230	6+300	
91		6+300	6+370	6
92		6+370	6+440	
93		6+440	6+510	
94		6+510	6+580	
95		6+580	6+650	
96		6+650	6+720	
97		6+720	6+790	
98		6+790	6+860	

# Samples U	Encuestas Pto-Pros	Abs Inicial	Abs Final	Encuestas Pros-Pto
99		6+860	6+930	
100	10	6+930	7+000	
101		7+000	7+070	
102		7+070	7+140	5
103		7+140	7+210	
104		7+210	7+280	
105		7+280	7+350	
106		7+350	7+420	
107		7+420	7+490	
108		7+490	7+560	
109		7+560	7+630	
110		7+630	7+700	
111	11	7+700	7+770	
112		7+770	7+840	4
113		7+840	7+910	
114		7+910	7+980	
115		7+980	8+050	
116		8+050	8+120	
117		8+120	8+190	
118		8+190	8+260	
119		8+260	8+330	
120		8+330	8+400	3
121	12	8+400	8+470	
122		8+470	8+540	
123		8+540	8+610	
124		8+610	8+680	
125		8+680	8+750	
126		8+750	8+820	
127		8+820	8+890	
128		8+890	8+960	
129		8+960	9+030	
130		9+030	9+100	
131	13	9+100	9+170	
132		9+170	9+240	2
133		9+240	9+310	
134		9+310	9+380	
135		9+380	9+450	
136		9+450	9+520	
137		9+520	9+590	15
138		9+590	9+660	
139		9+660	9+730	
140		9+730	9+800	
141	14	9+800	9+870	
142		9+870	9+940	1
143		9+940	10+010	

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 1		Área Unidad (m2): 266			
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Fecha: 13/02/2014			
Realizado por: Carlos Grau									
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento					
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento					
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración					
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE	
9L	70					70	26,32%	11	
15L	16,8	6,5	26,4			49,7	18,68%	33	
11L	0,0165	0,05	0,012			0,0785	0,03%	0	
13L	1	1	1	1			4	1,50%	25
19M	22,5	11,2	20,16			53,86	20,25%	26	
19L	19,89	30,6	11,07	30,6	12,96	105,12	39,52%	11	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,15$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	33	26	25	11	11	106	5	54
2	33	26	25	11	2	97	4	55
3	33	26	25	2	2	88	3	55
4	33	26	2	2	2	65	2	46
5	33	2	2	2	2	41	1	41

PCI= 45

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #1



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD BAJA)



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 2		Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Área Unidad (m2): 266		Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014	
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje								
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento									
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento									
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración									
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE				
9L	70						70	26,32%	11				
13L	1	1					2	0,75%	18				
13M	1						1	0,38%	17				
15L	6,5	10,8					17,3	6,50%	22				
10L	0,17	0,2	0,1	3	5		8,47	3,18%	3				
19M	30,6	6,64	12,88	20,16	9,36		79,64	29,94%	29				
19L	16,28	22,12	18,62	11,8			68,82	25,87%	9				

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,52$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	29	22	18	17	11	9	3	109	7	51
2	29	22	18	17	11	9	2	108	6	51
3	29	22	18	17	11	2	2	101	5	52
4	29	22	18	17	2	2	2	92	4	52
5	29	22	18	2	2	2	2	77	3	48
6	29	22	2	2	2	2	2	61	2	45
7	29	2	2	2	2	2	2	41	1	41

$$PCI= 48$$

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #2



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 3			
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina			
				Realizado por: Carlos Grau			
				Área Unidad (m2): 266			
				Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento		8.Grietas Reflexión Juntas			
1. Piel de Cocodrilo		5. Corrugaciones		12.Agregados Pulidos			
2.Exudación Asfalto		6.Depresiones		13.Huecos			
3.Grietas Contracción		7.Grietas de Borde		14.Cruce de rieles			
				15.Ahuellamiento			
				16.Deformación por empuje			
				17.Grietas Deslizamiento			
				18.Hinchamiento			
				19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9L	70				70	26,32%	11
13M	1	1			2	0,75%	27
15L	12,24	17,1			29,34	11,03%	28
2L	0,42	0,3	0,15		0,87	0,33%	0
19M	11,55	6,08	15,12		32,75	12,31%	19
19L	18,96	17,835	16,06	28,44	81,295	30,56%	10

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,61$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	28	27	19	11	10	95	5	47
2	28	27	19	11	2	87	4	50
3	28	27	19	2	2	78	3	49
4	28	27	2	2	2	61	2	43
5	28	2	2	2	2	36	1	36

PCI= 50

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #3



BACHES (SEVERIDAD MEDIA)



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 4		Área Unidad (m2): 266		
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Fecha: 13/02/2014		
Realizado por: Carlos Grau								
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9L	70					70	26,32%	11
2L	1,2	0,45	0,18			1,83	0,69%	0
15L	10,56	10,4	9,84			30,8	11,58%	30
10M	2,2	16,4	3,5			22,1	8,31%	7
19M	14,75	11,178	17,94			43,868	16,49%	24
19L	14,8	23,68	17,745	17,38	11,68	85,285	32,06%	11

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,43$$

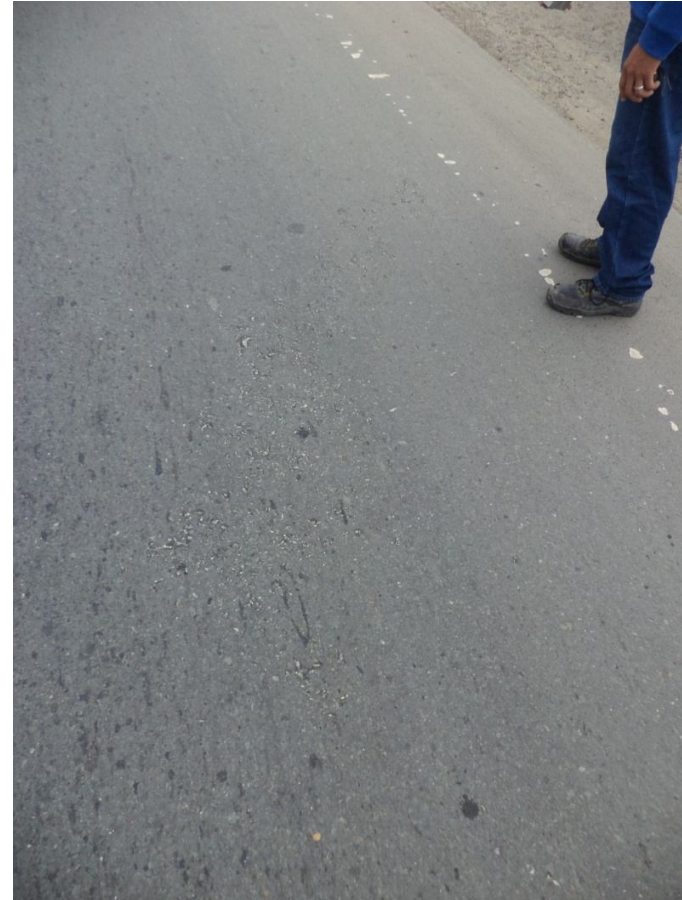
#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	30	24	11	11	7	83	5	42
2	30	24	11	11	2	78	4	43
3	30	24	11	2	2	69	3	43
4	30	24	2	2	2	60	2	44
5	30	2	2	2	2	38	1	38

PCI= 56

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #4



GRIETA LONGITUDINAL (SEVERIDAD MEDIA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 5		Área Unidad (m2): 266				
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Fecha: 13/02/2014				
Realizado por: Carlos Grau										
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje					
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento						
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento						
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración						
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE		
9L	70					70	26,32%	11		
2L	0,9					0,9	0,34%	0		
15L	6,56	9,09	11,16	15,73		42,54	15,99%	31		
13L	1	1						2	0,75%	18
19M	13,5	11,18				24,678	9,28%	18		
19L	18,96	19,6	17,135	20,16	14,04	89,895	33,80%	11		

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,34$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	31	18	18	11	11	89	5	45
2	31	18	18	11	2	80	4	44
3	31	18	18	2	2	71	3	44
4	31	18	2	2	2	55	2	40
5	31	2	2	2	2	39	1	39

PCI= 55

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #5



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)	# Unidad:	6
				Sentido	Pto Maritimo - Desvio Prosperina	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70				70	26,32%	17
2L	0,25	0,0825			0,3325	0,13%	0
15L	9,76	13,59			23,35	8,78%	25
10M	2,3	0,8	0,35	1,2	4,65	1,75%	5
13M	1				1	0,38%	17
13L	1	1			2	0,75%	18
19M	10,12	7,58	8,99		26,686	10,03%	19
19L	14,8	14,52	13,09	15,36	57,77	21,72%	8

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,89$$

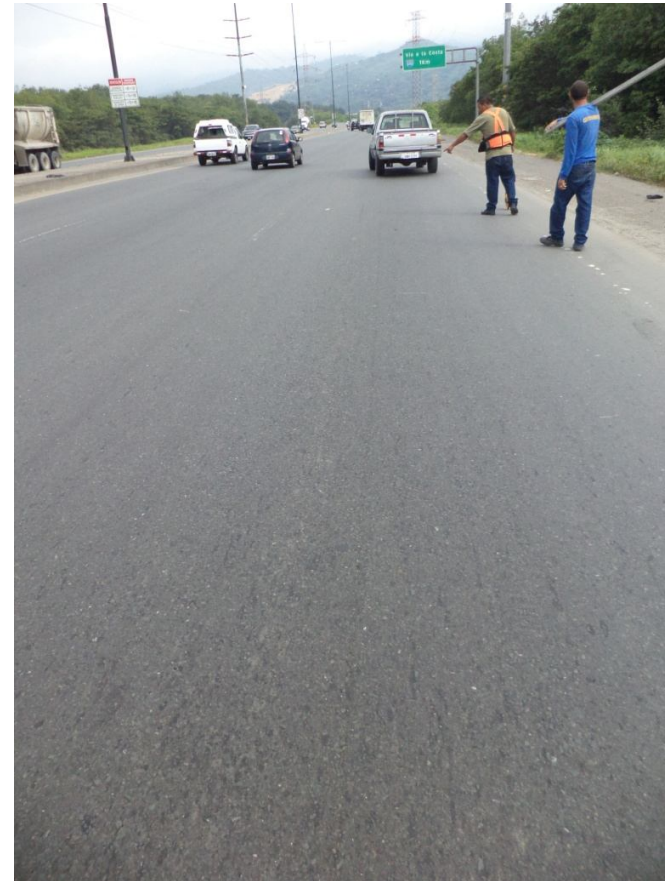
#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	25	19	18	17	17	8	5	109	7	52
2	25	19	18	17	17	8	2	106	6	51
3	25	19	18	17	17	2	2	100	5	51
4	25	19	18	17	2	2	2	85	4	48
5	25	19	18	2	2	2	2	70	3	43
6	25	19	2	2	2	2	2	54	2	40
7	25	2	2	2	2	2	2	37	1	36

PCI= 48

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #6



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)		# Unidad: 7					
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Área Unidad (m2): 266					
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014					
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento		8.Grietas Reflexión Juntas		12.Agregados Pulidos		16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo		5. Corrugaciones		9.Desnivel Calzada-Hombro		13.Huecos		17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto		6.Depresiones		10.Grietas Long. Y Transv.		14.Cruce de rieles		18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción		7.Grietas de Borde		11.Baches reparados		15.Ahuellamiento		19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE	
9M	70							70	26,32%	17	
11M	2,702	8,5845						11,2865	4,24%	21	
11L	4,62	12,87	3,92	3,78	3,045	0,48	28,715	10,80%	32		
15L	5,76	9,09						14,85	5,58%	21	
13L	1	1						2	0,75%	18	
13M	1								1	0,38%	17
10M	25,9							25,9	9,74%	18	
2L	0,03	0,03	0,12	13,05	7,25		20,48	7,70%	3		
1L	0,7	1,71	0,44	0,24					3,09	1,16%	12
1M	0,6875							0,6875	0,26%	12	
19M	8,28	5,85	6,50	5,96					26,596	10,00%	19
19L	7,1	12,32	11,22					42,4	15,94%	6	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,24$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	32	21	21	19	18	17	12	140	7	66
2	32	21	21	19	18	17	2	130	6	62
3	32	21	21	19	18	2	2	115	5	58
4	32	21	21	19	2	2	2	99	4	56
5	32	21	21	2	2	2	2	82	3	52
6	32	21	2	2	2	2	2	63	2	46
7	32	2	2	2	2	2	2	44	1	44

PCI= 34

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #7



BACHES REPARADOS (SEVERIDAD BAJA)



GRIETA PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)	# Unidad:	8
				Sentido	Pto Maritimo - Desvio Prosperina	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
11M	3,57				3,57	1,34%	11
11L	0,03				0,03	0,01%	0
15L	6,56	10,89			17,45	6,56%	25
10M	0,35	0,25	0,15			0,75	0,28%
2L	0,12	0,32	0,9			1,34	0,50%
19M	6,82	13,65			20,47	7,70%	15
19L	11,04	8,68	10,08			29,8	11,20%

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,89$$

#	DEDUCT VALUES				TOTAL	q	CDV
1	25	15	11	5	56	4	29
2	25	15	11	2	53	3	33
3	25	15	2	2	44	2	32
4	25	2	2	2	31	1	31

PCI= 67

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #8



BACHES REPARADOS (SEVERIDAD MEDIA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD					Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)	# Unidad:	9
					Sentido	Pto Maritimo - Desvio Prosperina	Área Unidad (m2):	266
					Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9H	70					70	26,32%	28
15L	10,17	14,52	4,55	4,8		34,04	12,80%	29
7L	0,61	1,2				1,81	0,68%	3
2L	0,06					0,06	0,02%	0
19M	8,69	12,22	13,86	9,79		44,56	16,75%	24
19L	7,1	13,12	8,97	10,12	6,39	45,7	17,18%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,52$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	29	28	24	7	3	91	5	46
2	29	28	24	7	2	90	4	51
3	29	28	24	2	2	85	3	53
4	29	28	2	2	2	63	2	45
5	29	2	2	2	2	37	1	36

PCI= 47

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #9



DESNIVEL CALZADA - HOMBRO (SEVERIDAD ALTA)



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)	# Unidad:	10
				Sentido	Pto Maritimo - Desvio Prosperina	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS	4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
2M	0,074	0,03			0,104	0,04%	2
6H	4,51				4,51	1,70%	19
10H	8,2				8,2	3,08%	18
10M	1,45	1,95	12,3		15,7	5,90%	12
11L	50,688				50,688	19,06%	22
13L	1	1			2	0,75%	18
15L	6,72	10,92			17,64	6,63%	23
17M	10,5				10,5	3,95%	27
17L	15,129				15,129	5,69%	20
19M	10,08	7,74	8,99	10,36	37,17	13,97%	21
19L	14,5	11,55	13,42	10,78	50,25	18,89%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,70$$

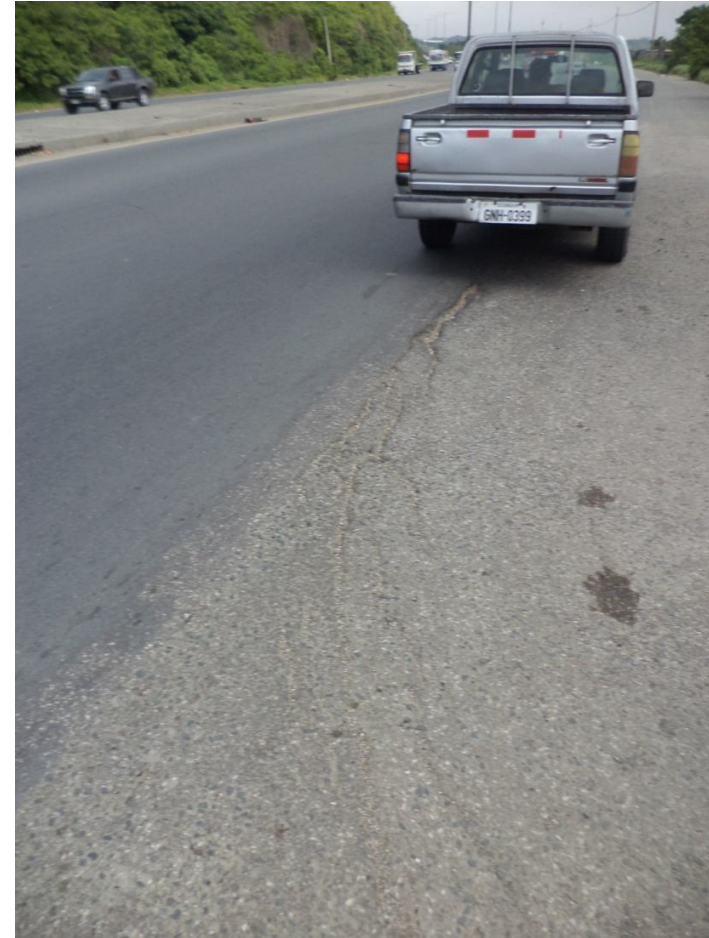
#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	27	23	22	21	20	19	18	150	7	70
2	27	23	22	21	20	19	2	134	6	65
3	27	23	22	21	20	2	2	117	5	60
4	27	23	22	21	2	2	2	99	4	56
5	27	23	22	2	2	2	2	80	3	51
6	27	23	2	2	2	2	2	60	2	44
7	27	2	2	2	2	2	2	39	1	39

PCI= 30

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #10



BACHE REPARADO (SEVERIDAD BAJA)



GRIETAS LONGITUDINALES (SEVERIDAD ALTA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)	# Unidad:	11
				Sentido	Pto Maritimo - Desvio Prosperina	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9H	70				70	26,32%	28
15L	6,1	5,6	7,56	13,86	33,12	12,45%	30
15M	36,18	10,32			46,5	17,48%	52
15H	27,36	8			35,36	13,29%	64
7H	26,4				26,4	9,92%	24
19M	9,79	13,52			23,31	8,76%	18
19L	6,38	14,72	12,15	8,36	41,61	15,64%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 4,31$$

#	DEDUCT VALUES				TOTAL	q	CDV
1	64	52	30	28	174	4	90
2	64	52	30	2	148	3	85
3	64	52	2	2	120	2	80
4	64	2	2	2	70	1	69

PCI= 10

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #11



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD ALTA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 12		Área Unidad (m2): 266	
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Fecha: 13/02/2014	
Realizado por: Carlos Grau							
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9H	70				70	26,32%	28
15L	8,2	3,5	12,96	10,26	34,92	13,13%	31
1M	1,54	1,38	2,56	9	14,48	5,44%	40
13L	1				1	0,38%	9
19M	5,34	9,36	12,54	12,90	40,14	15,09%	22
19L	12,32	12,32	11,11		35,75	13,44%	6

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 6,51$$

#	DEDUCT VALUES						TOTAL	q	CDV
1	40	31	28	22	9	9	139	6	66
2	40	31	28	22	9	2	132	5	66
3	40	31	28	22	2	2	125	4	70
4	40	31	28	2	2	2	105	3	66
5	40	31	2	2	2	2	79	2	56
6	40	2	2	2	2	2	50	1	49

PCI= 30

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #12



GRIETA PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD MEDIA)



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD ALTA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina) # Unidad: 13		Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina Área Unidad (m2): 266		Realizado por: Carlos Grau Fecha: 13/02/2014		
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje					
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento						
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento						
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración						
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE	
9H	70						70	26,32%	28	
15L	8,2	3,5	12,96	10,26		34,92	13,13%	29		
15M	1,54	1,38	2,56	9		14,48	5,44%	37		
7L	5,6						5,6	2,11%	2	
13L	1	1						2	0,75%	18
17L	3,36						3,36	1,26%	6	
19M	8,52	7,56	4,45	4,32		24,85	9,34%	18		
19L	3,92	9,46	8,69	11,44	12,65	7,74	53,9	20,26%	8	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 6,79$$

#	DEDUCT VALUES						TOTAL	q	CDV
1	37	29	28	18	18	6	136	6	65
2	37	29	28	18	9	2	123	5	62
3	37	29	28	18	2	2	116	4	65
4	37	29	28	2	2	2	100	3	62
5	37	29	2	2	2	2	74	2	53
6	37	2	2	2	2	2	47	1	45

PCI= 35

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #13



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD MEDIA)



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)		# Unidad: 14				
				Sentido Pto Maritimo - Desvio Prosperina		Área Unidad (m2): 266				
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014				
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje					
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento						
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento						
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración						
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD							TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9H	70							70	26,32%	28
13L	1							1	0,38%	9
10L	0,75	1,25	0,3	0,6	1,3	2,15	6,35	2,39%	2	
1L	5,50							5,5025	2,07%	17
1M	0,06	0,48						0,54	0,20%	10
15L	9,18							9,18	3,45%	18
19M	6,12	6,66	9,12				21,9	8,23%	17	
19L	6,32	11,66	9,79	7,59	7,75	23,75	66,86	25,14%	9	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,61$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	28	18	17	17	10	9	9	108	7	51
2	28	18	17	17	10	9	2	101	6	48
3	28	18	17	17	10	2	2	94	5	47
4	28	18	17	17	2	2	2	86	4	48
5	28	18	17	2	2	2	2	71	3	46
6	28	18	2	2	2	2	2	56	2	41
7	28	2	2	2	2	2	2	40	1	39

PCI= 49

SENTIDO PUERTO MARÍTIMO – DESVÍO PROSPERINA – UNIDAD #14



GRIETA LONGITUDINAL (SEVERIDAD BAJA)



GRIETA PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD BAJA)

TABLA DE RESUMEN

# UNIDAD	PCI	AREA
1	45	266
2	48	266
3	50	266
4	56	266
5	55	266
6	48	266
7	34	266
8	67	266
9	47	266
10	30	266
11	10	266
12	30	266
13	35	266
14	49	266
	PCI=	43,1

PCI= 43,14

FALLAS ANALIZADAS

Piel de Cocodrilo-Baches-Parches

Falla	# unidad	% density
13L	1	1,5
13L	2	0,75
13L	5	0,75
13L	6	0,75
13L	7	0,75
13L	10	0,75
13L	12	0,38
13L	13	0,75
13L	14	0,38
13M	2	0,38
13M	3	0,75
13M	6	0,38
13M	7	0,38
11L	1	0,03
11L	7	10,8
11L	8	0,01
11L	10	19,06
11M	7	4,84
11M	8	1,34
1L	7	1,16
1L	14	2,07
1M	7	0,86
1M	14	0,2
PROMEDIO		3,501

Ahuellamiento

Falla	# unidad	% density
15L	1	18,68
15L	2	6,5
15L	3	11,03
15L	4	11,58
15L	5	15,99
15L	6	8,78
15L	7	5,58
15L	8	6,56
15L	9	12,8
15L	10	6,63
15L	11	12,45
15M	11	17,48
15H	11	13,29
15L	12	13,13
15L	13	13,13
15M	13	5,44
15L	14	3,45
PROMEDIO		13,04

Desprendimiento de agregados

Falla	# unidad	% density
19L	1	39,52
19L	2	25,87
19L	3	30,56
19L	4	32,06
19L	5	33,8
19L	6	21,72
19L	7	15,94
19L	8	11,2
19L	9	17,18
19L	10	18,89
19L	11	15,64
19L	12	13,44
19L	13	20,26
19L	14	25,14
19M	1	20,25
19M	2	29,94
19M	3	12,31
19M	4	16,49
19M	5	9,28
19M	6	10,03
19M	7	10
19M	8	7,7
19M	9	16,75
19M	10	13,97
19M	11	8,75
19M	12	15,09
19M	13	9,34
19M	14	8,23
PROMEDIO		36,38

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)	# Unidad:	1
				Sentido	Desvío Prosperina - Pto Maritimo	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	12/02/2014
TIPOS DE FALLAS	4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70				70	26,32%	17
2L	1,7	1,125	3,6		6,425	2,42%	0
11L	2,75				2,75	1,03%	2
15L	9,68	16,8			26,48	9,95%	27
19M	15	5,2	9,12		29,32	11,02%	20
19L	14,69	14,28	11,44		40,41	15,19%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,70$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	27	20	17	7	2	73	5	37
2	27	20	17	7	2	73	4	41
3	27	20	17	2	2	68	3	42
4	27	20	2	2	2	53	2	38
5	27	2	2	2	2	35	1	35

PCI= 58

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #1



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD					Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: 2	
					Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266	
					Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014	
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70					70	26,32%	17
13L	1					1	0,38%	9
13M	1					1	0,38%	17
15L	6,9	12,36				19,26	7,24%	22
19M	18,59	9,79	17,16	12,96		58,5	21,99%	29
19L	16,28	22,12	18,62	11,8		68,82	25,87%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,52$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	29	22	17	17	9	9	3	106	7	51
2	29	22	17	17	9	9	2	105	6	50
3	29	22	17	17	9	2	2	98	5	50
4	29	22	17	17	2	2	2	91	4	51
5	29	22	17	2	2	2	2	76	3	48
6	29	22	2	2	2	2	2	61	2	44
7	29	2	2	2	2	2	2	41	1	41

PCI= 49

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #2



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD					Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)	# Unidad:	3
					Sentido	Desvío Prosperina - Pto Marítimo	Área Unidad (m2):	266
					Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE	
9H	70				70	26,32%	28	
15L	5,84	7,15			12,99	4,88%	21	
19M	14,3	5,16	8,64	9,88	37,98	14,28%	21	
19L	17,76	14,63	16,06	18,96	67,41	25,34%	9	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,61$$

#	DEDUCT VALUES				TOTAL	q	CDV
1	28	21	21	9	79	4	44
2	28	21	21	2	72	3	45
3	28	21	2	2	53	2	39
4	28	2	2	2	34	1	34

PCI= 55

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #3



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD ALTA)



DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: 4			
				Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento		8.Grietas Reflexión Juntas		12.Agregados Pulidos		16.Deformación por empuje	
1. Piel de Cocodrilo		5. Corrugaciones		9.Desnivel Calzada-Hombro		13.Huecos		17.Grietas Deslizamiento	
2.Exudación Asfalto		6.Depresiones		10.Grietas Long. Y Transv.		14.Cruce de rieles		18.Hinchamiento	
3.Grietas Contracción		7.Grietas de Borde		11.Baches reparados		15.Ahuellamiento		19.Disgregación y Desintegración	
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9H	70						70	26,32%	28
1M	0,225	0,144	0,228	0,336	0,06	0,0875	1,0805	0,41%	17
13M	1	1	1				3	1,13%	30
13L	1	1					2	0,75%	18
15L	5,34	12,48					17,82	6,70%	22
19M	12,98	4,83	11,18	5,34			34,33	12,91%	20
19L	17,76	18,48	19,08	14,08			69,4	26,09%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,43$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	30	28	22	20	17	9	9	135	7	64
2	30	28	22	20	17	9	2	128	6	62
3	30	28	22	20	17	2	2	121	5	62
4	30	28	22	20	2	2	2	106	4	59
5	30	28	22	2	2	2	2	88	3	56
6	30	28	2	2	2	2	2	68	2	50
7	30	2	2	2	2	2	2	42	1	42

PCI= 36

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #4



GRIETAS PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD MEDIA)



HUECOS (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)		# Unidad: 5		
				Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo		Área Unidad (m2): 266		
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014		
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de Cocodrilo	4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
2.Exudación Asfalto	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
3.Grietas Contracción	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70					70	26,32%	17
1L	0,72	0,336	0,1025			1,1585	0,44%	6
15L	4,55	8,28	5,16	7,93		25,92	9,74%	26
11L	0,048					0,048	0,02%	0
13L	1	1	1	1	1	5	1,88%	28
13M	1					1	0,38%	17
17L	18,18					18,18	6,83%	20
19M	11,8	9,41				21,205	7,97%	17
19L	16,28	15,4	14,835	17,76		64,275	24,16%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,61$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	28	26	20	17	17	17	9	134	7	65
2	28	26	20	17	17	17	2	127	6	61
3	28	26	20	17	17	2	2	112	5	57
4	28	26	20	17	2	2	2	97	4	55
5	28	26	20	2	2	2	2	82	3	53
6	28	26	2	2	2	2	2	64	2	47
7	28	2	2	2	2	2	2	40	1	40

PCI= 35

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #5



GRIETAS PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD BAJA)



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD			Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: 6			
			Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266			
			Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS	4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70					70	26,32%	17
15L	9,18	13,68				22,86	8,59%	25
15M	5,1	6,46				11,56	4,35%	32
13L	1					1	0,38%	9
19M	7,82	5,78				13,598	5,11%	12
19L	13,8	13,31	11,44	14,16	12,96	65,67	24,69%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,24$$

#	DEDUCT VALUES						TOTAL	q	CDV
1	32	25	17	12	9	9	104	6	49
2	32	25	17	12	9	2	97	5	49
3	32	25	17	12	2	2	90	4	51
4	32	25	17	2	2	2	80	3	51
5	32	25	2	2	2	2	65	2	46
6	32	2	2	2	2	2	42	1	40

PCI= 49

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #6



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD BAJA)



DESNIVEL CALZADA-HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: 7	
				Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266	
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014	
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70				70	26,32%	17
1M	6,825	1,845	0,495		9,165	3,45%	32
1H	1,536				1,536	0,58%	24
10L	0,7				0,7	0,26%	0
10M	0,75	0,8	1,05	1,73	4,33	1,63%	5
15L	8,16	10,64	4,83		23,63	8,88%	24
19M	9,43	6,75			16,18	6,08%	14
19L	6,71	12,24	14,56	14,04	47,55	17,88%	8

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,24$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	32	24	24	17	14	8	5	124	7	61
2	32	24	24	17	14	8	2	121	6	58
3	32	24	24	17	14	2	2	115	5	59
4	32	24	24	17	2	2	2	103	4	58
5	32	24	24	2	2	2	2	88	3	55
6	32	24	2	2	2	2	2	66	2	48
7	32	2	2	2	2	2	2	44	1	44

PCI= 39

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #7



GRIETAS PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD ALTA)



GRIETAS PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto:	Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)	# Unidad:	8
				Sentido	Desvío Prosperina - Pto Marítimo	Área Unidad (m2):	266
				Realizado por:	Carlos Grau	Fecha:	13/02/2014
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
2L	10,48				10,48	3,94%	1
1M	1,3446				1,3446	0,51%	16
15L	2,56	4,59	8,08		15,23	5,73%	21
13L	1	1			2	0,75%	18
10M	0,3				0,3	0,11%	0
19M	6,12	7,54	10,54		24,2	9,10%	19
19L	13,26	15,3	24,08	18,3	70,94	26,67%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 8,26$$

#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	21	19	18	16	9	1	84	5	42	
2	21	19	18	16	2	1	77	4	43	
3	21	19	18	2	2	1	63	3	40	
4	21	19	2	2	2	1	47	2	35	
5	21	2	2	2	2	1	30	1	30	

PCI= 57

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #8



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD					Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puente -Desvío Prosperina)		# Unidad: 9	
					Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo		Área Unidad (m2): 266	
					Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014	
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje			
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9L	70					70	26,32%	11
15L	9,27	10,92	5,25	4,3		29,74	11,18%	28
7M	0,25	0,55	0,8			1,6	0,60%	5
10M	0,42	0,35	0,18	0,68		1,63	0,61%	1
13M	1					1	0,38%	17
13H	1					1	0,38%	34
19M	9,79	10,92				20,71	7,79%	16
19L	9,94	11,52	10,27	6,82	4,5	43,05	16,18%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,06$$

#	DEDUCT VALUES								TOTAL	q	CDV
1	34	28	17	16	11	7	5	118	7	57	
2	34	28	17	16	11	7	2	115	6	55	
3	34	28	17	16	11	2	2	110	5	56	
4	34	28	17	16	2	2	2	101	4	57	
5	34	28	17	2	2	2	2	87	3	55	
6	34	28	2	2	2	2	2	72	2	53	
7	34	2	2	2	2		2 2	46	1	46	

PCI= 43

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO - UNIDAD #9



BACHE (SEVERIDAD ALTA)



GRIETAS DE BORDE (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Punte -Desvío Prosperina)		# Unidad: 10		
				Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo		Área Unidad (m2): 266		
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014		
TIPOS DE FALLAS								
1. Piel de Cocodrilo	4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
2.Exudación Asfalto	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
3.Grietas Contracción	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento				
	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración				
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70					70	26,32%	17
11L	0,024	0,033				0,057	0,02%	0
1L	0,125	0,175				0,3	0,11%	4
10M	0,25					0,25	0,09%	0
13L	1	1				2	0,75%	18
15L	4,32	4,92	4,1	2,72		16,06	6,04%	23
19M	12,88	5,94				18,82	7,08%	16
19L	12,5	11,99	5,72	9,68	7,92	47,81	17,97%	8

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 8,07$$

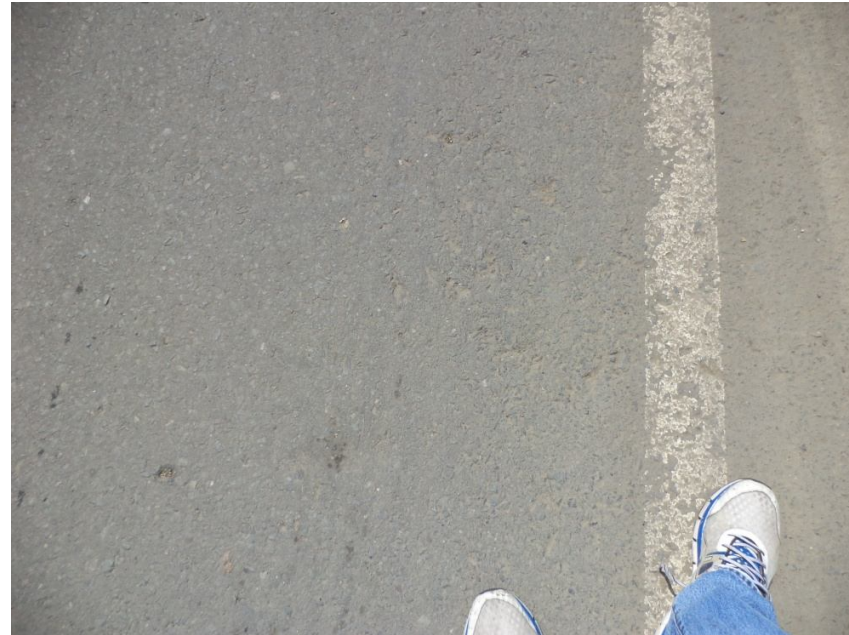
#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	23	18	17	16	8	4	86	6	41	
2	23	18	17	16	8	2	84	5	42	
3	23	18	17	16	2	2	78	4	44	
4	23	18	17	2	2	2	64	3	40	
5	23	18	2	2	2	2	49	2	35	
6	23	2	2	2	2	2	33	1	33	

PCI= 56

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #10



DESNIVEL CALZADA - HOMBRO (SEVERIDAD MEDIA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Punte -Desvío Prosperina)		# Unidad: 11			
				Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo		Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	10.Grietas Long. Y Transv.	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento				
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	18.Hinchamiento					
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	19.Disgregación y Desintegración							
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70						70	26,32%	17
15L	7,81	6,3	5,4				19,51	7,33%	23
1L	0,169						0,169	0,06%	4
10L	0,35						0,35	0,13%	0
7M	7,2						7,2	2,71%	6
19M	16,35						16,35	6,15%	15
19L	10,56	17,34	6,56	3,96	5,88		44,3	16,65%	7

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 8,07$$

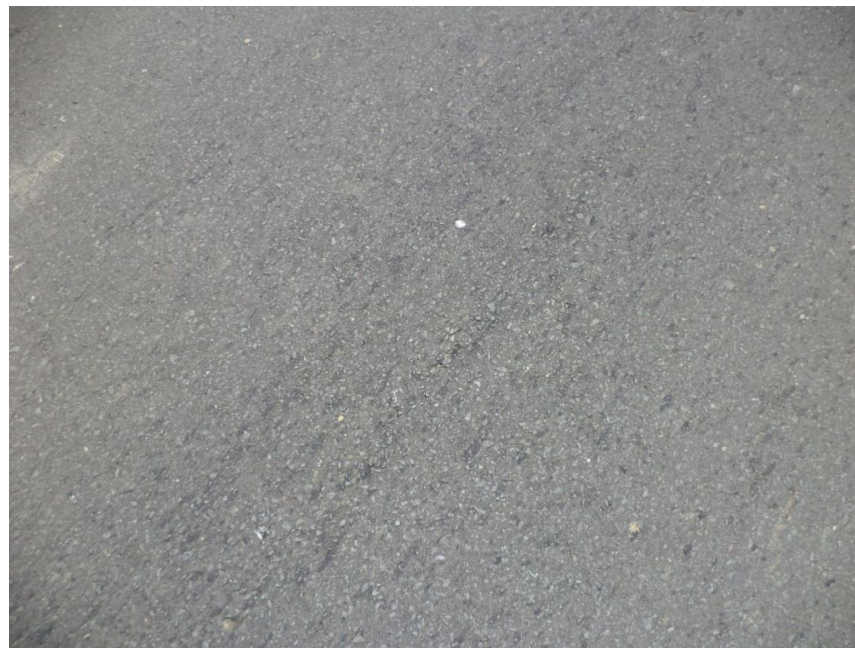
#	DEDUCT VALUES							TOTAL	q	CDV
1	23	17	15	7	6	4		72	6	32
2	23	17	15	7	6	2		70	5	35
3	23	17	15	7	2	2		66	4	36
4	23	17	15	2	2	2		61	3	38
5	23	17	2	2	2	2		48	2	35
6	23	2	2	2	2	2		33	1	33

PCI= 62

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #11



GRIETAS DE BORDE (SEVERIDAD MEDIA)



GRIETAS LONGITUDINAL (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: 12			
				Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento					
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento					
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración					
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
9M	70						70	26,32%	17
15L	7,4	3,25	10,56				21,21	7,97%	25
10M	3,2						3,2	1,20%	4
13L	1		1				2	0,75%	18
1L	0,432	0,2623					0,6943	0,26%	5
19M	5,34	9,36	12,54				27,24	10,24%	19
19L	9,52	13,42	8,91	6,21	9,88		47,94	18,02%	8

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,89$$

#	DEDUCT VALUES								TOTAL	q	CDV
1	25	19	18	17	8	5	4	96	7	44	
2	25	19	18	17	8	5	2	94	6	43	
3	25	19	18	17	8	2	2	91	5	46	
4	25	19	18	17	2	2	2	85	4	47	
5	25	19	18	2	2	2	2	70	3	44	
6	25	19	2	2	2	2	2	54	2	41	
7	25	2	2	2	2	2	2	37	1	37	

PCI= 53

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #12



GRIETAS PIEL DE COCODRILO (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Punte -Desvío Prosperina)		# Unidad: 13			
				Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo		Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje				
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento					
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento					
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración					
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
10M	0,15						0,15	0,06%	0
15L	7,38	6,3	7,68	5,94		27,3	10,26%	27	
19M	8,16	9,24	4,68	8,33		30,41	11,43%	20	
19L	13,86	13,86	11,99	4,84	11,55	5,94	23,32%	8	

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 7,70$$

#	DEDUCT VALUES				TOTAL	q	CDV
1	27	20	8		55	3	34
2	27	20	2		49	2	36
3	27	2	2		31	1	31

PCI= 64

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #13



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Punte -Desvío Prosperina) # Unidad: 14			
				Sentido Desvio Prosperina - Pto Maritimo Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento	8.Grietas Reflexión Juntas	12.Agregados Pulidos	16.Deformación por empuje		
1. Piel de Cocodrilo	5. Corrugaciones	9.Desnivel Calzada-Hombro	13.Huecos	17.Grietas Deslizamiento			
2.Exudación Asfalto	6.Depresiones	10.Grietas Long. Y Transv.	14.Cruce de rieles	18.Hinchamiento			
3.Grietas Contracción	7.Grietas de Borde	11.Baches reparados	15.Ahuellamiento	19.Disgregación y Desintegración			
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE
11L	0,21	0,90			1,1112	0,42%	0
13L	1				1	0,38%	9
15L	7,38	5,18	5,18		17,74	6,67%	20
19M	5,22	6,21	8,01	6,89	26,33	9,90%	19
19L	9,52	10,56	15,48	15,84	70,3	26,43%	9

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 8,35$$

#	DEDUCT VALUES				TOTAL	q	CDV
1	20	19	9	9	57	4	36
2	20	19	9	2	50	3	36
3	20	19	2	2	43	2	31
4	20	2	2	2	26	1	26

PCI= 64

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #14



BACHES REPARADOS (SEVERIDAD BAJA)



DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD BAJA)

PAVIMENTOS FLEXIBLES HOJA DE ENCUESTA DE CONDICION DE PAVIMENTOS PARA UNA UNIDAD				Proyecto: Vía Perimetral (Tramo 3er Puesto -Desvío Prosperina)		# Unidad: A1			
				Sentido Desvío Prosperina - Pto Marítimo		Área Unidad (m2): 266			
				Realizado por: Carlos Grau		Fecha: 13/02/2014			
TIPOS DE FALLAS		4.Elevacion-Hundimiento		8.Grietas Reflexión Juntas		12.Agregados Pulidos		16.Deformación por empuje	
1. Piel de Cocodrilo		5. Corrugaciones		9.Desnivel Calzada-Hombro		13.Huecos		17.Grietas Deslizamiento	
2.Exudación Asfalto		6.Depresiones		10.Grietas Long. Y Transv.		14.Cruce de rieles		18.Hinchamiento	
3.Grietas Contracción		7.Grietas de Borde		11.Baches reparados		15.Ahuellamiento		19.Disgregación y Desintegración	
NIVEL DETERIORO	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD %	DEDUCT VALUE	
9H	70,00					70	26,32%	28	
15L	9,45	11,44	6,66			27,55	10,36%	27	
15M	8,40	9,12					17,52	6,59%	
15H	11,04	4,32	9,52		12,78	37,66	14,16%		
13H	1					1	0,38%	34	
13L	1					1	0,38%	9	
19M	4,02	4,41	5,31			13,74	5,17%		
19L	7,92	9,46	9,48	19,04	17,44	63,34	23,81%		

$$m=1+(9/98)(100-HDV)$$

$$m= 4,12$$

#	DEDUCT VALUES					TOTAL	q	CDV
1	66	38	34	28		166	4	88
2	66	38	34	2		140	3	81
3	66	38	2	2		108	2	74
4	66	2	2	2		72	1	72

PCI= 12

SENTIDO DESVÍO PROSPERINA- PUERTO MARÍTIMO – UNIDAD #A1



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD BAJA)



D

HUECOS (SEVERIDAD ALTA)



AHUELLAMIENTO (SEVERIDAD ALTA)

DISGREGACION Y DESINTEGRACION (SEVERIDAD MEDIA)

TABLA DE RESUMEN

# UNIDAD	PCI	AREA
1	58	266
2	49	266
3	55	266
4	36	266
5	35	266
6	49	266
7	39	266
8	57	266
9	43	266
10	56	266
11	62	266
12	53	266
13	64	266
14	64	266

A1	12	266
----	----	-----

PClr=	51,43
PCla=	15

PCIs=	51,07
-------	-------

FALLAS ANALIZADAS

Piel de Cocodrilo-Baches-Parches

Falla	# unidad	% density
13L	2	0,38
13L	4	0,75
13L	5	1,88
13L	6	0,38
13L	8	0,75
13L	10	0,75
13L	12	0,75
13L	14	0,38
13L	A1	0,38
13M	2	0,38
13M	4	1,13
13M	5	0,38
13M	9	0,38
13H	9	0,38
13H	A1	0,38
11L	1	1,03
11L	5	0,02
11L	10	0,02
11L	14	0,42
1L	5	0,44
1L	10	0,11
1L	11	0,06
1L	12	0,26
1M	4	0,41
1M	7	3,45
1M	8	0,51
1H	7	0,58
PROMEDIO		1,20

Ahuellamiento

Falla	# unidad	% density
15L	1	9,95
15L	2	7,24
15L	3	4,88
15L	4	6,7
15L	5	9,74
15L	6	8,59
15M	6	4,35
15L	7	8,88
15L	8	5,73
15L	9	11,18
15L	10	6,04
15L	11	7,33
15L	12	7,97
15L	13	10,26
15L	14	6,67
15L	15	10,36
15M	15	6,59
15H	15	14,16
PROMEDIO		9,77

Desprendimiento de agregados

Falla	# unidad	% density
19L	1	15,19
19L	2	25,87
19L	3	25,34
19L	4	26,09
19L	5	24,16
19L	6	24,69
19L	7	17,88
19L	8	26,67
19L	9	16,18
19L	10	17,97
19L	11	16,65
19L	12	18,02
19L	13	23,32
19L	14	26,43
19L	15	23,81
19M	1	11,02
19M	2	21,99
19M	3	14,28
19M	4	12,91
19M	5	7,97
19M	6	5,11
19M	7	6,08
19M	8	9,1
19M	9	7,79
19M	10	7,08
19M	11	6,15
19M	12	10,24
19M	13	11,43
19M	14	9,9
19M	15	5,17
PROMEDIO		31,63

ANEXO 4

CÁLCULO DE DEFLEXIONES

Lecturas Vigas Benkelman

Sentido Puerto Marítimo - Prosperina Carril Derecho

	Lecturas en Abscisas									
	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+600	1+800	2+000
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 m	0	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,003
90 m	0,001	0,001	0,003	0,001	0,003	0,005	0	0,002	0,001	0,004
120 m	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	0,007	0,001	0,003	0,003	0,005
150 m	0,002	0,002	0,005	0,004	0,004	0,007	0,002	0,003	0,003	0,005
180 m	0,002	0,002	0,006	0,004	0,005	0,007	0,003	0,004	0,004	0,006
Lect Máx	0,003	0,002	0,01	0,006	0,006	0,007	0,004	0,005	0,005	0,008

	Lecturas en Abscisas									
	2+200	2+400	2+600	2+800	3+000	3+200	3+400	3+600	3+800	4+000
30 m	0	0	0	0	0,001	0	0	0,003	0	0
60 m	0	0	0	0,003	0,002	0	0,002	0,005	0,002	0,001
90 m	0,002	0	0,001	0,005	0,005	0	0,003	0,005	0,004	0,001
120 m	0,003	0,001	0,001	0,006	0,006	0,001	0,004	0,006	0,005	0,001
150 m	0,005	0,001	0,002	0,007	0,006	0,001	0,004	0,006	0,005	0,001
180 m	0,005	0,001	0,002	0,007	0,007	0,001	0,005	0,008	0,006	0,001
Lect Máx	0,006	0,001	0,004	0,009	0,007	0,002	0,007	0,012	0,007	0,001

	Lecturas en Abscisas									
	4+200	4+400	4+600	4+800	5+000	5+200	5+400	5+600	5+800	6+000
30 m	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0,002	0
60 m	0,001	0,001	0	0,001	0,003	0	0,001	0,001	0,003	0
90 m	0,002	0,003	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001	0,003	0,004	0,001
120 m	0,003	0,004	0,001	0,002	0,003	0,004	0,002	0,003	0,004	0,002
150 m	0,006	0,005	0,003	0,002	0,004	0,006	0,003	0,003	0,004	0,002
180 m	0,006	0,006	0,003	0,003	0,004	0,007	0,004	0,004	0,005	0,003
Lect Máx	0,009	0,009	0,005	0,005	0,005	0,009	0,006	0,006	0,007	0,004

Lecturas en Abscisas										
	6+200	6+400	6+600	6+800	7+000	7+200	7+400	7+600	7+800	8+000
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 m	0	0,001	0,002	0,001	0	0	0,002	0	0,001	0,001
90 m	0,001	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,002
120 m	0,001	0,005	0,003	0,002	0,001	0,002	0,005	0,003	0,005	0,002
150 m	0,002	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,006	0,005	0,005	0,004
180 m	0,003	0,006	0,005	0,004	0,003	0,004	0,007	0,007	0,007	0,006
Lect Máx	0,006	0,009	0,007	0,007	0,005	0,006	0,01	0,009	0,009	0,009

Lecturas en Abscisas										
	8+200	8+400	8+600	8+800	9+000	9+200	9+400	9+600	9+800	10+000
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,002
60 m	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0,002	0,003
90 m	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,002	0,003	0,001	0,006	0,005
120 m	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,006	0,005
150 m	0,003	0,005	0,005	0,003	0,002	0,003	0,005	0,004	0,007	0,006
180 m	0,004	0,006	0,006	0,004	0,002	0,005	0,006	0,007	0,008	0,008
Lect Máx	0,006	0,008	0,008	0,006	0,004	0,007	0,008	0,01	0,015	0,016

Lecturas Vigas Benkelman

Sentido Prosperina-Puerto Marítimo

Carril Derecho

	Lecturas en Abscisas									
	0+100	0+300	0+500	0+700	0+900	1+100	1+300	1+500	1+700	1+900
30 m	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 m	0,001	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0
90 m	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0	0	0,002	0,002
120 m	0,002	0,001	0,002	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002
150 m	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,002	0,001	0,001	0,004	0,003
180 m	0,003	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,001	0,001	0,005	0,004
Lect Máx	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,001	0,001	0,009	0,006

	Lecturas en Abscisas									
	2+100	2+300	2+500	2+700	2+900	3+100	3+300	3+500	3+700	3+900
30 m	0	0,001	0	0	0	0	0,001	0	0,001	0
60 m	0	0,002	0	0,002	0	0,002	0,001	0,002	0,001	0
90 m	0	0,003	0,002	0,002	0,001	0,007	0,002	0,003	0,003	0,001
120 m	0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,008	0,003	0,005	0,003	0,001
150 m	0,001	0,003	0,003	0,003	0,002	0,009	0,003	0,006	0,005	0,001
180 m	0,001	0,004	0,003	0,004	0,003	0,01	0,004	0,008	0,006	0,002
Lect Máx	0,002	0,006	0,004	0,005	0,005	0,015	0,007	0,014	0,008	0,003

	Lecturas en Abscisas									
	4+100	4+300	4+500	4+700	4+900	5+100	5+300	5+500	5+700	5+900
30 m	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
60 m	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
90 m	0,001	0,002	0	0,002	0,002	0,003	0,002	0	0,001	0,001
120 m	0,001	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,001	0,001
150 m	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003	0,008	0,004	0,006	0,003	0,002
180 m	0,001	0,003	0,002	0,003	0,004	0,01	0,005	0,008	0,003	0,002
Lect Máx	0,002	0,005	0,003	0,004	0,006	0,017	0,007	0,01	0,005	0,002

Lecturas en Abscisas										
	6+100	6+300	6+500	6+700	6+900	7+100	7+300	7+500	7+700	7+900
30 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 m	0,002	0	0,001	0	0	0,002	0	0,002	0,002	0
90 m	0,002	0,001	0,001	0	0,001	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001
120 m	0,005	0,003	0,003	0,001	0,002	0,005	0,004	0,005	0,005	0,002
150 m	0,005	0,006	0,004	0,001	0,004	0,007	0,006	0,006	0,005	0,002
180 m	0,006	0,007	0,005	0,002	0,005	0,008	0,008	0,007	0,006	0,004
Lect Máx	0,007	0,012	0,007	0,002	0,009	0,013	0,015	0,012	0,007	0,007

Lecturas en Abscisas										
	8+100	8+300	8+500	8+700	8+900	9+100	9+300	9+500	9+700	9+900
30 m	0	0	0	0	0,001	0	0,001	0,001	0	0,001
60 m	0	0	0	0	0,001	0	0,002	0,001	0	0,001
90 m	0	0	0,001	0	0,002	0,001	0,002	0,001	0	0,002
120 m	0,001	0,003	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,006	0,001	0,003
150 m	0,003	0,005	0,008	0,005	0,005	0,003	0,003	0,006	0,002	0,003
180 m	0,004	0,006	0,009	0,006	0,005	0,004	0,004	0,007	0,002	0,004
Lect Máx	0,005	0,008	0,011	0,009	0,006	0,005	0,006	0,008	0,003	0,004

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
0+200	D	0,1160	0,0774	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	650,00	11632,98
0+400	D	0,0774	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	825,00	α
0+600	D	0,3868	0,2321	0,1934	0,1160	0,1160	0,0774	0,0000	525,00	2908,24
0+800	D	0,2321	0,1547	0,1547	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	600,00	5816,49
1+000	D	0,2321	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0387	0,0000	675,00	11632,98

Prom δ_0 0,2089
 σ de δ_0 0,1211
 δ_{car} 0,4511

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
1+200	D	0,2708	0,2708	0,2708	0,2708	0,1934	0,0387	0,0000	900,00	α
1+400	D	0,1547	0,1160	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	562,50	11632,98
1+600	D	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0000	0,0000	660,00	11632,98
1+800	D	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0387	0,0000	0,0000	660,00	11632,98
2+000	D	0,3095	0,2321	0,1934	0,1934	0,1547	0,1160	0,0000	656,25	5816,49

Prom δ_0 0,2244
 σ de δ_0 0,0636
 δ_{car} 0,3515

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
2+200	D	0,2321	0,1934	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	0,0000	725,00	11632,98
2+400	D	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	900,00	α
2+600	D	0,1547	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	487,50	5816,49
2+800	D	0,3481	0,2708	0,2708	0,2321	0,1934	0,1160	0,0000	716,67	5816,49
3+000	D	0,2708	0,2708	0,2321	0,2321	0,1934	0,0774	0,0387	835,71	α

Prom δ_0 0,2089
 σ de δ_0 0,1180
 δ_{car} 0,4448

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
3+200	D	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	525,00	11632,98
3+400	D	0,2708	0,1934	0,1547	0,1547	0,1160	0,0774	0,0000	621,43	5816,49
3+600	D	0,4642	0,3095	0,2321	0,2321	0,1934	0,1934	0,1160	575,00	2908,24
3+800	D	0,2708	0,2321	0,1934	0,1934	0,1547	0,0774	0,0000	728,57	11632,98
4+000	D	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	900,00	α
								Prom δ_0	0,2244	
								σ de δ_0	0,1717	
								δ car	0,5677	

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
4+200	D	0,3481	0,2321	0,2321	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	600,00	3877,66
4+400	D	0,3481	0,2321	0,1934	0,1547	0,1160	0,0387	0,0000	583,33	3877,66
4+600	D	0,1934	0,1160	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	540,00	5816,49
4+800	D	0,1934	0,1160	0,0774	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	510,00	5816,49
5+000	D	0,1934	0,1547	0,1547	0,1160	0,1160	0,1160	0,0387	720,00	11632,98
								Prom δ_0	0,2553	
								σ de δ_0	0,0848	
								δ car	0,4248	

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
5+200	D	0,3481	0,2708	0,2321	0,1547	0,0387	0,0000	0,0000	650,00	5816,49
5+400	D	0,2321	0,1547	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	550,00	5816,49
5+600	D	0,2321	0,1547	0,1160	0,1160	0,1160	0,0387	0,0000	575,00	5816,49
5+800	D	0,2708	0,1934	0,1547	0,1547	0,1547	0,1160	0,0774	621,43	5816,49
6+000	D	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	600,00	11632,98
								Prom δ_0	0,2476	
								σ de δ_0	0,0703	
								δ car	0,3881	

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
6+200	D	0,2321	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	425,00	3877,66
6+400	D	0,3481	0,2321	0,1934	0,1934	0,0387	0,0387	0,0000	600,00	3877,66
6+600	D	0,2708	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0000	600,00	5816,49
6+800	D	0,2708	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	492,86	3877,66
7+000	D	0,1934	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	480,00	5816,49
Prom δ_0								0,2630		
σ de δ_0								0,0574		
δ_{car}								0,3778		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
7+200	D	0,2321	0,1547	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	500,00	5816,49
7+400	D	0,3868	0,2708	0,2321	0,1934	0,0774	0,0774	0,0000	615,00	3877,66
7+600	D	0,3481	0,2708	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	0,0000	600,00	5816,49
7+800	D	0,3481	0,2708	0,1934	0,1934	0,1160	0,0387	0,0387	633,33	5816,49
8+000	D	0,3481	0,2321	0,1547	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	516,67	3877,66
Prom δ_0								0,3327		
σ de δ_0								0,0587		
δ_{car}								0,4500		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
8+200	D	0,2321	0,1547	0,1160	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	575,00	5816,49
8+400	D	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	618,75	5816,49
8+600	D	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	618,75	5816,49
8+800	D	0,2321	0,1547	0,1160	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	550,00	5816,49
9+000	D	0,1547	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	487,50	5816,49
Prom δ_0								0,2476		
σ de δ_0								0,0647		
δ_{car}								0,3770		

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
9+200	D	0,2708	0,1934	0,1160	0,0774	0,0774	0,0000	0,0000	535,71	5816,49
9+400	D	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,1160	0,0000	0,0000	618,75	5816,49
9+600	D	0,3868	0,2708	0,1547	0,1160	0,0387	0,0000	0,0000	525,00	3877,66
9+800	D	0,5802	0,3095	0,2708	0,2321	0,2321	0,0774	0,0774	510,00	1661,85
10+000	D	0,6189	0,3095	0,2321	0,1934	0,1934	0,1160	0,0774	459,38	1454,12
Prom δ_0								0,4333		
σ de δ_0								0,1581		
δ_{car}								0,7494		

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
0+100	I	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	600,00	11632,98
0+300	I	0,1547	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	562,50	11632,98
0+500	I	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	600,00	11632,98
0+700	I	0,2321	0,1934	0,1547	0,1547	0,0774	0,0000	0,0000	700,00	11632,98
0+900	I	0,1547	0,1547	0,1547	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	825,00	α
Prom δ_0								0,1702		
σ de δ_0								0,0346		
δ car								0,2394		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
1+100	I	0,1547	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	562,50	11632,98
1+300	I	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	900,00	α
1+500	I	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	900,00	α
1+700	I	0,3481	0,1934	0,1547	0,0774	0,0774	0,0000	0,0000	483,33	2908,24
1+900	I	0,2321	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0000	0,0000	550,00	5816,49
Prom δ_0								0,1625		
σ de δ_0								0,1323		
δ car								0,4271		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
2+100	I	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	525,00	11632,98
2+300	I	0,2321	0,1547	0,1160	0,1160	0,1160	0,0774	0,0387	575,00	5816,49
2+500	I	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0774	0,0000	0,0000	675,00	11632,98
2+700	I	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0774	0,0000	660,00	11632,98
2+900	I	0,1934	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	510,00	5816,49
Prom δ_0								0,1702		
σ de δ_0								0,0587		
δ car								0,2875		

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
3+100	I	0,5802	0,3868	0,3481	0,3095	0,2708	0,0774	0,0000	610,00	2326,60
3+300	I	0,2708	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	514,29	3877,66
3+500	I	0,5416	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	503,57	1938,83
3+700	I	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,1160	0,0387	0,0387	618,75	5816,49
3+900	I	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	500,00	11632,98

Prom δ_0 0,3636
 σ de δ_0 0,1946
 δ_{car} 0,7528

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
4+100	I	0,0774	0,0387	0,0387	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	525,00	11632,98
4+300	I	0,1934	0,1160	0,1160	0,0774	0,0774	0,0000	0,0000	570,00	5816,49
4+500	I	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	500,00	11632,98
4+700	I	0,1547	0,1160	0,0774	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	600,00	11632,98
4+900	I	0,2321	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0000	0,0000	575,00	5816,49

Prom δ_0 0,1547
 σ de δ_0 0,0612
 δ_{car} 0,2771

LECTURAS CORREGIDAS (mm)

Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
5+100	I	0,6576	0,3868	0,3095	0,1160	0,1160	0,0000	0,0000	494,12	1661,85
5+300	I	0,2708	0,1934	0,1547	0,1547	0,0774	0,0000	0,0000	621,43	5816,49
5+500	I	0,3868	0,3095	0,2321	0,1934	0,0000	0,0000	0,0000	645,00	5816,49
5+700	I	0,1934	0,1160	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	540,00	5816,49
5+900	I	0,0774	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	825,00	α

Prom δ_0 0,3172
 σ de δ_0 0,2212
 δ_{car} 0,7596

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
6+100	I	0,2708	0,2321	0,1934	0,1934	0,0774	0,0774	0,0000	728,57	11632,98
6+300	I	0,4642	0,2708	0,2321	0,1160	0,0387	0,0000	0,0000	512,50	2326,60
6+500	I	0,2708	0,1934	0,1547	0,1160	0,0387	0,0387	0,0000	600,00	5816,49
6+700	I	0,0774	0,0774	0,0387	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	675,00	α
6+900	I	0,3481	0,1934	0,1547	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	483,33	2908,24
Prom δ_0								0,2863		
σ de δ_0								0,1411		
δ car								0,5684		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
7+100	I	0,5029	0,3095	0,2708	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	553,85	2326,60
7+300	I	0,5802	0,3095	0,2321	0,1547	0,1160	0,0000	0,0000	470,00	1661,85
7+500	I	0,4642	0,2708	0,2321	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	537,50	2326,60
7+700	I	0,2708	0,2321	0,1934	0,1934	0,1160	0,0774	0,0000	728,57	11632,98
7+900	I	0,2708	0,1547	0,0387	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	407,14	3877,66
Prom δ_0								0,4178		
σ de δ_0								0,1405		
δ car								0,6989		

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
8+100	I	0,1934	0,1547	0,1160	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	600,00	11632,98
8+300	I	0,3095	0,2321	0,1934	0,1160	0,0000	0,0000	0,0000	618,75	5816,49
8+500	I	0,4255	0,3481	0,3095	0,1934	0,0387	0,0000	0,0000	681,82	5816,49
8+700	I	0,3481	0,2321	0,1934	0,1547	0,0000	0,0000	0,0000	583,33	3877,66
8+900	I	0,2321	0,1934	0,1934	0,1547	0,0774	0,0387	0,0387	750,00	11632,98
Prom δ_0								0,3017		
σ de δ_0								0,0924		
δ car								0,4864		

ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO VIA PERIMETRAL

Temperatura 30 °C

Brazo Móvil 2,4 m

PESO EJE TRASERO 11630 KG

FC por peso de eje: 0,71

Tramo:

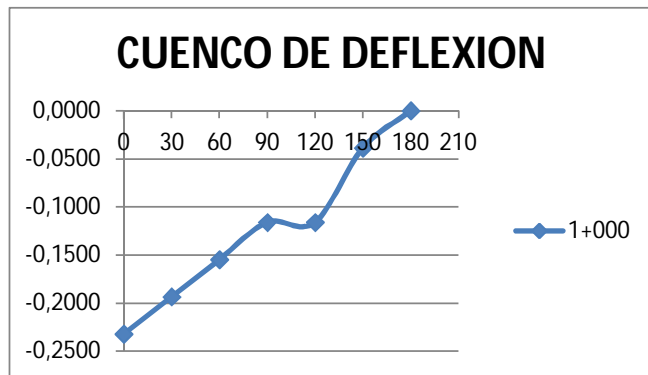
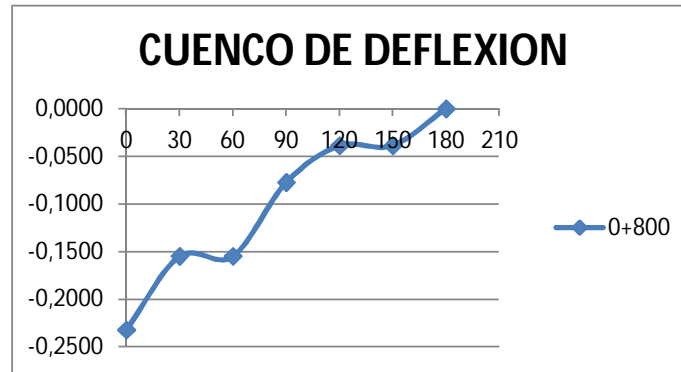
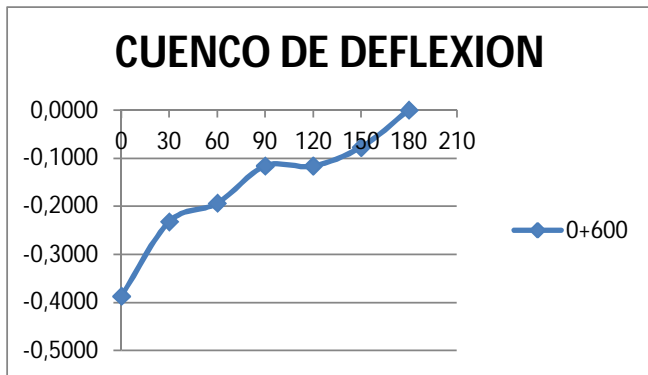
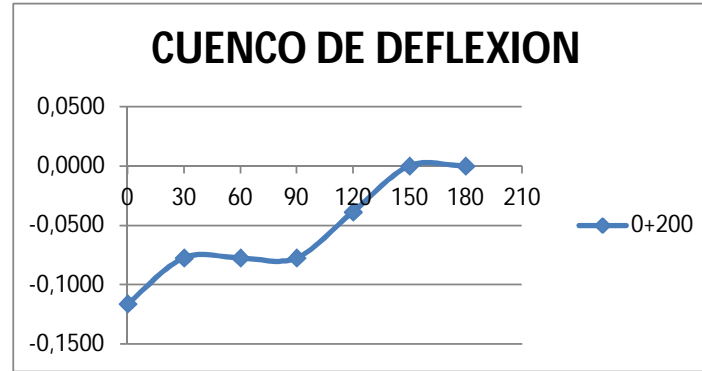
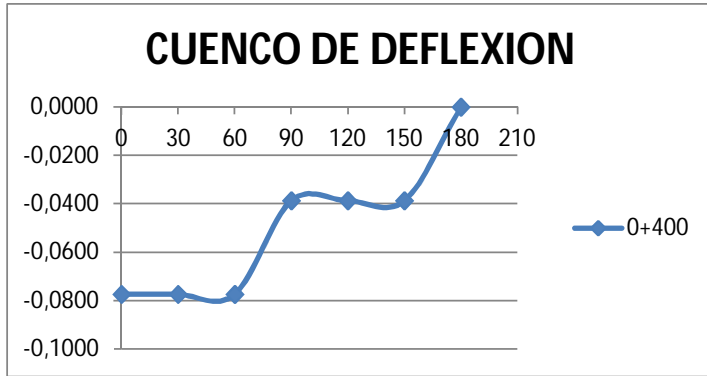
FC por temperatura: 0,9

LECTURAS CORREGIDAS (mm)										
Abscisa	Carril	$\delta 0$	$\delta 30$	$\delta 60$	$\delta 90$	$\delta 120$	$\delta 150$	$\delta 180$	Area (mm)	Rc (m)
9+100	I	0,1934	0,1547	0,1160	0,1160	0,0387	0,0000	0,0000	660,00	11632,98
9+300	I	0,2321	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	575,00	5816,49
9+500	I	0,3095	0,2708	0,2321	0,2321	0,0387	0,0387	0,0387	750,00	11632,98
9+700	I	0,1160	0,0774	0,0774	0,0387	0,0000	0,0000	0,0000	600,00	11632,98
9+900	I	0,1547	0,1547	0,1160	0,1160	0,0774	0,0387	0,0387	787,50	α
Prom δ_0								0,2012		
σ de δ_0								0,0744		
δ car								0,3500		

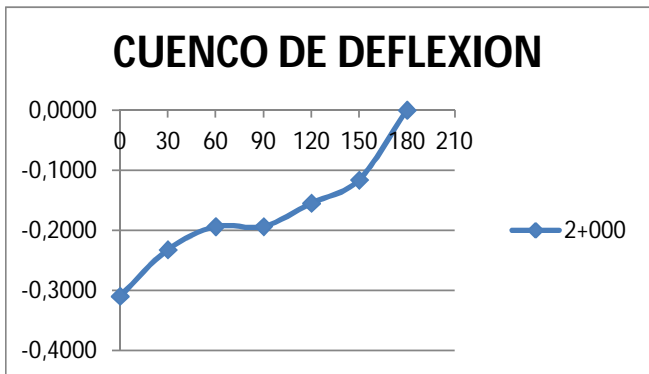
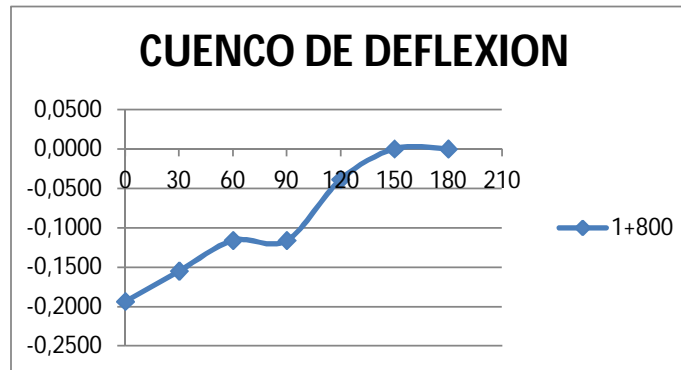
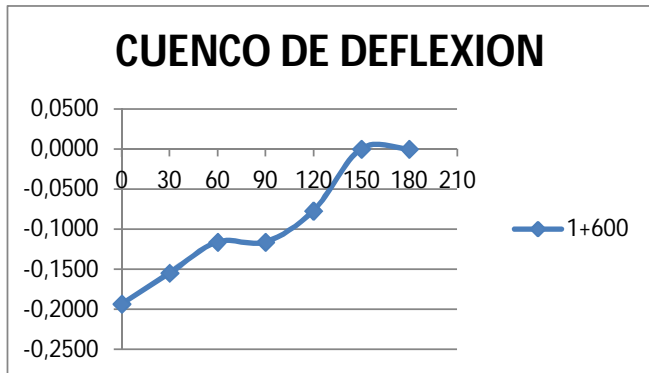
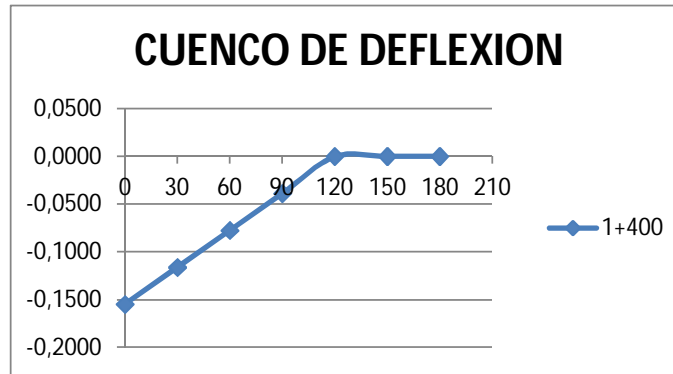
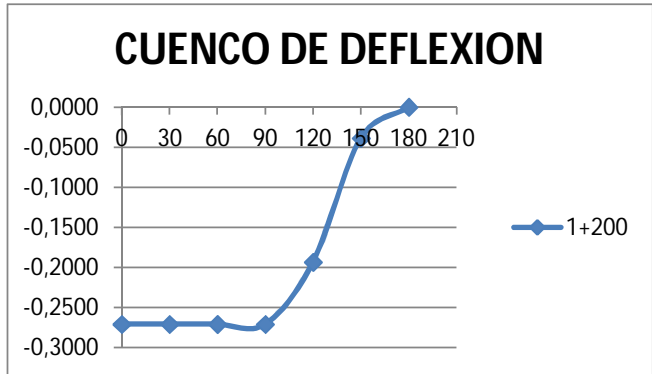
TABLAS DE AREA Y RADIO CURVATURA

Area >525	79	
Area <525	21	
Area prom	612,13	6951,93 Rc prom
Area may	900,00	11632,98 Rc mayor
Area Men	407,14	1454,12 Rc menor

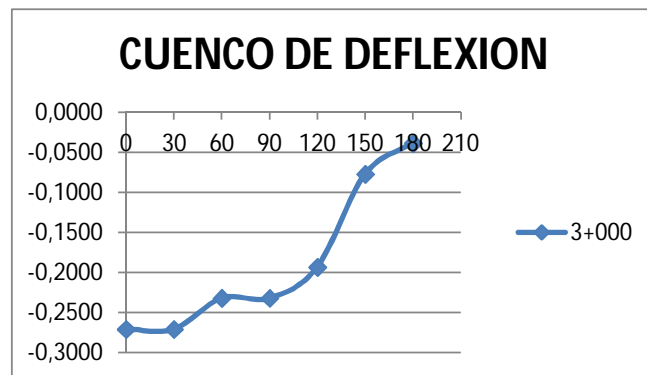
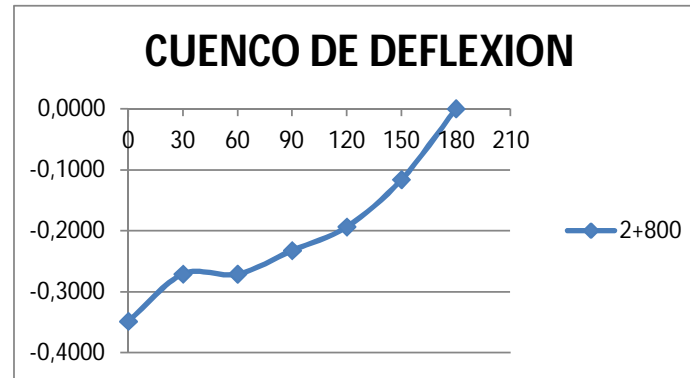
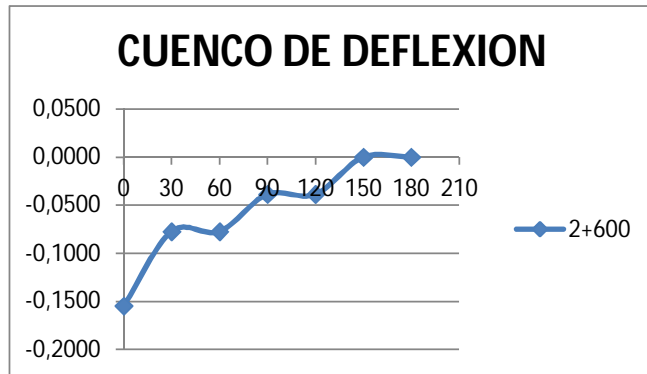
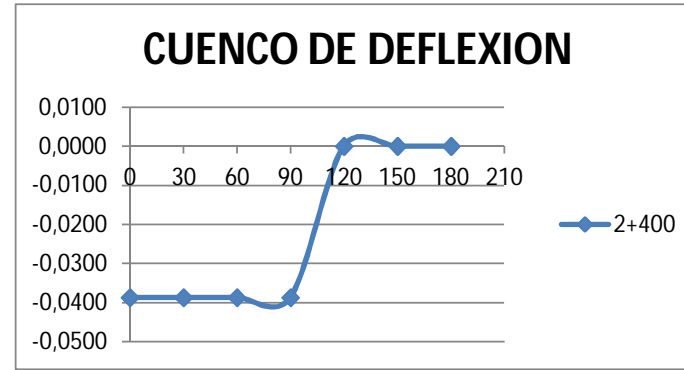
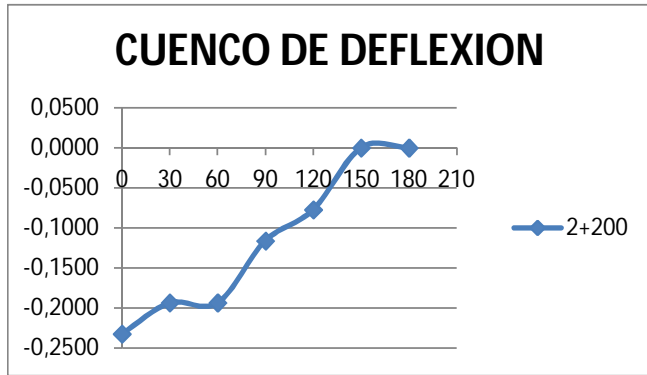
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



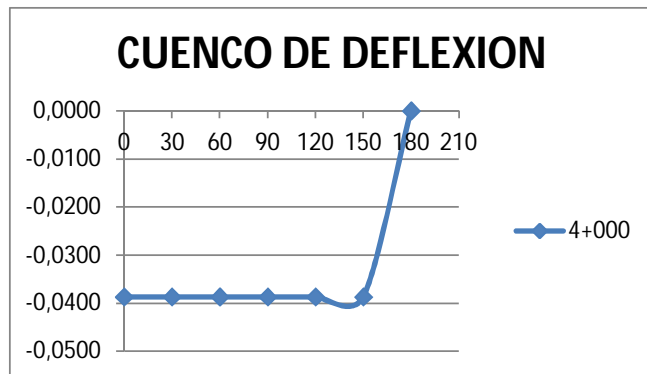
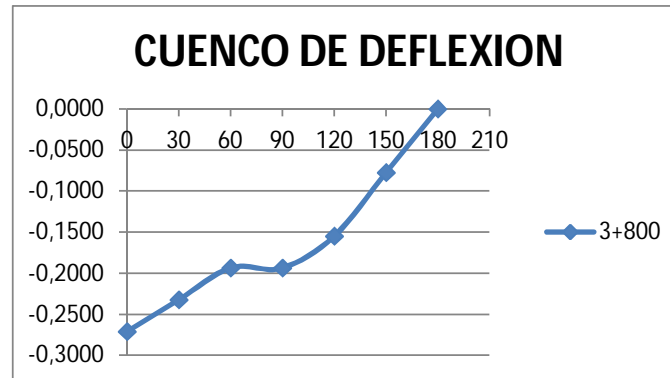
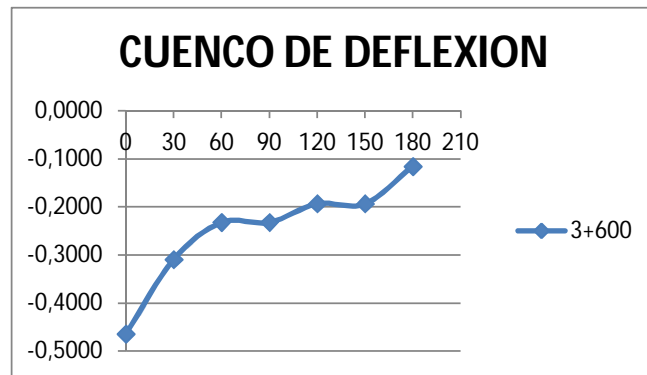
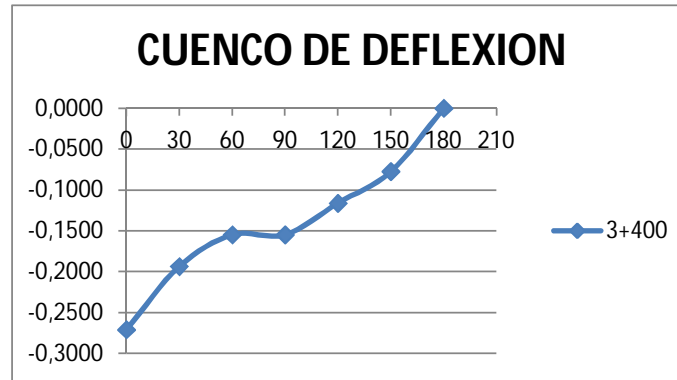
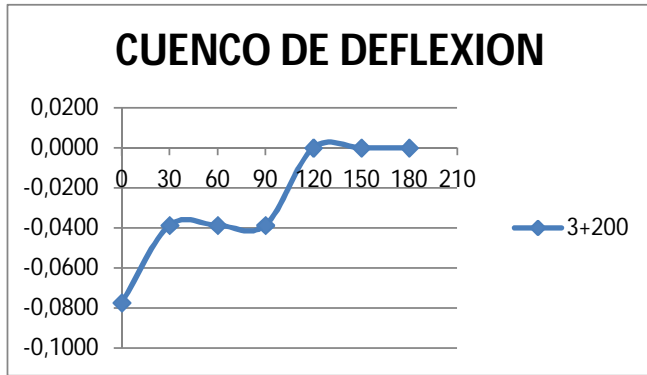
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



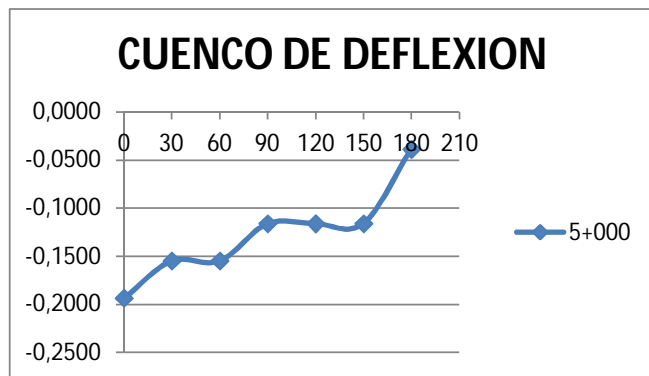
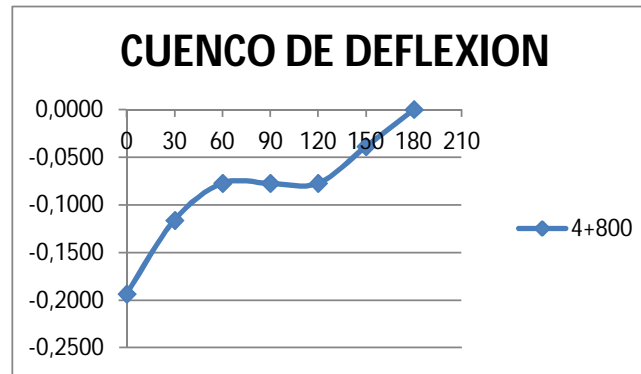
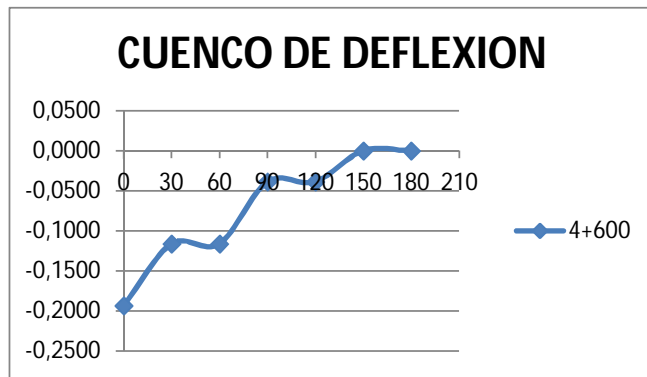
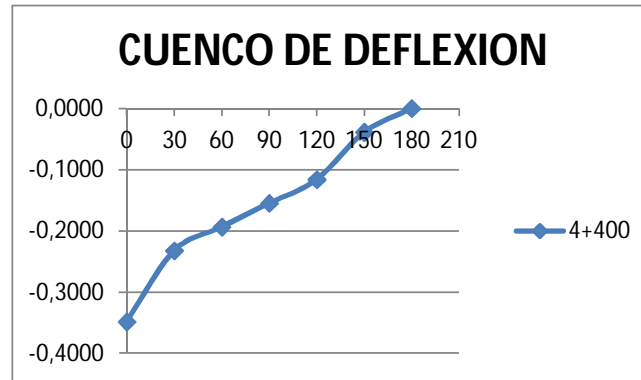
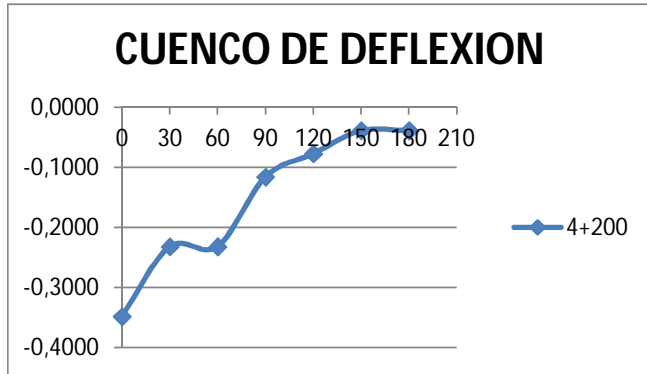
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



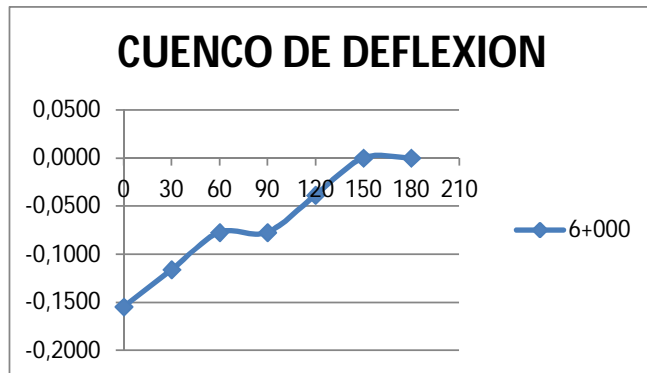
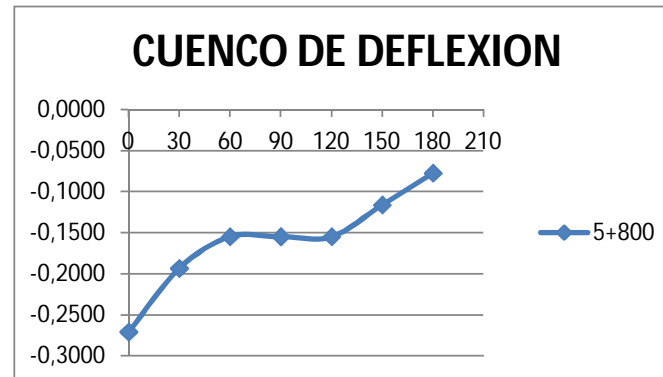
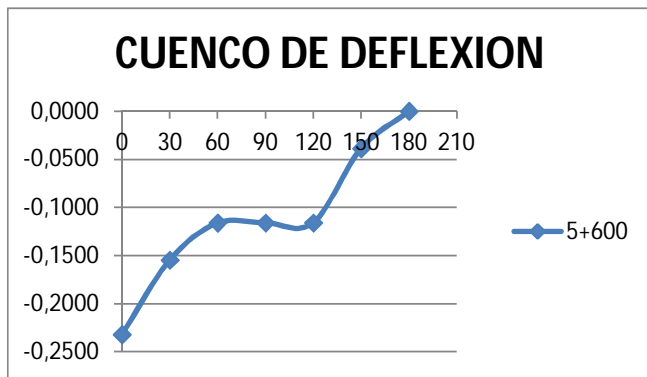
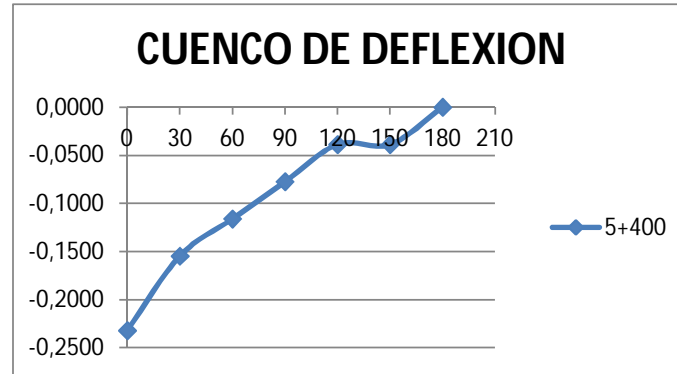
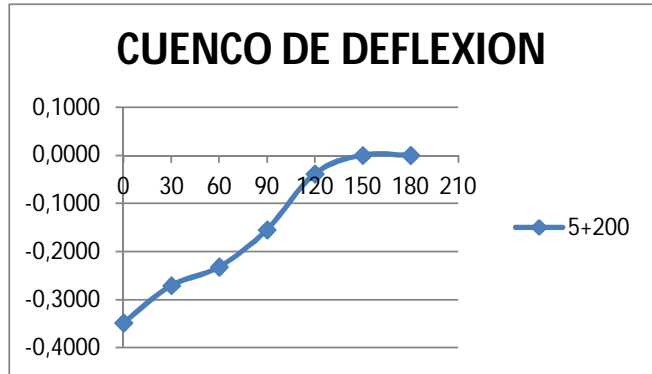
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



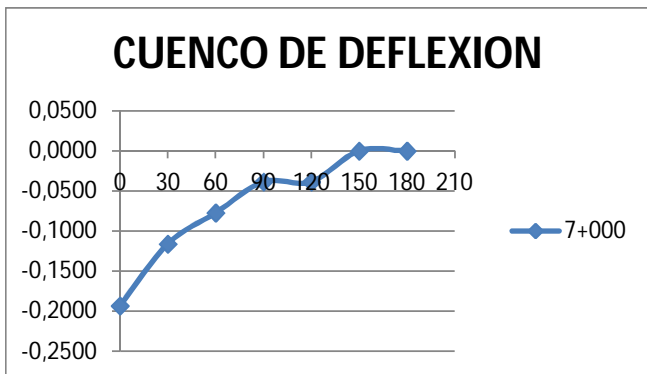
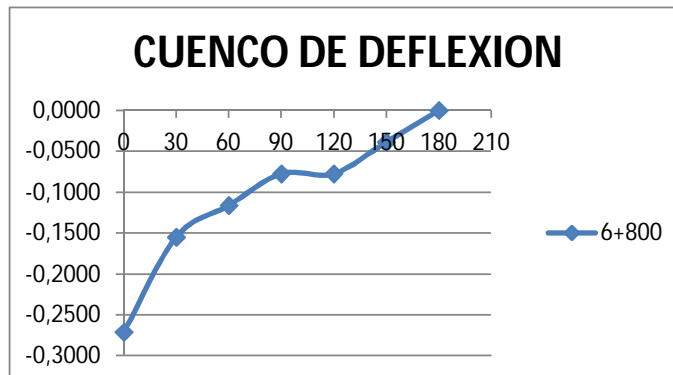
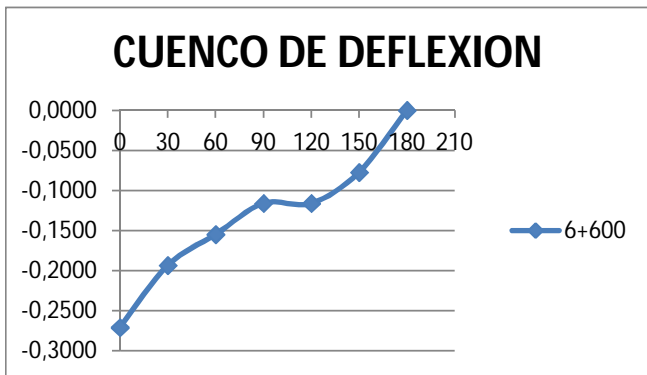
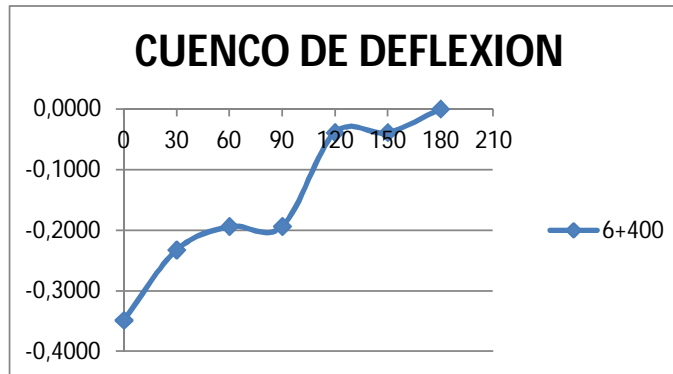
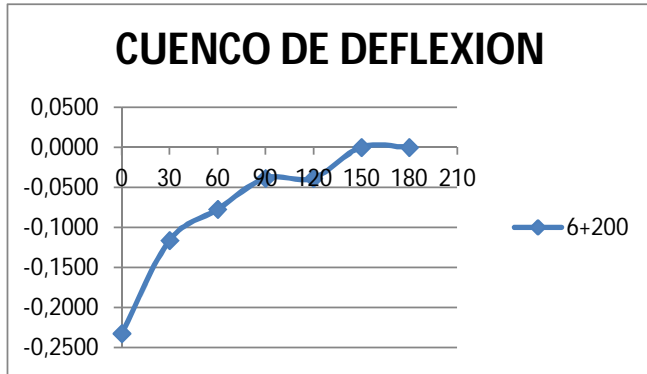
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



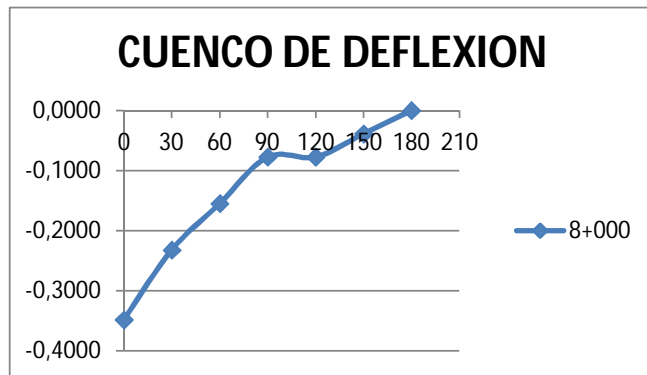
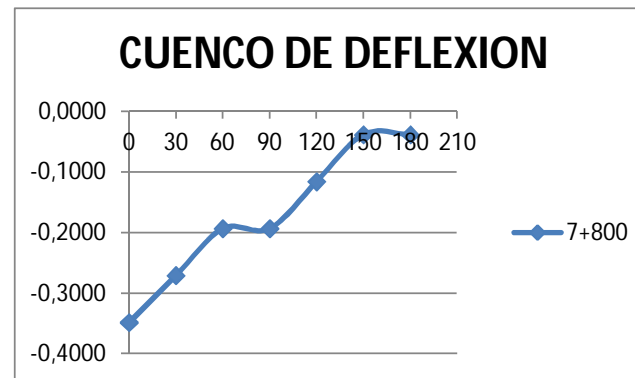
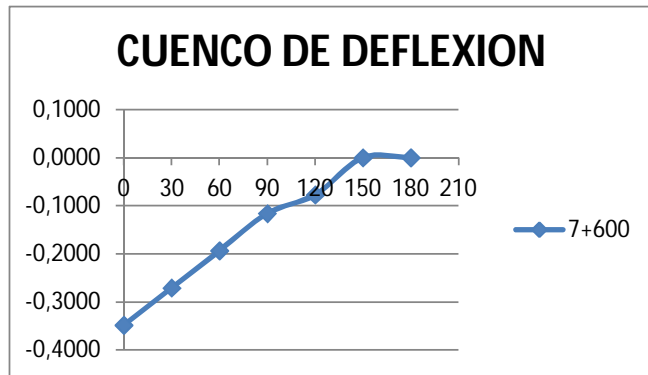
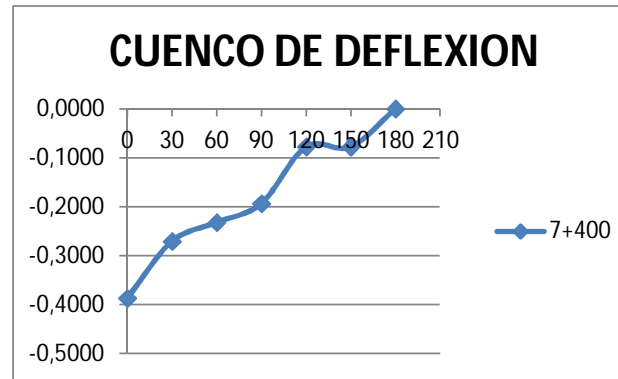
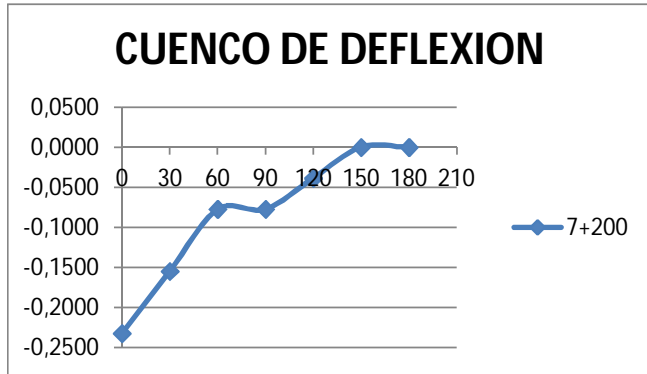
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



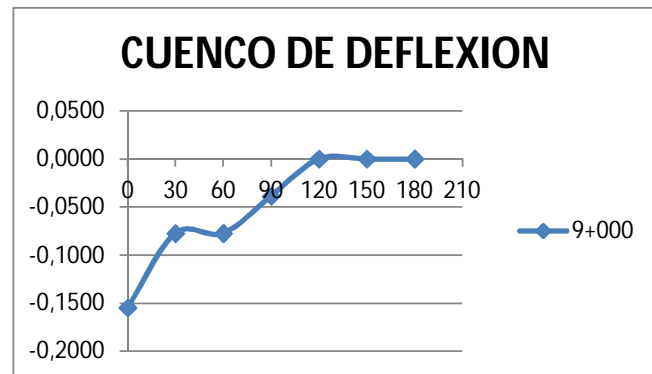
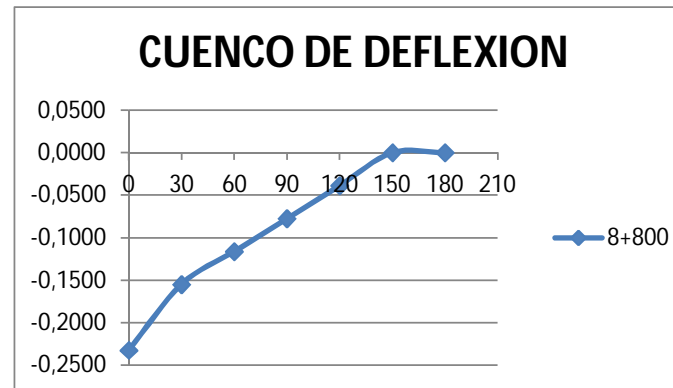
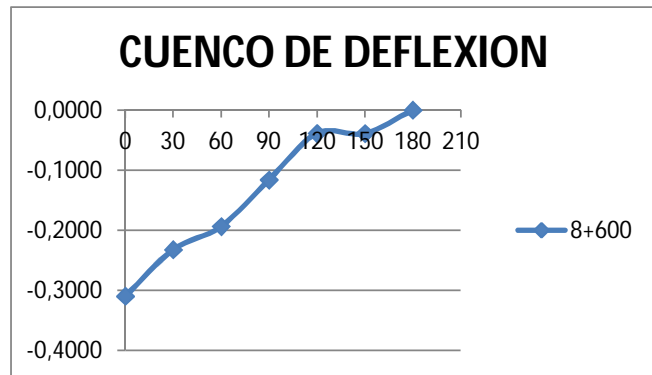
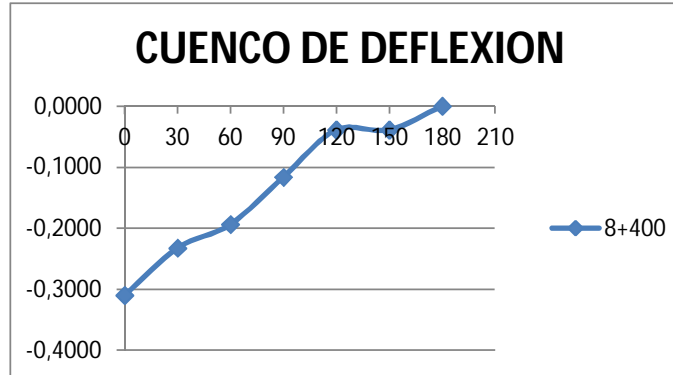
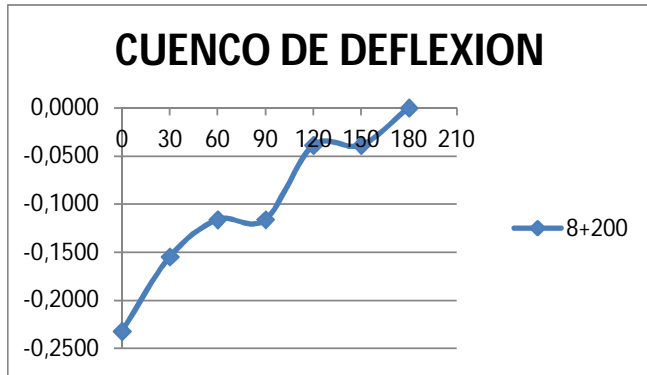
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



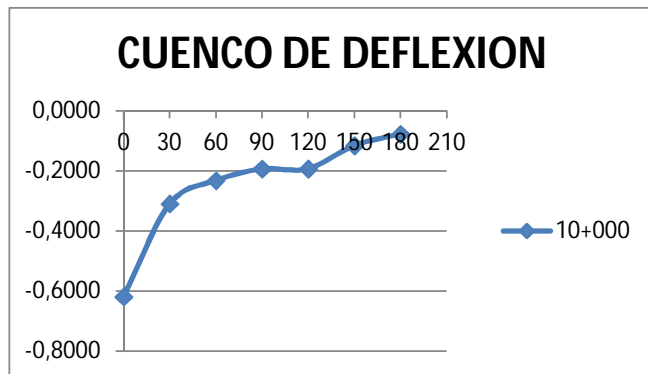
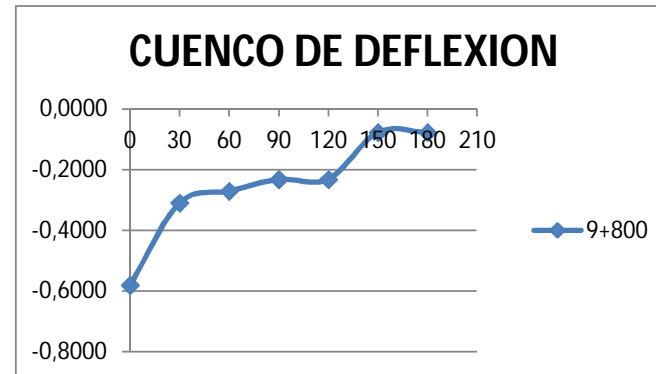
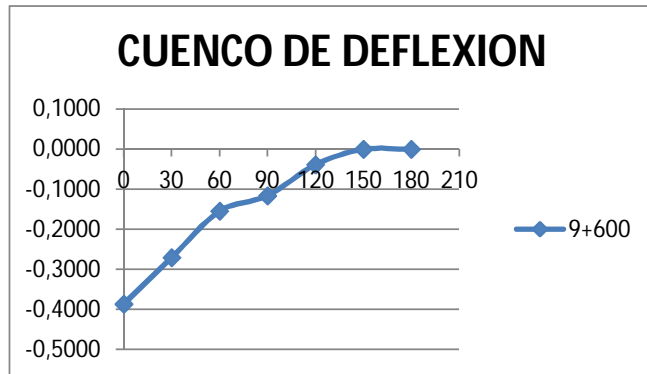
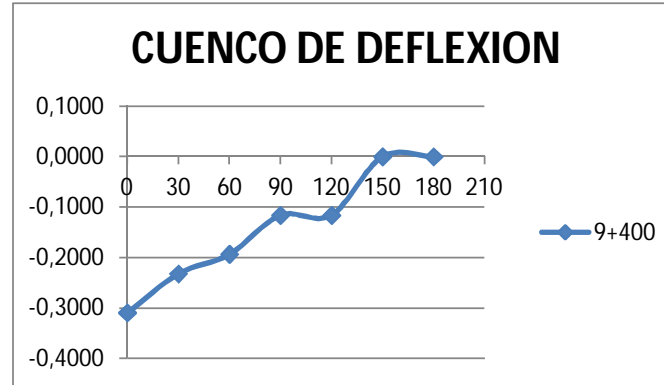
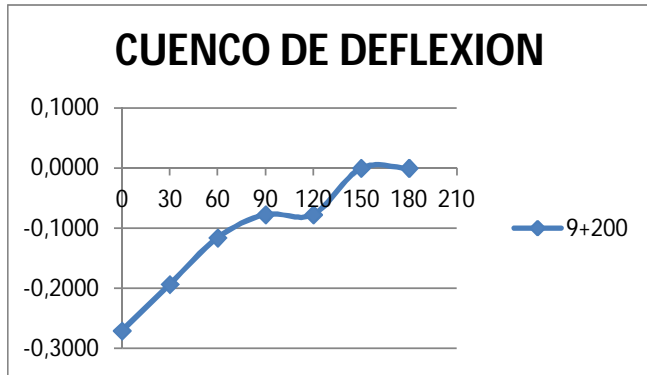
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



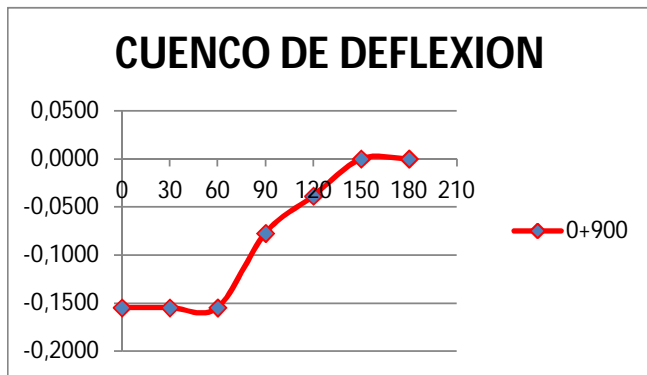
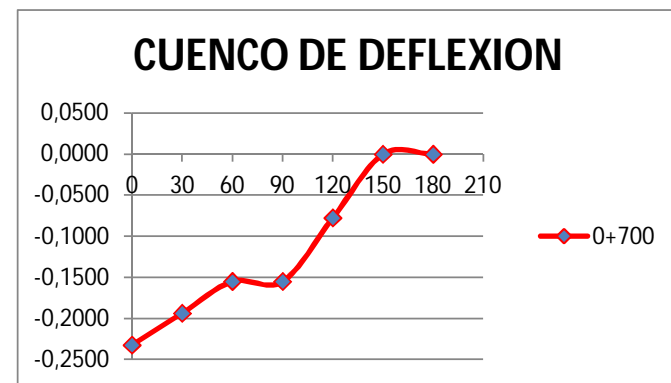
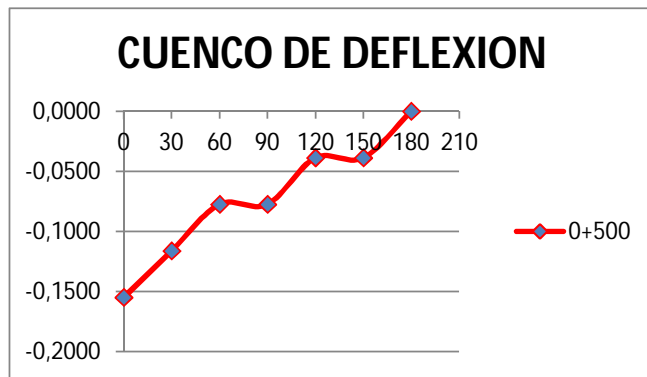
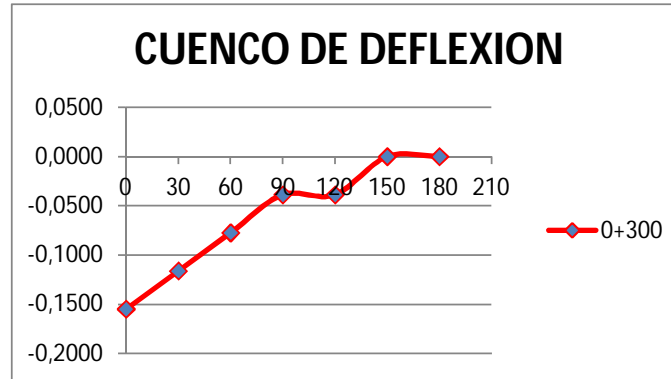
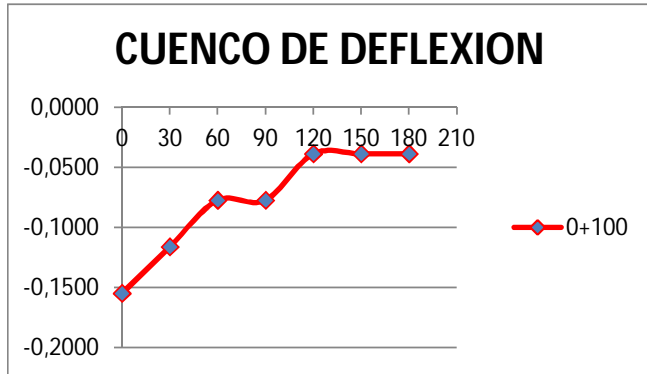
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



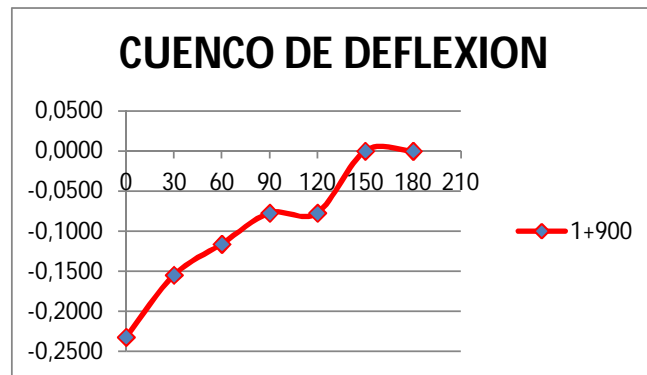
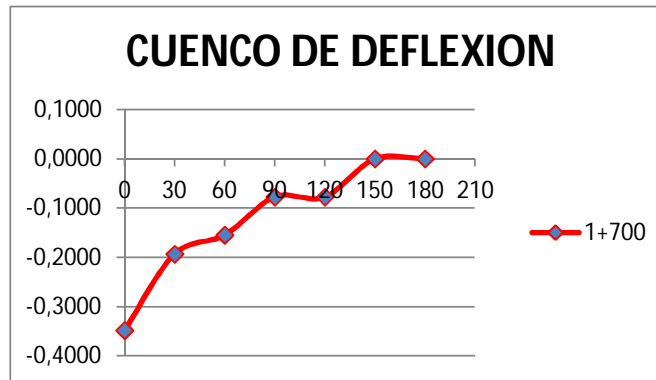
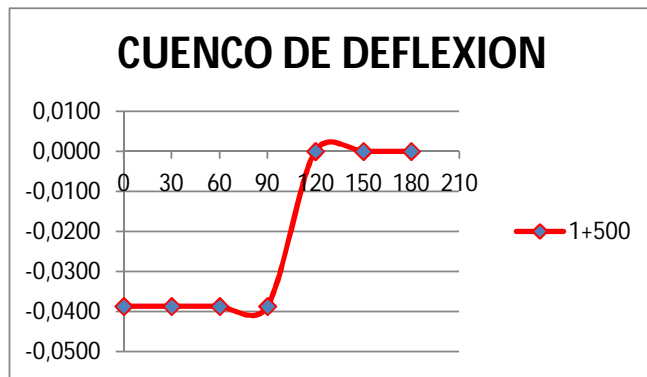
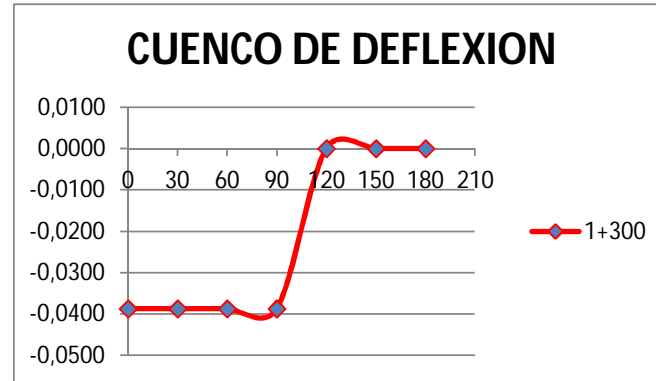
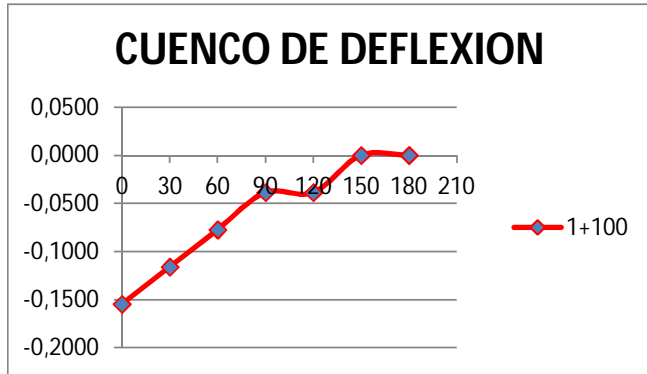
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



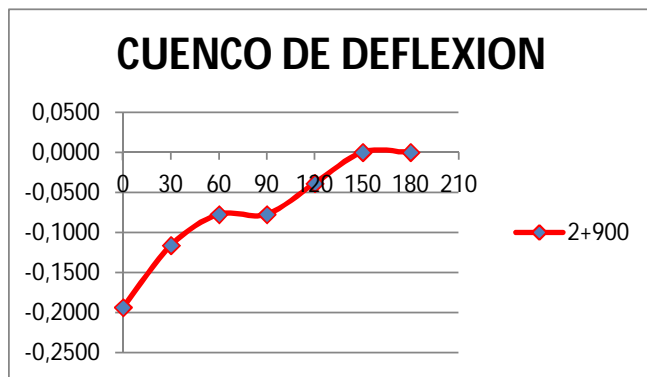
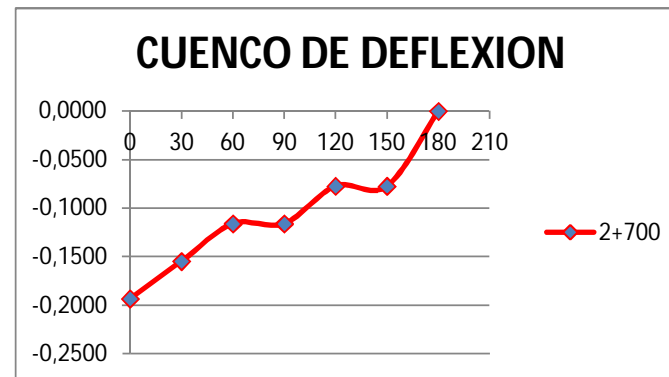
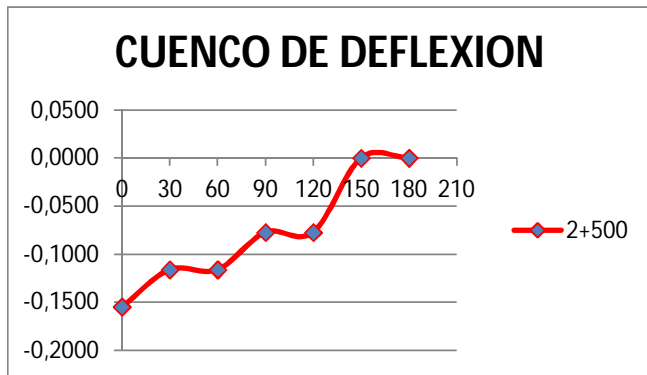
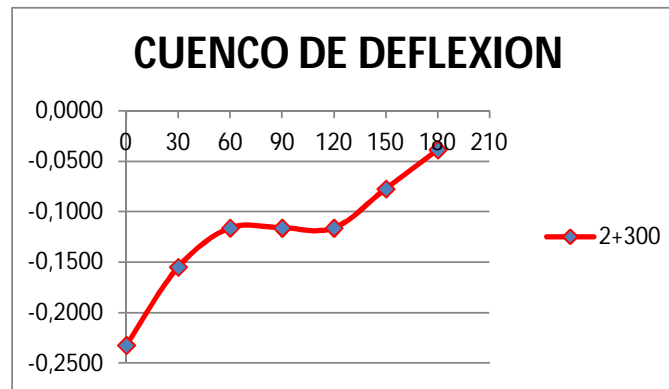
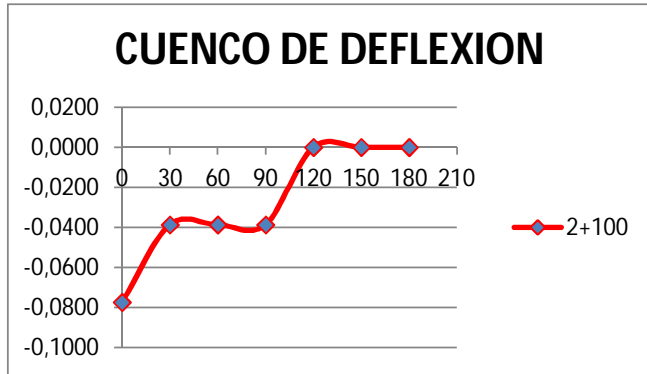
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



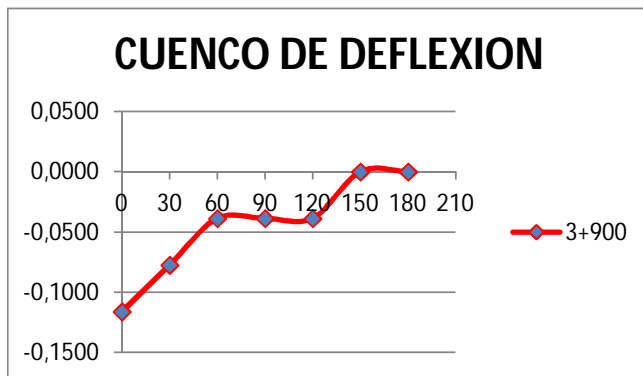
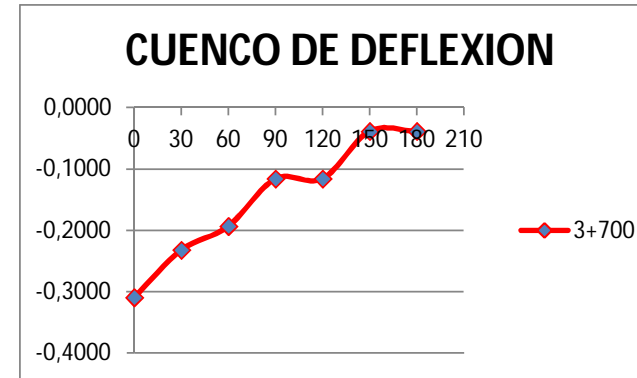
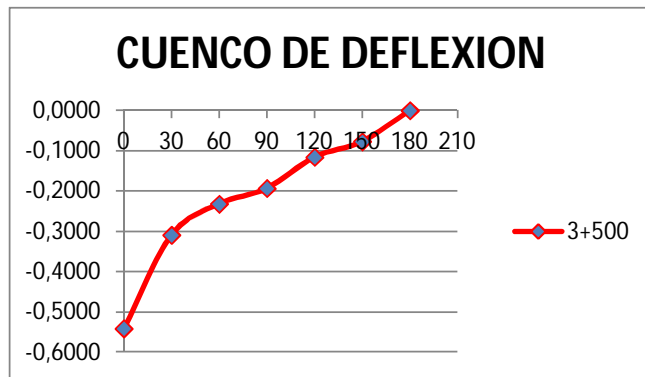
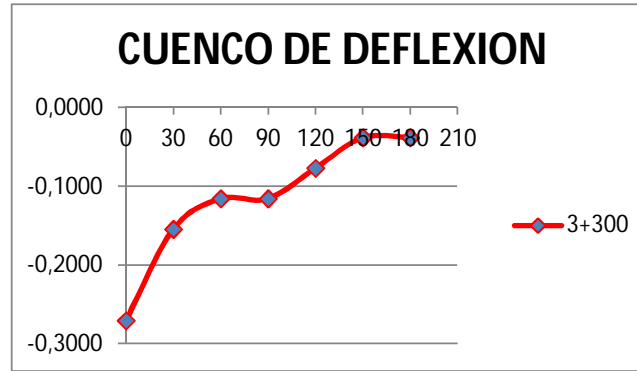
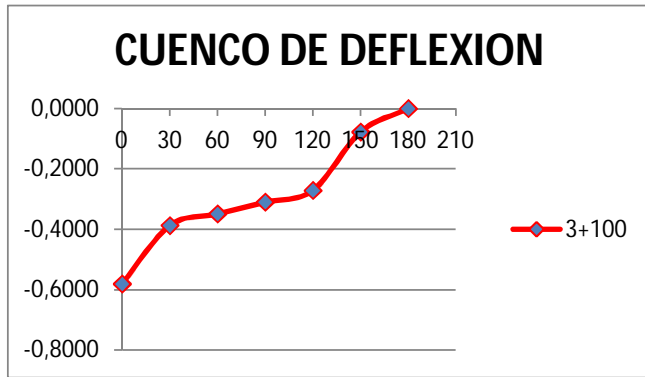
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



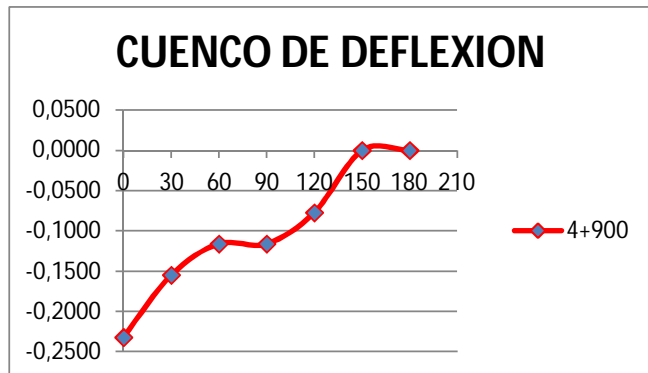
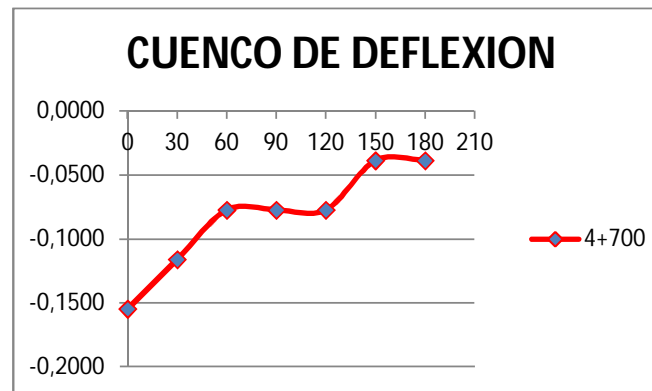
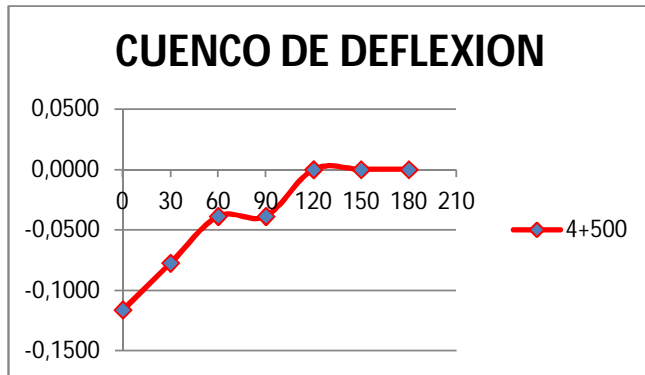
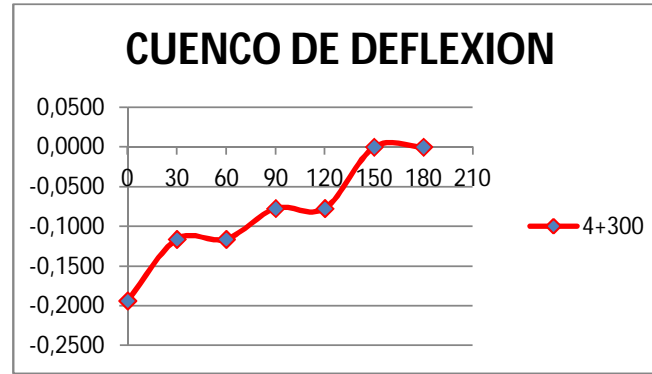
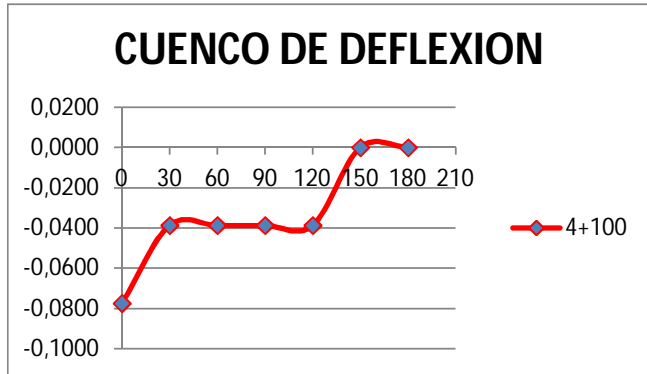
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



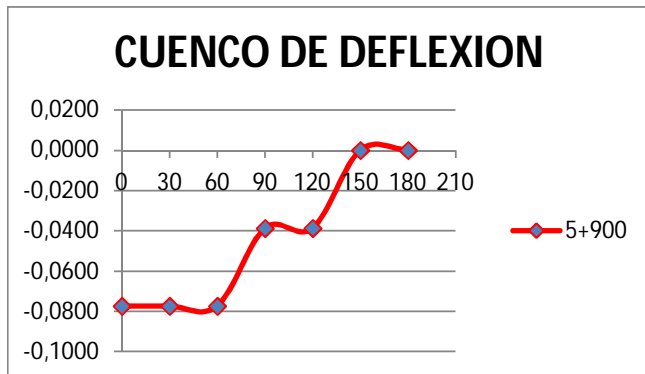
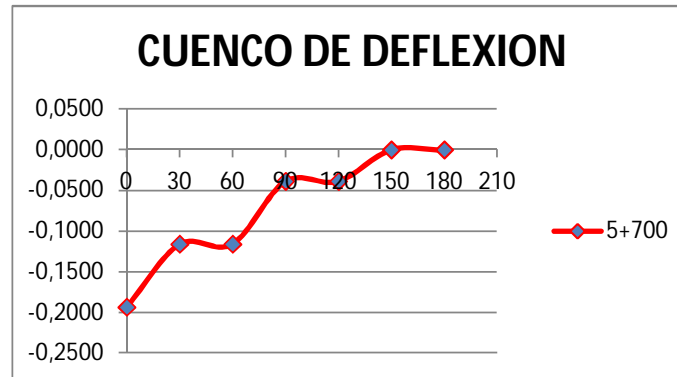
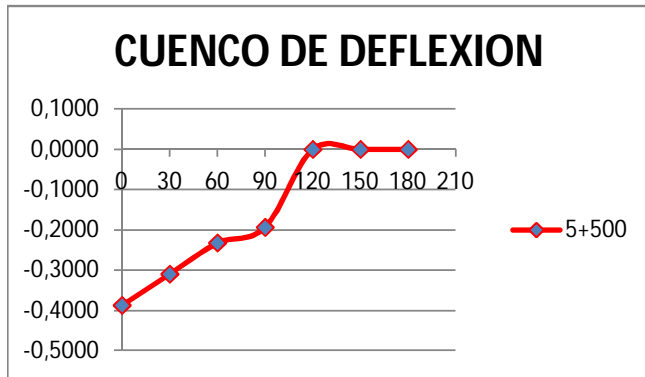
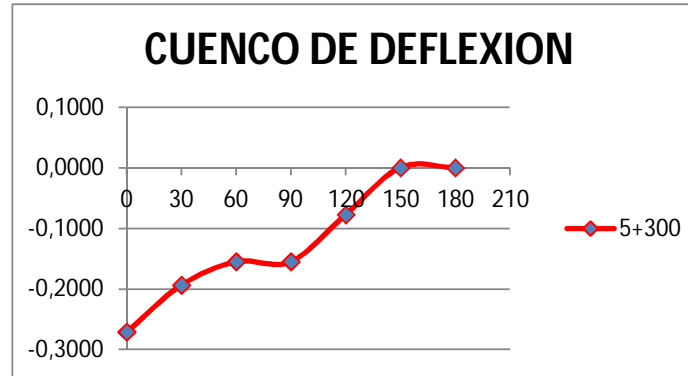
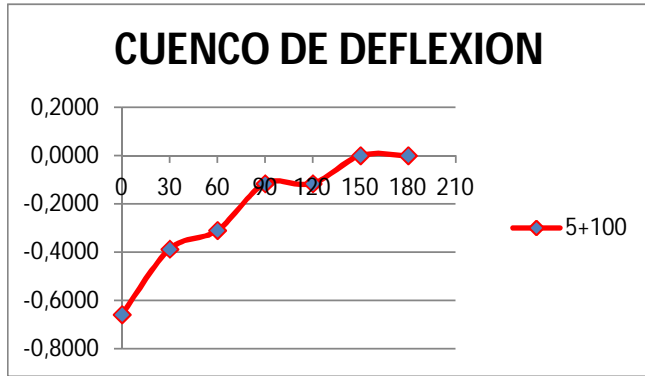
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



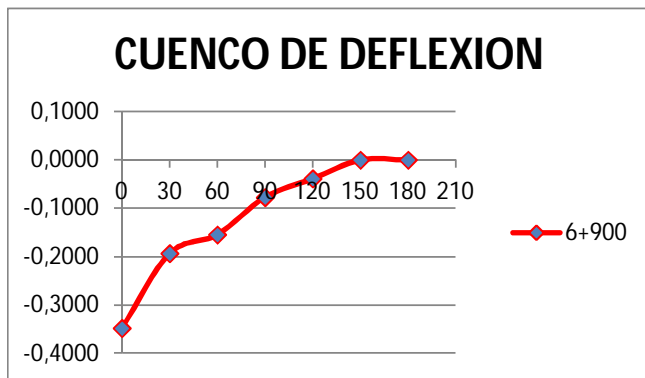
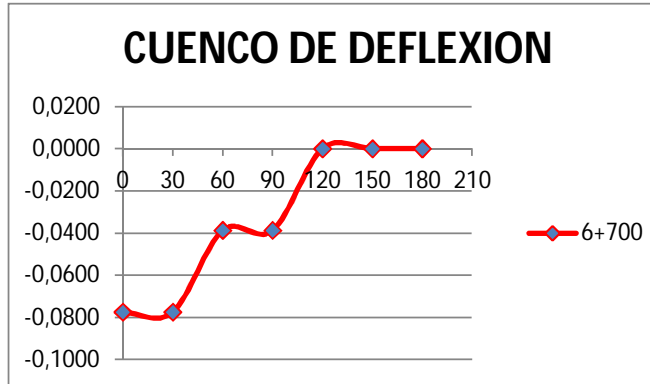
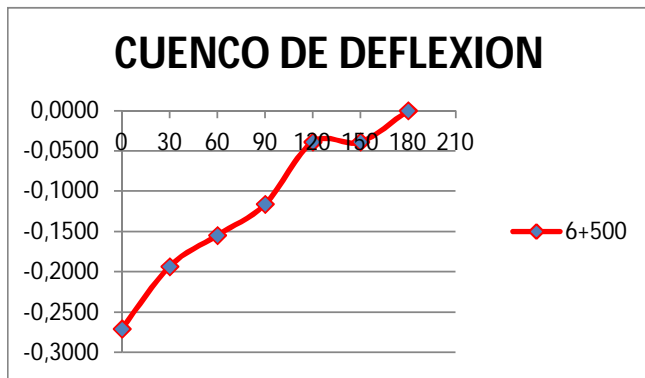
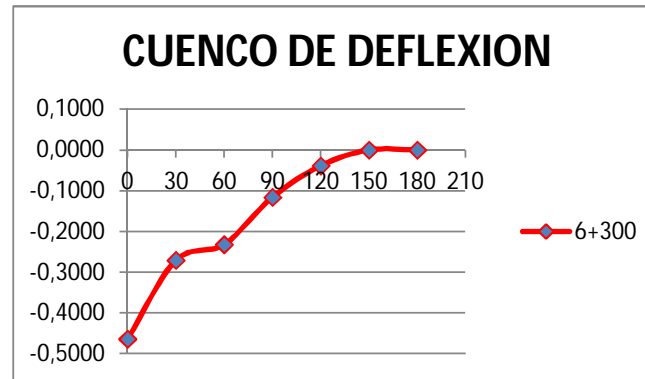
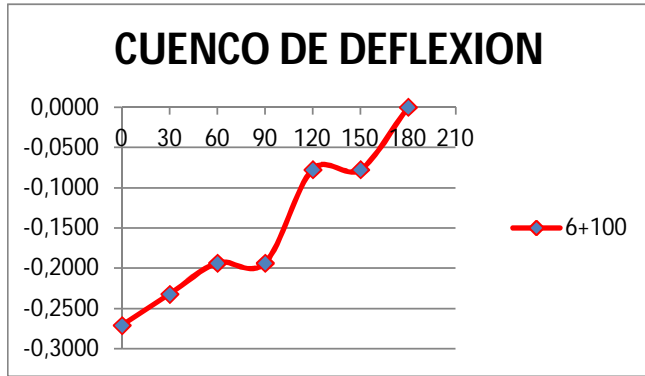
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



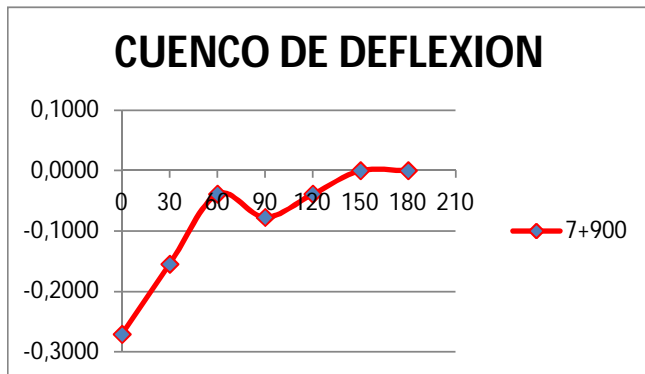
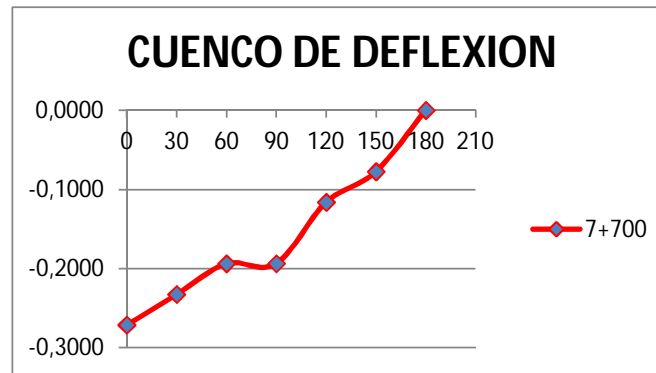
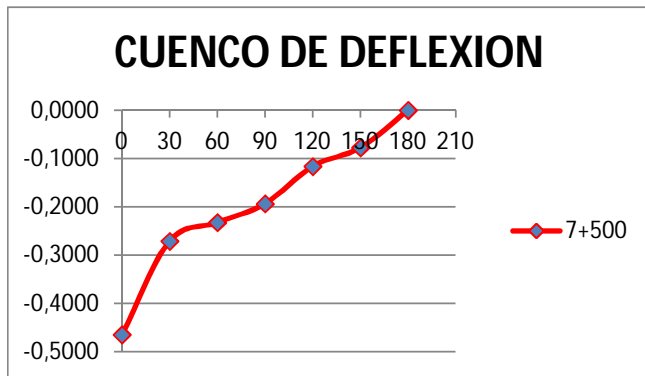
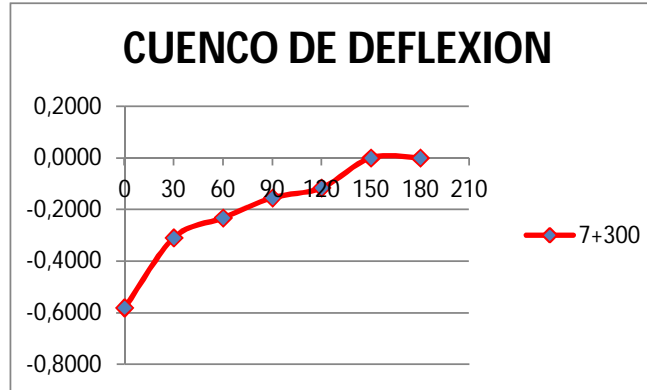
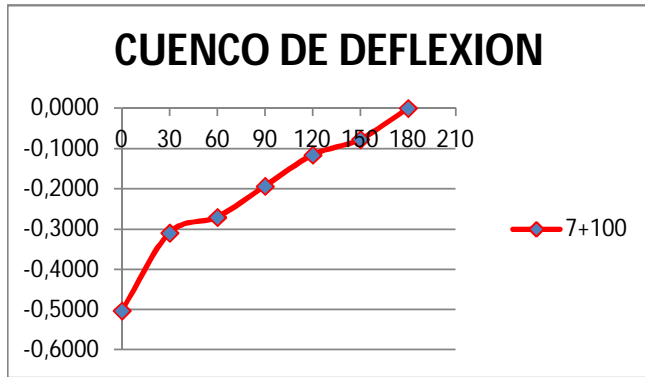
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



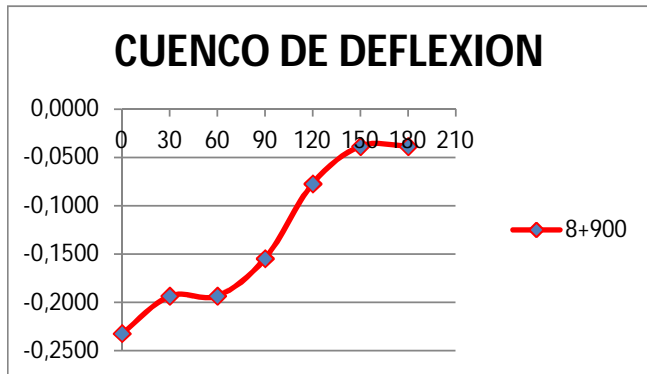
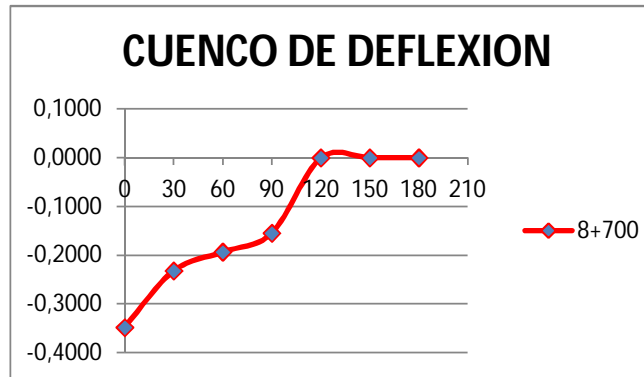
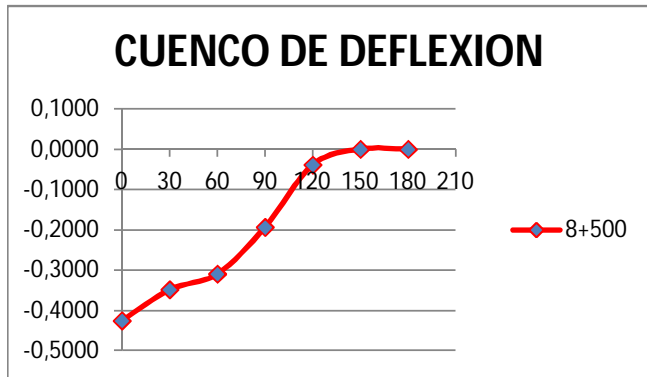
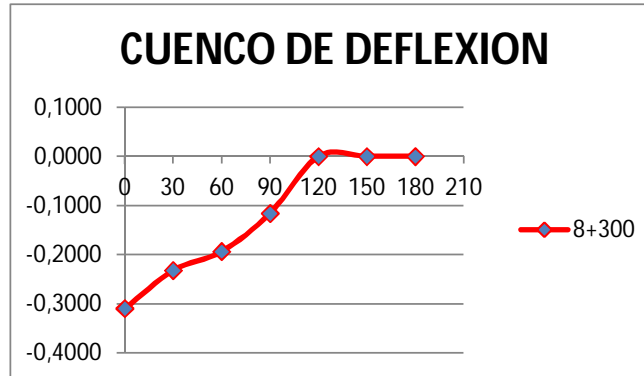
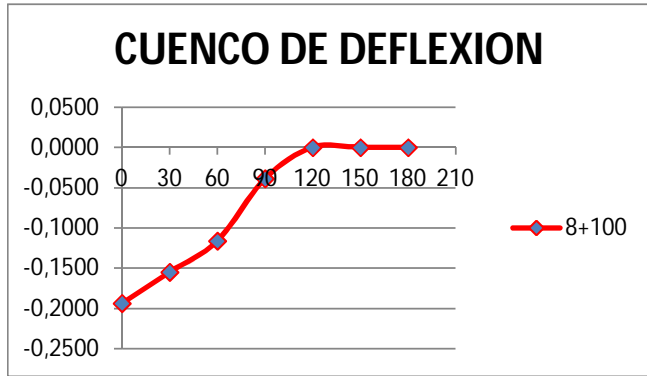
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



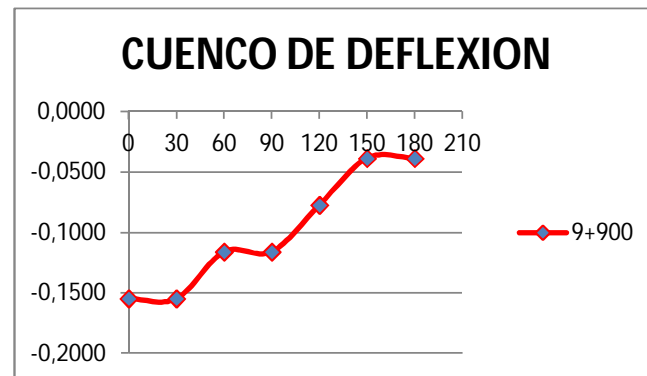
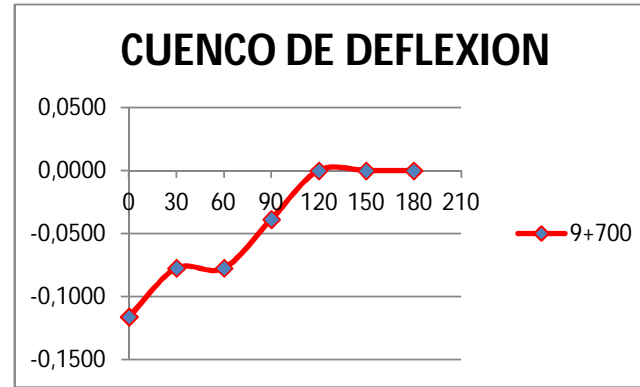
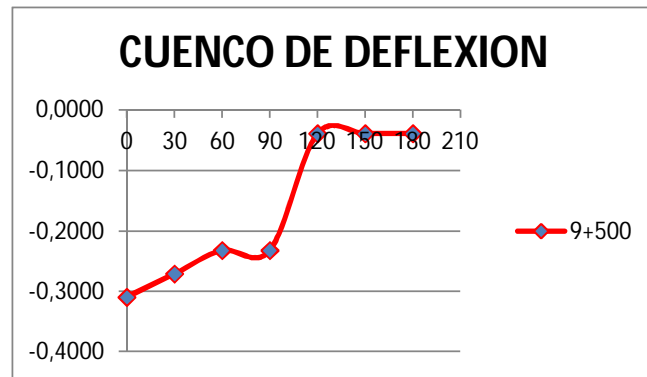
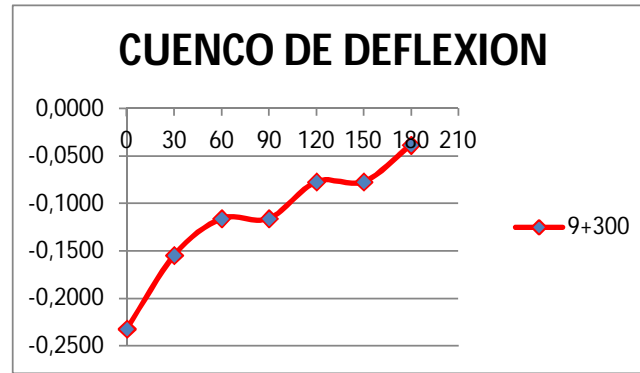
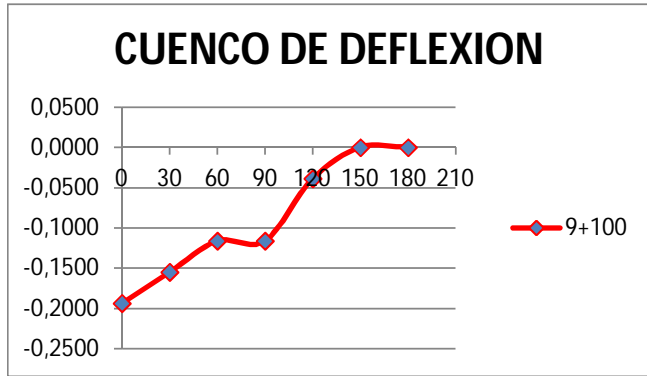
DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



DIAGRAMAS DEL CUENCO DE DEFLEXION



CALCULO DEL TIEMPO DE VIDA DEL PAVIMENTO ANTES DE UNA SOBRECAPA
 INSTITUTO DE ASFALTO
 MÉTODO DE LA DEFLEXIÓN DE REBOTE REPRESENTATIVA

Tramo	δ_{rrd} (mm)	ESALactual	ESALr	Factor Crecimiento	AÑOS ESTIMADOS
0+200-1+000	0,4511	7,2E+06	1,8E+07	2,5	2,43
1+200-2+000	0,3515	7,2E+06	4,9E+07	6,8	6,13
2+200-3+000	0,4448	7,2E+06	1,9E+07	2,6	2,52
3+200-4+000	0,5677	7,2E+06	6,8E+06	1,0	1
4+200-5+000	0,4248	7,2E+06	2,2E+07	3,1	2,98
5+200-6+000	0,3881	7,2E+06	3,2E+07	4,5	4,21
6+200-7+000	0,3778	7,2E+06	3,6E+07	5,1	4,73
7+200-8+000	0,4500	7,2E+06	1,8E+07	2,5	2,43
8+200-9+000	0,3770	7,2E+06	3,7E+07	5,1	4,73
9+200-10+000	0,7494	7,2E+06	2,2E+06	0,3	0,3
				G.F Promedio	3,3

De tabla III-3 del Factor de Crecimiento del Instituto de Asfalto y un factor de crecimiento de tráfico del 4%

Años estimados antes de sobrecapa 3,15

Tramo	δ_{rrd} (mm)	ESALactual	ESALr	Factor Crecimiento	AÑOS ESTIMADOS
0+100-0+900	0,2394	7,2E+06	2,4E+08	33,0	21,35
1+100-1+900	0,4271	7,2E+06	2,2E+07	3,1	2,98
2+100-2+900	0,2875	7,2E+06	1,1E+08	15,5	12,29
3+100-3+900	0,7528	7,2E+06	2,1E+06	0,3	0,3
4+100-4+900	0,2771	7,2E+06	1,3E+08	18,1	13,87
5+100-5+900	0,7596	7,2E+06	2,1E+06	0,3	0,3
6+100-6+900	0,5684	7,2E+06	6,8E+06	1,0	1
7+100-7+900	0,6989	7,2E+06	2,9E+06	0,4	0,4
8+100-8+900	0,4864	7,2E+06	1,3E+07	1,8	1,77
9+100-9+900	0,3500	7,2E+06	5,0E+07	6,9	6,22
				G.F Promedio	8,0

De tabla III-3 del Factor de Crecimiento del Instituto de Asfalto y un factor de crecimiento de tráfico del 4%

Años estimados antes de sobrecapa 7,07

DISEÑO DE CARPETAS SOBRE PAVIMENTOS ANTIGUOS
INSTITUTO DE ASFALTO
MÉTODO DE LA DEFLEXIÓN DE REBOTE REPRESENTATIVA

SENTIDO P.MARÍTIMO - PROSPERINA

Abscisa	δ_{rrd} (mm)	q (kPa)	a (mm)	E2 (Mpa)	Carga (kN)	ESALproyecto	δd (req)	E1 (Mpa)	h1 (mm)	δd (esperado)	AREA	IRI
0+200 - 1+000	0,4511	552	152	279,00	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	655,00	3,11
1+200 - 2+000	0,3515	552	152	358,05	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,35	577,25	3,57
2+200 - 3+000	0,4448	552	152	282,95	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	732,98	2,78
3+200 - 4+000	0,5677	552	152	221,69	40,07	35.000.000	0,38	3.000	90	0,38	670,00	2,56
4+200 - 5+000	0,4248	552	152	296,27	40,07	35.000.000	0,38	3.000	45	0,38	590,67	5,96
5+200 - 6+000	0,3881	552	152	324,29	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,39	599,29	5,4
6+200 - 7+000	0,3778	552	152	333,13	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,38	519,57	2,5
7+200 - 8+000	0,4500	552	152	279,68	40,07	35.000.000	0,38	3.000	55	0,38	573,00	3,96
8+200 - 9+000	0,3770	552	152	333,84	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,38	570,00	3,98
9+200 - 10+000	0,7494	552	152	167,94	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,38	529,77	3,12

SENTIDO PROSPERINA - P. MARÍTIMO

0+100 - 0+900	0,2394	552	152	525,71	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,24	657,50	5,54
1+100 - 1+900	0,4271	552	152	294,68	40,07	35.000.000	0,38	3.000	45	0,38	679,17	3,18
2+100 - 2+900	0,2875	552	152	437,76	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,29	589,00	3,14
3+100 - 3+900	0,7528	552	152	167,18	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,39	549,32	3
4+100 - 4+900	0,2771	552	152	454,19	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,28	554,00	3,98
5+100 - 5+900	0,7596	552	152	165,69	40,07	35.000.000	0,38	3.000	125	0,39	625,11	3,12
6+100 - 6+900	0,5684	552	152	221,42	40,07	35.000.000	0,38	3.000	90	0,38	599,88	2,48
7+100 - 7+900	0,6989	552	152	180,08	40,07	35.000.000	0,38	3.000	120	0,38	539,41	3,78
8+100 - 8+900	0,4864	552	152	258,75	40,07	35.000.000	0,38	3.000	70	0,38	646,78	3,36
9+100 - 9+900	0,3500	552	152	359,59	40,07	35.000.000	0,38	3.000	0	0,35	674,50	2,78