

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

1.1.- INTRODUCCIÓN

La Red Vial Fundamental de Bolivia tiene una extensión de 16.054,35 km y se encuentra a lo largo de todo el país. La conforman cinco corredores principales: Este – Oeste, Norte – Sur, Oeste – Norte, Oeste – Sur y Central – Sur, con algunas vías ubicadas por encima de los 4000 m.s.n.m. y con ciclos de calentamiento- enfriamiento en lapsos relativamente muy cortos que producen cambios volumétricos que originan fallas que se hacen más severas con el paso de los años.

El desarrollo económico del país a tasas importantes exige una conectividad terrestre más expedita y segura, que disminuya los tiempos de traslado y favorezca la productividad del país. Si se considera que el flujo de automóviles aumenta de forma continua año tras año, que las velocidades de circulación se incrementan con las mayores potencias en los vehículos y que por falta de control, el transporte pesado en las rutas, con frecuencia se realiza con sobrecargas importantes, la probabilidad de que las vías pavimentadas se destruyan antes que la vida útil proyectada es muy alta. Pero no se puede hablar de una causa única del deterioro de las rutas. Las fallas que afectan al pavimento se producen por múltiples factores: podría ser el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje en caso de precipitaciones, del efecto de sollicitaciones externas como carga vehicular y agentes climáticos, entre otros.

En la actualidad el refuerzo o recapado de pavimentos es un tema que se toma en cuenta en muchos países del mundo, el mismo forma parte de los procedimientos para rehabilitar y extender la vida de numerosos pavimentos que en la actualidad evidencian síntomas de agotamiento o se manifiestan insuficientes para poder soportar las repeticiones del tránsito que se prevé circularan por los mismos en el futuro.

Debido a la falta de recursos económicos del país para las carreteras y los altos costos de construcción de éstas, es necesario pensar en el mantenimiento y mejoramiento de las vías existentes, se hace necesario crear una cultura en cuanto a mantenimiento y rehabilitación de

la red vial para brindar un buen funcionamiento y comodidad a los usuarios de las vías, quienes finalmente son los beneficiarios de este servicio.

1.2.- JUSTIFICACIÓN

Consientes que actualmente la ciudad de Tarija tiene un gran parque automotor, y que las vías de comunicación terrestre son uno de los medios más utilizados para las interconexiones entre ciudades; y para el desarrollo económico, cito la atención el hecho de que, uno de los principales ingresos económicos de la ciudad de Tarija es la vitivinicultura y el turismo ; puesto que el tramo El portillo – Cruce el Valle es parte de la carretera pavimentada Tarija – Bermejo, la misma que presenta deterioros lo cual perjudica al traslado de los productores de la zona y provoca mala impresión del turista al transitar por dicha carretera.

Por esta razón el estudio de las causas que originan las fallas en el pavimento flexible, es importante porque así se podrá atacar el problema y encontrar posibles soluciones a la misma y así establecer un aporte en el mejoramiento, prevención, recuperación y control de dicha vía de la ciudad de Tarija.

1.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1.- Situación problemática

El pavimento es una de las pocas estructuras civiles que tiene un período de diseño finito, por lo que su falla está prevista al término de ésta. Esto significa que durante el período de vida de una estructura de pavimento, la misma iniciará un proceso de deterioro, tal que al final de su vida útil manifestará un conjunto de fallas que reducirán su calidad de rodaje y en definitiva incrementarán los costos de los usuarios y los costos de mantenimiento por parte de la Entidad responsable.

Independientemente del proceso de deterioro “natural” en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de mantenimiento y rehabilitación de las mismas, prácticamente desde el inicio de su período de diseño, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas pueden afectar a la estructura y de esta manera optimizar los recursos disponibles para una eventual rehabilitación, sin necesidad de ejecutar trabajos de reconstrucción de la estructura.

1.3.2.- Problema

¿Cuál es la condición actual en servicio del recapado del pavimento flexible en el tramo el Portillo Cruce el Valle, y este ofrece a los usuarios la posibilidad de un rodaje, cómodo y seguro?

1.4.- OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN

1.4.1.- Objetivo general

Analizar el comportamiento del recapado en el tramo El Portillo – Cruce el Valle, aplicando metodologías de evaluación, con la finalidad de obtener su condición actual de servicio.

1.4.2.- Objetivos específicos

- Consultar la bibliografía existente acerca de las metodologías empleadas en la evaluación de pavimentos flexibles.
- Identificar las fallas superficiales y determinar el nivel de severidad de cada uno de los tipos de fallas, presentes en el pavimento flexible aplicando metodologías de evaluación superficial.
- Valorar el estado superficial del pavimento y establecer la condición de pavimento, según las metodologías empleadas.
- Analizar la deflexión y el radio de curvatura.
- Establecer posibles correlaciones entre la condición estructural del pavimento y su deflexión
- Establecer conclusiones y recomendaciones a cerca de los resultados obtenidos de la evaluación de la condición del recapado.

1.4.3.- Hipótesis

Si se aplica las metodologías de evaluación superficial y estructural al tramo en estudio, entonces se podrá obtener la información necesaria de las causas que originaron las fallas en el pavimento, es decir aportar con los elementos de juicio necesario para el diagnóstico de las fallas observadas, que presenta el pavimento en su condición actual de servicio.

1.4.4.- Definición de variable dependiente e independiente

1.4.4.1.- Variable dependiente

- Comportamiento del recapado

1.4.4.2.- Variable independiente

- Pavimento flexible

1.5.- DISEÑO METODOLÓGICO

1.5.1.- Componentes

Unidades de estudio

- Recapado del pavimento flexible

Población

- Pavimento flexible Tarija – Padcaya

Muestra

- Recapado del pavimento El Portillo – Cruce El Valle

Muestreo

Corresponderá a la evaluación del 10% de cada kilómetro de pavimento, equivalente a sub tramos de 100 metros, en las zonas donde se observen las fallas superficiales más deterioradas. El muestreo se describe a continuación para cada una de las metodologías de evaluación:

- **Índice de condición del pavimento (PCI)**

Se dividirán los sub tramos en “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los anchos de calzada, donde el área de cada unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

- **Índice de serviciabilidad presente (PSI)**

Se dividirán los sub tramos en “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los anchos de calzada, donde el área de cada unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

- **Índice de regularidad internacional (IRI)**

En todo el sub tramo correspondiente, en cada uno de los dos carriles de la calzada del pavimento, en las huellas exteriores producidas por el paso del tráfico.

- **Viga Benkelman**

Se realizara un ensayo de deflexometria para cada carril de la calzada del sub tramo correspondiente.

1.5.2.- Alcance del estudio de aplicación

El trabajo se desarrollara mediante una evaluación del recapado, en la cual se pretende obtener información acerca de; la magnitud y severidad de las fallas superficiales, de la regularidad superficial y de su condición estructural la misma se la realizara con la medición de deflexiones.

Esto nos permitirá obtener un indicativo referencial sobre la condición del recapado objeto del estudio y poder obtener información acerca del estado actual y causas posibles de los deterioros observados en el mismo.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

La evaluación de un pavimento, corresponde a la acción de calificar y cuantificar las condiciones de fallas de la vía, con la finalidad de obtener información a fin de plantear soluciones a los deterioros encontrados. Se considera que la evaluación es una actividad que mediante procedimientos normados de medidas y observaciones, permite inferir condiciones funcionales y estructurales de los pavimentos.

Es importante obtener información oportuna, para la toma de decisiones de actividades de mantenimiento y rehabilitación. Para analizar las consecuencias de las decisiones tomadas resulta necesario conocer, el volumen de tráfico, clasificación y cargas de los vehículos, datos climáticos, infraestructura física, materiales componentes, espesores de las capas, estado superficial actual de la vía, estado funcional y estructural, curvas de deterioro para estimar el comportamiento futuro, el clima, y los costos unitarios asociados al usuario y al mantenimiento. Además de los costos de operación de vehículos según la condición del camino y la velocidad, costos de las diferentes operaciones de mantenimiento y de las obras de rehabilitación, poniendo de manifiesto la necesidad de disponer de un inventario detallado de la infraestructura.

2.1.- TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Una correcta evaluación de pavimentos incluye estudios sobre el estado de la condición funcional y estructural. A continuación se describirá a detalle ambos tipos de evaluación.

2.1.1.- Evaluación funcional

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la comodidad, seguridad y economía. Entre este tipo de deficiencias se encuentran: **Las fallas superficiales, rugosidad, y pérdida de fricción.**

2.1.1.1.- Las fallas superficiales

Son defectos o deterioros que se manifiestan en la superficie del pavimento y son medibles sin la necesidad de equipos especiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la serviciabilidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro.

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

Existen varios métodos que permite evaluar los defectos superficiales de los pavimentos, pero el más completo es el PCI que se detalla a continuación.

2.1.1.1.1.- Índice de condición de pavimento (PCI)

El PCI es un indicador numérico que valora la condición superficial del pavimento y proporciona una medida de la condición presente del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie. También indica la integridad estructural y condición operacional de la superficie como rugosidad localizada y seguridad. No puede medir la capacidad estructural ni la medida directa de la rugosidad. Proporciona una base objetiva y racional para determinar la necesidad de conservación y reparación y sus prioridades. El monitoreo continuo del PCI es usado para establecer la tasa de deterioro del pavimento, que permite una identificación prematura sobre la necesidad de una rehabilitación mayor. El PCI brinda información sobre el comportamiento del pavimento para su validación o mejoramiento del diseño existente y procedimientos de conservación.

La evaluación de la superficie puede ser realizada en forma continua o por toma de muestras, de igual manera que en el levantamiento continuo. El tramo debe ser dividido en segmentos denominados áreas de unidad de muestreo que varía de $230 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$. Cada segmento es inventariado identificando y registrando manualmente en una planilla, los tipos, las cantidades y severidades de cada defecto encontrado. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Véase la Tabla: 2.1

Tabla: 2.1.- Rangos de clasificación de PCI

Rangos	Calificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 50	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25-oct	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. INGEPAV

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida, como parte del inventario, ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. Los tipos de deterioros, que considera el método del PCI, se indican en la relación siguiente tabla: 2.2:

Tabla: 2.2.- Tipos de deterioros que considera el método PCI

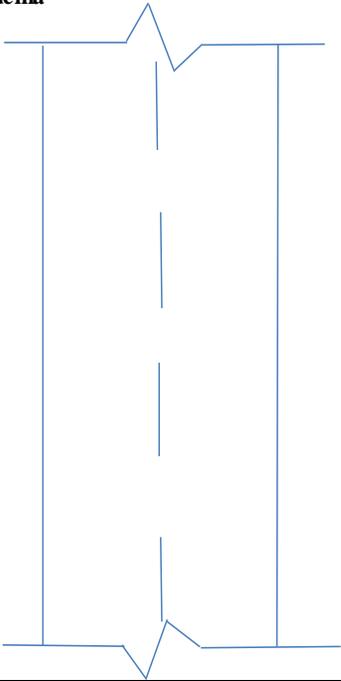
N°	Falla
1	Piel del cocodrilo
2	Exudación
3	Agrietamiento en bloque
4	Abultamientos y hundimientos
5	Corrugación
6	Depresión
7	Grietas de Borde
8	Grietas de reflexión de juntas
9	Desnivel carril/berma
10	Grietas longitudinales y transversales
11	Parqueo
12	Pulimiento
13	Huecos
14	Cruce de vía férrea
15	Ahuellamiento
16	Desplazamiento
17	Grietas parabólicas
18	Hinchamiento
19	Desprendimiento de agregados o meteorización

Fuente: Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. INGPAV

2.1.1.1.1.- Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. La Figura 2.1 ilustra el formato para la inspección de pavimentos asfálticos, la figura es ilustrativa y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Figura: 2.1.- Formato de inspección de pavimentos asfálticos

Indice de condición del pavimento PCI-01. Carreteras con superficie asfáltica					
Exploración de la condición por unidad de muestreo					Esquema 
Zona	Abscisa inicial	Unidad de muestreo			
Codio de via	Abscisa final	Area de muestreo (m2)			
Inspeccionado por:		Fecha			
N°	Daño	N°	Daño		
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo		
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados		
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos		
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea		
5	Corrugación	15	Ahuellamiento		
6	Depresión	16	Desplazamiento		
7	Grieta de borde	17	Grieta parabolica		
8	Grieta de reflexion de junta	18	Hinchamiento		
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados		
10	Grietas long. Y transversal				
Daño	Severidad	Area parcial	Total	Densidad	Valor deducido

Fuente: Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. INGEPAV

A).- Unidades de muestreo:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- a.) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la tabla 2.3 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla: 2.3.- Longitudes de unidad de muestreo asfáltico

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	34.4
7.3 Máximo	31.5

Fuente: Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela. Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. INGEPAV

B).- Evaluación de la condición:

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

- a.) Equipo.
- Regla y una cinta métrica para establecer las longitudes y las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
 - Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
- b.) Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los

formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

- c.) El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

E).- Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “valores deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. Para el cálculo manual de PCI se deben seguir las siguientes etapas:

Etapas 1.- Cálculo de los valores deducidos:

1. a.- Se debe totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarse, el daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
1. b.- Dividir la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y expresar el resultado en porcentaje, esta es la densidad del daño con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
1. c.- determinar el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “valor deducido del daño”. Ver anexo a1.

Etapas 2.- Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

2. a.- Si ninguno o tan sólo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido”, CDV, obtenido en la etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.
2. b.- Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c.- Determine el “número máximo admisible de valores deducidos” (m), utilizando la ecuación 2.3:

$$m_i = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - HDVi) \quad Ec. -2.1$$

Donde:

m_i = Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

$HDVi$ = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

2. d.- El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etap 3.- Cálculo del “máximo valor deducido corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a.- Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.
3. b.- Determine el “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.
3. c.- Determine el CDV con q y el “valor deducido total” en la curva de corrección *ver anexo A1*.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etap 4.- Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV.

F).- Cálculo del PCI de una sección de pavimento.

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{((N - A) * PCI_R) + (A * PCI_A)}{N} \quad \text{Ec.: 2.2}$$

Donde:

PCIS = PCI de la sección del pavimento.

PCIR = PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección.

A = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

2.1.1.2.- Rugosidad

Relacionada a la comodidad. Se define como las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, y por lo tanto la calidad del servicio brindada al usuario. Para medir la rugosidad se ha adoptado mundialmente el índice de rugosidad internacional (IRI), desarrollado en Brasil, para el Banco Mundial. Conceptualmente el IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo divididos entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/h. Se expresa en m/km.

Existen otras formas de medir la rugosidad de los pavimentos, haciendo uso de los siguientes métodos:

a) PSR (Present serviciability rating). - El juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario. Se hace uso de plantillas.

b) PSI (Present serviciability index). - Corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento.

2.1.1.2.1.- Índice de rugosidad internacional (IRI)

En la década de los 70's, el Banco Mundial financió diferentes programas de investigación a gran escala, entre los cuales se encontraba un proyecto relacionado con la calidad de las vías y los costos a los usuarios, a través del cual se detectó que los datos de regularidad superficial de diferentes partes del mundo no podían ser comparados. Aún datos de un mismo país no eran confiables, debido a que las mediciones fueron realizadas con equipos y métodos que no eran estables en el tiempo. Con el objetivo de unificar los parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto *International Road Roughness Experiment (IRRE)*, promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto, se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial denominado índice de regularidad internacional (IRI, *International Roughness Index*).

De esta manera se definió como: “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”.

En términos más sencillos, el IRI es un modelo matemático, el cual calcula el movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo de pasajero típico, al recorrer una superficie del camino a una velocidad de 80 km/h.

2.1.1.2.1.1.- Cálculo del índice de regularidad internacional (IRI)

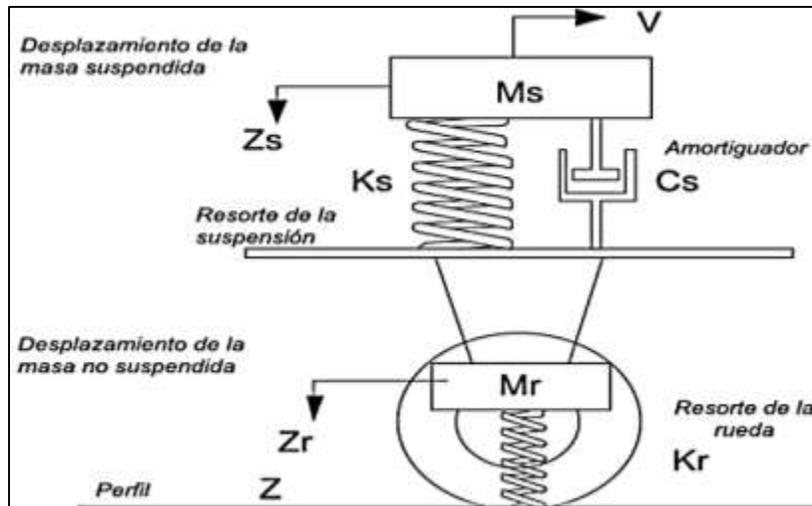
El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático.

El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI, y el más importante de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real del camino. Esto significa que, el IRI es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas, para poder generar un nuevo perfil que permite ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro son las siguientes: a) para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera, y b) para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo.

Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual consiste en la aplicación de un modelo de cuarto de carro que se desplaza a una velocidad de 80 km/h.

A través de éste, se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar, el cual es modelado de forma simplificada como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera, mediante resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas, que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino. (Ver Figura 2.2)

Figura: 2.2.- Movimiento sobre el perfil de la carretera



Fuente: Solminihac, H. presentación power point. Planificación y gestión vial. 2006

El modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$K_2 = \frac{K_s}{M_s} = 63.3 \quad \text{Ec.: 2.3} \quad K_1 = \frac{K_r}{M_s} = 653 \quad \text{Ec.: 2.4}$$

$$c = \frac{C_s}{M_s} = 6 \quad \text{Ec.: 2.5} \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0.15 \quad \text{Ec.: 2.6}$$

Donde:

K_s = Constante del resorte de la suspensión

K_r = Constante del resorte de la rueda

M_s = Masa suspendida

M_r = Masa no suspendida

C_s = Amortiguador

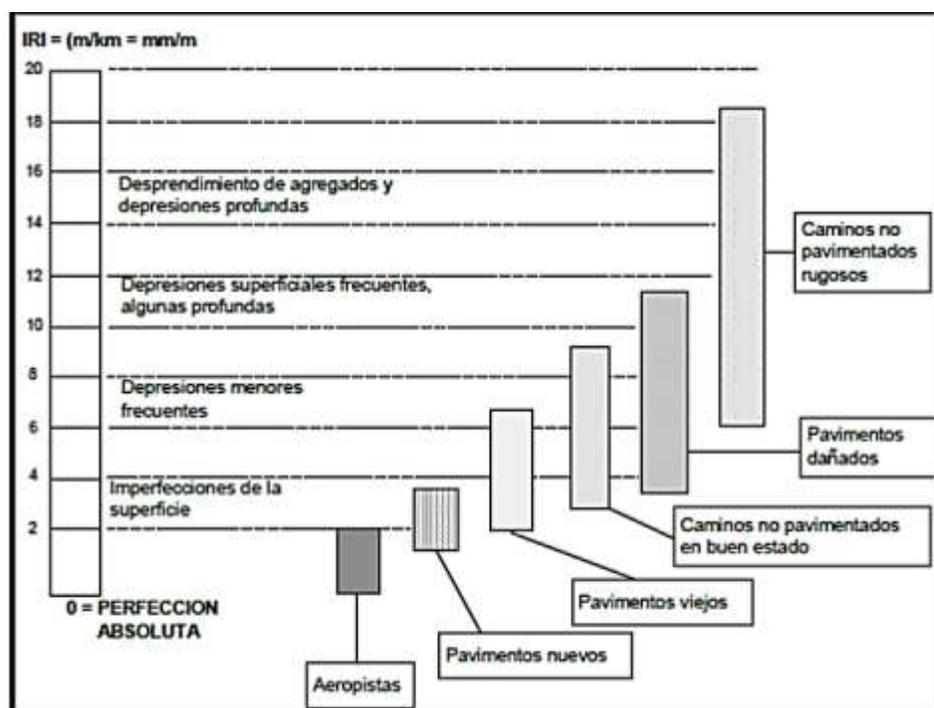
Las ecuaciones dinámicas presentes en el modelo, forman un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de entrada el perfil de la carretera (en la parte inferior del “resorte del

neumático”). El movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida, se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la regularidad del camino.

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura 2.3).

Para caminos pavimentados, el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de $IRI = 0$ es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.

Figura: 2.3.- Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías



Fuente: Adaptado de UMTRI. Research review. Vol. 33. Número 1. Enero-Febrero. 2002

2.1.1.2.1.2.- Equipos existentes para la medición de la regularidad superficial de los pavimentos

Existen diferentes equipos para medir el perfil longitudinal del camino y así determinar la regularidad superficial, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados.

A).- Nivel y mira topográfica (ver Figura 2.4)

Es la manera más conocida para la medición del perfil longitudinal. El equipo consiste en una mira de precisión, graduada con unidades convenientes de elevación (típicamente divisiones de cm o pies), y un nivel topográfico empleado para establecer el dato de la línea horizontal.

Figura: 2.4.- Nivel de ingeniero y mira topográfica



Fuente: Propia

B).- Dipstick (ver Figura 2.5)

El Dipstick consiste en un inclinómetro sostenido entre dos apoyos separados por 300 mm ó 250 mm (dependiendo de las unidades de análisis, los apoyos pueden separarse 12 pulgadas), los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro.

Figura: 2.5.- Equipo Dipstick



Fuente: Ventura J. Determinación del índice de regularidad internacional (IRI). 2005

C).- Perfilógrafos (ver Figura 2.6)

Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada al centro del marco para mantener el movimiento vertical libre. La desviación de un plano de referencia, establecido por el marco del perfilógrafo, se registra (automáticamente en algunos modelos) en papel según el movimiento de la rueda sensible.

Figura: 2.6.- Perfilógrafo California

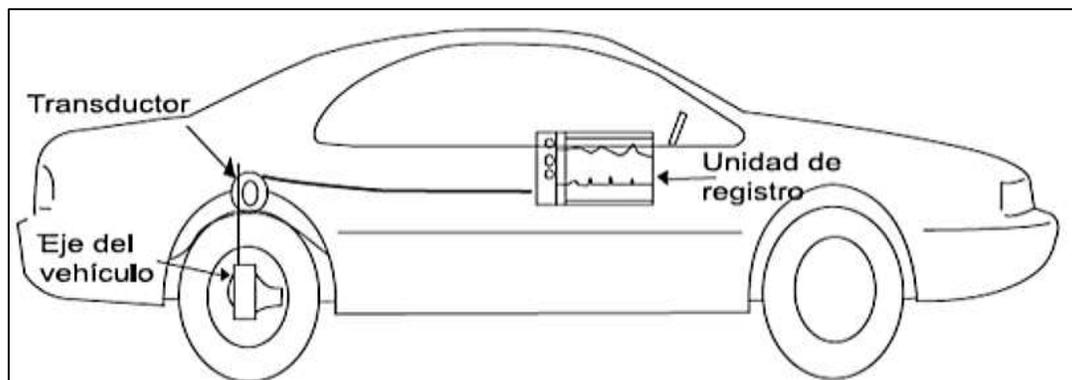


Fuente: Romaro internacional. S.A. de C.V.

D).- Equipos tipo respuesta (RTRRMS) (ver Figura 2.7)

Éstos operan a la velocidad normal de circulación de una carretera. Miden los movimientos verticales del eje trasero del automóvil o el eje del remolque respecto al marco del vehículo. De esta manera el equipo mide la respuesta (rebote) del vehículo a la regularidad del camino, por lo que no es realmente una medida verdadera de la lisura de la superficie.

Figura: 2.7.- Componentes de equipos tipo respuesta



Fuente: Adaptado de "A. synopsis on the current equipment used for measuring pavement"

Tabla: 2.4.- Equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial de pavimentos

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Medición de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco prácticos y costos muy elevados para proyectos largos
Dipstick	Muy alto	Medición de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy simple	Poco prácticos y costos muy elevados para proyectos largos
Perfilografos	Medio	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red
Equipos tipo respuesta (RTRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo

Fuente: Adaptado de Ventura J. Determinación del índice de regularidad internacional

2.1.1.2.1.3.- Variación del IRI según la longitud de evaluación

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, los usuarios deben entender que el cálculo del IRI depende altamente sobre qué longitud es acumulado. Es fundamental entender la relación que existe entre la variación de regularidad a lo largo del camino y el tramo del camino sobre el cual la regularidad es promediada. De esta forma, aunque la bibliografía casi siempre habla solamente del valor del IRI de una carretera, es conocido que, para ser precisos, se debe añadir la longitud a la cual se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios o puntuales que se obtienen. Habitualmente, el valor unitario más utilizado es cada 0.25 m y el valor global de referencia puede variar dependiendo de cada país o agencia de pavimentos.

En vista de la importancia que reviste la longitud para la determinación del IRI, es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores de IRI satisfactorios. Por otra parte, la utilización de intervalos de longitud menores para la determinación del IRI, puede detectar niveles altos de irregularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

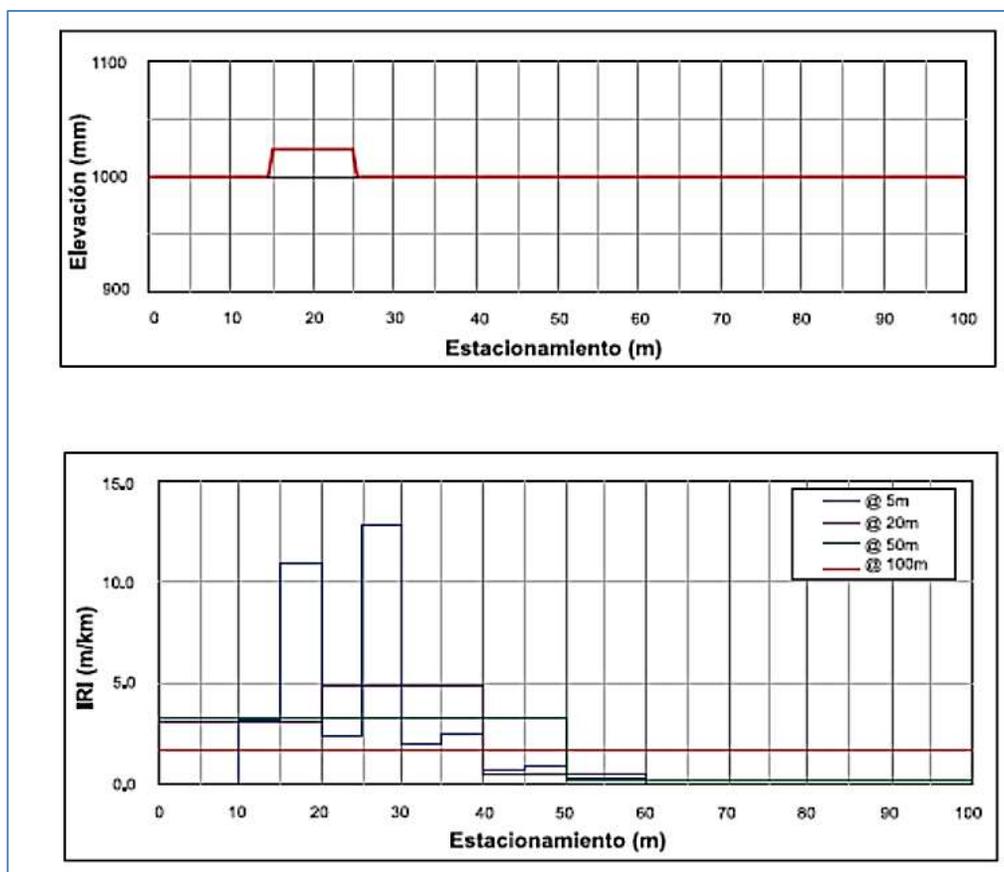
2.1.1.2.1.4.- Efecto de singularidades en la medición y cálculo del IRI

El correcto acabado de los pavimentos es de gran importancia para la comodidad, seguridad y costos de operación de los usuarios de los caminos, factor que, además de tener una gran influencia en la duración de éstos, repercute en los costos del mantenimiento vial.

Debido a que, el IRI involucra la diferencia entre el perfil longitudinal teórico y el perfil longitudinal existente, es un hecho que se pueden presentar ciertas singularidades que podrían afectar la medición del IRI. Se entiende como singularidad: “Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino”. Debe tenerse en cuenta que, el valor de la medición del IRI se verá afectado a todo lo largo de la singularidad más su área de influencia que son 40 m hacia delante en el sentido de la medición, lo cual corresponde a una característica propia del método de cálculo del IRI.

Aunque la definición anterior está relacionada con alteraciones en el perfil longitudinal que no provienen de fallas constructivas, en la Figura 2.8 se muestra un ejemplo particular de lo que ocurre cuando se calcula el IRI para un bache con un mal acabado superficial debido a fallas constructivas.

Figura: 2.8.- Simulación de un bache con un mal acabado superficial



Fuente: Laboratorio nacional de materiales y modelos estructurales 2008

Se puede notar que esta falla constructiva genera un incremento en el valor del IRI (incluso valores superiores a 12 m/km para un intervalo de evaluación de 5 m), especialmente si se utilizan intervalos o longitudes de evaluación más cortos. En el caso de que aumente la longitud de evaluación, los resultados de los valores de IRI se reducen, e imposibilitan determinar el sitio donde se presentan las particularidades. Pueden notarse también los 40 metros del área de influencia después del sitio donde se presentó la particularidad, especialmente cuando se emplean intervalos o longitud de evaluación pequeños.

2.1.1.2.2.- Índice de serviciabilidad presente (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) da una orientación sobre el estado del pavimento desde el punto de vista del usuario, por lo que es necesario que se exprese la rugosidad en términos de serviciabilidad. Para este fin se adopta una escala que en base a estudios realizados por el Instituto del Asfalto está en un rango de 5 a 0, de acuerdo a esta escala el

PSI (Present Index Service) es igual a 5 y la rugosidad es cero, siendo este índice más alto de serviciabilidad, valor que en la práctica no se obtiene, por el contrario si el PSI es igual a cero, la carretera es intransitable y corresponde a una rugosidad muy grande.

Un método práctico desarrollado por los ensayos de la AASHO para pavimentos flexibles, es la utilización de la siguiente ecuación.

$$\mathbf{PSI = 6.20 - 0.8 * C_1 - 0.3 * C_2 - 0.1 * C_3 \quad Ec.:2.7}$$

Donde:

C_1, C_2, C_3 = Son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la siguiente escala tabla: 2.5

El valor final del PSI de la sección del pavimento es:

$$\mathbf{PSI_{prom} = \frac{\sum PSI_i}{n} \quad Ec. -2.8}$$

Donde:

PSI_i = PSI de cada unidad evaluada.

n = Número de unidades existentes en la sección.

Tabla: 2.5.- Valores de los coeficientes c_1 , c_2 , c_3 para el cálculo del PSI

Rugosidad longitudinal	Valor c_1
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugosidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
Intensidad de parches y grietas	valor c_2
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasos	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
Deformación transversal	Valor c_3
Sin deformabilidad ni ahuellamiento	1
Medianamente ahuellado y deformado	2
Fuertemente ahuellado y deformado	3

Fuente: Jhonny Fulque Bruno. “Evaluación superficial de pavimentos flexibles tramo Av. Héroes de la independencia entre puente San Martín – Av. Los Ceibos”

Tabla: 2.6.- Rango de calificación del PSI

Valores del PSI		Calificación
5.00	4.25	Excelente
4.25	3.50	Muy bueno
3.50	2.75	Bueno
2.75	2.00	Regular
2.00	1.25	Malo
1.25	0.50	Muy malo
0.50	0.00	Fallado

Fuente: Jhonny Fulque Bruno. “Evaluación superficial de pavimentos flexibles tramo Av. Héroes de la independencia entre puente San Martín – Av. Los Ceibos”

2.1.1.3.- La pérdida de fricción

Relacionada a la seguridad, ya que ha de proporcionar al usuario una superficie de rodadura segura en que en todo momento se consiga una buena adherencia neumático-pavimento. Es un defecto que tiene relación directa con el usuario, particularmente con los segmentos de alta velocidad, zonas de frenado como un cruce de peatones, en colegios y curvas de radio pequeño. La pérdida de fricción se propone como consecuencia de una disminución combinada o individual de la macro-textura como de la micro-textura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra mojado. Es decir la fricción está asociada a un aumento de la lisura del pavimento. Esto contribuye además con otros dos fenómenos asociados a pavimentos lisos:

Aumento del "spray" (nebulización), asociado al paso de vehículos a alta velocidad, reduciendo considerablemente la visibilidad.

Aumento del reflejo de las luces de noche y aumento del encandilamiento.

Macro-textura: depende de la composición de la mezcla de agregados y ligante y está definida por el espaciamiento entre las partículas de agregado superficial. La longitud de onda (λ) de las irregularidades oscila entre 0,5 y 50 mm. y la amplitud (A) oscila entre 0,2 y 10 mm. Favorece la resistencia al deslizamiento a velocidades superiores a 60 Km/hora en el caso de pavimentos mojados.

Micro-textura: Depende de la naturaleza mineralógica de los áridos, textura superficial, aspereza y resistencia al pulimento. La longitud de onda (λ) de las irregularidades oscila entre 0 y 0,5 mm. y la amplitud (A) oscila entre 0 y 0,2 mm. La micro-textura gruesa o áspera aumenta la resistencia al deslizamiento, ya que facilita el rompimiento de la película fina de agua remanente en la superficie a bajas velocidades. La microtextura influye significativamente en el desgaste en los neumáticos y en alguna medida en la generación de ruido en las altas frecuencias del espectro acústico.

La fricción o adherencia entre el neumático y la superficie del pavimento presenta respuestas diferentes a otros factores aparte de la textura como: agua sobre la superficie, la presión de

inflado de la llanta, la velocidad de circulación y la época del año por los cambios de temperatura y humedad.

Para la medición se ha adoptado el índice de fricción internacional (IFI), el cual relaciona la fricción con la velocidad de deslizamiento. Se expresa mediante dos números: el primero representa la fricción valor adimensional, con rango entre 0 (deslizamiento perfecto, sin adherencia) y 1 (máxima adherencia) y el segundo representa la velocidad, asociada con la macro-textura, su magnitud no tiene rango definido.

2.1.2.- Evaluación estructural

Existe una gran diferencia entre el proceso de diseño de un pavimento nuevo y el proceso de diseño de la rehabilitación de un pavimento existente. En lo que se refiere a éste último, se dispone de un conjunto de materiales que ya están colocados y que han sufrido un deterioro por efecto del tránsito, de los agentes climáticos y el tiempo. Dichos materiales presentan un cierto valor estructural remanente, el cual es necesario considerar como aporte a los fines del diseño de la rehabilitación del pavimento, por lo tanto se impone como tarea previa en estos casos, a diferencia del diseño de un pavimento nuevo, la valoración o evaluación del pavimento en cuestión, la cual sólo es posible a través de procedimientos específicos.

2.1.2.1.- Ensayos destructivos

Este tipo de evaluación se fundamenta en la toma de muestras representativas de los materiales que conforman las diferentes capas del pavimento en una vía, debe tomarse en cuenta el patrón de fallas identificadas en el pavimento con el objeto de asegurar que las condiciones significativas del pavimento sean consideradas, lo cual no implica que serán los sitios problemáticos los únicos a ser muestreados.

A).-En el caso de las capas asfálticas, las mismas son normalmente extraídas a través de equipos de perforación para la toma de núcleos de capas (asfálticas y concreto hidráulico), conocidos por su denominación en inglés con el nombre de *Core-drill*, (Ver figura: 2.9)

Figura: 2.9.- Corte del pavimento para la obtención del espesor de las capas



Fuente: Propia (tramo el Portillo cruce el Valle)

A través de la extracción de muestras de capas asfálticas es posible conocer el espesor de la(s) carpeta(s) o sub-capas que conforman el espesor de total de la(s) capa(s) asfáltica(s), además se puede identificar los diferentes tipos de mezcla empleados en la construcción y en eventuales trabajos de mantenimiento y rehabilitación ejecutados, así como su condición, siendo posible identificar la presencia de fallas como por ejemplo los agrietamientos y detectar problemas asociados con la durabilidad (envejecimiento) de las mezclas.

B).- En el caso de los suelos de fundación (sub-rasante), sub-base y/o base, el muestreo está dirigido a su identificación y caracterización de la capacidad soporte, además de conocer los espesores de las diferentes capas y sus condiciones a lo largo de la vía en estudio.

El muestreo puede realizarse mediante diferentes tipos de sondeos exploratorios entre los que destacan la ejecución de calicatas que son excavaciones de sección cuadrada, realizadas con el objeto de medir los espesores de las capas existentes y obtener cantidades suficientes de muestra de cada una de las capas que resulten de la exploración, con la finalidad de realizar -además de los ensayos de identificación de suelos- los ensayos de caracterización de la capacidad soporte de suelos (CBR). Adicionalmente a cada una las capas de suelo detectadas, es posible realizarle ensayos para la determinación de la densidad in situ (ensayo de “cono

y arena”), humedad natural, etc. Las dimensiones típicas de la excavación son 1,5 m. x 1,5 m. con profundidad máxima de 2,0 m. (ver figura 2.10)

Figura: 2.10.- Calicatas, para la obtención de los espesores de las capas existentes.



Fuente: Propia (tramo el Portillo cruce el Valle)

2.1.2.2. - Ensayos no destructivos

2.1.2.2.1.- Deflexiones en pavimentos

La deflexión en los pavimentos no es más que la respuesta de los mismos ante un estímulo, en general cargas impuestas por el tráfico. La deflexión en los pavimentos es la deformación vertical bajo el punto de aplicación de la carga. Dependiendo de la estructura de pavimento considerada, la sub-rasante contribuye entre un 70 a 95% de la deflexión medida en la superficie del pavimento. Por esta razón se puede afirmar que la mayor deflexión en los pavimentos es causada por la compresión elástica de la sub rasante.

Por otra parte se debe considerar que la magnitud de la deformación en un material considerado en cualquier punto de la estructura de pavimento está directamente relacionada

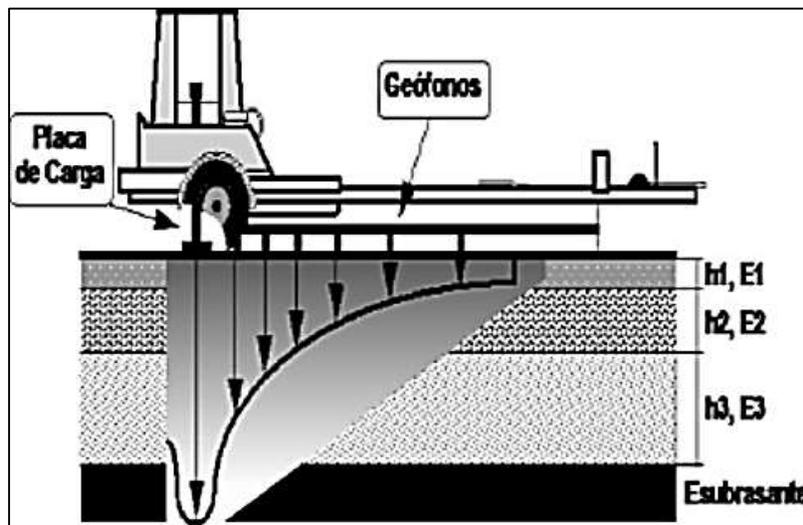
con el estado triaxial de esfuerzos, por lo que para las mismas condiciones cuando decrecen los esfuerzos verticales en la sub-rasante, la deflexión también decrece. Esto significa que al incrementar los espesores de las capas o incrementar su rigidez, la deflexión decrece.

Considerando los aspectos discutidos, la medición de deflexiones superficiales del pavimento corresponde a uno de los principales parámetros a determinar en cualquier evaluación estructural de un pavimento.

2.1.2.2.2.- Medición de deflexiones con equipo falling weight deflectometer (FWD)

El FWD es un equipo de medición de deflexiones de alto rendimiento, basado en impulsos de carga, las cuales son transmitidas al pavimento por una masa que golpea desde una cierta altura un plato de ensayo colocado sobre el pavimento. El equipo cuenta con sensores (geófonos o sismógrafos según el modelo) que recogen los impulsos generados por la caída de la carga. Los sensores están colocados tanto en el punto de máxima carga como a ciertas distancias de dicho punto, esto con la finalidad de modelar el “cuenco” de deflexiones generado por el impacto de la carga sobre el pavimento. La transmisión de la carga a la estructura es similar a la que produce el eje de un vehículo circulando a una cierta velocidad sobre el pavimento.

Figura: 2.11.- Esquema de deflextometro de impacto y su dispositivo de medición



Fuente: Manual de pavimentos, maestría en vías terrestres módulo III. Universidad nacional de ingeniería facultad de tecnología de la construcción

Una ventaja muy importante de estos equipos es que aplican cargas sobre el pavimento que replican con muy buena precisión a las cargas reales de tránsito (cargas pulsantes).

Estos dispositivos varían en función de la carga los sistemas de aplicación, que puede ser vibratorio o estático. Ellos se pueden dividir en tres grupos: FWD tradicionales,

Deflectómetros de peso ligero y Deflectómetros de gran peso (HWD). Las mediciones se realizan de forma independiente por lo general, de otras pruebas de la condición del pavimento, como se muestra en cada uno de los puntos en lugar de forma continua. Operativamente, este método tiene varias ventajas en comparación con las vigas de deformación, como mayor precisión y velocidad de muestreo. Sin embargo, estos equipos deben ser manipulados por técnicos calificados para calibrar los instrumentos y analizar los datos. El FWD puede ser utilizado para un análisis de desviación más detallado que la de vigas. En las figuras se muestra dos tipos de equipos utilizados en Latinoamérica, el Dynatest y el KUAB.

Figura: 2.12.- Modelo Dynatest



Fuente: Manual de pavimentos, maestría en vías terrestres módulo III. Universidad nacional de ingeniería facultad de tecnología de la construcción

Figura: 2.13.- Deflextograma del tipo KUAB



Fuente: Manual de pavimentos, maestría en vías terrestres módulo III. Universidad nacional de ingeniería facultad de tecnología de la construcción

2.1.2.2.3.- Viga Benkelman

Es un instrumento mecánico de diseño simple utilizado para medir la deformación de un pavimento ante la aplicación de una carga de lenta aplicación.

La utilización de la Viga Benkelman sirve básicamente para:

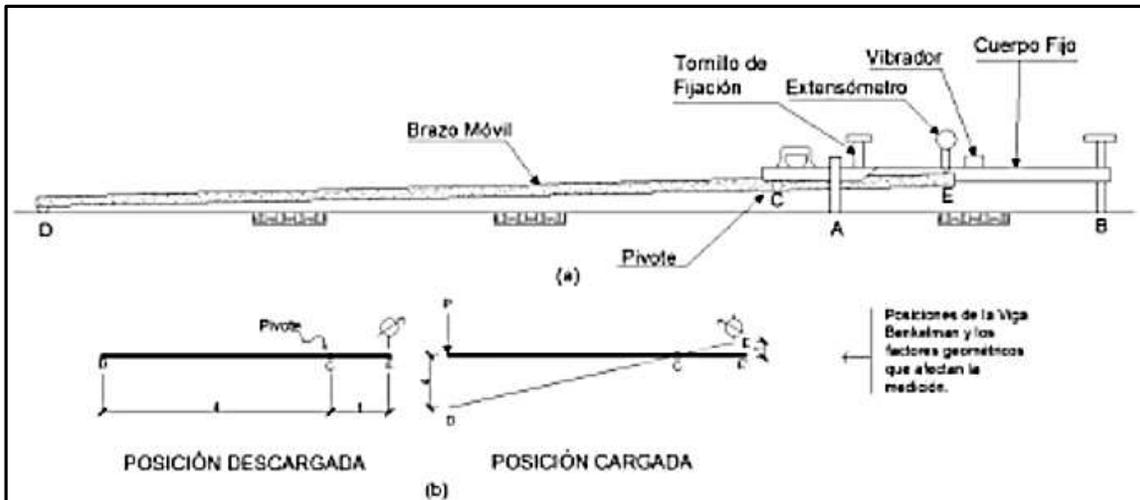
- Determinar la vida útil remanente de un pavimento
- Evaluar estructuralmente pavimentos, analizando todas las condiciones localizadas, como drenaje, calidad de los materiales, espesores de diseños anteriores, etc.
- Evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras.
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación.

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura. 2.14, la

viga consta esencialmente de dos partes: (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B") y (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E"). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro. La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes, Ver figura 2.14.

Figura: 2.14.- Descripción de la viga Benkelam



Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (S. Hoffman & M. del Aguila, 1985).

2.1.2.2.3.1.- Medición de la deflexión con la viga Benkelman

La Viga Benkelman es probablemente el más popular y económico equipo de medición de deflexiones superficiales del pavimento y el mismo permite medir el rebote de la deflexión estática de un pavimento asfáltico bajo la aplicación de una carga. Funciona según el principio de palanca: los dos brazos de la viga rotan alrededor de un eje horizontal, de manera tal que cualquier movimiento del extremo de la viga en contacto con el pavimento, produce un movimiento proporcional en el extremo opuesto, el cual es registrado por un dial extensómetro.

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 18000 libras (4.2 ton) y la proporciona un camión cargado con un eje trasero simple, llantas dobles y presión de inflado entre 80 y 90 lb/pulg². Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumplan estas condiciones.

De acuerdo al ancho de carril (ver tabla 2.7), se localiza el lugar donde se realizará el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en la mitad exterior de un carril).

Tabla: 2.7.- Localización del punto de ensayo dependiendo del ancho del carril

Ancho del carril (m.)	Distancia desde el borde
-----------------------	--------------------------

	del pavimento
2.70	0.45
3.00	0.60
3.30	0.75
3.6 o mas	0.90

Fuente: Mauricio Quintero Insuasty. Evaluación estructural y procesamiento de datos por método viga Benkeman. Corporación Universidad Minuto de Dios.

Se coloca la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto (ver figura 2.15a, punto "D"). Para esta operación es aceptable una tolerancia en el rango de 3 pulgadas alrededor del punto. Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo nuevamente sobre el punto de ensayo seleccionado. Dado que esto último se dificulta por la inaccesibilidad tanto visual como manual, se realizará previamente la siguiente operación: Se coloca la Viga en la posición como si estuviera entre las llantas pero en la parte exterior de las mismas, haciendo coincidir, empleando una plomada, el extremo del brazo móvil con el eje vertical del centro de gravedad. Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión (ver figura 2.15b), se efectúa una marca en la viga de manera tal que, en adelante, basta con hacerlas coincidir (la marca con la varilla vertical) para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de las llantas, en el momento de iniciar las mediciones.

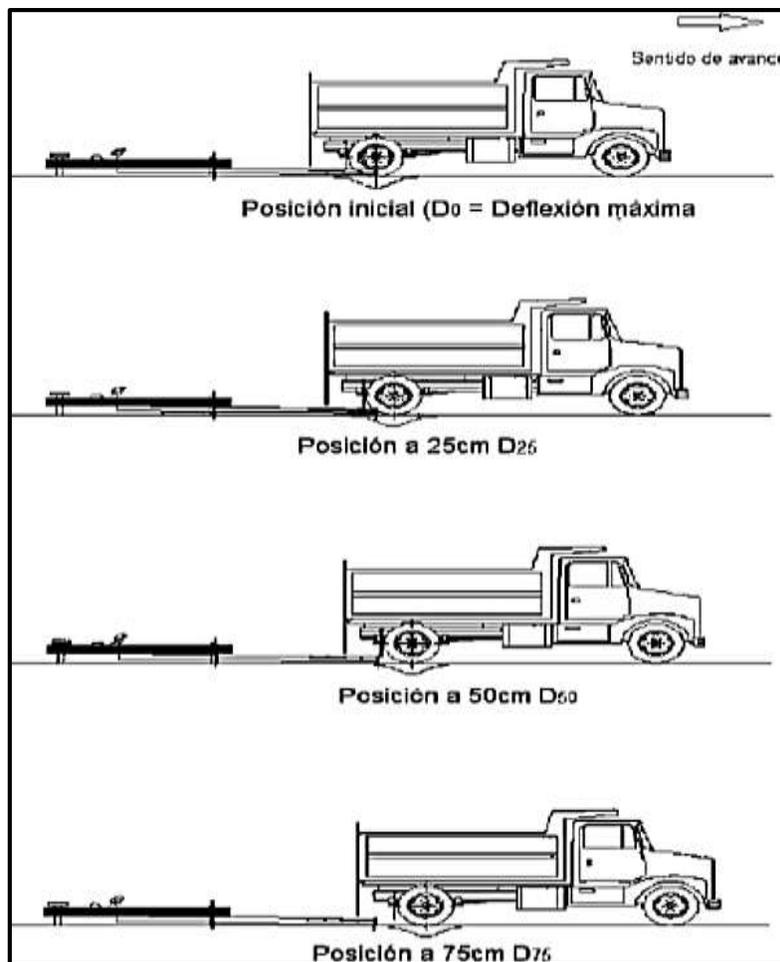
De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias de 0.25m, 0.5 m, 0.75m, 1m, y 2.5 m.

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial (ver figura 2.15a), se verificará que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se pondrá el dial del extensómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales (figuras 2.15b, c) y na lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga

movimiento (aproximadamente 5.00 m.), registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.

Para la realización de esta rutina será necesario del concurso de tres operadores: Un técnico calificado que lea y dicte las lecturas, un operador que anote las mediciones y un ayudante que coordine con el conductor del camión y a la vez de aviso al técnico que realiza las lecturas, cuando la varilla adosada al camión vaya coincidiendo con las marcas hechas en la viga.

Figura 2.15.- Esquematización del proceso de medición con la viga Benkelman



Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (S. Hoffman & M. del Aguila, 1985).

2.1.2.2.3.2.- Análisis de la deflexión y radio de curvatura

La deflexión debido a una carga (estática o móvil) es parte del comportamiento elástico del suelo, que desaparece cuando se retira la carga, a diferencia de los esfuerzos plásticos que son permanentes y acumulativos, provocando en un futuro falla por corte, reflejada en los ahuellamientos.

Por lo antes mencionado es importante distinguir los siguientes conceptos:

- **Deflexión total (dt).**- Es la deformación vertical puntual de una superficie bajo acción de una carga.
- **Deflexión recuperable (dr).**- Es la deflexión que recupera el pavimento después de retirada la carga y que es menor a la deflexión total.
- **Deflexión permanente (dp).**- Es la diferencia entre la deflexión total y la recuperable.

Lo más importante en la estructura de un pavimento es la deflexión recuperable, debido a la elasticidad instantánea y retardada.

La magnitud de la deflexión recuperable depende de variables como: espesores de las capas que conforman el pavimento, rigidez de la sub rasante, rigidez de cada capa con relación a la capa inferior, condiciones de drenaje y la más importante la capacidad de la sub rasante ya que es en esta donde generalmente se produce la mayor parte de la deformación.

La deflexión es un dato indicativo de la situación estructural suelo-pavimento, pero contamos con otro parámetro, denominado radio de curvatura, que tiene una relación directa con la deflexión. Para determinada deflexión, la deformación por tracción en las capas asfálticas depende de su espesor y de dicho radio de curvatura.

La línea elástica de la deformación, especialmente debajo del punto inicial de aplicación de la carga, presenta el principal y más importante grado de curvatura (curvatura máxima) que se puede evaluar en el análisis de la deflexión.

Al analizar los diversos procedimientos para determinar el grado de curvatura máximo de la deformada, lo que se presenta más simple y expedito para ese fin como comprobaciones experimentales, es la verificación de que la línea de deflexión se aproxima mucho a la forma de una parábola hasta una distancia un poco mayor que 0,25 metros para ambos lados del eje de aplicación de la carga.

Por lo antes mencionado deducimos que el radio de curvatura es una característica fundamental para determinar la magnitud de la deformación lineal por tracción, que sufren las capas del pavimento al aplicar una carga puntual o móvil.

Actualmente el radio de curvatura se determina con la ayuda de una deflexión auxiliar a 25 centímetros del eje de máxima deformación y con la siguiente fórmula:

$$Rc = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura en (m)

Do = Deflexión recuperable corregida en el eje vertical de la carga en centésimas de milímetros (0.01 mm)

D25 = Deflexión recuperable corregida a 25 centímetros del eje de la carga (0.01mm)

10 = Coeficiente de cambio de unidades

Es muy importante entender el significado de los radios de curvatura, pues de acuerdo con sus valores asociados con los valores de deflexión correspondientes, se pueden establecer diversas conclusiones con respecto a la calidad de las capas que constituyen el pavimento que está siendo analizado.

En principio, las grandes deflexiones podrían estar simplemente producidas por deficiencias de calidad de las capas inferiores del pavimento, en especial de la sub rasante, pero no siempre es lo que parece, sin embargo, la situación se vuelve más clara cuando se evalúa en conjunto la deflexión con el radio de curvatura, más o menos de acuerdo con los siguientes casos:

a) Baja deflexión y grandes radios de curvatura

El suelo estará en buen estado, tanto las capas superiores como las inferiores estarán de acuerdo a los requerimientos de calidad si la deflexión superficial es menor a la deflexión máxima admisible.

b) Baja deflexión y pequeños radios de curvatura

Probablemente la capa superior estará con calidad deficiente (granulometría, grado de compactación, etc.). En principio el problema no se concentra en las capas inferiores porque las deflexiones son bajas pero el caso requiere una investigación más cuidadosa.

c) Altas deflexiones y grandes radios de curvatura

En principio, en el caso se presentan grandes deflexiones en las capas subyacentes que es donde debe estar concentrado el problema de deficiencia en la calidad de materiales o humedad excesiva, independientemente de la calidad de los materiales de las capas superiores que puedan tener calidad satisfactoria o no.

d) Altas deflexiones y pequeños radios de curvatura

El suelo será totalmente deficiente, no cumplirá con los requerimientos de calidad tanto en las capas superiores como inferiores, está construido con materiales inadecuados y/o las capas han sido deficientemente compactadas, y/o las condiciones de drenaje son insatisfactorias.

2.1.2.2.3.3.- Análisis de la capacidad estructural del pavimento**A. Determinación de los parámetros estadísticos para la evaluación estructural de los pavimentos.****1) Deflexión característica**

La deflexión característica es un parámetro estadístico empleado para la caracterización representativa de la magnitud de deformación de pavimentos. Para su determinación es

necesario contar con una base de datos de deflexiones máximas, del tramo que se requiere evaluar, establecer los parámetros estadísticos de dichos datos.

Se define mediante la siguiente formula:

$$D_c = D_p + t * \sigma \quad \text{Ec. 2. 10}$$

Donde:

D_c = Deflexión característica

D_p = Deflexión promedio de los valores individuales de D_o corregidos por temperatura y estacionalidad

σ = Desviación estándar

t = Coeficiente que representa en porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica D_c .

Tabla: 2.8.- Porcentaje del área con probabilidad de presentar deflexiones superiores a de deflexión característica.

Deflexión característica $D_c = D_m + t * \sigma$	Extensión o área del pavimento en % con $D > D_c$
$D_c = D_m$	50.0%
$D_c = D_m + \sigma$	15.0%
$D_c = D_m + 1.3 * \sigma$	10.0%
$D_c = D_m + 1.65 * \sigma$	5.0%
$D_c = D_m + 2 * \sigma$	2.0%
$D_c = D_m + 3 * \sigma$	0.1%

Fuente: Ing. Juan Félix Pacheco Villarreal. Viga Benkelman – experiencia local en la evaluación de pavimentos flexibles. SEPCAM. Santa Cruz

2) Deflexión admisible

La deflexión admisible es un parámetro definido en función al tráfico de diseño que establece un límite para la deflexión característica por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el periodo considerado, la expresión analítica que define este parámetro es:

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}} \quad \text{Ec. 2.11}$$

Donde:

Da = Deflexión admisible inicial (mm)

N18 = Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton. expresado en millones

3) coeficiente de variación

$$Cv = \frac{\sigma}{Dm} \quad \text{Ec. 2.12}$$

Donde:

Dm = Deflexión media

σ = Desviación estándar

Tabla: 2.9.- Valores del coeficiente de variación

Patrón de unidad	Coefficiente de variación
Excelente	<10
Bueno	<15
Regular	>20
Malo	>25

Fuente: Ing. Juan Félix Pacheco Villarreal. Viga Benkelman – experiencia local en la evaluación de pavimentos flexibles. SEPCAM. Santa Cruz.

B.- Juicio de la capacidad estructural del pavimento

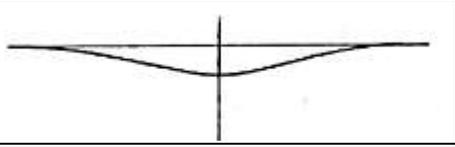
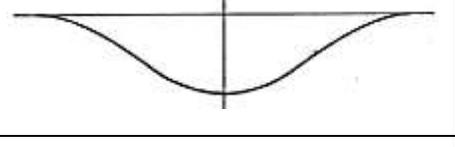
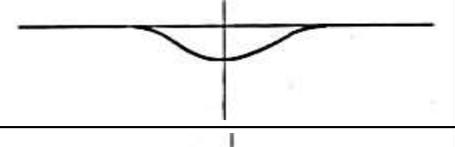
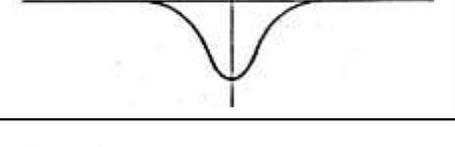
Se considera que el pavimento sujeto de evaluación tiene la capacidad estructural adecuada para resistir los esfuerzos del tráfico de diseño, para las condiciones de resistencia del suelo, si se cumple que la deflexión característica es menor que la deflexión admisible ($D_c < D_a$), y de acuerdo a la relación de la siguiente tabla:

Tabla: 2.10.- Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura

Tipo de deflexión	Comportamiento de la sub rasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c < 100$
Tipo IV	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$

Fuente: Método Conrevial. Perú 2015

Figura 2.16.- Significado cualitativo de los diferentes tipos de curvas de deflexiones

Tipo	Cuenco de deflexiones	Curva media	Pavimento evaluado
I		Curva extensa poco profunda	Buen pavimento Buena sub rasante
II		Curva extensa profunda	Buen pavimento mala sub rasante
III		Curva corta pocoprofunda	Mal pavimento Buena sub rasante
IV		Curva corta profunda	Mal pavimento mala sub rasante

Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos)

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE CÁLCULO DE REFUERZO DE RECAPAMIETO ESTRUCTURAL

Una administración eficiente de una red de caminos requiere entre otros aspectos, de la aplicación de acciones de conservación oportunas y eficaces que permitan por una parte mantener el patrimonio vial invertido impidiendo un deterioro no controlado del pavimento, y por otra parte, reducir los costos de operación a los usuarios de estas vías. Toda obra de conservación, especialmente cuando se trata de rehabilitaciones mayores, produce importantes inconvenientes operacionales y de seguridad a los usuarios así como impactos negativos al comercio, servicios, etc.

Una de las soluciones tradicionales en la rehabilitación de pavimentos está la demolición de la estructura antigua y el reemplazo de esta por una nueva. Alternativamente y más conveniente en muchos casos, están las opciones de diseñar un recapado asfáltico sobre la estructura existente o la reposición parcial o completa de la primera capa estructural a través del frezado. Estas últimas opciones representan grandes ventajas al permitir rehabilitar un pavimento aumentando su capacidad estructural y al mismo tiempo causando un impacto menor en el ambiente.

El estudio de un proyecto de reconstrucción no presenta la misma problemática que la de un proyecto nuevo ya que no solo se requiere estudiar en detalle la capacidad de soporte del suelo de fundación sino que además se debe analizar las condiciones estructurales en que se encuentra el pavimento antiguo existente. La confiabilidad del diseño de las capas de refuerzo o recapado estructural estará entonces directamente relacionada con el diagnóstico previo de la capacidad estructural presente del pavimento existente y la estimación de su vida remanente.

3.1.- PARÁMETROS DE REFUERZO DE RECAPAMIENTO

3.1.1. - California bearing ratio (C.B.R)

El ensayo de C.B.R. es aquel que mide la resistencia al corte o esfuerzo cortante de un suelo cualquiera, el cual se encuentre bajo condiciones de humedad y densidad controlada.

El valor del C.B.R se obtiene de la relación de la carga unitaria en kg/cm² o psi, la cual es necesaria para lograr una profundidad de penetración del pistón con un área de 3pulg, en suelo como se mencionó anteriormente con humedad y densidad controlada.

El método AASHTO no utiliza este ensayo como un método de medida de la resistencia de la sub-rasante, sino más bien una escala de capacidad de soporte de los suelos, que se ha desarrollado en base a los resultados de múltiples pruebas realizadas en carreteras.

3.1.2.- Tránsito de diseño

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son los factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

A continuación se presentan los elementos necesarios para cuantificar el tránsito, así como la metodología para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que utilizará el pavimento durante la vida de este.

3.1.2.1.- Clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes

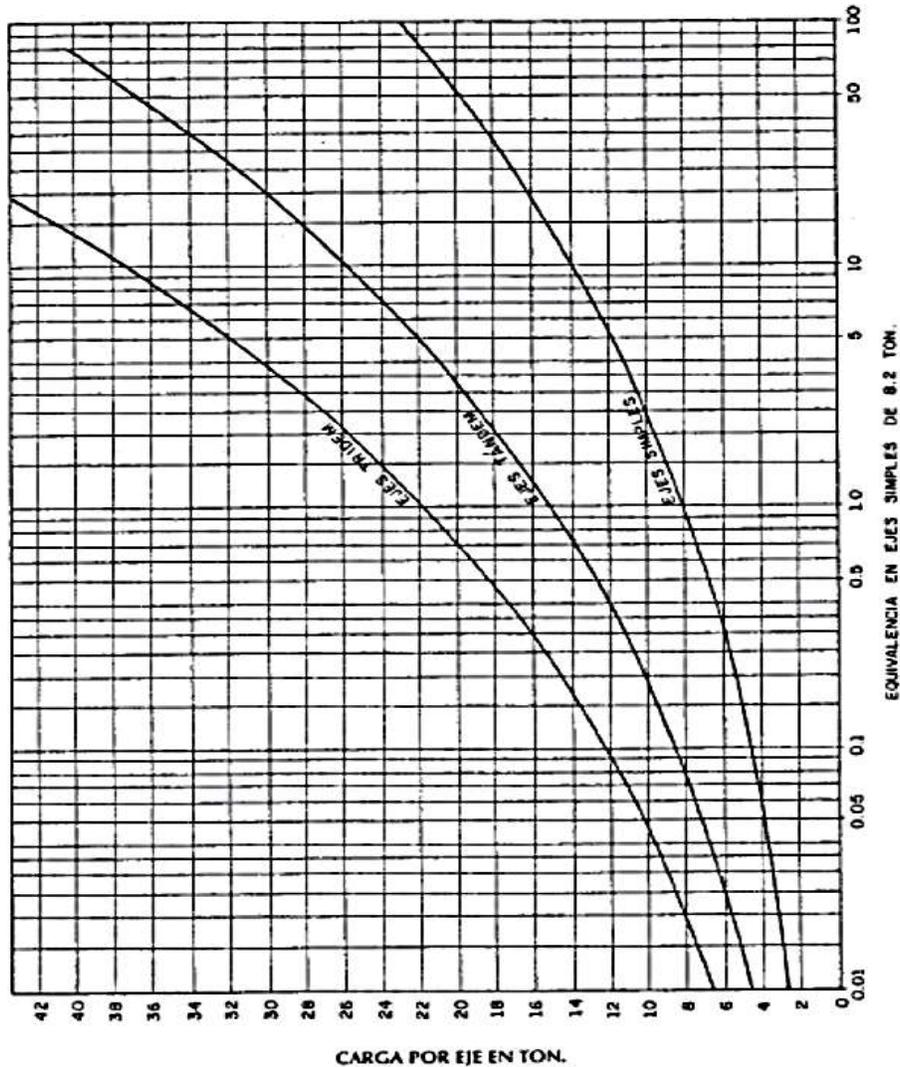
Carga máxima legal

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de carga, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicado a un punto de la estructura. La anterior consideración plantea un problema muy complejo que hace necesario recurrir a simplificaciones prácticas.

Dado que la estimación de daño producido por las diversas cargas por el eje es muy complejo, y que la única fuente confiable para confrontar este problema es el AASHO ROAD TEST, de cuyos se derivaron una serie de factores de equivalencia, en la figura 3. 1, la carga tomada como patrón es un eje sencillo de 8.2 ton, cuya elección se hizo por 2 motivos principales:

- Porque el valor de esta carga era similar a la de 8.2 ton propuesta en la convención de Génova en 1994
- Porque dicha carga por eje fue normalizada como carga para el diseño de pavimentos flexibles, por muchos países y entidades.

Figura: 3.1.- Factores de equivalencia de carga para pavimentos flexibles

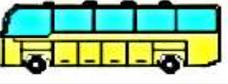


Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. american association of state highway and transportation officials (AASHTO) (SN=3.0 $P_t = 2.0$)

3.1.2.2.- Configuración vehicular por tipo de ejes

La ABC, ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan por el país.

Figura: 3.2.- Configuración vehicular por tipos de ejes

CONFIGURACIÓN VEHICULAR POR TIPO DE EJES		
Código	Tipo de Vehículos	Figura
1	Automóviles y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones Medianos (de 2.5 a 10,0 t; de 2 ejes)	
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	
CSR	Camiones Semiremolque	
CR	Camiones Remolque	
12	Otros Vehículos	

Fuente: ABC. Configuración vehicular por tipo de ejes

3.1.2.3.- Determinación del tránsito existente

La información necesaria para cuantificar el tráfico existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la ingeniería de tránsito:

- a) El tránsito promedio diario semanal (TPDS)
- b) Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados

El tránsito promedio diario de halla efectuando un conteo, durante una semana, de todos los vehículos que pasan por la carretera objeto de estudio. Teniendo en cuenta que el tránsito en general presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana de aforo.

El tránsito total registrado se divide por los siete días del conteo obteniéndose el TPDS, el cual debe discriminarse en vehículos livianos y pesados, estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño de un pavimento.

La determinación del número, tipo y peso de los vehículos de vehículos pesados se hace utilizando basculas para el pesaje de los ejes de todos los vehículos clasificados como pesados, registrando en cada caso la clase d vehículo y el tipo de eje pesado, ya sea simple, tándem o tridem.

3.1.2.4.- Suputación del tránsito durante el periodo de diseño

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y aquél que pase durante su vida de servicio. Sin embargo es necesario reconocer que no es fácil calcular dichas cargas, por cuanto en el tránsito futuro intervienen factores muy complejos dado que es muy difícil predecir los cambios en la economía regional general en la población y en el uso de la tierra a lo largo de una vía durante el periodo de diseño. Pero el volumen de tránsito futuro de una vía en servicio puede ser estimado con razonable exactitud a partir de datos sobre tránsito existente y mediante un análisis estadístico de su evolución histórica. El estimativo en mención requiere del conocimiento del valor de la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarias para los estudios de pavimento, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento. Para el cálculo de dicho parámetro es necesario contar con una serie de datos, a partir de dichos datos y

mediante la aplicación de modelos de regresión es posible ajustar las series históricas del tránsito con el uso de los modelos lineal y exponencial pues son los que más se ajustan a estas series históricas.

Además es conveniente tomar en cuenta que para efectos del dimensionamiento de un pavimento interesa solamente el tránsito que pasa por un carril, al que se le denomina carril de diseño, que es aquel por el cual se espera que circulen el mayor número de vehículos pesados y para su determinación deben utilizarse los siguientes valores:

Tabla: 3.1.- Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

Número de carriles	% De vehículos pesados en el carril de diseño
2	50
4	45
6 +	40

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Montejo Fonseca Alfonso.

El tránsito así obtenido habrá de proyectarse hacia el futuro una vez establecido el periodo de diseño y determinada la tasa anual de crecimiento del tránsito.

Se efectúan las proyecciones de tránsito utilizando el modelo exponencial expresado mediante la siguiente fórmula:

$$T_n = T_i * (1 + r)^n \quad \text{Ec.: 3.1}$$

Donde:

T_n = Tránsito en cualquier año n .

T_i = Tránsito en el año cero (inicial).

R = Tasa anual de crecimiento de tránsito.

A partir de la expresión es posible por integración obtener el tránsito acumulado durante los n años del periodo de diseño, mediante la siguiente fórmula.

$$T_{acumulado} = T_i * \frac{(1 + r)^n}{Ln(1 + r)} \quad \text{Ec.: 3.2}$$

3.1.2.5.- Determinación del factor camión

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente a 8.2 ton. Correspondientes al paso de un vehículo pesado. En la siguiente figura la ABC, nos proporciona el factor de vehículos pesados a partir de Censos de pesos por eje del 15 al 22 de febrero de 2000, con periodo de medición de 24 hrs./día

Figura: 3.3.- Factor de equivalencia vehicular

Clasificación de vehículos según la "Estadística Vial de la Administradora Boliviana de Carreteras		Factos Equivalentes Vehicular					
		Pavimento de Asfalto			Pavimento de Hormigon		
		NE = 4 cm	NE = 8 cm	NE = 12 cm	D = 18 cm	D = 24 cm	D = 30 cm
Código	Tipo de Vehículos	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
1	Automóviles y Vagonetas	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
3	Mimbuses (hasta 15 pasajeros)	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04	2,0492E-04
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	1,694616	1,634230	1,617937	1,613144	1,649326	1,661552
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	0,897383	0,952612	0,923450	1,385201	1,383924	1,384398
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	0,132146	0,142815	0,132408	0,136231	0,132585	0,132085
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	1,046566	1,018211	1,003175	1,002418	1,021022	1,027820
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	1,654853	1,661030	1,648199	2,654401	2,741238	2,775336
CSR	Camiones Semiremolque	2,496063	2,452299	2,426188	3,507745	3,623370	3,669342
CR	Camiones Remolque	3,133060	3,065405	3,038530	3,709313	3,805393	3,839728
12	Otros Vehículos						
Promedio FEV (Veh. Pesados)		1,398354	1,383677	1,365287	1,768085	1,811180	1,827783

Elaborado por: Alex Alzate

Fuente: ABC. Factor de equivalencia vehicular

3.1.2.6.- Determinación del número de ejes equivalentes

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitaran en el carril de diseño y durante el periodo de diseño, es posible convertir esta cantidad de vehículos pesados a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión:

$$W18 = TPD * \left(\frac{A}{100}\right) * \left(\frac{B}{100}\right) * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} * Fc \quad Ec. : 3.3$$

Donde:

W18 = Numero de ejes equivalentes a 8.2 toneladas

A = Porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones)

B = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

r = Rata anual de porcentaje de crecimiento de transito

n = periodo de diseño

Fc = Factor camión

3.1.3.- Índice de serviciabilidad

El pavimento es calificado entre 0 (para pavimentos en pésimas condiciones) y 5 (para pavimentos en perfecto estado). La serviciabilidad inicial (P_o) es función directa del diseño del pavimento y de la calidad que se construye la carretera, la serviciabilidad final o terminal (P_t) va en función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

Serviciabilidad inicial:

$P_o = 4,2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final:

$P_t = 2,5$ ó más para caminos principales

$P_t = 2,0$ para caminos de tránsito menor

Para el diseño de pavimento flexible se adopta un valor de serviciabilidad final $P_t = 2,0$.

En cuanto para el índice de servicio inicial se adopta un valor de $P_o = 4,2$. La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) se determina con la siguiente fórmula:

$$\Delta PSI = P_t - P_o \quad \text{Ec. : 3.4}$$

3.1.4.- Confiabilidad (r)

La confiabilidad en el diseño (r) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada.

La guía AASHTO, sugiere los niveles de confiabilidad r, de acuerdo al tipo de carreteras

Tabla: 3.2.- Niveles de confiabilidad

Niveles de confiabilidad		
Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9
Arterias principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0

Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de (Z_r).

3.1.5.- Desviación normal estándar (Z_r)

El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una desviación típica (S_o), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Z_r) asociado a un nivel de confiabilidad (R).

Error estándar combinado S_o

Los valores comprendidos de (S_o) está dentro de los siguientes intervalos:

Para pavimentos flexibles 0,40 – 0,50

En construcción nueva 0,35 – 0,40

En sobre- capas 0,50

Tabla: 3.3.- Muestra los valores de Z_r en función de la confiabilidad

Confiabilidad (R %)	Desviación normal estándar (z_r)
50,00	0,000
60,00	-0,253
70,00	-0,524
75,00	-0,674
80,00	-0,841
85,00	-1,037
90,00	-1,282
91,00	-1,340
92,00	-1,405
93,00	-1,476
94,00	-1,555
95,00	-1,645
96,00	-1,751
97,00	-1,881
98,00	-2,054
99,00	-2,327
99,90	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

3.1.6. - Variables en función del tiempo

Existen dos variables que deben tomarse en cuenta:

a) **Periodo de vida o servicialidad del pavimento.**

Es el periodo de tiempo que existe entre la condición inicial de la estructura del pavimento hasta el instante en que el mismo necesita una rehabilitación de su estructura.

También es conocido como el periodo de tiempo que existe entre cada rehabilitación de una vía. Para poder determinar el periodo de vida se necesitan los siguientes parámetros:

Serviciabilidad Inicial (PSI), la cual varía entre un valor de 4.2 a 4.5

Serviciabilidad Final (Pt) será;

Tabla: 3.4.- Serviciabilidad final para pavimentos asfálticos

Autopistas	Pt =3.0
Carreteras de importancia media	Pt= 2.5
Carreteras de importancia baja	Pt =2.0

Fuente: AASHTO. Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

b) Periodo de diseño de la vía

Es el tiempo que se tiempo para el cual estará proyectado el diseño del pavimento, el cual varía de acuerdo al tipo de carretera que va a construirse. Claro está que este valor puede verse afectado de acuerdo a los materiales colocados, el incremento del TPDA, las condiciones climáticas etc.

3.1.7.-Módulo resiliente

Es un parámetro de la sub rasante y de las bases granulares que se obtiene a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante o CBR de los materiales. El cálculo del módulo resiliente se lo puede determinar por los siguientes métodos: Efectuando los ensayos del módulo resiliente por medio del laboratorio siguiendo la norma ASSHTO T-274 y se lo realiza mediante celdas triaxiales.

Estimando valores del módulo resiliente a partir de correlaciones entre deflexiones de pavimentos en servicio de varios años atrás. Por medio de ecuaciones que correlacionan el valor del CBR como son las siguientes:

$$M_R = 10.3 * CBR \text{ (Mpa)} \quad \text{Ec.: 3.5}$$

$$M_R = 1500 * CBR \text{ (CBR} \leq 10) \text{ (Psi)} \quad \text{Ec.: 3.6}$$

$$M_R = 2555 * CBR^{0.64} \text{ (CBR} > 10) \text{ (Psi)} \quad \text{Ec.: 3.7}$$

3.1.8.- Número estructural

Es la capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones establecidas. Una vez calculado el módulo resiliente, se puede diseñar el número estructural de cada capa del pavimento con la ayuda de la ecuación de diseño de pavimentos de la AASTHO.

$$\text{Log}(W18) = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 * \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 * \text{Log}(Mr) - 8.07$$

Ec.: 3.8

3.1.9.- Coeficientes de drenaje

Es aquel que determina que tan expuesto a circunstancias de filtración de agua va a estar expuesta la carretera en condición de estudio, a continuación la norma AASHTO nos presenta el siguiente cuadro de resumen de las condiciones de drenaje.

Tabla: 3.5.- Coeficientes de drenaje para pavimentos asfálticos

Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO. *Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).*

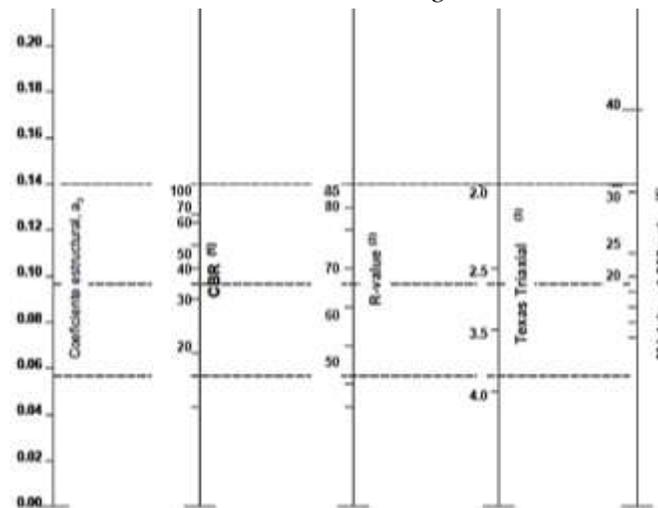
El coeficiente de drenaje se representa con la letra m.

Las condiciones de drenaje varían de acuerdo a cada capa granular siendo para el pavimento flexible m1, m2, m3.

3.1.10.- Condiciones de base, sub base granular y concreto asfáltico

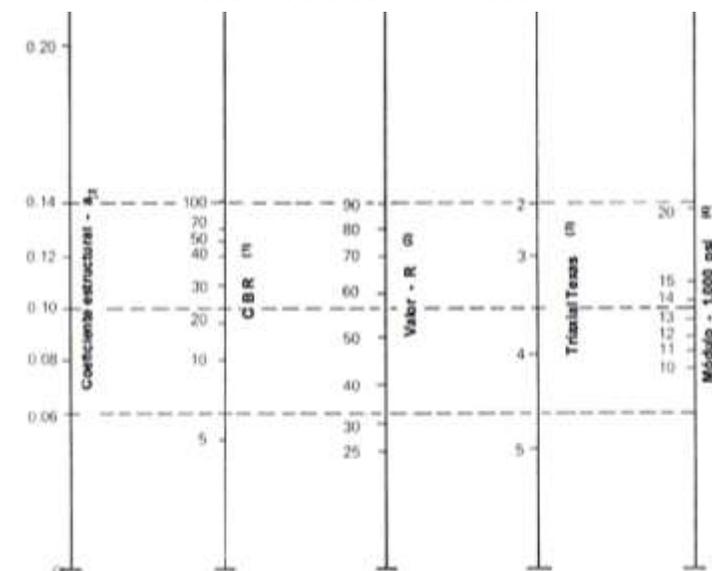
Para lograr las condiciones óptimas de diseño nos basamos en las recomendaciones de la Norma AASHTO y de la misma manera se determina el coeficiente estructural por medio de los nomogramas. a_2 = coeficiente estructural para base granular, a_3 = coeficiente estructural para sub base granular y a_2 = coeficiente estructural para concreto asfáltico.

Figura: 3.4.- Variación del coeficiente estructural a_2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular



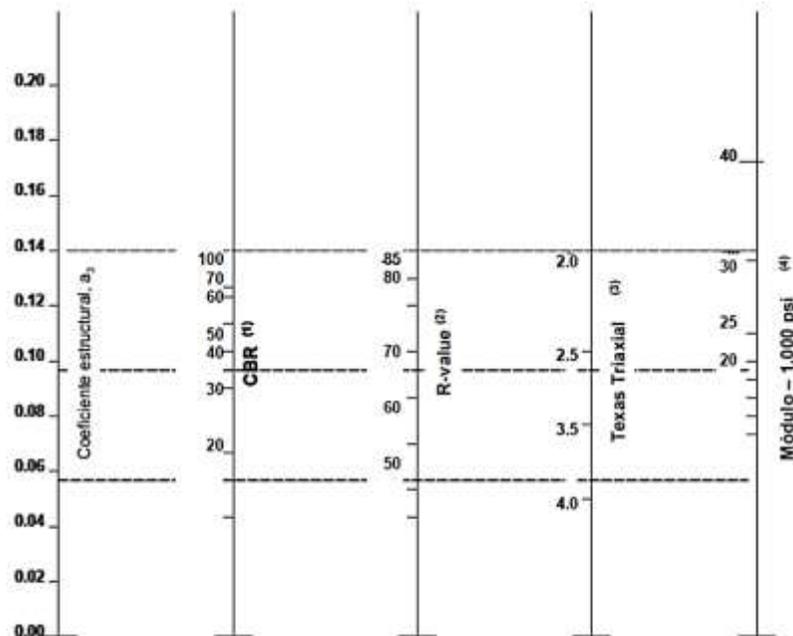
Fuente: Guía para el diseño de pavimentos. AASTHO 93

Figura: 3.5.- Variación del coeficiente estructural a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la sub base



Fuente: Guía para el diseño de pavimentos. AASTHO 93

Figura: 3.6.- Variación del coeficiente estructural a_3 con el módulo elástico del concreto asfáltico



Fuente: Guía para el diseño de pavimentos. AASTHO 93

3.2.- METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE REFUERZO DE PAVIMENTOS

Se presenta a continuación un análisis de cuatro de los principales métodos de diseño de recapados estructurales con asfalto, haciendo énfasis en las metodologías utilizadas. Estos métodos corresponden a:

- Método AASHTO
- Método Asphalt Institute, USA

3.2.1.- Método de diseño de recapados: AASHTO 1997

La metodología de diseño AASHTO 1997, considera varias combinaciones de recapado, las que dependen tanto del material usado en la rehabilitación, como del tipo de pavimento existente en que se aplique. En el presente estudio, se dará principal énfasis a los casos de recapado asfálticos sobre superficies de: pavimento asfáltico.

Para la aplicación de la metodología de diseño propuesta por AASHTO 97, en el diseño de recapados, se deben tener en cuenta en general, los siguientes criterios:

a) Reparaciones previas al recapado.- El recapado en este método solamente considera un aporte estructural al pavimento, por lo que antes de su aplicación, deben repararse todos aquellos defectos visibles (desprendimientos, grietas, deformaciones, etc.) que pudieran posteriormente afectar el comportamiento de este recapado.

b) Controlar la reflexión de grietas.- El reflejo de grietas desde el pavimento antiguo a la nueva capa, es una de las causas más frecuentes del posterior deterioro del recapado. El espesor de diseño propuesto por el método, no considera este efecto, por lo que se deben tomar medidas adicionales que permitan reducir la aparición de estas grietas de reflexión. Entre estas medidas posibles, se tiene la provisión de capas asfálticas adicionales (generalmente más abiertas y con menos % de asfalto), uso de geotextiles, empleo de asfaltos modificados y otras.

c) Estimación de las cargas de tráfico.- Se deben determinar en forma adecuada, los ejes equivalentes que solicita el pavimento durante la vida de diseño. Para esto, los factores de equivalencia se deben calcular considerando las relaciones de diseño de pavimentos flexibles o rígidos según sea el caso.

d) Drenaje.- El método supone condiciones adecuadas de drenaje, de modo de prevenir la presencia de agua que pudiera erosionar y reducir la resistencia del pavimento. Dependiendo de las condiciones de humedad y calidad del drenaje, el método ajusta esta resistencia por medio de coeficientes que aumentan o disminuyen la capacidad estructural de las capas granulares.

e) Materiales del recapado.- Estos materiales deben ser seleccionados adecuadamente, para resistir las cargas específicas, condiciones climáticas y deficiencias previas a la rehabilitación que pudiera presentar el pavimento. Debe tenerse en cuenta además, las propiedades de los materiales de la subrasante y del pavimento existente, lo cual conforma la base de fundación del recapado que se debe aplicar.

f) Nivel de confiabilidad.- Debe seleccionarse un nivel adecuado de confiabilidad y desviación estándar para la determinación del espesor del recapado, el cual no necesariamente coincide con el utilizado para determinar el diseño de un pavimento nuevo: la confiabilidad a utilizar por la mayor variabilidad de los parámetros en el pavimento existente debe ser superior al 90%, mientras que para el error estimado se recomienda utilizar 0.39 para los pavimentos rígidos y 0.49 para los flexibles.

La metodología para el cálculo de los recapados, se basa en estimar la diferencia entre el número estructural requerido (SN_f) para soportar un nuevo período de solicitaciones, y el número estructural efectivo existente (SN_{ef}).

La ecuación del diseño para el refuerzo es la siguiente:

$$SN_{01} = a_{01} * D_{01} = SN_f - SN_{ef} \quad Ec.: 3.9$$

Donde:

SN_{01} = Número estructural requerido para el refuerzo

a_{01} = Coeficiente estructural para el refuerzo

D_{01} = Espesor para el refuerzo

SN_f = Numero estructural para el tránsito futuro

SN_{ef} = Numero estructural efectivo del pavimento existente.

El espesor necesario de refuerzo será obtenido siguiendo los pasos que se indican a continuación. Los mismos proveen un método de diseño que recomienda hacer ensayos sobre el pavimento para obtener datos de entrada confiables. Si no es posible hacer esto, se puede encarar este problema mediante una inspección visual de las fallas observadas obviando los pasos 4 y 5.

PASO 1: Diseño y construcción del pavimento existente

Se debe recabar información sobre:

- a) Espesor de cada capa y tipo de material usado
- b) sub rasante (registros durante la construcción, ensayos de suelos, etc.)

PASO 2: Análisis de tránsito

- a) Cantidad de ESALs acumulado en la trocha de diseño (N_p), para ser aplicado solamente si SN_{ef} se obtiene por el método de vida remanente
- b) Cantidad de ESALs previstos en la trocha de diseño durante el periodo de diseño N_f

PASO 3: Obtención del estado del pavimento existente

Es necesario detectar, distinguir y medir los tipos de fallas presentes. En base a los mismos pueden determinarse los coeficientes estructurales, Se recomienda extraer muestras de las trochas más transitadas para estimar estas condiciones.

Se debe computar:

- a) Porcentaje de superficie con piel de cocodrilo (baja, media y alta severidad).
- b) Número de fisuras transversales por Km (baja, media y alta severidad).
- c) Profundidad medida de ahuellamiento.
- d) Evidencia de bombeo en borde y fisuras de pavimentos.

PASO 4: Ensayo de deflexión

Se hace la medida de deflexiones en correspondencia con la zona transitada por la huella externa de los vehículos.

PASO 5: Muestreo y ensayo de materiales

- a) Módulo resiliente de la sub rasante. Este valor puede determinarse también a partir de ensayos de laboratorio (AASHTO T294-921), con una tensión desviante de 6 psi (41 Kpa o 0,42 Kg/cm²) para equiparlo con la tensión desviante usada para determinar el $M_r = 21$ MPa (300Psi) del AASTHO ROAD TEST.
Alternativamente otros ensayos como el valor R, el CBR, ensayos de clasificación de suelos permiten, mediante, correlaciones determinar el valor del M_r .
- b) El examen visual de probetas de concreto asfáltico permitirá conocer distintos grados de alteración.
- c) Ídem con respecto a muestras de base y sub base.
- d) Se pueden medir los espesores de todas las capas.

PASO 6: Determinación del número estructural requerido para el tránsito futuro

- 1) El módulo resiliente efectivo de la sub rasante puede determinarse por algunos de estos métodos:
 - a) Ensayos de laboratorio.
 - b) Calculo a partir de medidas de deflexiones.
 - c) Estimación a partir de información disponible sobre suelos y relaciones desarrolladas a partir de estudios del módulo resiliente.

Hay que tener en cuenta las variaciones estacionales del Mr, si estas tienen lugar. No hay que olvidarse de usar el factor de corrección C (C=0.33) cuando se usan medidas de deflexiones.

- 2) Perdida de serviciabilidad de diseño. Sera la serviciabilidad inmediatamente después de colocado el refuerzo, P₁, menos la serviciabilidad P₂ en el momento de la nueva rehabilitación.

$$\Delta PSI = P_1 - P_2 \quad Ec.: 3.10$$

- 3) Confiabilidad del refuerzo.
- 4) Desvío estándar S₀ para el pavimento flexible.

Con estos datos y el ábaco o la ecuación de diseño (Ec.- 3.8), se puede determinar SN_f.

PASO 7: Determinación del número estructural efectivo SN_{eff} del pavimento existente.

Hay tres métodos para determinar el número estructural efectivo SN_{eff}

- **NDT**
- **Observación visual y ensayo de materiales**
- **Vida remante**

Es conveniente usar los tres métodos para evaluar el pavimento, y luego seleccionar el valor de SN_{eff} basado en los resultados, haciendo uso del criterio ingenieril y de la experiencia.

En el caso de usar el método NDT se supone que la capacidad estructural del pavimento es una función de su espesor y rigidez totales. La relación entre SN_{eff} y E_p es:

$$SN_{eff} = 0,0024 * D * E_p^{\frac{1}{3}} \quad Ec.: 3.11$$

Donde:

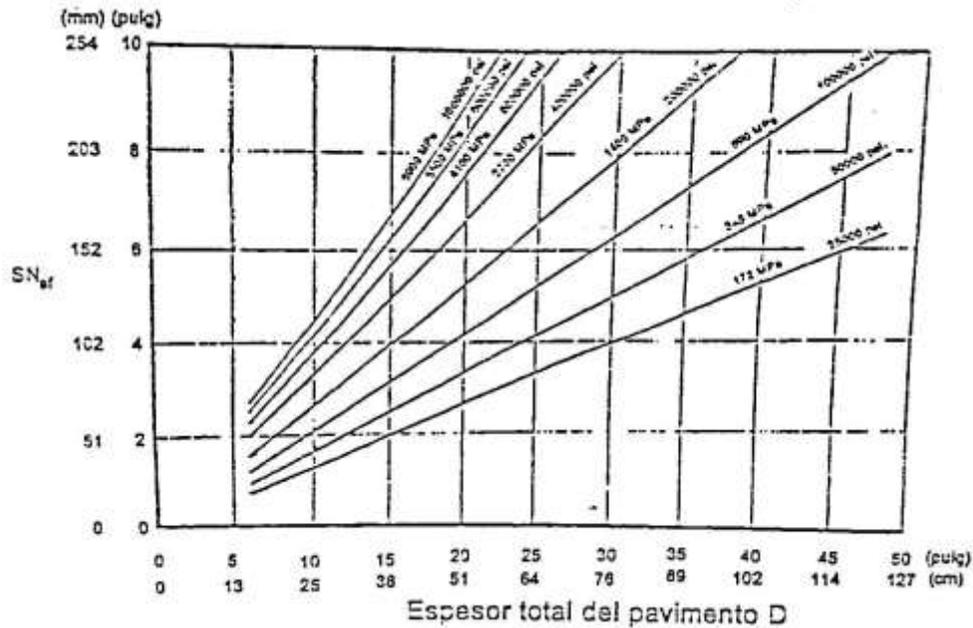
SN_{eff} = Número estructural efectivo (mm)

D = Espesor total del paquete estructural (mm)

E_p = Modulo efectivo total del paquete (KPa), se determina a través de deflexiones.

La figura muestra la relación expresada por la ecuación 3.12

Figura: 3.7.- SN_{eff} en función de E_p



Fuente: IBC. Diseño de pavimentos AASTHO – 97

En el caso de usar el método de observación visual y ensayo de materiales, se debe analizar la ecuación del número estructural:

$$SN_{eff} = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad \text{Ec.: 3.12}$$

Donde:

m_2 y m_3 se determinan de acuerdo a las condiciones de drenaje.

Los valores de a_1 , a_2 , a_3 , serán menores que los que se consideran en un diseño nuevo debido al deterioro que presentan las capas. En la figura 3.8 de la tabla se da una sugerencia de los valores a adoptar para cada capa en función de su grado de deterioro.

Figura: 3.8.- Tabla de valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimento deteriorados.

Material	Condición de superficie	Coficiente
Concreto asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,35-0,40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,25-0,35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,20-0,30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,14-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,20-0,35
Base estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,20-0,35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,25
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,10-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,08-0,15
Base o sub base granular	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,10-0,11
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,00-0,10

Fuente: IBC. Diseño de pavimentos AASTHO – 97

En el caso de usar el método de la vida remanente se tiene:

$$Vida\ remanente(\%) \quad RL = 100 * \left(1 - \frac{Np}{N_{1,5}} \right) \quad Ec. : 3.13$$

Donde:

RL = Vida remanente en %

Np = Ejes equivalentes acumulados a la fecha

N_{1,5} = Se estima con la ecuación de diseño o con el ábaco de diseño, determinando el número de ESALs que producen una serviciabilidad final de 1,5 (rotura del pavimento). En este caso se debe usar una confiabilidad R = 50%.

El SN_{eff} se determina con la ecuación:

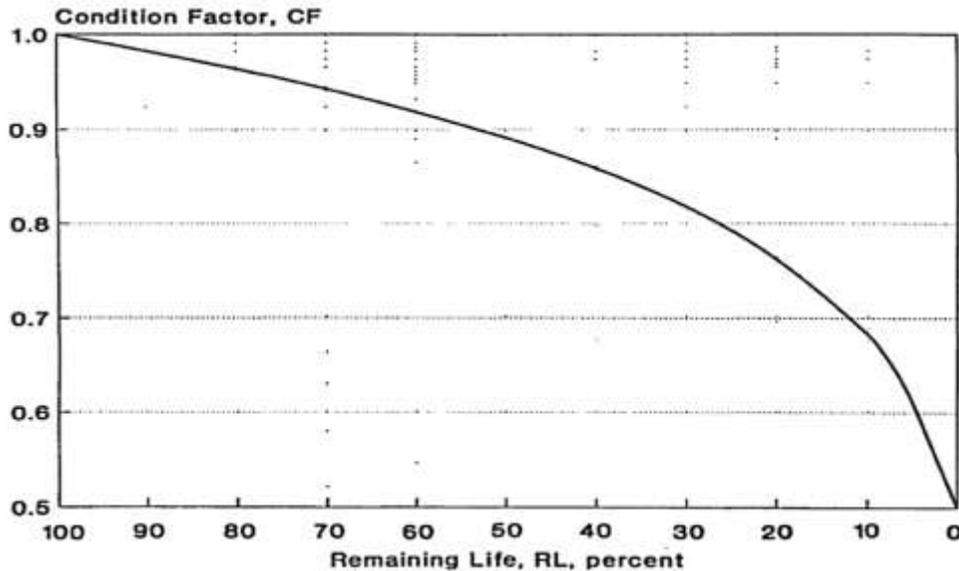
$$SN_{eff} = CF * SN_0 \quad Ec. : 3.14$$

Donde:

CF = Se obtiene en función de RL

SN_0 = Es el número estructural original de diseño del pavimento.

figura: 3.9.- condición de factor en función a la vida remanente %



Fuente: IBC. Diseño de pavimentos AASTHO – 97

3.2.2.- Método de diseño de recapados: Instituto del Asfalto (U.S.A)

El instituto del asfalto presenta una metodología que suministra: técnicas para evaluar la capacidad estructural de pavimentos flexibles y rígidos, métodos para determinar su capacidad para brindar una superficie de rodamiento cómoda y segura, técnicas para el diseño de sobre capas que incrementen la resistencia de pavimentos débiles o deteriorados y medios para el diseño de sobre capas que adecuen pavimentos en estado aceptable, al tránsito futuro. Solo se hará alusión a las técnicas de diseño de refuerzo de pavimentos flexibles.

3.2.2.1.- Diseño de sobre capas asfálticas en pavimentos flexibles

La técnica de evaluación propuesta por el Instituto del Asfalto, incluye dos métodos de evaluación: El deflextométrico y el de espesores efectivos, que a continuación se describen:

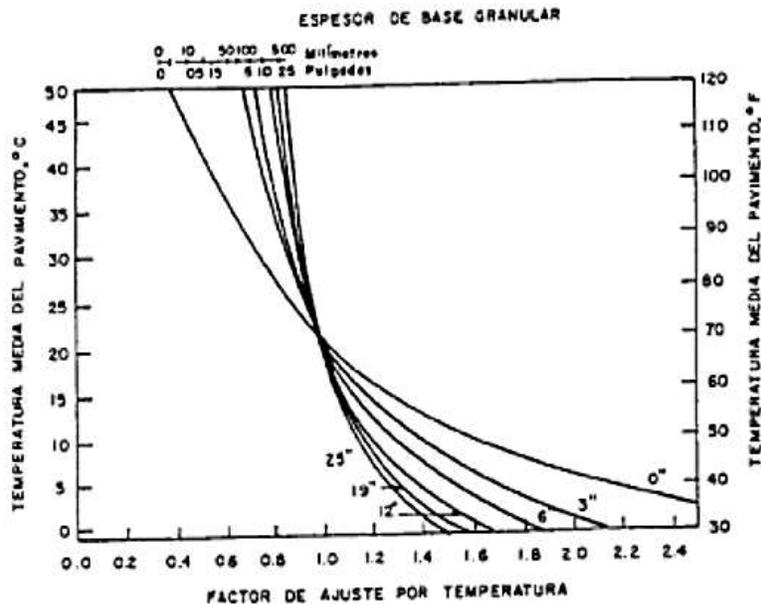
3.2.2.1.1.- Método deflextométrico

- a) **Investigación de campo:** La magnitud de las deflexiones de un pavimento indica su aptitud para soportar las cargas del tránsito. Investigaciones realizadas en muchas partes del mundo han permitido establecer correlaciones entre las cargas (magnitud

y frecuencia) y las deflexiones, las cuales se emplearan para evaluar la capacidad estructural del pavimento, así como para determinar la extensión de las acciones correctivas por tomar.

Existen muchos dispositivos que miden, de manera no destructiva, las deflexiones intentando con ello, simular la respuesta del pavimento ante una carga móvil. La viga Benkelman es quizás, el aparato con el cual se posee una mayor experiencia, la viga mide las deflexiones bajo la rueda de un vehículo cargado, en los puntos seleccionados para ello. El instituto de asfalto recomienda tomar, al azar, 12 lecturas por kilómetro de carretera. Los valores de la deflexión obtenidos en cada sección que se considere homogénea, se promedian, se ajustan por temperatura y periodo climático crítico del año y se le suman dos desviaciones estándar, obteniéndose un valor que es representativo de 97 % de las deflexiones medidas en la sección. La figura 3.9, presenta las curvas de ajuste por temperatura que recomienda el instituto del asfalto, las cuales son función del espesor de las capas granulares (para un pavimento de espesor pleno en concreto asfáltico, se usa el espesor cero de capas granulares).

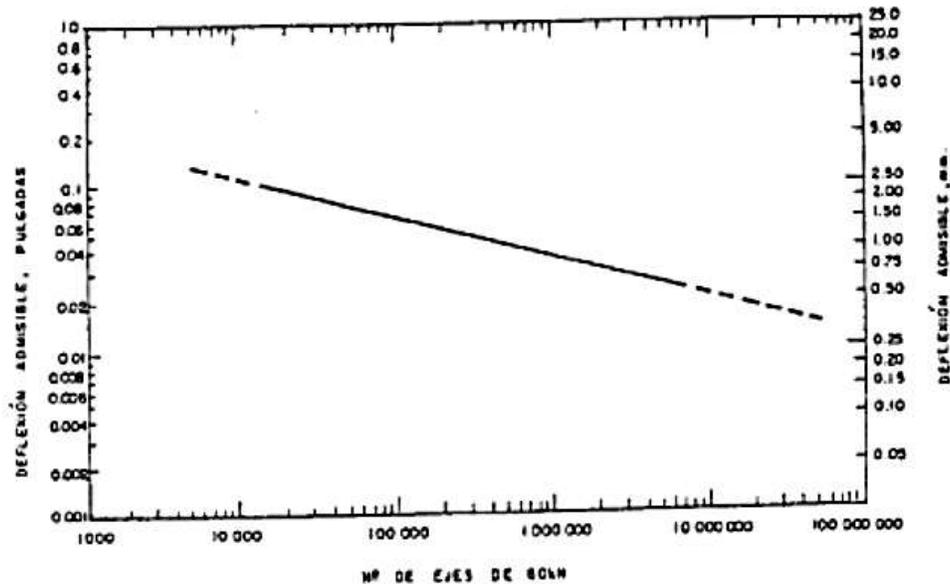
Figura: 3.10.- Curvas de ajuste por temperatura en función de las capas granulares



Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Montejo Fonseca Alfonso

- b) **Tránsito de diseño:** El ingeniero deberá realizar una proyección de tránsito para el periodo de diseño del refuerzo que se vaya a colocar en el pavimento. La proyección realizada a partir de los datos de la serie histórica de tránsito, es idéntica a la que se realiza en el método de diseño de pavimentos nuevos y obteniéndose un tránsito futuro, expresado como número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 ton en el carril de diseño durante el periodo de diseño (Nd).
- c) **Evaluación de la condición estructural del pavimento:** Es posible predecir, a partir de la deflexión característica (Dc), el periodo que puede transcurrir antes que sea indispensable la colocación de un refuerzo en el pavimento que se analiza. El procedimiento por aplicar es el siguiente:
- 1) Determinar la deflexión característica (Dc)
 - 2) Haciendo que la deflexión característica sea igual a la deflexión admisible de diseño, obtener en la figura 3.10, un valor de tránsito remanente.

Figura: 3.11.- Grafica para determinar la deflexión admisible



Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Montejo Fonseca Alfonso

- 3) Determinar el tránsito promedio diario actual, discriminado por tipo de vehículo. Multiplicar cada valor por el porcentaje que utiliza el carril de diseño y por 365 para obtener el tránsito total actual para cada tipo de vehículo.
- 4) Multiplicar estos valores por los factores de equivalencia de carga para cada uno de ellos y sumar los productos (No).
- 5) Hallar un factor de crecimiento, de tránsito mediante la relación N_r/N_o .
- 6) Estimar con base en la serie histórica, la tasa anual de crecimiento del tránsito.
- 7) Con el factor y la tasa de crecimiento hallar un periodo de diseño, en la tabla 3.6. El valor así obtenido es el número de años que transcurrirán antes de que la sobre capa sea necesaria.

Tabla: 3.6.- Factor de crecimiento

Periodo de	Tasa de crecimiento anual % (r)
------------	-----------------------------------

diseño (años)	Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.58	41.45	51.16
20	20	24.30	29.78	33.06	36.79	41.0	45.76	57.28
25	25	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso

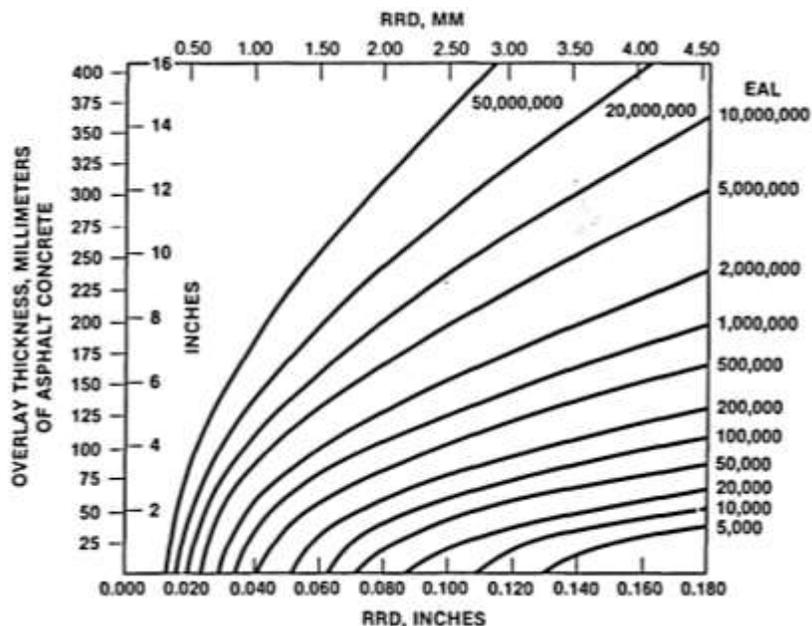
8) Conocidos el factor y la tasa de crecimiento, la tabla 3.6 permite determinar el número de años que debe transcurrir antes de que sea necesario el refuerzo.

d) Diseño de sobre capas a partir de deflexiones

El procedimiento que se va a desarrollar en este caso es el siguiente:

- 1) Determinar la deflexión característica
- 2) Estimar el tránsito para el tiempo que se tomara como periodo de diseño de la sobre capa.
- 3) Con estos dos valores, determinar en la gráfica de diseño figura el espesor requerido de sobre capa, en concreto asfáltico.

Figura: 3.12.- Abaco: Espesor de recapado, asfalto sobre asfalto. Método Asphalt Institute



Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso

3.2.2.1.2.- Método de diseño por espesores efectivos

El procedimiento se basa en el concepto de que la vida de los pavimentos se reduce a medida que van soportando el tránsito con el transcurso del tiempo. Esto equivale a suponer que cuando el pavimento va utilizando parte de su vida, se va comportando como si fuera adelgazando, es decir que su espesor efectivo se va haciendo cada vez menor.

Para calcular el espesor efectivo de un pavimento existente se requiere conocer la composición y espesor de cada una de sus capas, así como las propiedades de la sub rasante. Para completar el proceso de diseño, se requiere además, un estimativo de tránsito a que estará sometido el pavimento luego del refuerzo. El espesor de este, se determina mediante la diferencia entre el espesor que se requerirá de un pavimento nuevo sobre la sub rasante existente, para soportar el tránsito futuro, y el espesor del pavimento existente.

A) Análisis de la sub rasante

Para efectivos de diseño, es necesario conocer las propiedades de resistencia de la sub rasante. Si se dispone de los datos originales de diseño, ellos pueden emplearse, adicionándoles algunos ensayos de verificación; si no se dispone de ellos, la comprobación de campo se hace indispensable. Para evitar errores sistemáticos, las muestras para el ensayo deben escogerse al azar. Dichas muestras se prueban en el

laboratorio por medio del ensayo triaxial para determinar el módulo resiliente, en cuyos términos se expresa la resistencia en las gráficas de diseño del instituto del asfalto; si no se puede realizar el ensayo, se permite estimar el módulo a partir del CBR o del valor de R del estabilometro de Heveem.

$$Mr(Mpa) = 10.3 * CBR \quad o \quad = 8.08 + 3.8 * R \quad Ec.: 3.15$$

B) Tránsito de diseño

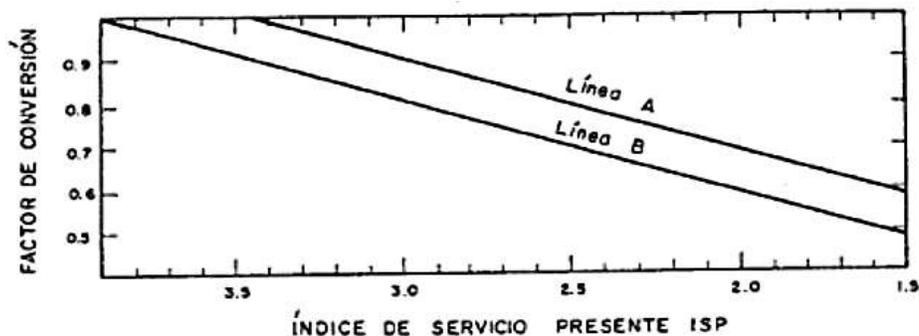
Su valor Nd debe estimarse mediante el mismo procedimiento aplicado para el diseño con base en deflexiones.

C) Espesor efectivo del pavimento existente

El instituto de asfaltos presenta dos métodos para determinarlo. El método 1 incluye el empleo de un factor de conversión para la estructura del pavimento, a partir de una sencilla calificación de su estado, más el empleo de unos factores de equivalencia para convertir los diversos materiales de la estructura a espesores equivalentes de concreto asfáltico. El método 2 requiere el uso de factores de conversión para cada capa del pavimento de acuerdo con su estado actual, para convertirla directamente a un espesor equivalente de concreto asfáltico.

Método 1: Los factores de conversión (C) que presenta la figura 3.12, se basan en análisis de vida remanente de estructuras típicas de pavimentos evaluados mediante el índice de servicio (PSI). Las curvas de la figura reflejan diferencias en cuanto al comportamiento del pavimento luego del refuerzo. Se ha observado que en lugar de ser reforzados, algunos pavimentos presentan una reducida tasa de cambio en el PSI, comparada con la tasa de cambio que presentaban antes de colocar la sobre capa, condición que queda representada por la línea A, la línea B inferior representa un cambio en el PSI a una tasa similar a la que se presentaba antes del refuerzo y es un tanto más conservativa. La elección de una u otra depende, en gran medida, del juicio y la experiencia.

Figura: 3.13.- Factores de conversión



Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonzo

Los factores de equivalencia para bases estabilizadas con emulsión asfáltica, mostrada en la tabla 3.7, varían de acuerdo con las características de ellas, las cuales se identifican por medio de su denominación (tipos I, II, III), tal como se designan también en el método de diseño de pavimentos en el instituto del asfalto.

El espesor efectivo de cada capa de pavimento (T_e), se obtiene multiplicando su espesor real (T), por el factor de conversión (C) y el factor de equivalencia apropiado (E).

$$T_e = T * C * E \quad \text{Ec.: 3.16}$$

Tabla: 3.7.- Factores de equivalencia para convertir capas de otros materiales a espesores equivalentes de concreto asfáltico.

Tipo de material	Factor de equivalencia
Concreto Asfáltico	100
Base estabilizada con emulsión asfáltica	
Tipo I	0.95
Tipo II	0.83
Tipo III	0.57

Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonzo

El espesor equivalente total del pavimento se obtiene sumando los espesores equivalentes de las diversas capas que lo constituyen.

El método 1 se encuentra restringido a estructura de pavimentos que estén construidas por materiales incluidos en la tabla, para el caso de materiales no contemplados en ella, deberá emplearse el método 2.

Método 2: Este método exige la determinación de las características de cada capa del pavimento, seleccionando a partir de ellas, los factores de conversión apropiados, como se puede ver en la tabla 3.8.

Tabla: 3.8.- Factor de conversión de espesores de diversas capas a espesores efectivos (Te)

Clase	Descripción del material	factor de conversión
I	a) Sub rasante original en todos los casos B) Sub rasante mejorada con materiales predominantes granulares que contengan algo de limo y arcilla con $IP \leq 10$ C) Sub rasantes estabilizadas con cal constituidas de suelos que tengan u $IP \geq 10$	0
II	Sub base granular o base constituida con agregados duros y una graduación aceptable, que contenga algunos finos plásticos y con CBR no inferior a 20, debe emplearse el valor superior del rango si el $IP \leq 6$ y el inferior en caso contrario.	0.1-0.2
III	Sub bases y bases modificadas con cemento o cal con cenizas volantes, construidas con suelos que tengan $IP \leq 10$	0.2 - 0.3
IV	a) Capas de rodadura y bases estabilizadas con asfalto liquido o emulsión, con patrones de agrietamientos bien definidos y deformaciones apreciables en la huella de la ruedas de los vehículos que indiquen evidencia de inestabilidad b) Bases de suelo cemento con patrones de agrietamiento bien definidos reflejados como fisuras superficiales	0.3 - 0.5
V	a) Superficies asfálticas y bases asfálticas que exhiben apreciable agrietamiento y que permanecen estables aunque haya indicios de deformaciones en las huellas del paso de los vehículos b) Capas de rodadura o bases estabilizadas con asfalto liquido o emulsión asfáltica que presentan grietas finas y algún descascaramiento o degradación de agregados y ligeras deformaciones pero que perezcan estables	0.5 - 0.7
VI	a) Superficies de concreto asfáltico que exhiban grietas muy finas y que permanezcan estables aunque se observen ligeras deformaciones bajo las huellas de circulación de los vehículos b) Mezclas con asfalto liquido o emulsión asfáltica generalmente estables y sin agrietamientos.	0.7 - 0.9
VII	a) Capa superficial de concreto asfáltico, incluyendo bases asfálticas en el mismo material, que se encuentre sin grietas aunque con deformaciones bajo las huellas de transito de los vehículos	0.9 - 1.0

Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso

El espesor efectivo de cada capa (T_e), será el producto de su espesor real (T) por el factor de conversión (C) y el (T_e) de toda la estructura, es la suma de los espesores efectivos de todas las capas.

Deberá tenerse siempre presente, que no existe aún datos suficientes sobre experiencias de comportamiento que permitan establecer con precisión los factores de conversión, por lo que los valores de la tabla son en cierto grado subjetivos.

Caculo del espesor de sobre capas.

El procedimiento del Instituto del Asfalto para calcular el espesor de refuerzo en concreto asfáltico, a partir del espesor efectivo del pavimento es el siguiente:

$$T_o = T_n - T_e \quad \text{Ec. : 3.17}$$

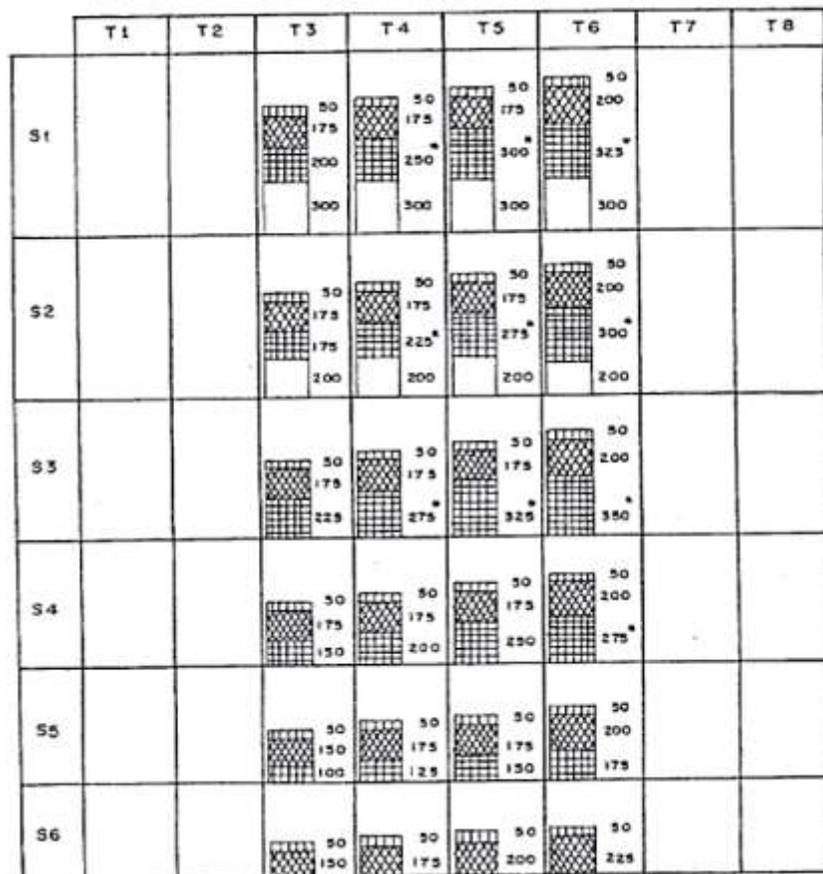
Donde:

T_o = Espesor de la sobre capa

T_n = Espesor que requerirá un pavimento nuevo de espesor pleno en concreto asfáltico, para soportar el tránsito de diseño, N_d , sobre la sub rasante existente, M_r . Este espesor se obtiene en la figura 3.13 de diseño.

T_e =Espesor efectivo del pavimento existente

Figura: 3.14.- Base granular rodadura semi estructural



Fuente: Ingeniería de pavimentos. Montejo Fonseca Alfonso

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN PRÁCTICA SOBRE EVALUACIÓN DE REFUERZOS DE RECAPAMIENTO EN EL TRAMO EN ESTUDIO

4.1.- Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Tarija, en el Tramo Tarija-Padcaya, Ruta F-001 del corredor Oeste - Sur, correspondiente a la Red Vial Fundamental de Bolivia.

Más precisamente, la zona de estudio está comprendida desde la tranca del Portillo hasta el Cruce del Valle, entre las provincias Cercado y J. M. Avilés del departamento de Tarija.

Figura: 4.1.- Mapa de Bolivia, red vial fundamental de Bolivia, corredor oeste - sur



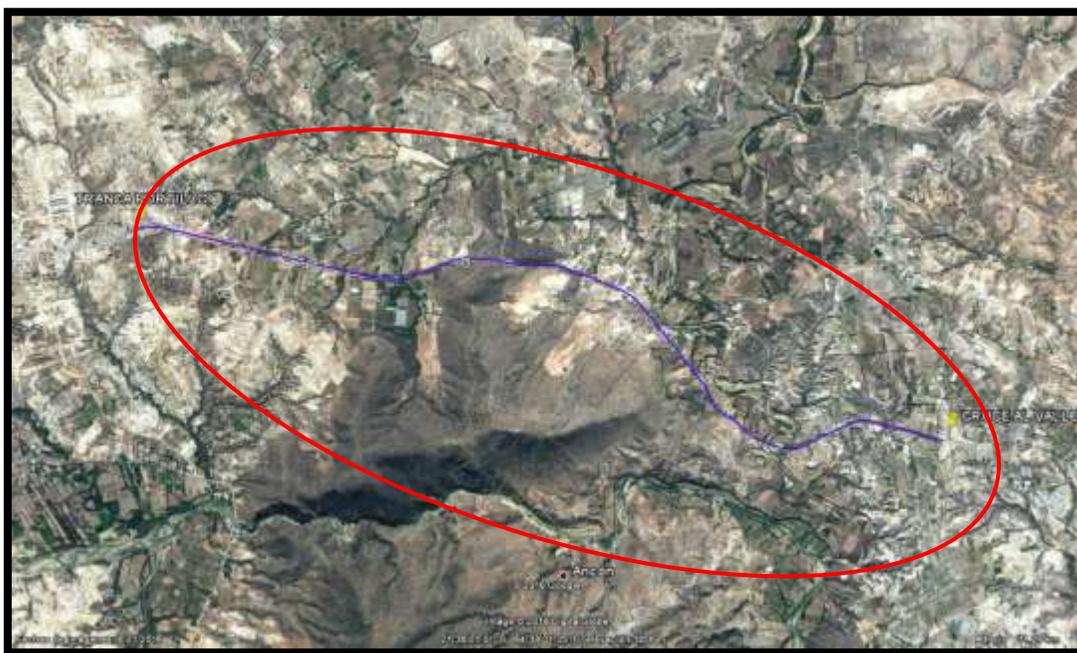
Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras. Memoria ABC 2010

Figura: 4.2.- Mapa del departamento de Tarija



Fuente: Estudio TESA. Tramo III Zapaterambia- Itaguazuti. SEDECA.

Figura: 4.3.- Tramo El Portillo – Cruce el Valle



Fuente: Google earth

4.2.- Características generales de la zona de estudio

El tramo de estudio atraviesa una región de topografía ondulada, en la zona de la sierra sub andina, con un clima semiárido, con temperaturas promedio entre los 20 y 30 grados centígrados, con régimen de lluvias intenso entre los meses de octubre y marzo, con 800 mm. por año.

Dada la naturaleza litológica y coadyuvado por la acción erosiva de las aguas superficiales, han dejado un paisaje denominado “bad-lands”, el cual está recibiendo campañas para mejorar dicha situación, en vista que los primeros kilómetros de esta zona actualmente son las de mayores asentamientos poblacionales así como las de mayor producción agrícola, principalmente vitivinícola, apoyada por el Proyecto Múltiple San Jacinto, con la construcción de varios kilómetros de canales de riego.

Este tramo es muy concurrido ya que por el mismo circulan vehículos que se dirigen tanto hacia el Valle como hacia la Ciudad de Bermejo.

Según datos de la ABC el tráfico promedio anual de vehículos que circulan desde la Ciudad de Tarija hasta el cruce del Valle es de aproximadamente 7000 vehículos/ año

4.3.- Especificaciones técnicas de construcción del pavimento año 1974, 1995, 2005.

4.3.1.- Carpeta original año de construcción 1974

Las características técnicas del tramo son las siguientes:

Tabla: 4.1.- Características del tramo año 1974

Características del tramo	Medida	Unidad
Longitud tramo el Portillo- cruce al Valle	8.8	Km.
Velocidad directriz en zona llana	80	Km/h
Velocidad directriz en zona ondulada	60	Km/h
Radio mínimo de curva	250	m.
Pendiente máxima	7	%
Bombeo normal	2.5	%
Derecho de vía	70	m.
Ancho de plataforma asfaltada	7.5	m.
Ancho de berma (material granular)	2.35	m.

Espesor de capa sub base	25	cm.
Espesor de capa base	20	cm.
Espesor de concreto asfaltico	7	cm.

Fuente: Mejoramiento y pavimentación carretera Tarija – Bermejo. Cofinanciamiento CAF – Banco do Brasil (PROEX)

4.3.2.- Colocación de sello superficial año 1995

Tabla: 4.2.- Características del tramo año 1995

Características del tramo	Medida	Unidad
Longitud tramo el Portillo- cruce al Valle	8.8	Km.
Derecho de vía	70	m.
Ancho de plataforma asfaltada	7.5	m.
Ancho de berma (material concreto asfaltico)	1	m.
Espesor de sello asfaltico	3/8	Pulgada.

Fuente: Fuente: Mejoramiento y pavimentación carretera Tarija – Bermejo. Cofinanciamiento CAF – Banco do Brasil (PROEX)

4.3.3.- Colocación de recapado año 2005

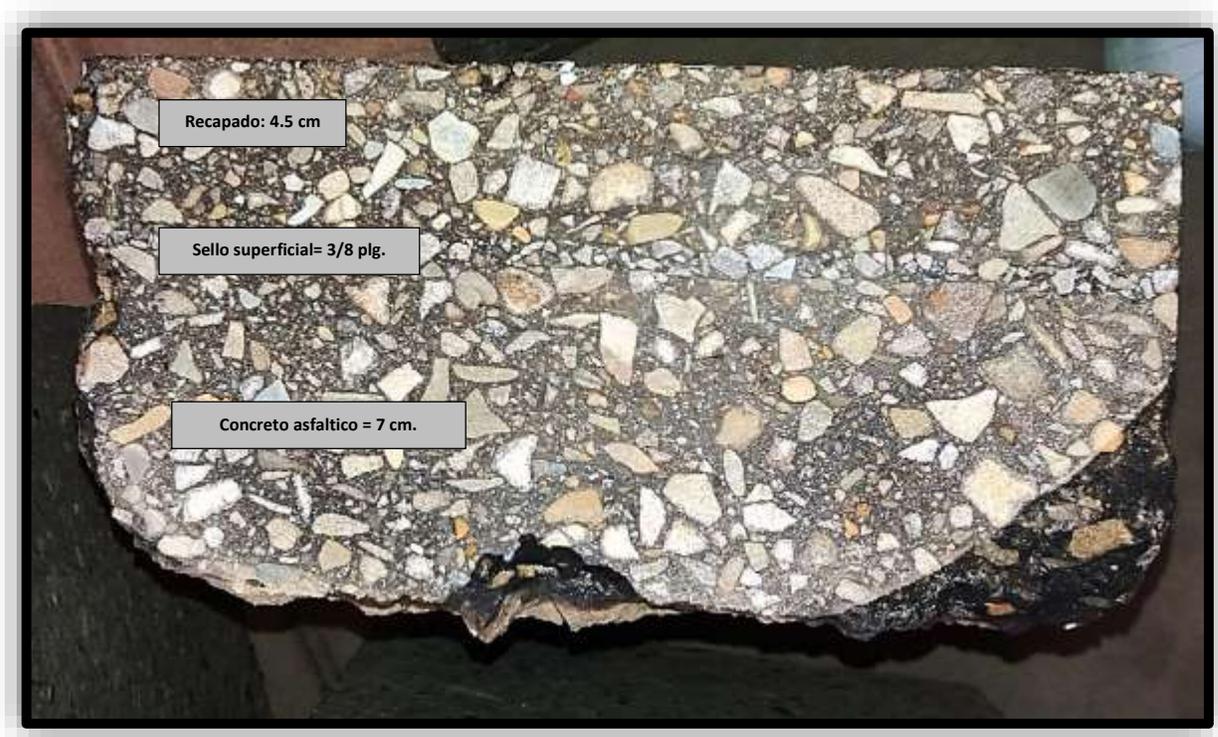
Tabla: 4.3.- Características del tramo año 2005

Características del tramo	Medida	Unidad
Longitud tramo el Portillo- cruce al Valle	8.8	Km.
Derecho de vía	70	m.
Ancho de plataforma asfaltada	7.5	m.
Ancho de berma (material concreto asfaltico)	1	m.
Espesor de recapado concreto asfaltico	4.5	cm.

Fuente: Fuente: Mejoramiento y pavimentación carretera Tarija – Bermejo. Cofinanciamiento CAF – Banco do Brasil (PROEX)

En la siguiente imagen se puede apreciar la carpeta original, el sello superficial y el recapado del pavimento flexible.

Figura: 4.4.- Corte del pavimento



Fuente: Propia

4.4.- Caracterización de los materiales componentes del pavimento

Para que un pavimento cumpla a cabalidad su función de transmitir al suelo de apoyo, esfuerzos y deformaciones, que no involucren su integridad estructural y proporcione al usuario vial una circulación de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía debe tener las siguientes características:

- 1.- Resistir la acción causada por el tránsito.
- 2.- Ser durable.
- 3.- Resistir los agentes ambientales externos.
- 4.- Tener condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- 5.- Poseer una textura adecuada para el rodamiento cuya fricción sea tal que evite el deslizamiento y a la vez tenga una resistencia tal que no se vea afectado por el efecto abrasivo de las llantas.
- 6.- Ser económico.
- 7.- Tener el color adecuado con el fin de evitar reflejos y deslumbramientos.

4.4.1 Caracterización de materiales de sub rasante

Esta capa es muy importante para los pavimentos y constituyen su cimiento. Generalmente está formada por materiales no seleccionados. Es muy importante que el nivel de aguas freáticas esté cuando menos a 1.50 m., debajo de ésta, esto se consigue drenando el subsuelo o elevando la Sub rasante.

Para diseñar adecuadamente un pavimento principalmente los de tipo flexible, se deben hacer extensos estudios del suelo de la sub rasante, tanto en el campo como en el laboratorio. Comprende estudios de topografía, geología del ambiente y sobre todo de mecánica de suelos.

La función de la sub-rasante es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, además de considerarse la cimentación del pavimento. Entre mejor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad.

4.4.2 Caracterización de materiales de Sub base

En los pavimentos flexibles, la sub base es la capa situada debajo de la base y sobre la capa sub rasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

Proporciona a la base un cimiento uniforme y constituye una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria.

Se emplean normalmente sub bases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc. su función es:

- 1.- Reducir el costo de pavimento disminuyendo el espesor de la base.
- 2.- Proteger a la base aislándola de la sub rasante ya que, si el material de la sub rasante se introduce en la base, puede sufrir cambios volumétricos generados al cambiar las condiciones de humedad dando como resultado una disminución en la resistencia de la base.
- 3.- Proteger a la base impidiendo que el agua suba por capilaridad.
- 4.- Transmitir y distribuir las cargas a la sub rasante.

Tabla: 4.4.- Característica de los materiales de sub base

Características de los materiales			
Limite Liquido	LL	25 máx.	%
Limite plástico	LP	6 máx.	%
Compactación		100	%
Desgaste de los ángeles		60 máx.	%
Capacidad de soporte	CBR	40 min.	%
Equivalente de arena		30min.	%

Fuente: Gabriela y Luis Enrique Villafuerte. Evaluación estructural de pavimentos flexibles para suelos tipo limo arenoso P. U. C. E.

4.4.3 Caracterización de materiales de base

La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

Tipos de base.

Actualmente puede considerarse dos tipos de bases:

Base granular.- De grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo.

Base estabilizada.- Suelos con cemento Portland, cal o materiales bituminosos.

En las base granulares la estabilidad del material depende de la fricción interna y de su cohesión. Una base granular de buena calidad requiere unos materiales fracturados con granulometría continua, el conjunto de la capa debe estar correctamente compactado, drenado e impermeabilizado.

Principales funciones de la base.

Las principales funciones de la base son:

- 1.- Soportar adecuadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y transmitir los esfuerzos a la sub rasante, por medio de la sub base, de tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales en el pavimento.
- 2.- Drenar el agua que se introduce por medio de grietas en la carpeta o por los hombros evitando también la ascensión capilar.

Tabla: 4.5.- Característica de los materiales de base

Características de los materiales			
Limite Liquido	LL	25 máx.	%
Limite plástico	LP	6 máx.	%
Partículas alargadas		35 máx.	%
Compactación		100	%
Equivalente de arena		50 min.	%
Capacidad de soporte	CBR	100	%
Índice de durabilidad		40min.	%

Fuente: Gabriela y Luis Enrique Villafuerte. Evaluación estructural de pavimentos flexibles para suelos tipo limo arenoso P. U. C. E.

4.4.4 Caracterización de materiales de carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir.

En las mezclas asfálticas, es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar un contenido óptimo; ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y de la intemperie, pero no debe resultar muy gruesa ya que además de resultar antieconómica puede provocar una pérdida de la estabilidad en la carpeta, además este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie. El tipo y espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a transitar por ese camino.

4.5.- Evaluación de la condición superficial

4.5.1.- Evaluación por el índice de condición del pavimento (PCI)

PCI Prog.: 0+120 Prog.: 0+220

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m ²)	187.50

Progresiva		Tipo de daño	Área (m ²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inc.	Fin.						
0+120	0+145	01.Piel de cocodrilo	12.00	M	6.40	40.60	
		10.Grieta long/tran	25.00	L	13.33	9.80	7.0
		11.Parcheo-acometida	0.35	M	0.19	4.40	
0+145	0+170	01.Piel de cocodrilo	48.30	M	25.76	58.80	59.0
0+170	0+195	01.Piel de cocodrilo	20.40	M	10.88	47.20	6.0
		03.Agriet. en bloque	21.60	L	11.52	8.50	
0+195	0+220	03.Agriet. en bloque	102.50	M	54.67	34.80	7.0
		11.Parcheo-acometida	0.60	M	0.32	5.40	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido				q			VDT				VDC	PCI	Calif.
Inic.	Fin.															
0+120	0+145	7.0	40.6	40.6	40.6									45.0	55.0	Bueno
			9.8	9.8	2.0		3.0	2.0	1.0	54.8	52.4	44.6				
			4.4	2.0	2.0											
0+145	0+170	59.0	59.0										59.0	59.0	41.0	Regular
0+170	0+195	6.0	47.2	47.2			2.0	1.0		55.7	49.2			49.0	51.0	Regular
			8.5	2.0												
0+195	0+220	7.0	34.8	34.8			2.0	1.0		40.2	36.8			37.0	63.0	Bueno
			5.4	2.0												

PCI prom.	53.0	Regular
-----------	------	---------

PCI Prog.: 1+050 Prog.: 1+150

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Prog.		Tipo de daño	Área (m ²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
1+050	1+075	03.Agriet. en bloque	13.40	L	7.15	6.40	8.0
		03.Agriet. en bloque	17.50	M	9.33	15.10	
		06.Depresión	8.80	H	4.27	28.60	
		10.Grieta long/tran	5.90	L	3.15	2.20	
		10.Grieta long/tran	6.50	H	3.47	17.70	
		11.Parcheo-acometida	0.90	L	0.48	1.20	

1+075	1+100	01.Piel de cocodrilo	19.20	L	10.24	32.30	7.0
		10.Grieta long/tran	26.70	L	14.24	10.20	
		10.Grieta long/tran	7.60	M	4.05	9.30	
		11.Parcheo-acometida	2.80	L	1.49	3.30	

1+100	1+125	01.Piel de cocodrilo	6.40	M	3.41	33.90	7.0
		10.Grieta long/tran	5.10	L	2.72	1.50	

	11.Parcheo-acometida	4.50	L	2.40	5.30	
--	----------------------	------	---	------	------	--

1+125	1+150	01.Piel de cocodrilo	7.84	L	4.18	24.00	8.0
		10.Grieta long/tran	14.82	L	7.90	6.40	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido						q						VDT						VDC	PCI	Calif.
Inic.	Fin.																						
1+050	1+075	8.0	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6													42.0	58.0	Bueno
			17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	2.0															
			15.1	15.1	15.1	15.1	2.0	2.0	6	5	4	3	2	1	71.2	72.0	71.8	67.4	54.3	38.6			
			6.4	6.4	6.4	2.0	2.0	2.0															
			2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0															
			1.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0															

1+075	1+100	7.0	32.3	32.3	32.3	32.3															38.0	62.0	Bueno
			10.2	10.2	10.2	2.0			4	3	2	1			55.1	53.8	46.5	38.3					
			9.3	9.3	2.0	2.0																	
			3.3	2.0	2.0	2.0																	

1+100	1+125	7.0	33.9	33.9	33.9																32.0	62.0	Bueno
			5.3	5.3	2.0				3	2	1				40.7	41.2	37.9						
			1.5	2.0	2.0																		

1+125	1+150	8.0	24.0	24.0					2	1					30.4	26.0					26.0	74.0	Muy bueno
			6.4	2.0																			

PCI Prog.: 2+040 Prog.: 2+140

PCI prom.	64.0	Bueno
-----------	------	-------

Unidad de muestreo (m)	25
------------------------	----

Área de unidad de muestreo (m ²)	187.50
--	--------

Prog.		Tipo de daño	Área (m ²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
2+040	2+065	01.Piel de cocodrilo	4.36	L	2.33	18.20	8.0
		03.Agriet. en bloque	29.22	M	15.58	20.00	
		10.Grieta long/tran	37.10	M	19.79	26.00	
		11.Parqueo-acometida	4.60	M	2.45	15.80	

2+065	2+090	01.Piel de cocodrilo	3.80	L	2.03	16.80	8.0
		03.Agriet. en bloque	17.70	L	9.44	7.60	
		03.Agriet. en bloque	37.80	M	20.16	23.00	
		10.Grieta long/tran	11.30	L	6.03	5.10	
		10.Grieta long/tran	14.80	M	7.89	15.60	
		11.Parqueo-acometida	3.40	M	1.81	13.60	

2+090	2+115	09.Des. carril-berma	13.50	L	7.20	3.50	5.0
		10.Grieta long/tran	4.80	L	2.56	5.90	
		10.Grieta long/tran	5.80	H	3.09	16.50	
		11.Parqueo-acometida	93.00	M	49.60	58.00	

2+115	2+140	01.Piel de cocodrilo	5.70	L	3.04	20.90	8.0
		03.Agriet. en bloque	17.70	M	9.44	15.20	
		10.Grieta long/tran	23.30	L	12.43	9.40	
		10.Grieta long/tran	9.80	M	5.23	12.00	
		11.Parqueo-acometida	4.20	M	2.24	15.10	

Valores deducidos

Prog.	Inic.	Fin.	m	Valor deducido							q							VDT							VDC	PCI	Calif.						
2+040	2+065	8.0		26.0	26.0	26.0	26.0																										
				20.0	20.0	20.0	2.0					4	3	2	1					80.0	66.2	50.0	32.0							45.0	55.0	Regular	
				18.2	18.2	2.0	2.0																										
				15.8	2.0	2.0	2.0																										

2+065	2+090	8.0		23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0																											
				16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	2.0																											
				15.6	15.6	15.6	15.6	2.0	2.0		6	5	4	3	2	1				81.7	78.6	73.0	61.4	47.8	33.0					41.0	59.0	Bueno				
				13.6	13.6	13.6	2.0	2.0	2.0																											
				7.6	7.6	2.0	2.0	2.0	2.0																											
				5.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0																											

2+090	2+115	5.0		58.0	58.0	58.0	58.0																												
				16.0	16.0	16.0	2.0					4	3	2	1				83.4	81.9	78.0	64.0							64.0	36.0	Malo				
				5.9	5.9	2.0	2.0																												
				3.5	2.0	2.0	2.0																												

2+115	2+140	9.0		20.9	20.9	20.9	20.9	20.9																									
				15.1	15.1	15.1	15.1	2.0				5	4	3	2	1			72.6	65.2	55.2	42.0	28.9					36.0	64.0	Bueno			

		15.2	15.2	15.2	2.0	2.0					
		12.0	12.0	2.0	2.0	2.0					
		9.4	2.0	2.0	2.0	2.0					

PCI prom.	47.0	Regular
------------------	-------------	----------------

PCI Prog.: 3+210 Prog.: 3+310

Unidad de muestreo (m)	25	Área de unidad de muestreo (m²)	187.50
-------------------------------	----	---	--------

Prog.		Tipo de daño	Área (m²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
3+210	3+235	10.Grieta long/tran	29.60	L	15.79	10.70	9.0
		10.Grieta long/tran	11.80	M	6.29	13.10	
		19.Desprendimiento	150.00	L	80.00	14.80	

3+235	3+260	10.Grieta long/tran	33.70	L	17.97	11.50	9.0
		11.Parqueo-acometida	7.00	L	3.73	8.20	
		11.Parqueo-acometida	5.22	M	2.78	16.80	
		19.Desprendimiento	150.00	L	80.00	14.80	

3+260	3+285	03.Agriet. en bloque	30.50	M	16.27	20.50	8.0
		06 Depresión	2.27	H	1.21	16.70	
		10.Grieta long/tran	7.80	L	4.16	3.50	
		11.Parqueo-acometida	35.00	L	18.67	23.10	
		19.Desprendimiento	75.00	L	40.00	11.40	

3+285	3+310	03.Agriet. en bloque	20.60	M	10.99	15.80	9.0
		10.Grieta long/tran	13.00	L	6.93	5.80	
		10.Grieta long/tran	14.00	M	7.47	15.00	
		11.Parcheo-acometida	2.20	L	1.17	2.70	
		19.Desprendimiento	75.00	L	40.00	11.40	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido					q					VDT					VDC	PCI	Calif.
Inic.	Fin.																			
3+210	3+225	9.0	14.8	14.8	14.8													23.0	77.0	Muy bueno
			13.1	13.1	2.0			3.0	2.0	1.0			38.6	29.9	18.8					
			10.7	2.0	2.0															

3+225	3+260	9.0	16.8	16.8	16.8	16.8											27.0	73.0	Muy bueno	
			14.8	14.2	14.8	2.0		4.0	3.0	2.0	1.0		51.3	44.5	35.6	22.8				
			11.5	11.5	2.0	2.0														
			8.2	2.0	2.0	2.0														

3+260	3+285	8.0	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1										41.0	59.0	Bueno	
			20.5	20.5	20.5	20.5	2.0													
			16.7	16.7	16.7	2.0	2.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	75.2	73.7	64.3	49.6				31.1
			11.4	11.4	2.0	2.0	2.0													
			3.5	2.0	2.0	2.0	2.0													

			15.8	15.8	15.8	15.8	15.8									
			15.0	15.0	15.0	15.0	2.0									

3+285	3+310	9.0	11.4	11.4	11.4	2.0	2.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	50.7	50.0	46.2	36.8	23.8	28.0	72.0	Bueno
			5.8	5.8	2.0	2.0	2.0													
			2.7	2.0	2.0	2.0	2.0													

PCI prom.	70.0	Bueno
-----------	------	-------

PCI Prog.: 4+350 Prog.: 4+450

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m ²)	187.50

Prog.		Tipo de daño	Área (m ²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
4+350	4+375	03.Agriet. en bloque	168.60	M	89.92	40.70	7.0
		10.Grieta long/tran	15.70	L	8.37	6.60	
		10.Grieta long/tran	3.20	M	1.71	4.00	
		11.Parqueo-acometida	1.20	M	0.64	7.80	

4+375	4+400	01.Piel de cocodrilo	3.12	L	1.66	14.90	8.0
		01.Piel de cocodrilo	2.80	M	1.49	25.10	
		10.Grieta long/tran	20.00	L	10.67	8.70	
		10.Grieta long/tran	3.20	M	1.71	4.00	
		11.Parqueo-acometida	5.52	L	2.94	6.50	

4+400	4+425	01.Piel de cocodrilo	4.00	L	2.13	17.40	9.0
		03.Agriet. en bloque	8.30	L	4.43	4.50	
		10.Grieta long/tran	21.30	L	11.36	9.00	

4+425	4+450	01.Piel de cocodrilo	0.90	L	0.48	6.00	7.0
		01.Piel de cocodrilo	5.20	M	2.77	31.70	
		10.Grieta long/tran	30.20	L	16.11	10.80	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido					q					VDT					VDC	PCI	Calif.
Inic.	Fin.																			
4+350	4+375	7.0	40.7	40.7	40.7	40.7												47.0	53.0	Regular
			7.8	7.8	7.8	2.0		4	3	2	1		59.1	57.1	52.5	46.7				
			6.6	6.6	2.0	2.0														
			4.0	2.0	2.0	2.0														

4+375	4+400	8.0	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1											33.0	67.0	Bueno
			14.9	14.9	14.9	14.9	2.0													
			8.7	8.7	8.7	2.0	2.0	5	4	3	2	1	59.2	57.2	52.7	46.0	33.1			
			6.5	6.5	2.0	2.0	2.0													
			4.0	2.0	2.0	2.0	2.0													

4+400	4+425	9.0	17.4	17.4	17.4													21.0	79.0	Muy bueno
			9.0	9.0	2.0			3	2	1			30.9	28.4	21.4					
			4.5	2.0	2.0															

4+425	4+450	7.0	31.7	31.7	31.7																		
			10.8	10.8	2.0			3	2	1			48.5	44.5	35.7								
			6.0	2.0	2.0																		
																36.0	64.0	Bueno					

PCI prom.	66.0	Bueno
-----------	------	-------

PCI Prog.: 5+580 Prog.: 5+680

Unidad de muestreo (m)	25	Área de unidad de muestreo (m ²)	187.50
------------------------	----	--	--------

Prog.		Tipo de daño	Área (m ²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
5+580	5+605	01.Piel de cocodrilo	12.72	M	6.78	41.20	6.0
		10.Grieta long/tran	31.80	L	16.96	11.10	
		11.Parqueo-acometida	13.60	L	7.25	13.60	

5+605	5+630	03.Agriet. en bloque	38.22	M	20.38	23.20	8.0
		10.Grieta long/tran	17.40	L	9.28	7.10	
		10.Grieta long/tran	13.70	M	7.31	14.80	
		11.Parqueo-acometida	7.20	M	3.84	19.70	
		19.Desprendimiento	82.50	L	44.00	11.80	

5+630	5+655	01.Piel de cocodrilo	5.12	L	2.73	19.80	8.0
		03.Agriet. en bloque	34.50	M	18.40	21.90	
		10.Grieta long/tran	18.00	L	9.60	7.20	
		10.Grieta long/tran	8.30	M	4.43	10.20	
		11.Parqueo-acometida	3.50	M	1.87	13.80	

	19.Desprendimiento	187.00	L	99.73	15.80	
--	--------------------	--------	---	-------	-------	--

5+655	6+680	01.Piel de cocodrilo	6.04	L	3.22	21.40	8.0
		03.Agriet. en bloque	26.70	M	14.24	18.90	
		10.Grieta long/tran .	17.20	L	9.17	7.00	
		10.Grieta long/tran	14.80	M	7.89	15.60	
		19.Desprendimiento	187.00	L	99.73	15.80	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido					q					VDT					VDC	PCI	Calif.				
Inic.	Fin.																							
5+580	5+605	6.0	41.2	41.2	41.2													45.0	55.0	Regular				
			13.6	13.6	2.0				3	2	1					65.9	56.8				45.2			
			11.1	2.0	2.0																			

5+605	5+630	8.0	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2											40.0	60.0	Bueno					
			19.7	19.7	19.7	19.7	2.0																		
			14.8	14.8	14.8	2.0	2.0		5	4	3	2	1			76.6	71.5				61.7	48.9	0.0		
			11.8	11.8	2.0	2.0	2.0																		
			7.1	2.0	2.0	2.0	2.0																		

5+630	5+655	8.0	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9										43.0	57.0	Bueno					
			19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	2.0																	
			15.8	15.8	15.8	15.8	2.0	2.0	6	5	4	3	2	1		88.7	83.5				75.3	63.5	49.7	31.9	
			13.8	13.8	13.8	2.0	2.0	2.0																	
			10.2	10.2	2.0	2.0	2.0	2.0																	
			7.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0																	

5+655 6+680	8.0	21.4	21.4	21.4	21.4	21.4												41.0	59.0	Bueno		
		18.9	18.9	18.9	18.9	2.0																
		15.8	15.8	15.8	2.0	2.0		5	4	3	2	1		78.7	73.7	60.1	46.3				29.4	
		15.6	15.6	2.0	2.0	2.0																
		7.0	2.0	2.0	2.0	2.0																

PCI prom.	58.0	Bueno
------------------	-------------	--------------

PCI Prog.: 6+180 Prog.: 6+280

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Prog.		Tipo de daño	Área (m²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
6+180	6+205	03.Agriet. en bloque	81.00	M	43.20	32.00	7.0
		10.Grieta long/tran	22.00	L	11.73	9.10	
		11.Parqueo-acometida	2.46	M	1.31	11.60	

6+205	6+230	01.Piel de cocodrilo	11.20	M	5.97	39.90	7.0
		10.Grieta long/tran	20.00	L	10.67	8.70	
		10.Grieta long/tran	37.20	M	19.84	26.00	
		11.Parqueo-acometida	2.70	M	1.44	12.10	

		03.Agriet. en bloque	74.00	L	39.47	18.90	
		10.Grieta long/tran	6.20	L	3.31	2.40	9.0

6+230	6+255	10.Grieta long/tran	12.00	M	6.40	13.30	
		11.Parqueo-acometida	4.60	M	2.45	15.80	

6+255	6+280	10.Grieta long/tran	15.00	L	8.00	6.40	8.0
		10.Grieta long/tran	34.80	M	18.56	25.20	
		11.Parqueo-acometida	4.20	M	2.24	15.10	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido				q				VDT				VDC	PCI	Calif.
Inicial	Final																
6+180	6+205	7.0	32.0	32.0	32.0									36.0	64.0	Bueno	
			11.6	11.6	2.0		3	2	1		52.7	45.6	36.0				
			9.1	2.0	2.0												

6+205	6+230	7.0	39.9	39.9	39.9	39.9								51.0	49.0	Regular	
			26.0	26.0	26.0	2.0	4	3	2	1	86.7	80.0	69.9				45.9
			12.1	12.1	2.0	2.0											
			8.7	2.0	2.0	2.0											

6+230	6+255	9.0	18.9	18.9	18.9	18.9								31.0	69.0	Bueno	
			15.8	15.8	15.8	2.0	4	3	2	1	50.4	50.0	38.7				24.9
			13.3	13.3	2.0	2.0											
			2.4	2.0	2.0	2.0											

6+255	6+280	8.0	25.2	25.2	25.2									31.0	69.0	Muy bueno	
			15.1	15.1	2.0		3	2	1		46.7	42.3	29.2				
			6.4	2.0	2.0												

PCI prom.	63.0	Bueno
------------------	-------------	--------------

PCI Prog.: 7+195 Prog.: 7+295

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Prog.		Tipo de daño	Área (m²)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
7+195	7+220	03.Agriet. en bloque	76.50	M	40.80	31.40	7.0
		10.Grieta long/tran	41.20	L	21.97	12.80	
		11.Parqueo-acometida	3.25	L	1.73	3.90	

7+220	7+245	03.Agriet. en bloque	62.00	L	33.07	17.40	9.0
		10.Grieta long/tran	54.60	L	29.12	14.90	
		11.Parqueo-acometida	5.90	L	3.15	6.90	
		11.Parqueo-acometida	3.50	M	1.87	13.80	

7+245	7+270	10.Grieta long/tran	102.60	L	54.72	20.90	8.0
		10.Grieta long/tran	19.10	M	10.19	18.50	
		11.Parqueo-acometida	1.40	L	0.75	1.70	

	11.Parcheo-acometida	2.30	M	1.23	11.20	
--	----------------------	------	---	------	-------	--

7+270	7+295	03.Agriet. en bloque	33.20	M	17.71	21.50	8.0
		10.Grieta long/tran	13.00	L	6.93	5.80	
		10.Grieta long/tran	17.90	M	9.55	17.80	
		11.Parcheo-acometida	4.70	M	2.51	16.00	

Valores deducidos

Progresiva		m	Valor deducido				q	VDT				VDC	PCI	Calif.	
Inicial	Final														
7+195	7+220	7.0	31.4	31.4	31.4						35.0	65.0	Bueno		
			12.8	12.8	2.0		3	2	1	48.1				46.2	35.4
			3.9	2.0	2.0										

7+220	7+245	9.0	17.4	17.4	17.4	17.4					29.0	71.0	Muy bueno				
			14.9	14.9	14.9	2.0	4	3	2	1				53.0	48.1	36.3	23.4
			13.8	13.8	2.0	2.0											
			6.9	2.0	2.0	2.0											

7+245	7+270	8.0	20.9	20.9	20.9	20.9					32.0	68.0	Bueno				
			18.5	18.5	18.5	2.0	4	3	2	1				52.3	52.6	43.4	26.9
			11.2	11.2	2.0	2.0											
			1.7	2.0	2.0	2.0											

7+270	7+295	8.0	21.5	21.5	21.5	21.5									35.0	65.0	Bueno
			17.8	17.8	17.8	2.0	4	3	2	1	61.1	57.3	43.3	27.5			
			16.0	16.0	2.0	2.0											
			5.8	2.0	2.0	2.0											

PCI prom.	67.0	Bueno
------------------	-------------	--------------

PCI Prog.: 8+485 Prog.: 8+585

Unidad de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Prog.		Tipo de daño	Área (m2)	Severidad	Densidad (%)	Valor deducido	m
Inic.	Fin.						
8+485	8+510	01.Piel de cocodrilo	0.60	L	0.32	4.70	
		10.Grieta long/tran	87.80	L	46.83	19.20	7.0
		11.Parcheo-acometida	27.32	M	14.57	36.40	

8+510	8+535	01.Piel de cocodrilo	18.30	L	9.76	32.40	
		10.Grieta long/tran	100.00	L	53.33	20.60	7.0
		11.Parcheo-acometida	25.80	M	13.76	35.60	

		01.Piel de cocodrilo	3.96	L	2.11	17.30	
--	--	----------------------	------	---	------	-------	--

8+535	8+560	03.Agriet. en bloque	12.24	M	6.53	13.00	7.0
		10.Grieta long/tran	100.00	M	53.33	37.10	

8+560	8+585	01.Piel de cocodrilo	1.11	L	0.59	6.80	7.0
		03.Agriet. en bloque	10.40	M	5.55	12.00	
		10.Grieta long/tran	16.50	L	8.80	6.90	
		10.Grieta long/tran	55.30	M	29.49	30.40	
		11.Parqueo-acometida	2.50	L	1.33	3.00	
		11.Parqueo-acometida	2.90	M	1.55	12.60	

Valores deducidos

Prog.		m	Valor deducido					q					VDT					VDC	PCI	Calif.				
Inicial	Final																							
8+485	8+510	7.0	36.4	36.4	36.4													42.0	58	Bueno				
			19.2	19.2	2.0				3	2	1					60.3	57.6				40.4			
			4.7	2.0	2.0																			

8+510	8+535	7.0	35.6	35.6	35.6												57.0	43	Regular					
			32.4	32.4	2.0				3	2	1					88.6				70.0	39.6			
			20.6	2.0	2.0																			

8+535	8+560	7.0	37.1	37.1	37.1												42.0	58	Bueno					
			17.3	17.3	2.0				3	2	1					67.4				56.4	41.1			
			13.0	2.0	2.0																			

8+560	8+585	7.0	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4								42.0	58	Bueno					
			12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	2.0															
			12.0	12.0	12.0	12.0	2.0	2.0															
			6.9	6.9	6.9	2.0	2.0	2.0	6	5	4	3	2	1	71.7				70.7	65.9	61.0	51.0	40.4
			6.8	6.8	2.0	2.0	2.0	2.0															
			3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0															

PCI prom.	54.0	Regular
------------------	-------------	----------------

4.5.2.- Evaluación por el índice de serviciabilidad presente (PSI)

PSI Prog.: 0+120 Prog.: 0+220

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
0+120	0+145	1	3	2	1	3.10	Bueno
0+145	0+170	2	3	3	1	2.80	Bueno
0+170	0+195	3	3	4	1	2.50	Regular
0+195	0+220	4	3	4	1	2.50	Regular

PSI_{prom.} =	2.70	Regular
------------------------------	-------------	----------------

PSI Prog.: 1+050 Prog.: 1+1150

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
1+050	1+075	1	3	3	1	2.80	Bueno
1+075	1+100	2	3	2	1	3.10	Regular
1+100	1+125	3	3	2	1	3.10	Bueno
1+125	1+150	4	2	3	1	3.60	Muy bueno

PSI_{prom.} = 3.20 Bueno

PSI Prog.: 2+040 Prog.: 2+140

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
2+040	2+065	1	3	3	1	2.80	Bueno
2+065	2+090	2	3	4	1	2.50	Regular
2+090	2+115	3	4	4	2	1.60	Malo
2+115	2+140	4	3	2	1	3.10	Bueno

PSI_{prom.} = 2.50 Regular

PSI Prog.: 3+210 Prog.: 3+310

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
3+210	3+235	1	3	2	1	3.10	Bueno
3+235	3+260	2	3	3	1	2.80	Bueno
3+260	3+285	3	2	3	1	3.60	Bueno
3+285	3+310	4	2	3	1	3.60	Muy bueno

PSI_{prom.} = 3.30 Bueno

PSI Prog.: 4+350 Prog.: 4+450

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
4+350	4+375	1	3	3	1	2.80	Regular
4+375	4+400	2	3	3	1	2.80	Bueno
4+400	4+425	3	3	2	1	3.10	Bueno
4+425	4+450	4	2	2	1	3.90	Muy bueno

PSI_{prom.} = 3.20 Bueno

PSI Prog.: 5+580 Prog.: 5+680

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
5+580	5+605	1	3	3	1	2.80	Bueno
5+605	5+630	2	3	3	1	2.80	Bueno
5+630	5+655	3	4	3	1	2.00	Regular
5+655	3+310	4	4	2	1	2.30	Regular

PSI_{prom.} = 2.50 Regular

PSI Prog.: 6+180 Prog.: 6+280

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
6+180	6+205	1	3	3	1	2.80	Bueno
6+205	6+230	2	2	3	1	3.60	Muy bueno
6+230	6+255	3	3	3	1	2.80	Bueno
6+255	6+280	4	2	2	1	3.90	Muy bueno

PSI_{prom.} = 3.30 Bueno

PSI Pog.: 7+195 Prog.:7+295

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
7+195	7+220	1	3	4	1	2.50	Regular
7+220	7+245	2	2	3	1	3.60	Muy bueno
7+245	7+270	3	3	3	1	2.80	Bueno
7+270	7+295	4	2	3	1	3.60	Muy bueno

PSI_{prom.} =	3.10	Bueno
------------------------------	-------------	--------------

PSI Pog.: 8+485 Prog.:8+585

$$PSI = 6.2 - (0.8 * C1) - (0.3 * C2) - 0.1 * (C3)$$

Donde:

C1= Rugosidad Longitudinal

C2= Intensidad de Grietas y Parches

C3= Deformación Transversal

Unidades de muestreo (m)	25
Área de unidad de muestreo (m²)	187.50

Progresiva (Km)		Unidad	Coeficientes			PSI	Calificación
Inicial	Final		C1	C2	C3		
8+485	8+510	1	3	3	1	2.80	Bueno
8+510	8+535	2	3	4	1	2.50	Regular
8+535	8+560	3	3	4	1	2.50	Regular
8+560	8+585	4	3	4	1	2.50	Regular

PSI prom. = 2.60 Regular

4.5.3.-Evaluación por el índice de rugosidad internacional (IRI)

4.5.3.1.- Software para el cálculo del IRI

Para el cálculo del IRI se utilizó el software INPACO de la Universidad del Cauca, Instituto de Vías.

Figura: 4.5.- Software para el cálculo del IRI

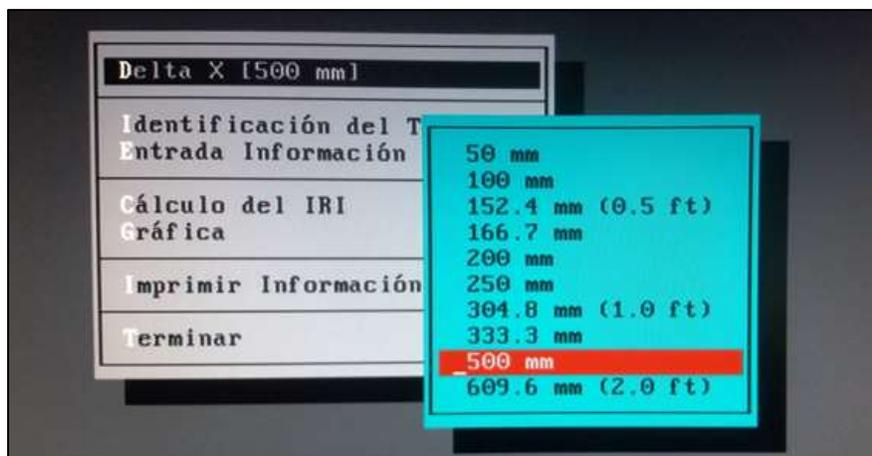


Fuente: Propia

El software para la determinación del IRI, por el método de la Mira y el Nivel tiene el siguiente procedimiento.

Delta x:

Figura: 4.6.- Selección del intervalo de medición



Fuente: Propia

Identificación del tramo

Figura: 4.7.- Identificación del tramo

Delta X (500 mm)	
Identificación del Tramo (I)	
Entrada Información	
Código Tramo	0001
Nombre del Tramo	PORTILLO CRUCE VALLE
Abscisa Inicial (m)	0
Abscisa Final (m)	100
Longitud Tramo (m)	100.00

Fuente: Propia

Entrada de información

Figura: 4.8.- Entrada de información, cotas del perfil longitudinal del pavimento

Delta X (500 mm)	
Identificación del Tramo	
Entrada Información	
Cálculo del IRI	
Gráfica	
Imprimir Información	
Terminar	

Cms	Abscisa	Cota (m)
1	0.00	1.000
2	0.50	1.003
3	1.00	1.012
4	1.50	1.021
5	2.00	1.030
6	2.50	1.051
7	3.00	1.066
8	3.50	1.082
9	4.00	1.097
10	4.50	1.111
11	5.00	1.126
12	5.50	1.141
13	6.00	1.157
14	6.50	1.173
15	7.00	1.186

Fuente: Propia

Calculo del IRI

Figura: 4.9.- Procesamiento de datos y cálculo del IRI

The image shows a software interface with a menu on the left and a data table on the right. The menu options are: Delta X (500 mm), Identificación del T, Entrada Información, **Cálculo del IRI**, Gráfica, Imprimir Información, and Terminar. The data table on the right is as follows:

Delta X (mm)	500 mm
Número Total de Datos	200
Número de Datos Analizados	200
X de Análisis	100.0
Z1	31.00
Z2	69.75
Z3	48.12
Z4	131.83
Y	42.00
Σ RSi	1017.184
IRI Calculado (m/km)	5.0859

Fuente: Propia

Prog.: 0+120		Prog.: 0+220	
Carril izquierdo		Carril derecho	
Cota	Progresiva	Cota	Progresiva
1002.976	0+220.00	1002.772	0+220.00
1002.955	0+219.50	1002.763	0+219.50
1002.938	0+219.00	1002.750	0+219.00
1002.919	0+218.50	1002.740	0+218.50
1002.907	0+218.00	1002.730	0+218.00
1002.892	0+217.50	1002.719	0+217.50
1002.882	0+217.00	1002.709	0+217.00
1002.864	0+216.50	1002.697	0+216.50
1002.852	0+216.00	1002.682	0+216.00
1002.836	0+215.50	1002.670	0+215.50
1002.823	0+215.00	1002.659	0+215.00
1002.804	0+214.50	1002.648	0+214.50
1002.789	0+214.00	1002.638	0+214.00
1002.778	0+213.50	1002.622	0+213.50
1002.757	0+213.00	1002.610	0+213.00

1002.741	0+212.50	1002.600	0+212.50
1002.727	0+212.00	1002.588	0+212.00
1002.714	0+211.50	1002.578	0+211.50
1002.700	0+211.00	1002.566	0+211.00
1002.686	0+210.50	1002.556	0+210.50
1002.670	0+210.00	1002.549	0+210.00
1002.656	0+209.50	1002.538	0+209.50
1002.641	0+209.00	1002.528	0+209.00
1002.626	0+208.50	1002.517	0+208.50
1002.612	0+208.00	1002.507	0+208.00
1002.591	0+207.50	1002.497	0+207.50
1002.581	0+207.00	1002.486	0+207.00
1002.567	0+206.50	1002.472	0+206.50
1002.548	0+206.00	1002.462	0+206.00
1002.534	0+205.50	1002.453	0+205.50
1002.517	0+205.00	1002.442	0+205.00
1002.505	0+204.50	1002.431	0+204.50
1002.491	0+204.00	1002.421	0+204.00
1002.479	0+203.50	1002.411	0+203.50
1002.462	0+203.00	1002.401	0+203.00
1002.442	0+202.50	1002.390	0+202.50
1002.430	0+202.00	1002.378	0+202.00
1002.417	0+201.50	1002.369	0+201.50
1002.398	0+201.00	1002.358	0+201.00
1002.380	0+200.50	1002.348	0+200.50
1002.362	0+200.00	1002.336	0+200.00
1002.347	0+199.50	1002.324	0+199.50
1002.332	0+199.00	1002.313	0+199.00
1002.318	0+198.50	1002.303	0+198.50
1002.302	0+198.00	1002.291	0+198.00
1002.287	0+197.50	1002.281	0+197.50
1002.273	0+197.00	1002.264	0+197.00
1002.257	0+196.50	1002.250	0+196.50
1002.245	0+196.00	1002.235	0+196.00
1002.230	0+195.50	1002.218	0+195.50
1002.216	0+195.00	1002.201	0+195.00
1002.205	0+194.50	1002.184	0+194.50
1002.183	0+194.00	1002.167	0+194.00
1002.169	0+193.50	1002.151	0+193.50

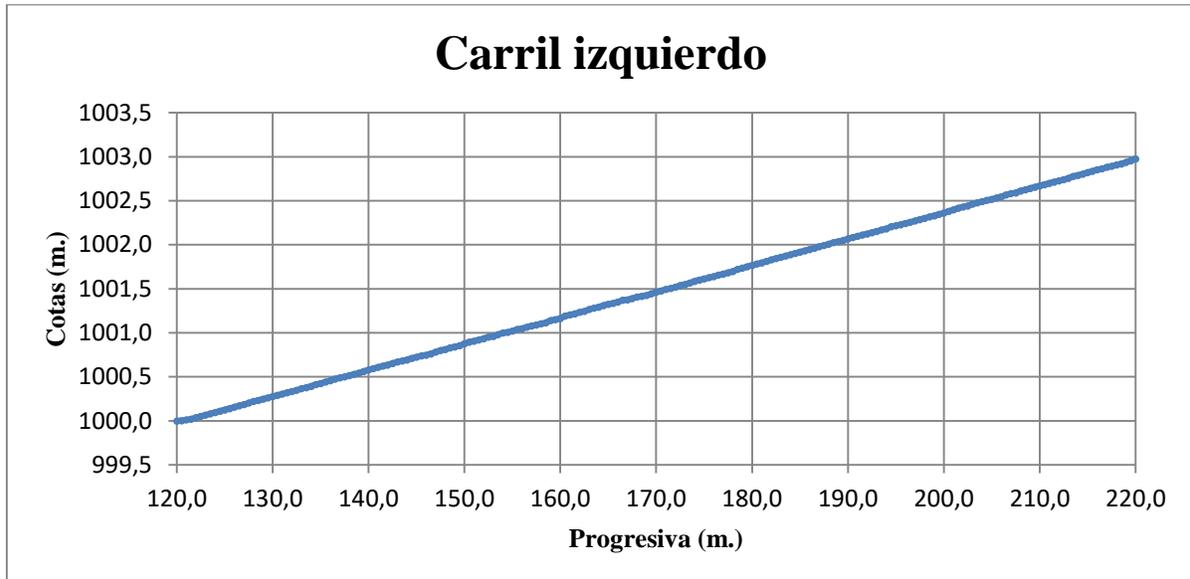
1002.153	0+193.00	1002.131	0+193.00
1002.140	0+192.50	1002.115	0+192.50
1002.125	0+192.00	1002.103	0+192.00
1002.112	0+191.50	1002.087	0+191.50
1002.097	0+191.00	1002.075	0+191.00
1002.085	0+190.50	1002.063	0+190.50
1002.068	0+190.00	1002.051	0+190.00
1002.051	0+189.50	1002.039	0+189.50
1002.039	0+189.00	1002.023	0+189.00
1002.026	0+188.50	1002.011	0+188.50
1002.008	0+188.00	1001.999	0+188.00
1001.993	0+187.50	1001.987	0+187.50
1001.981	0+187.00	1001.976	0+187.00
1001.962	0+186.50	1001.965	0+186.50
1001.948	0+186.00	1001.949	0+186.00
1001.932	0+185.50	1001.938	0+185.50
1001.918	0+185.00	1001.926	0+185.00
1001.904	0+184.50	1001.913	0+184.50
1001.888	0+184.00	1001.901	0+184.00
1001.874	0+183.50	1001.890	0+183.50
1001.859	0+183.00	1001.878	0+183.00
1001.845	0+182.50	1001.865	0+182.50
1001.831	0+182.00	1001.852	0+182.00
1001.812	0+181.50	1001.839	0+181.50
1001.796	0+181.00	1001.826	0+181.00
1001.783	0+180.50	1001.813	0+180.50
1001.767	0+180.00	1001.801	0+180.00
1001.753	0+179.50	1001.791	0+179.50
1001.737	0+179.00	1001.777	0+179.00
1001.721	0+178.50	1001.766	0+178.50
1001.699	0+178.00	1001.752	0+178.00
1001.684	0+177.50	1001.738	0+177.50
1001.669	0+177.00	1001.726	0+177.00
1001.656	0+176.50	1001.711	0+176.50
1001.641	0+176.00	1001.691	0+176.00
1001.629	0+175.50	1001.665	0+175.50
1001.614	0+175.00	1001.655	0+175.00
1001.600	0+174.50	1001.640	0+174.50
1001.585	0+174.00	1001.627	0+174.00

1001.565	0+173.50	1001.613	0+173.50
1001.551	0+173.00	1001.600	0+173.00
1001.539	0+172.50	1001.588	0+172.50
1001.519	0+172.00	1001.574	0+172.00
1001.504	0+171.50	1001.559	0+171.50
1001.494	0+171.00	1001.546	0+171.00
1001.479	0+170.50	1001.534	0+170.50
1001.461	0+170.00	1001.519	0+170.00
1001.446	0+169.50	1001.508	0+169.50
1001.425	0+169.00	1001.497	0+169.00
1001.416	0+168.50	1001.483	0+168.50
1001.406	0+168.00	1001.470	0+168.00
1001.390	0+167.50	1001.445	0+167.50
1001.377	0+167.00	1001.424	0+167.00
1001.371	0+166.50	1001.409	0+166.50
1001.351	0+166.00	1001.388	0+166.00
1001.336	0+165.50	1001.367	0+165.50
1001.327	0+165.00	1001.354	0+165.00
1001.311	0+164.50	1001.342	0+164.50
1001.293	0+164.00	1001.328	0+164.00
1001.281	0+163.50	1001.314	0+163.50
1001.266	0+163.00	1001.305	0+163.00
1001.244	0+162.50	1001.293	0+162.50
1001.233	0+162.00	1001.279	0+162.00
1001.218	0+161.50	1001.268	0+161.50
1001.205	0+161.00	1001.254	0+161.00
1001.192	0+160.50	1001.240	0+160.50
1001.164	0+160.00	1001.227	0+160.00
1001.151	0+159.50	1001.215	0+159.50
1001.141	0+159.00	1001.200	0+159.00
1001.116	0+158.50	1001.189	0+158.50
1001.103	0+158.00	1001.176	0+158.00
1001.091	0+157.50	1001.165	0+157.50
1001.078	0+157.00	1001.154	0+157.00
1001.066	0+156.50	1001.141	0+156.50
1001.048	0+156.00	1001.129	0+156.00
1001.040	0+155.50	1001.114	0+155.50
1001.021	0+155.00	1001.092	0+155.00
1001.006	0+154.50	1001.071	0+154.50

1000.999	0+154.00	1001.048	0+154.00
1000.982	0+153.50	1001.032	0+153.50
1000.959	0+153.00	1001.018	0+153.00
1000.953	0+152.50	1001.008	0+152.50
1000.936	0+152.00	1000.989	0+152.00
1000.920	0+151.50	1000.972	0+151.50
1000.907	0+151.00	1000.960	0+151.00
1000.896	0+150.50	1000.943	0+150.50
1000.877	0+150.00	1000.923	0+150.00
1000.855	0+149.50	1000.910	0+149.50
1000.841	0+149.00	1000.889	0+149.00
1000.831	0+148.50	1000.877	0+148.50
1000.810	0+148.00	1000.858	0+148.00
1000.802	0+147.50	1000.843	0+147.50
1000.782	0+147.00	1000.829	0+147.00
1000.763	0+146.50	1000.811	0+146.50
1000.748	0+146.00	1000.792	0+146.00
1000.738	0+145.50	1000.778	0+145.50
1000.724	0+145.00	1000.763	0+145.00
1000.712	0+144.50	1000.743	0+144.50
1000.693	0+144.00	1000.729	0+144.00
1000.681	0+143.50	1000.711	0+143.50
1000.670	0+143.00	1000.696	0+143.00
1000.653	0+142.50	1000.680	0+142.50
1000.635	0+142.00	1000.661	0+142.00
1000.623	0+141.50	1000.647	0+141.50
1000.610	0+141.00	1000.630	0+141.00
1000.594	0+140.50	1000.613	0+140.50
1000.579	0+140.00	1000.600	0+140.00
1000.564	0+139.50	1000.584	0+139.50
1000.543	0+139.00	1000.566	0+139.00
1000.530	0+138.50	1000.548	0+138.50
1000.515	0+138.00	1000.535	0+138.00
1000.500	0+137.50	1000.517	0+137.50
1000.488	0+137.00	1000.498	0+137.00
1000.477	0+136.50	1000.483	0+136.50
1000.456	0+136.00	1000.468	0+136.00
1000.442	0+135.50	1000.448	0+135.50
1000.427	0+135.00	1000.434	0+135.00

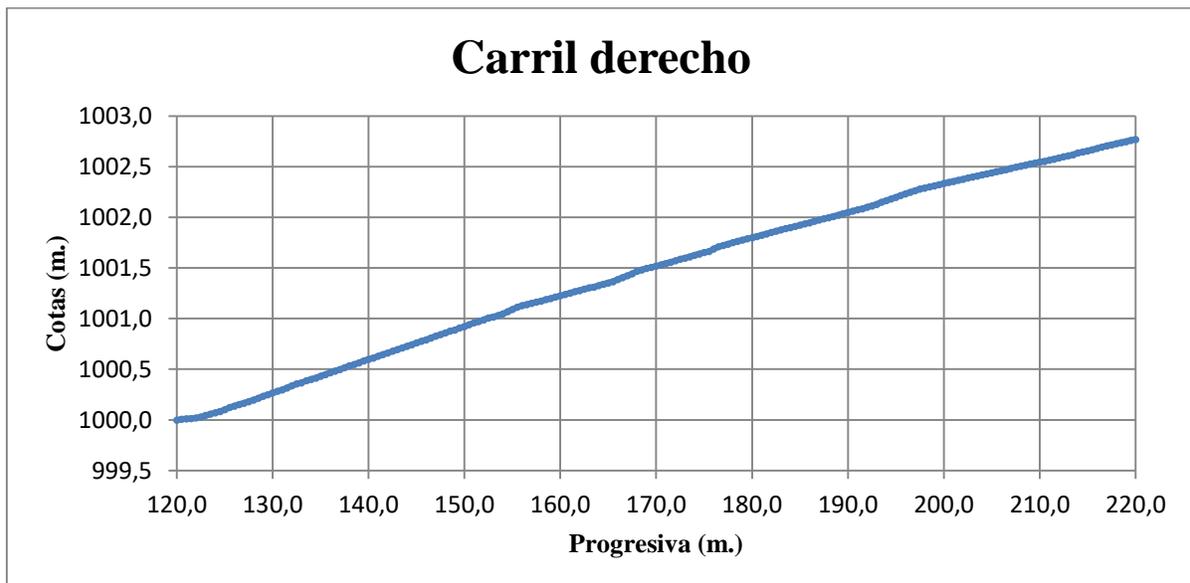
1000.413	0+134.50	1000.415	0+134.50
1000.394	0+134.00	1000.402	0+134.00
1000.380	0+133.50	1000.387	0+133.50
1000.367	0+133.00	1000.367	0+133.00
1000.349	0+132.50	1000.355	0+132.50
1000.333	0+132.00	1000.337	0+132.00
1000.322	0+131.50	1000.316	0+131.50
1000.305	0+131.00	1000.298	0+131.00
1000.291	0+130.50	1000.285	0+130.50
1000.277	0+130.00	1000.269	0+130.00
1000.261	0+129.50	1000.250	0+129.50
1000.248	0+129.00	1000.235	0+129.00
1000.234	0+128.50	1000.215	0+128.50
1000.221	0+128.00	1000.197	0+128.00
1000.204	0+127.50	1000.182	0+127.50
1000.186	0+127.00	1000.167	0+127.00
1000.173	0+126.50	1000.154	0+126.50
1000.157	0+126.00	1000.138	0+126.00
1000.141	0+125.50	1000.123	0+125.50
1000.126	0+125.00	1000.101	0+125.00
1000.111	0+124.50	1000.085	0+124.50
1000.098	0+124.00	1000.071	0+124.00
1000.082	0+123.50	1000.058	0+123.50
1000.066	0+123.00	1000.045	0+123.00
1000.051	0+122.50	1000.030	0+122.50
1000.038	0+122.00	1000.020	0+122.00
1000.021	0+121.50	1000.013	0+121.50
1000.012	0+121.00	1000.012	0+121.00
1000.003	0+120.50	1000.007	0+120.50
1000.000	0+120.00	1000.000	0+120.00
IRI calculado (m/km)	5.09	IRI calculado (m/km)	5.15

Gráfica: 4.1.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 0+120 -
progresiva 0+220



Fuente: Propia

Gráfica: 4.2.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho progresiva 0+120 -
progresiva 0+220



Fuente: Propia

Prog.: 1+050	Prog.:1+150
---------------------	--------------------

Carril izquierdo		Carril derecho	
Cota	Progresiva	Cota	Progresiva
997.5117	1+150.00	997.510	1+150.00
997.518	1+149.50	997.511	1+149.50
997.525	1+149.00	997.509	1+149.00
997.527	1+148.50	997.510	1+148.50
997.535	1+148.00	997.510	1+148.00
997.541	1+147.50	997.511	1+147.50
997.544	1+147.00	997.509	1+147.00
997.552	1+146.50	997.509	1+146.50
997.556	1+146.00	997.507	1+146.00
997.563	1+145.50	997.509	1+145.50
997.569	1+145.00	997.514	1+145.00
997.573	1+144.50	997.519	1+144.50
997.575	1+144.00	997.525	1+144.00
997.579	1+143.50	997.531	1+143.50
997.588	1+143.00	997.540	1+143.00
997.590	1+142.50	997.544	1+142.50
997.599	1+142.00	997.550	1+142.00
997.602	1+141.50	997.562	1+141.50
997.607	1+141.00	997.569	1+141.00
997.612	1+140.50	997.580	1+140.50
997.618	1+140.00	997.588	1+140.00
997.624	1+139.50	997.594	1+139.50
997.628	1+139.00	997.600	1+139.00
997.634	1+138.50	997.616	1+138.50
997.638	1+138.00	997.623	1+138.00
997.644	1+137.50	997.632	1+137.50
997.650	1+137.00	997.639	1+137.00
997.658	1+136.50	997.652	1+136.50
997.671	1+136.00	997.660	1+136.00
997.682	1+135.50	997.670	1+135.50
997.695	1+135.00	997.688	1+135.00
997.707	1+134.50	997.701	1+134.50
997.718	1+134.00	997.711	1+134.00
997.731	1+133.50	997.729	1+133.50
997.742	1+133.00	997.744	1+133.00

997.754	1+132.50	997.756	1+132.50
997.767	1+132.00	997.770	1+132.00
997.780	1+131.50	997.779	1+131.50
997.791	1+131.00	997.796	1+131.00
997.803	1+130.50	997.810	1+130.50
997.816	1+130.00	997.820	1+130.00
997.828	1+129.50	997.833	1+129.50
997.839	1+129.00	997.845	1+129.00
997.851	1+128.50	997.856	1+128.50
997.863	1+128.00	997.872	1+128.00
997.874	1+127.50	997.880	1+127.50
997.887	1+127.00	997.895	1+127.00
997.900	1+126.50	997.906	1+126.50
997.912	1+126.00	997.918	1+126.00
997.923	1+125.50	997.930	1+125.50
997.936	1+125.00	997.941	1+125.00
997.948	1+124.50	997.951	1+124.50
997.960	1+124.00	997.966	1+124.00
997.972	1+123.50	997.979	1+123.50
997.985	1+123.00	997.989	1+123.00
997.997	1+122.50	997.998	1+122.50
998.012	1+122.00	998.006	1+122.00
998.024	1+121.50	998.022	1+121.50
998.035	1+121.00	998.033	1+121.00
998.047	1+120.50	998.047	1+120.50
998.058	1+120.00	998.059	1+120.00
998.071	1+119.50	998.069	1+119.50
998.081	1+119.00	998.080	1+119.00
998.092	1+118.50	998.093	1+118.50
998.102	1+118.00	998.106	1+118.00
998.116	1+117.50	998.119	1+117.50
998.128	1+117.00	998.126	1+117.00
998.137	1+116.50	998.139	1+116.50
998.149	1+116.00	998.145	1+116.00
998.162	1+115.50	998.151	1+115.50
998.168	1+115.00	998.160	1+115.00
998.176	1+114.50	998.168	1+114.50
998.182	1+114.00	998.176	1+114.00
998.187	1+113.50	998.185	1+113.50

998.192	1+113.00	998.194	1+113.00
998.192	1+112.50	998.199	1+112.50
998.202	1+112.00	998.206	1+112.00
998.209	1+111.50	998.215	1+111.50
998.217	1+111.00	998.220	1+111.00
998.226	1+110.50	998.230	1+110.50
998.234	1+110.00	998.238	1+110.00
998.246	1+109.50	998.246	1+109.50
998.256	1+109.00	998.255	1+109.00
998.267	1+108.50	998.261	1+108.50
998.279	1+108.00	998.270	1+108.00
998.287	1+107.50	998.283	1+107.50
998.298	1+107.00	998.295	1+107.00
998.308	1+106.50	998.305	1+106.50
998.319	1+106.00	998.316	1+106.00
998.330	1+105.50	998.330	1+105.50
998.338	1+105.00	998.335	1+105.00
998.349	1+104.50	998.348	1+104.50
998.360	1+104.00	998.361	1+104.00
998.371	1+103.50	998.369	1+103.50
998.381	1+103.00	998.380	1+103.00
998.390	1+102.50	998.388	1+102.50
998.399	1+102.00	998.399	1+102.00
998.412	1+101.50	998.410	1+101.50
998.421	1+101.00	998.419	1+101.00
998.431	1+100.50	998.431	1+100.50
998.441	1+100.00	998.443	1+100.00
998.451	1+099.50	998.451	1+099.50
998.460	1+099.00	998.459	1+099.00
998.470	1+098.50	998.473	1+098.50
998.480	1+098.00	998.481	1+098.00
998.489	1+097.50	998.492	1+097.50
998.499	1+097.00	998.501	1+097.00
998.507	1+096.50	998.511	1+096.50
998.518	1+096.00	998.527	1+096.00
998.528	1+095.50	998.539	1+095.50
998.539	1+095.00	998.549	1+095.00
998.551	1+094.50	998.560	1+094.50
998.562	1+094.00	998.571	1+094.00

998.574	1+093.50
998.586	1+093.00
998.596	1+092.50
998.608	1+092.00
998.619	1+091.50
998.631	1+091.00
998.643	1+090.50
998.651	1+090.00
998.662	1+089.50
998.675	1+089.00
998.685	1+088.50
998.697	1+088.00
998.708	1+087.50
998.720	1+087.00
998.731	1+086.50
998.743	1+086.00
998.751	1+085.50
998.764	1+085.00
998.776	1+084.50
998.788	1+084.00
998.800	1+083.50
998.811	1+083.00
998.824	1+082.50
998.836	1+082.00
998.847	1+081.50
998.858	1+081.00
998.869	1+080.50
998.881	1+080.00
998.893	1+079.50
998.906	1+079.00
998.918	1+078.50
998.930	1+078.00
998.965	1+077.50
998.988	1+077.00
999.002	1+076.50
999.015	1+076.00
999.026	1+075.50
999.040	1+075.00
999.053	1+074.50

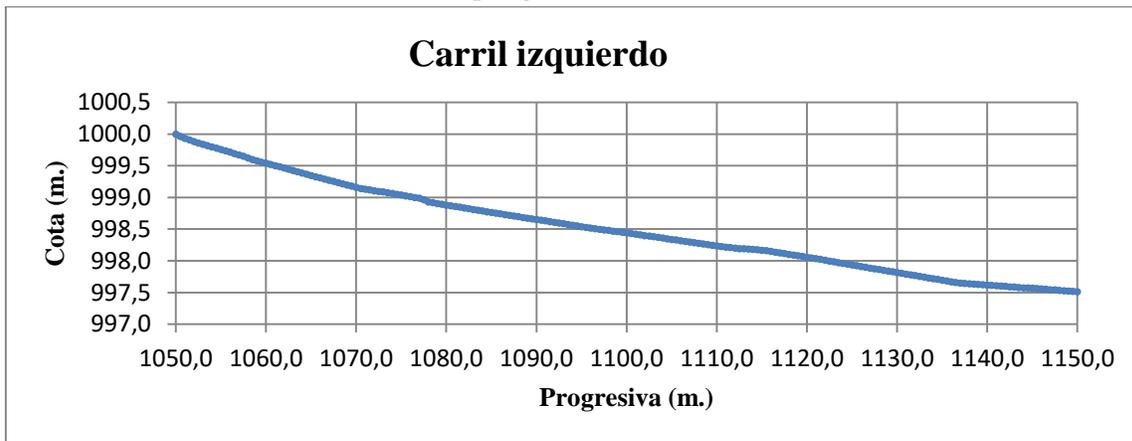
998.581	1+093.50
998.590	1+093.00
998.601	1+092.50
998.612	1+092.00
998.626	1+091.50
998.635	1+091.00
998.645	1+090.50
998.654	1+090.00
998.666	1+089.50
998.677	1+089.00
998.688	1+088.50
998.700	1+088.00
998.710	1+087.50
998.720	1+087.00
998.730	1+086.50
998.741	1+086.00
998.751	1+085.50
998.762	1+085.00
998.771	1+084.50
998.782	1+084.00
998.791	1+083.50
998.800	1+083.00
998.813	1+082.50
998.826	1+082.00
998.835	1+081.50
998.850	1+081.00
998.861	1+080.50
998.875	1+080.00
998.885	1+079.50
998.900	1+079.00
998.914	1+078.50
998.930	1+078.00
998.945	1+077.50
998.960	1+077.00
998.980	1+076.50
999.000	1+076.00
999.014	1+075.50
999.029	1+075.00
999.044	1+074.50

999.064	1+074.00	999.060	1+074.00
999.077	1+073.50	999.069	1+073.50
999.090	1+073.00	999.085	1+073.00
999.097	1+072.50	999.095	1+072.50
999.108	1+072.00	999.110	1+072.00
999.121	1+071.50	999.120	1+071.50
999.133	1+071.00	999.135	1+071.00
999.142	1+070.50	999.149	1+070.50
999.161	1+070.00	999.161	1+070.00
999.181	1+069.50	999.179	1+069.50
999.197	1+069.00	999.193	1+069.00
999.216	1+068.50	999.202	1+068.50
999.235	1+068.00	999.219	1+068.00
999.254	1+067.50	999.239	1+067.50
999.273	1+067.00	999.253	1+067.00
999.290	1+066.50	999.275	1+066.50
999.309	1+066.00	999.300	1+066.00
999.329	1+065.50	999.316	1+065.50
999.349	1+065.00	999.340	1+065.00
999.368	1+064.50	999.361	1+064.50
999.385	1+064.00	999.379	1+064.00
999.407	1+063.50	999.401	1+063.50
999.426	1+063.00	999.420	1+063.00
999.447	1+062.50	999.439	1+062.50
999.466	1+062.00	999.459	1+062.00
999.488	1+061.50	999.479	1+061.50
999.505	1+061.00	999.499	1+061.00
999.523	1+060.50	999.520	1+060.50
999.541	1+060.00	999.539	1+060.00
999.557	1+059.50	999.561	1+059.50
999.578	1+059.00	999.585	1+059.00
999.600	1+058.50	999.605	1+058.50
999.625	1+058.00	999.625	1+058.00
999.652	1+057.50	999.649	1+057.50
999.672	1+057.00	999.669	1+057.00
999.693	1+056.50	999.688	1+056.50
999.716	1+056.00	999.708	1+056.00
999.738	1+055.50	999.726	1+055.50
999.757	1+055.00	999.749	1+055.00

999.779	1+054.50
999.799	1+054.00
999.820	1+053.50
999.840	1+053.00
999.861	1+052.50
999.882	1+052.00
999.911	1+051.50
999.936	1+051.00
999.965	1+050.50
1000.000	1+050.00
IRI calculado (m/km)	4.55

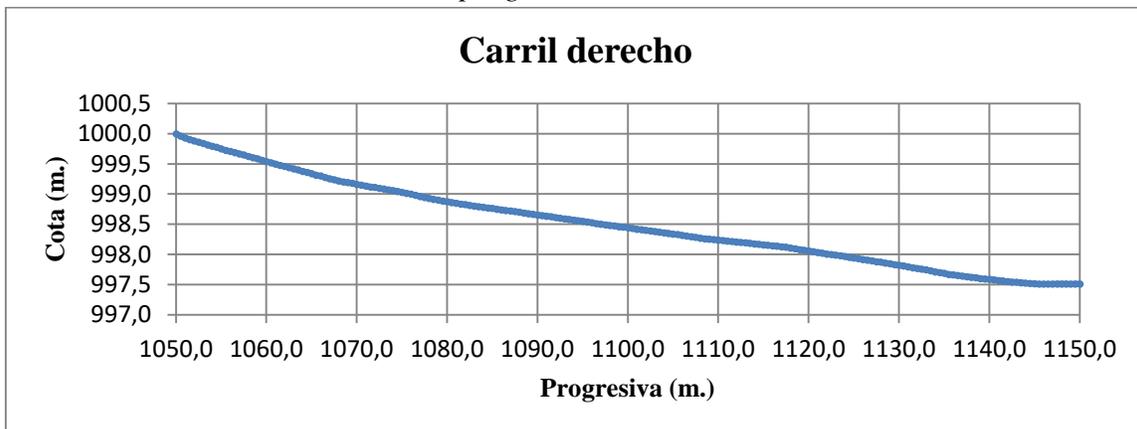
999.775	1+054.50
999.795	1+054.00
999.814	1+053.50
999.839	1+053.00
999.859	1+052.50
999.880	1+052.00
999.904	1+051.50
999.930	1+051.00
999.960	1+050.50
1000.000	1+050.00
IRI calculado (m/km)	4.6

Gráfica: 4.3.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho, progresiva 1+050 - progresiva 1+150



Fuente: Propia

Gráfica: 4.4.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo, progresiva 1+050 - progresiva 1+150



Fuente: Propia

Progresiva 2+040	2+140
-------------------------	--------------

Carril izquierdo		Carril derecho	
Cota	Progresiva	Cota	Progresiva
998.031	2+140.00	998.001	2+140.00
998.027	2+139.50	997.995	2+139.50
998.018	2+139.00	997.988	2+139.00
998.013	2+138.50	997.981	2+138.50
998.009	2+138.00	997.977	2+138.00
998.006	2+137.50	997.972	2+137.50
998.002	2+137.00	997.969	2+137.00
997.997	2+136.50	997.965	2+136.50
997.994	2+136.00	997.959	2+136.00
997.989	2+135.50	997.953	2+135.50
997.984	2+135.00	997.950	2+135.00
997.980	2+134.50	997.947	2+134.50
997.976	2+134.00	997.944	2+134.00
997.972	2+133.50	997.939	2+133.50
997.969	2+133.00	997.935	2+133.00
997.965	2+132.50	997.930	2+132.50
997.962	2+132.00	997.924	2+132.00
997.955	2+131.50	997.916	2+131.50
997.948	2+131.00	997.908	2+131.00
997.940	2+130.50	997.899	2+130.50
997.934	2+130.00	997.893	2+130.00
997.930	2+129.50	997.888	2+129.50
997.926	2+129.00	997.880	2+129.00
997.925	2+128.50	997.875	2+128.50
997.917	2+128.00	997.872	2+128.00
997.912	2+127.50	997.867	2+127.50
997.904	2+127.00	997.862	2+127.00
997.902	2+126.50	997.857	2+126.50
997.898	2+126.00	997.852	2+126.00
997.888	2+125.50	997.847	2+125.50
997.884	2+125.00	997.842	2+125.00
997.882	2+124.50	997.834	2+124.50
997.874	2+124.00	997.827	2+124.00
997.868	2+123.50	997.815	2+123.50
997.861	2+123.00	997.802	2+123.00

997.855	2+122.50	997.791	2+122.50
997.846	2+122.00	997.786	2+122.00
997.838	2+121.50	997.780	2+121.50
997.834	2+121.00	997.774	2+121.00
997.826	2+120.50	997.769	2+120.50
997.822	2+120.00	997.767	2+120.00
997.820	2+119.50	997.766	2+119.50
997.817	2+119.00	997.767	2+119.00
997.812	2+118.50	997.768	2+118.50
997.806	2+118.00	997.769	2+118.00
997.803	2+117.50	997.771	2+117.50
997.802	2+117.00	997.775	2+117.00
997.800	2+116.50	997.777	2+116.50
997.795	2+116.00	997.782	2+116.00
997.796	2+115.50	997.786	2+115.50
997.793	2+115.00	997.787	2+115.00
997.789	2+114.50	997.790	2+114.50
997.792	2+114.00	997.794	2+114.00
997.791	2+113.50	997.798	2+113.50
997.790	2+113.00	997.803	2+113.00
997.798	2+112.50	997.808	2+112.50
997.801	2+112.00	997.811	2+112.00
997.804	2+111.50	997.816	2+111.50
997.807	2+111.00	997.821	2+111.00
997.811	2+110.50	997.827	2+110.50
997.818	2+110.00	997.833	2+110.00
997.819	2+109.50	997.839	2+109.50
997.825	2+109.00	997.845	2+109.00
997.831	2+108.50	997.850	2+108.50
997.837	2+108.00	997.855	2+108.00
997.842	2+07.50	997.859	2+07.50
997.846	2+107.00	997.864	2+107.00
997.850	2+106.50	997.869	2+106.50
997.857	2+106.00	997.874	2+106.00
997.866	2+105.50	997.884	2+105.50
997.875	2+105.00	997.893	2+105.00
997.885	2+104.50	997.903	2+104.50
997.891	2+104.00	997.910	2+104.00
997.901	2+103.50	997.915	2+103.50
997.910	2+103.00	997.923	2+103.00

997.919	2+102.50	997.930	2+102.50
997.926	2+102.00	997.938	2+102.00
997.937	2+101.50	997.946	2+101.50
997.952	2+101.00	997.954	2+101.00
997.966	2+100.50	997.961	2+100.50
997.976	2+100.00	997.971	2+100.00
997.986	2+099.50	997.984	2+099.50
997.996	2+099.00	997.994	2+099.00
998.010	2+098.50	998.002	2+098.50
998.022	2+098.00	998.011	2+098.00
998.032	2+097.50	998.025	2+097.50
998.043	2+097.00	998.034	2+097.00
998.052	2+096.50	998.050	2+096.50
998.061	2+096.00	998.059	2+096.00
998.070	2+095.50	998.070	2+095.50
998.081	2+095.00	998.081	2+095.00
998.086	2+094.50	998.090	2+094.50
998.095	2+094.00	998.097	2+094.00
998.102	2+093.50	998.108	2+093.50
998.109	2+093.00	998.116	2+093.00
998.117	2+092.50	998.125	2+092.50
998.126	2+092.00	998.137	2+092.00
998.137	2+091.50	998.145	2+091.50
998.151	2+091.00	998.153	2+091.00
998.164	2+090.50	998.164	2+090.50
998.175	2+090.00	998.170	2+090.00
998.187	2+089.50	998.179	2+089.50
998.199	2+089.00	998.186	2+089.00
998.212	2+088.50	998.198	2+088.50
998.223	2+088.00	998.209	2+088.00
998.232	2+087.50	998.216	2+087.50
998.244	2+087.00	998.222	2+087.00
998.251	2+086.50	998.233	2+086.50
998.262	2+086.00	998.241	2+086.00
998.276	2+085.50	998.251	2+085.50
998.288	2+085.00	998.259	2+085.00
998.300	2+084.50	998.270	2+084.50
998.314	2+084.00	998.281	2+084.00
998.328	2+083.50	998.291	2+083.50
998.343	2+083.00	998.306	2+083.00

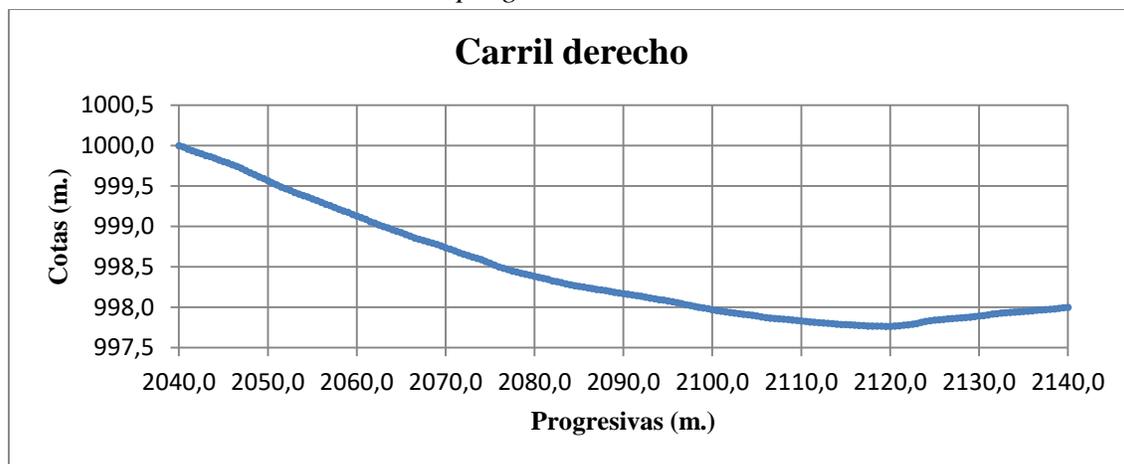
998.356	2+082.50	998.319	2+082.50
998.369	2+082.00	998.329	2+082.00
998.385	2+081.50	998.347	2+081.50
998.402	2+081.00	998.359	2+081.00
998.414	2+080.50	998.372	2+080.50
998.427	2+080.00	998.384	2+080.00
998.440	2+079.50	998.397	2+079.50
998.450	2+079.00	998.411	2+079.00
998.464	2+078.50	998.422	2+078.50
998.476	2+078.00	998.437	2+078.00
998.489	2+077.50	998.449	2+077.50
998.502	2+077.00	998.469	2+077.00
998.514	2+076.50	998.484	2+076.50
998.527	2+076.00	998.500	2+076.00
998.535	2+075.50	998.524	2+075.50
998.553	2+075.00	998.547	2+075.00
998.566	2+074.50	998.567	2+074.50
998.582	2+074.00	998.592	2+074.00
998.596	2+073.50	998.608	2+073.50
998.613	2+073.00	998.623	2+073.00
998.630	2+072.50	998.641	2+072.50
998.647	2+072.00	998.659	2+072.00
998.663	2+071.50	998.677	2+071.50
998.675	2+071.00	998.699	2+071.00
998.696	2+070.50	998.720	2+070.50
998.711	2+070.00	998.736	2+070.00
998.731	2+069.50	998.762	2+069.50
998.751	2+069.00	998.780	2+069.00
998.775	2+068.50	998.796	2+068.50
998.802	2+068.00	998.810	2+068.00
998.827	2+067.50	998.828	2+067.50
998.846	2+067.00	998.842	2+067.00
998.870	2+066.50	998.859	2+066.50
998.888	2+066.00	998.880	2+066.00
998.906	2+065.50	998.902	2+065.50
998.926	2+065.00	998.925	2+065.00
998.944	2+064.50	998.942	2+064.50
998.962	2+064.00	998.960	2+064.00
998.982	2+063.50	998.984	2+063.50
998.996	2+063.00	998.999	2+063.00

999.013	2+062.50	999.019	2+062.50
999.029	2+062.00	999.042	2+062.00
999.049	2+061.50	999.061	2+061.50
999.065	2+061.00	999.089	2+061.00
999.085	2+060.50	999.110	2+060.50
999.103	2+060.00	999.130	2+060.00
999.123	2+059.50	999.151	2+059.50
999.149	2+059.00	999.176	2+059.00
999.164	2+058.50	999.193	2+058.50
999.182	2+058.00	999.214	2+058.00
999.199	2+057.50	999.236	2+057.50
999.218	2+057.00	999.259	2+057.00
999.232	2+056.50	999.276	2+056.50
999.250	2+056.00	999.301	2+056.00
999.271	2+055.50	999.322	2+055.50
999.294	2+055.00	999.343	2+055.00
999.314	2+054.50	999.365	2+054.50
999.333	2+054.00	999.383	2+054.00
999.351	2+053.50	999.401	2+053.50
999.370	2+053.00	999.423	2+053.00
999.389	2+052.50	999.448	2+052.50
999.408	2+052.00	999.467	2+052.00
999.423	2+051.50	999.488	2+051.50
999.438	2+051.00	999.514	2+051.00
999.464	2+050.50	999.540	2+050.50
999.490	2+050.00	999.566	2+050.00
999.513	2+049.50	999.593	2+049.50
999.532	2+049.00	999.615	2+049.00
999.554	2+048.50	999.642	2+048.50
999.574	2+048.00	999.663	2+048.00
999.596	2+047.50	999.692	2+047.50
999.622	2+047.00	999.721	2+047.00
999.645	2+046.50	999.745	2+046.50
999.672	2+046.00	999.763	2+046.00
999.699	2+045.50	999.786	2+045.50
999.726	2+045.00	999.804	2+045.00
999.750	2+044.50	999.822	2+044.50
999.770	2+044.00	999.846	2+044.00
999.792	2+043.50	999.865	2+043.50
999.818	2+043.00	999.879	2+043.00

999.842	2+042.50
999.875	2+042.00
999.907	2+041.50
999.937	2+041.00
999.969	2+040.50
1000.000	2+040.00
IRI calculado (m/km)	4.88

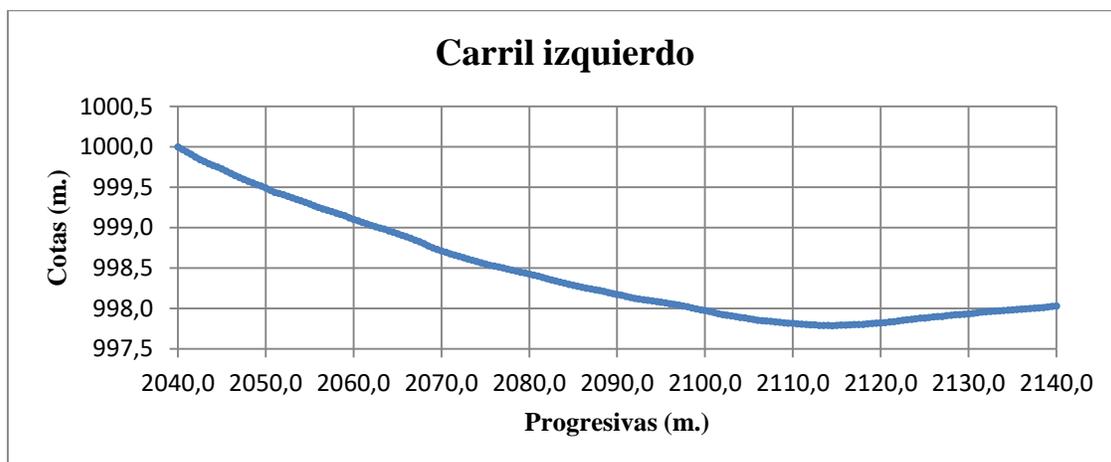
999.900	2+042.50
999.917	2+042.00
999.937	2+041.50
999.958	2+041.00
999.983	2+040.50
1000.000	2+040.00
IRI calculado (m/km)	4.90

Gráfica: 4.5.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho progresiva 2+040 - progresiva 2+140



Fuente: Propia

Gráfica: 4.6.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 2+040 - progresiva 2+140



Fuente: Propia

Prog.: 3+210	Prog.: 3+310
---------------------	---------------------

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
1005.818	3+310
1005.802	3+309.5
1005.788	3+309.0
1005.775	3+308.5
1005.761	3+308.0
1005.748	3+307.5
1005.733	3+307.0
1005.718	3+306.5
1005.701	3+306.0
1005.685	3+305.5
1005.664	3+305.0
1005.645	3+304.5
1005.629	3+304.0
1005.612	3+303.5
1005.592	3+303.0
1005.575	3+302.5
1005.554	3+302.0
1005.529	3+301.5
1005.511	3+301.0
1005.489	3+300.5
1005.459	3+300.0
1005.436	3+299.5
1005.415	3+299.0
1005.392	3+298.5
1005.367	3+298.0
1005.340	3+297.5
1005.313	3+297.0
1005.292	3+296.5
1005.264	3+296.0
1005.242	3+295.5
1005.221	3+295.0
1005.197	3+294.5
1005.175	3+294.0
1005.150	3+293.5
1005.127	3+293.0

Carril derecho	
Cota	Progresiva
1005.494	3+310
1005.475	3+309.5
1005.455	3+309.0
1005.434	3+308.5
1005.408	3+308.0
1005.377	3+307.5
1005.352	3+307.0
1005.328	3+306.5
1005.305	3+306.0
1005.280	3+305.5
1005.260	3+305.0
1005.234	3+304.5
1005.213	3+304.0
1005.194	3+303.5
1005.174	3+303.0
1005.152	3+302.5
1005.130	3+302.0
1005.111	3+301.5
1005.092	3+301.0
1005.075	3+300.5
1005.056	3+300.0
1005.037	3+299.5
1005.010	3+299.0
1004.985	3+298.5
1004.966	3+298.0
1004.942	3+297.5
1004.920	3+297.0
1004.896	3+296.5
1004.866	3+296.0
1004.833	3+295.5
1004.805	3+295.0
1004.783	3+294.5
1004.758	3+294.0
1004.731	3+293.5
1004.701	3+293.0

1005.101	3+292.5
1005.074	3+292.0
1005.053	3+291.5
1005.027	3+291.0
1005.005	3+290.5
1004.977	3+290.0
1004.955	3+289.5
1004.932	3+289.0
1004.905	3+288.5
1004.875	3+288.0
1004.850	3+287.5
1004.827	3+287.0
1004.799	3+286.5
1004.774	3+286.0
1004.748	3+285.5
1004.723	3+285.0
1004.697	3+284.5
1004.673	3+284.0
1004.649	3+283.5
1004.619	3+283.0
1004.594	3+282.5
1004.569	3+282.0
1004.545	3+281.5
1004.520	3+281.0
1004.487	3+280.5
1004.461	3+280.0
1004.437	3+279.5
1004.414	3+279.0
1004.387	3+278.5
1004.359	3+278.0
1004.334	3+277.5
1004.306	3+277.0
1004.283	3+276.5
1004.256	3+276.0
1004.225	3+275.5
1004.192	3+275.0
1004.158	3+274.5
1004.129	3+274.0
1004.102	3+273.5

1004.677	3+292.5
1004.643	3+292.0
1004.622	3+291.5
1004.591	3+291.0
1004.569	3+290.5
1004.537	3+290.0
1004.514	3+289.5
1004.491	3+289.0
1004.466	3+288.5
1004.440	3+288.0
1004.414	3+287.5
1004.385	3+287.0
1004.361	3+286.5
1004.332	3+286.0
1004.306	3+285.5
1004.276	3+285.0
1004.253	3+284.5
1004.226	3+284.0
1004.203	3+283.5
1004.175	3+283.0
1004.146	3+282.5
1004.119	3+282.0
1004.093	3+281.5
1004.064	3+281.0
1004.035	3+280.5
1004.010	3+280.0
1003.981	3+279.5
1003.952	3+279.0
1003.922	3+278.5
1003.891	3+278.0
1003.864	3+277.5
1003.835	3+277.0
1003.811	3+276.5
1003.789	3+276.0
1003.763	3+275.5
1003.742	3+275.0
1003.715	3+274.5
1003.688	3+274.0
1003.664	3+273.5

1004.074	3+273.0
1004.041	3+272.5
1004.012	3+272.0
1003.980	3+271.5
1003.946	3+271.0
1003.917	3+270.5
1003.887	3+270.0
1003.855	3+269.5
1003.827	3+269.0
1003.804	3+268.5
1003.771	3+268.0
1003.742	3+267.5
1003.717	3+267.0
1003.686	3+266.5
1003.655	3+266.0
1003.625	3+265.5
1003.595	3+265.0
1003.559	3+264.5
1003.528	3+264.0
1003.496	3+263.5
1003.464	3+263.0
1003.435	3+262.5
1003.399	3+262.0
1003.367	3+261.5
1003.334	3+261.0
1003.307	3+260.5
1003.279	3+260.0
1003.247	3+259.5
1003.210	3+259.0
1003.181	3+258.5
1003.146	3+258.0
1003.114	3+257.5
1003.087	3+257.0
1003.055	3+256.5
1003.021	3+256.0
1002.984	3+255.5
1002.950	3+255.0
1002.919	3+254.5
1002.885	3+254.0

1003.640	3+273.0
1003.617	3+272.5
1003.593	3+272.0
1003.569	3+271.5
1003.542	3+271.0
1003.518	3+270.5
1003.497	3+270.0
1003.468	3+269.5
1003.444	3+269.0
1003.420	3+268.5
1003.395	3+268.0
1003.373	3+267.5
1003.350	3+267.0
1003.324	3+266.5
1003.298	3+266.0
1003.274	3+265.5
1003.250	3+265.0
1003.227	3+264.5
1003.200	3+264.0
1003.177	3+263.5
1003.153	3+263.0
1003.130	3+262.5
1003.105	3+262.0
1003.083	3+261.5
1003.058	3+261.0
1003.029	3+260.5
1003.006	3+260.0
1002.984	3+259.5
1002.959	3+259.0
1002.928	3+258.5
1002.900	3+258.0
1002.875	3+257.5
1002.852	3+257.0
1002.829	3+256.5
1002.808	3+256.0
1002.781	3+255.5
1002.760	3+255.0
1002.735	3+254.5
1002.704	3+254.0

1002.853	3+253.5
1002.830	3+253.0
1002.795	3+252.5
1002.767	3+252.0
1002.734	3+251.5
1002.703	3+251.0
1002.671	3+250.5
1002.637	3+250.0
1002.600	3+249.5
1002.566	3+249.0
1002.535	3+248.5
1002.502	3+248.0
1002.476	3+247.5
1002.443	3+247.0
1002.405	3+246.5
1002.378	3+246.0
1002.343	3+245.5
1002.313	3+245.0
1002.280	3+244.5
1002.242	3+244.0
1002.211	3+243.5
1002.173	3+243.0
1002.142	3+242.5
1002.109	3+242.0
1002.077	3+241.5
1002.044	3+241.0
1002.010	3+240.5
1001.973	3+240.0
1001.944	3+239.5
1001.914	3+239.0
1001.881	3+238.5
1001.840	3+238.0
1001.812	3+237.5
1001.773	3+237.0
1001.741	3+236.5
1001.705	3+236.0
1001.676	3+235.5
1001.638	3+235.0
1001.607	3+234.5

1002.675	3+253.5
1002.650	3+253.0
1002.622	3+252.5
1002.590	3+252.0
1002.562	3+251.5
1002.537	3+251.0
1002.511	3+250.5
1002.487	3+250.0
1002.458	3+249.5
1002.433	3+249.0
1002.412	3+248.5
1002.388	3+248.0
1002.361	3+247.5
1002.332	3+247.0
1002.308	3+246.5
1002.282	3+246.0
1002.256	3+245.5
1002.233	3+245.0
1002.202	3+244.5
1002.175	3+244.0
1002.148	3+243.5
1002.124	3+243.0
1002.096	3+242.5
1002.067	3+242.0
1002.037	3+241.5
1002.001	3+241.0
1001.971	3+240.5
1001.941	3+240.0
1001.906	3+239.5
1001.874	3+239.0
1001.843	3+238.5
1001.812	3+238.0
1001.781	3+237.5
1001.747	3+237.0
1001.716	3+236.5
1001.684	3+236.0
1001.656	3+235.5
1001.626	3+235.0
1001.600	3+234.5

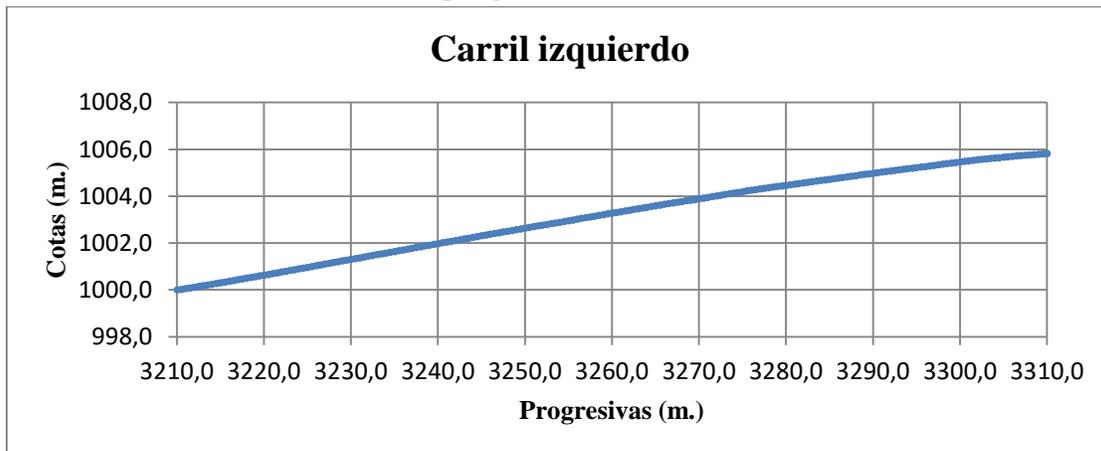
1001.571	3+234.0
1001.537	3+233.5
1001.507	3+233.0
1001.478	3+232.5
1001.441	3+232.0
1001.409	3+231.5
1001.369	3+231.0
1001.340	3+230.5
1001.303	3+230.0
1001.273	3+229.5
1001.243	3+229.0
1001.206	3+228.5
1001.174	3+228.0
1001.135	3+227.5
1001.101	3+227.0
1001.066	3+226.5
1001.031	3+226.0
1000.996	3+225.5
1000.959	3+225.0
1000.931	3+224.5
1000.897	3+224.0
1000.863	3+223.5
1000.832	3+223.0
1000.797	3+222.5
1000.761	3+222.0
1000.725	3+221.5
1000.694	3+221.0
1000.662	3+220.5
1000.630	3+220.0
1000.601	3+219.5
1000.564	3+219.0
1000.535	3+218.5
1000.503	3+218.0
1000.471	3+217.5
1000.437	3+217.0
1000.401	3+216.5
1000.369	3+216.0
1000.338	3+215.5
1000.307	3+215.0

1001.570	3+234.0
1001.541	3+233.5
1001.510	3+233.0
1001.480	3+232.5
1001.451	3+232.0
1001.421	3+231.5
1001.393	3+231.0
1001.362	3+230.5
1001.328	3+230.0
1001.298	3+229.5
1001.263	3+229.0
1001.237	3+228.5
1001.205	3+228.0
1001.172	3+227.5
1001.142	3+227.0
1001.112	3+226.5
1001.083	3+226.0
1001.050	3+225.5
1001.018	3+225.0
1000.988	3+224.5
1000.963	3+224.0
1000.930	3+223.5
1000.897	3+223.0
1000.863	3+222.5
1000.830	3+222.0
1000.794	3+221.5
1000.759	3+221.0
1000.728	3+220.5
1000.692	3+220.0
1000.660	3+219.5
1000.627	3+219.0
1000.595	3+218.5
1000.560	3+218.0
1000.527	3+217.5
1000.495	3+217.0
1000.461	3+216.5
1000.425	3+216.0
1000.392	3+215.5
1000.354	3+215.0

1000.274	3+214.5
1000.240	3+214.0
1000.208	3+213.5
1000.179	3+213.0
1000.151	3+212.5
1000.118	3+212.0
1000.086	3+211.5
1000.057	3+211.0
1000.025	3+210.5
1000.000	3+210.0
IRI calculado (m/km)	4.71

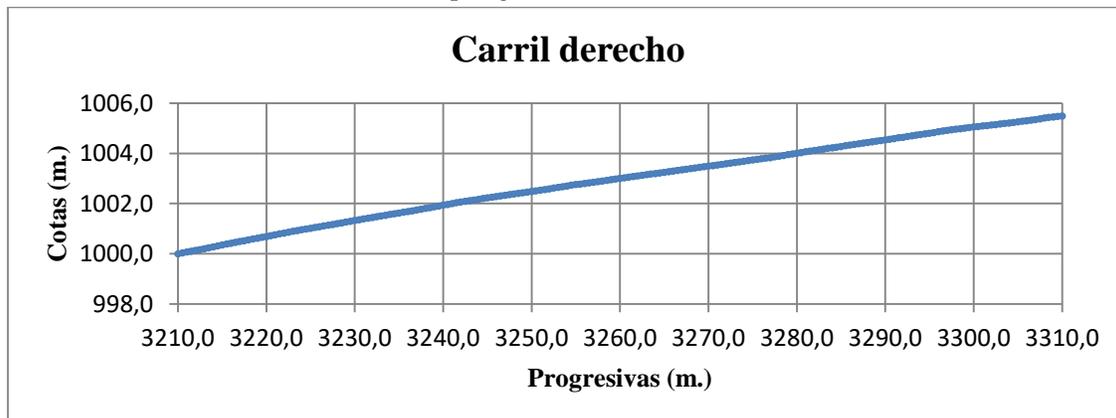
1000.317	3+214.5
1000.280	3+214.0
1000.246	3+213.5
1000.209	3+213.0
1000.172	3+212.5
1000.139	3+212.0
1000.106	3+211.5
1000.073	3+211.0
1000.034	3+210.5
1000.000	3+210.0
IRI calculado (m/km)	5.08

Gráfica: 4.7.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 3+210 - progresiva 3+310



Fuente: Propia

Gráfica: 4.8.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 3+210 - progresiva 3+310



Fuente: Propia

Prog.: 4+350, Prog.:4+450

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
994.191	4+450.00
994.206	4+449.50
994.220	4+449.00
994.233	4+448.50
994.248	4+448.00
994.261	4+447.50
994.276	4+447.00
994.291	4+446.50
994.307	4+446.00
994.324	4+445.50
994.344	4+445.00
994.363	4+444.50
994.379	4+444.00
994.396	4+443.50
994.416	4+443.00
994.434	4+442.50
994.454	4+442.00
994.479	4+441.50
994.504	4+441.00
994.527	4+440.50
994.549	4+440.00
994.573	4+439.50
994.593	4+439.00
994.616	4+438.50
994.642	4+438.00
994.664	4+437.50
994.685	4+437.00
994.711	4+436.50
994.735	4+436.00
994.756	4+435.50
994.777	4+435.00
994.802	4+434.50
994.824	4+434.00
994.849	4+433.50
994.877	4+433.00

Carril derecho	
Cota	Progresiva
994.515	4+450.00
994.537	4+449.50
994.564	4+449.00
994.587	4+448.50
994.611	4+448.00
994.632	4+447.50
994.657	4+447.00
994.680	4+446.50
994.699	4+446.00
994.724	4+445.50
994.748	4+445.00
994.770	4+444.50
994.790	4+444.00
994.815	4+443.50
994.835	4+443.00
994.857	4+442.50
994.879	4+442.00
994.898	4+441.50
994.917	4+441.00
994.934	4+440.50
994.953	4+440.00
994.972	4+439.50
994.998	4+439.00
995.024	4+438.50
995.042	4+438.00
995.067	4+437.50
995.088	4+437.00
995.118	4+436.50
995.142	4+436.00
995.169	4+435.50
995.196	4+435.00
995.226	4+434.50
995.251	4+434.00
995.279	4+433.50
995.307	4+433.00

994.904	4+432.50
994.928	4+432.00
994.951	4+431.50
994.979	4+431.00
995.004	4+430.50
995.032	4+430.00
995.054	4+429.50
995.077	4+429.00
995.103	4+428.50
995.134	4+428.00
995.158	4+427.50
995.182	4+427.00
995.210	4+426.50
995.235	4+426.00
995.261	4+425.50
995.285	4+425.00
995.312	4+424.50
995.336	4+424.00
995.358	4+423.50
995.385	4+423.00
995.410	4+422.50
995.440	4+422.00
995.464	4+421.50
995.489	4+421.00
995.521	4+420.50
995.547	4+420.00
995.572	4+419.50
995.595	4+419.00
995.621	4+418.50
995.649	4+418.00
995.675	4+417.50
995.703	4+417.00
995.736	4+416.50
995.763	4+416.00
995.794	4+415.50
995.816	4+415.00
995.850	4+414.50
995.880	4+414.00
995.907	4+413.50

995.332	4+432.50
995.356	4+432.00
995.385	4+431.50
995.413	4+431.00
995.440	4+430.50
995.461	4+430.00
995.493	4+429.50
995.518	4+429.00
995.542	4+428.50
995.573	4+428.00
995.601	4+427.50
995.623	4+427.00
995.655	4+426.50
995.687	4+426.00
995.712	4+425.50
995.740	4+425.00
995.766	4+424.50
995.792	4+424.00
995.815	4+423.50
995.843	4+423.00
995.870	4+422.50
995.900	4+422.00
995.925	4+421.50
995.955	4+421.00
995.979	4+420.50
996.006	4+420.00
996.034	4+419.50
996.057	4+419.00
996.087	4+418.50
996.117	4+418.00
996.145	4+417.50
996.174	4+417.00
996.195	4+416.50
996.222	4+416.00
996.244	4+415.50
996.274	4+415.00
996.297	4+414.50
996.323	4+414.00
996.345	4+413.50

995.934	4+413.00
995.968	4+412.50
995.996	4+412.00
996.029	4+411.50
996.063	4+411.00
996.091	4+410.50
996.121	4+410.00
996.149	4+409.50
996.180	4+409.00
996.208	4+408.50
996.237	4+408.00
996.266	4+407.50
996.292	4+407.00
996.321	4+406.50
996.350	4+406.00
996.384	4+405.50
996.414	4+405.00
996.449	4+404.50
996.481	4+404.00
996.513	4+403.50
996.545	4+403.00
996.573	4+402.50
996.609	4+402.00
996.641	4+401.50
996.674	4+401.00
996.701	4+400.50
996.729	4+400.00
996.761	4+399.50
996.795	4+399.00
996.825	4+398.50
996.857	4+398.00
996.891	4+397.50
996.921	4+397.00
996.954	4+396.50
996.987	4+396.00
997.015	4+395.50
997.048	4+395.00
997.079	4+394.50
997.110	4+394.00

996.368	4+413.00
996.392	4+412.50
996.416	4+412.00
996.440	4+411.50
996.466	4+411.00
996.490	4+410.50
996.512	4+410.00
996.541	4+409.50
996.565	4+409.00
996.589	4+408.50
996.614	4+408.00
996.636	4+407.50
996.663	4+407.00
996.691	4+406.50
996.717	4+406.00
996.743	4+405.50
996.765	4+405.00
996.791	4+404.50
996.819	4+404.00
996.842	4+403.50
996.865	4+403.00
996.889	4+402.50
996.913	4+402.00
996.936	4+401.50
996.961	4+401.00
996.980	4+400.50
997.003	4+400.00
997.024	4+399.50
997.050	4+399.00
997.081	4+398.50
997.109	4+398.00
997.134	4+397.50
997.157	4+397.00
997.180	4+396.50
997.201	4+396.00
997.228	4+395.50
997.248	4+395.00
997.273	4+394.50
997.304	4+394.00

997.141	4+393.50
997.169	4+393.00
997.203	4+392.50
997.231	4+392.00
997.268	4+391.50
997.300	4+391.00
997.328	4+390.50
997.362	4+390.00
997.392	4+389.50
997.428	4+389.00
997.458	4+388.50
997.487	4+388.00
997.523	4+387.50
997.555	4+387.00
997.588	4+386.50
997.621	4+386.00
997.655	4+385.50
997.686	4+385.00
997.723	4+384.50
997.757	4+384.00
997.788	4+383.50
997.825	4+383.00
997.859	4+382.50
997.894	4+382.00
997.929	4+381.50
997.964	4+381.00
998.000	4+380.50
998.026	4+380.00
998.065	4+379.50
998.095	4+379.00
998.127	4+378.50
998.157	4+378.00
998.186	4+377.50
998.216	4+377.00
998.247	4+376.50
998.273	4+376.00
998.303	4+375.50
998.331	4+375.00
998.362	4+374.50

997.334	4+393.50
997.359	4+393.00
997.387	4+392.50
997.418	4+392.00
997.447	4+391.50
997.472	4+391.00
997.498	4+390.50
997.521	4+390.00
997.551	4+389.50
997.574	4+389.00
997.597	4+388.50
997.621	4+388.00
997.647	4+387.50
997.677	4+387.00
997.700	4+386.50
997.727	4+386.00
997.752	4+385.50
997.775	4+385.00
997.806	4+384.50
997.830	4+384.00
997.861	4+383.50
997.885	4+383.00
997.913	4+382.50
997.941	4+382.00
997.971	4+381.50
997.994	4+381.00
998.028	4+380.50
998.068	4+380.00
998.102	4+379.50
998.135	4+379.00
998.166	4+378.50
998.197	4+378.00
998.227	4+377.50
998.262	4+377.00
998.293	4+376.50
998.325	4+376.00
998.352	4+375.50
998.383	4+375.00
998.405	4+374.50

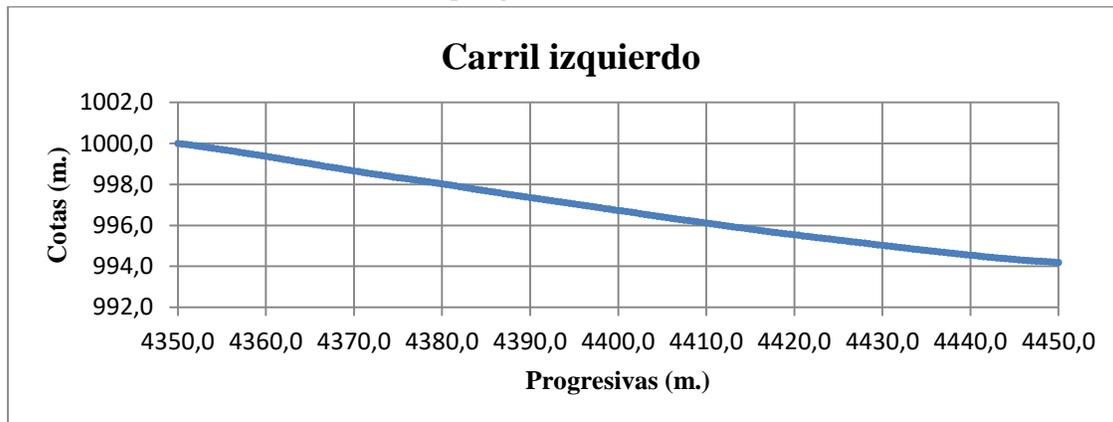
998.398	4+374.00
998.431	4+373.50
998.462	4+373.00
998.491	4+372.50
998.525	4+372.00
998.553	4+371.50
998.590	4+371.00
998.628	4+370.50
998.656	4+370.00
998.695	4+369.50
998.736	4+369.00
998.772	4+368.50
998.799	4+368.00
998.834	4+367.50
998.868	4+367.00
998.898	4+366.50
998.941	4+366.00
998.978	4+365.50
999.017	4+365.00
999.053	4+364.50
999.082	4+364.00
999.116	4+363.50
999.161	4+363.00
999.192	4+362.50
999.228	4+362.00
999.265	4+361.50
999.304	4+361.00
999.336	4+360.50
999.379	4+360.00
999.407	4+359.50
999.444	4+359.00
999.474	4+358.50
999.506	4+358.00
999.538	4+357.50
999.572	4+357.00
999.608	4+356.50
999.640	4+356.00
999.671	4+355.50
999.702	4+355.00

998.424	4+374.00
998.448	4+373.50
998.482	4+373.00
998.513	4+372.50
998.545	4+372.00
998.578	4+371.50
998.606	4+371.00
998.636	4+370.50
998.671	4+370.00
998.701	4+369.50
998.734	4+369.00
998.765	4+368.50
998.798	4+368.00
998.829	4+367.50
998.859	4+367.00
998.891	4+366.50
998.923	4+366.00
998.955	4+365.50
998.988	4+365.00
999.020	4+364.50
999.046	4+364.00
999.079	4+363.50
999.112	4+363.00
999.145	4+362.50
999.182	4+362.00
999.214	4+361.50
999.247	4+361.00
999.280	4+360.50
999.316	4+360.00
999.348	4+359.50
999.382	4+359.00
999.415	4+358.50
999.450	4+358.00
999.481	4+357.50
999.514	4+357.00
999.547	4+356.50
999.584	4+356.00
999.617	4+355.50
999.654	4+355.00

999.735	4+354.50
999.769	4+354.00
999.800	4+353.50
999.829	4+353.00
999.857	4+352.50
999.890	4+352.00
999.922	4+351.50
999.952	4+351.00
999.974	4+350.50
1000.000	4+350.00
IRI calculado (m/km)	5.18

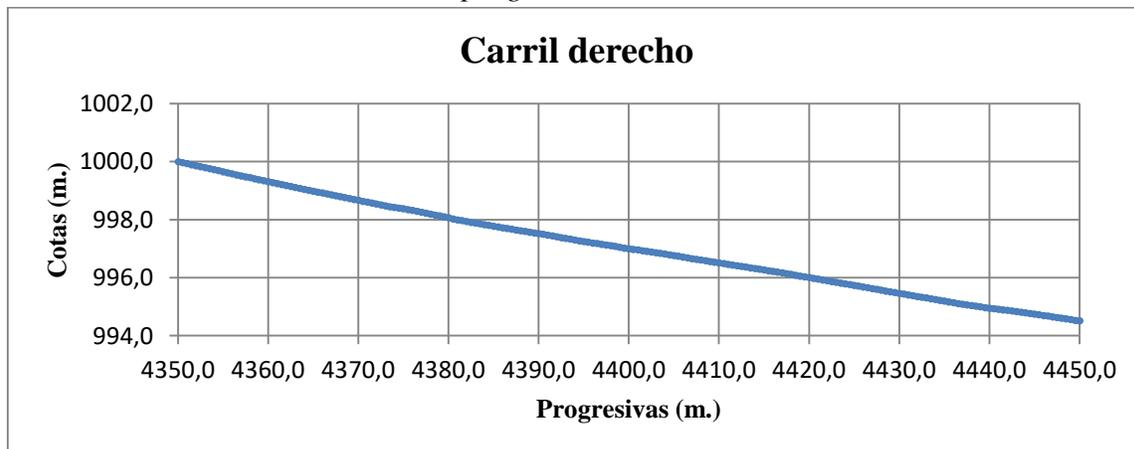
999.692	4+354.50
999.729	4+354.00
999.763	4+353.50
999.796	4+353.00
999.829	4+352.50
999.864	4+352.00
999.898	4+351.50
999.936	4+351.00
999.965	4+350.50
1000.000	4+350.00
IRI calculado (m/km)	5.13

Gráfica: 4.9.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 4+350 - progresiva 4+450



Fuente: Propia

Gráfica: 4.10.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 4+350 - progresiva 4+450



Fuente: Propia

Prog.: 5+580

Prog.: 5+680

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
999.259	5+680.00
999.254	5+679.50
999.251	5+679.00
999.252	5+678.50
999.251	5+678.00
999.250	5+677.50
999.249	5+677.00
999.248	5+676.50
999.245	5+676.00
999.239	5+675.50
999.236	5+675.00
999.235	5+674.50
999.233	5+674.00
999.233	5+673.50
999.231	5+673.00
999.232	5+672.50
999.231	5+672.00
999.232	5+671.50
999.234	5+671.00
999.233	5+670.50
999.232	5+670.00
999.235	5+669.50
999.236	5+669.00
999.236	5+668.50
999.240	5+668.00
999.246	5+667.50
999.250	5+667.00
999.255	5+666.50
999.258	5+666.00
999.257	5+665.50
999.257	5+665.00
999.257	5+664.50
999.256	5+664.00
999.253	5+663.50

Carril derecho	
Cota	Progresiva
999.262	5+680.00
999.259	5+679.50
999.260	5+679.00
999.260	5+678.50
999.262	5+678.00
999.261	5+677.50
999.262	5+677.00
999.261	5+676.50
999.259	5+676.00
999.264	5+675.50
999.269	5+675.00
999.265	5+674.50
999.265	5+674.00
999.261	5+673.50
999.258	5+673.00
999.259	5+672.50
999.264	5+672.00
999.257	5+671.50
999.253	5+671.00
999.259	5+670.50
999.255	5+670.00
999.263	5+669.50
999.261	5+669.00
999.255	5+668.50
999.257	5+668.00
999.254	5+667.50
999.257	5+667.00
999.262	5+666.50
999.267	5+666.00
999.264	5+665.50
999.270	5+665.00
999.263	5+664.50
999.266	5+664.00
999.266	5+663.50

999.250	5+663.00
999.250	5+662.50
999.246	5+662.00
999.243	5+661.50
999.243	5+661.00
999.239	5+660.50
999.238	5+660.00
999.239	5+659.50
999.238	5+659.00
999.236	5+658.50
999.236	5+658.00
999.233	5+657.50
999.237	5+657.00
999.240	5+656.50
999.240	5+656.00
999.240	5+655.50
999.246	5+655.00
999.249	5+654.50
999.251	5+654.00
999.254	5+653.50
999.255	5+653.00
999.258	5+652.50
999.259	5+652.00
999.258	5+651.50
999.255	5+651.00
999.256	5+650.50
999.256	5+650.00
999.257	5+649.50
999.256	5+649.00
999.256	5+648.50
999.257	5+648.00
999.256	5+647.50
999.256	5+647.00
999.259	5+646.50
999.261	5+646.00
999.260	5+645.50
999.258	5+645.00
999.256	5+644.50
999.258	5+644.00

999.268	5+663.00
999.269	5+662.50
999.268	5+662.00
999.266	5+661.50
999.267	5+661.00
999.267	5+660.50
999.268	5+660.00
999.266	5+659.50
999.266	5+659.00
999.265	5+658.50
999.263	5+658.00
999.270	5+657.50
999.267	5+657.00
999.266	5+656.50
999.266	5+656.00
999.264	5+655.50
999.270	5+655.00
999.271	5+654.50
999.271	5+654.00
999.262	5+653.50
999.265	5+653.00
999.264	5+652.50
999.263	5+652.00
999.266	5+651.50
999.260	5+651.00
999.257	5+650.50
999.257	5+650.00
999.258	5+649.50
999.261	5+649.00
999.258	5+648.50
999.254	5+648.00
999.256	5+647.50
999.255	5+647.00
999.251	5+646.50
999.248	5+646.00
999.247	5+645.50
999.243	5+645.00
999.241	5+644.50
999.237	5+644.00

999.255	5+643.50
999.253	5+643.00
999.249	5+642.50
999.249	5+642.00
999.247	5+641.50
999.242	5+641.00
999.243	5+640.50
999.240	5+640.00
999.235	5+639.50
999.232	5+639.00
999.228	5+638.50
999.224	5+638.00
999.221	5+637.50
999.218	5+637.00
999.213	5+636.50
999.211	5+636.00
999.208	5+635.50
999.208	5+635.00
999.208	5+634.50
999.207	5+634.00
999.207	5+633.50
999.205	5+633.00
999.204	5+632.50
999.204	5+632.00
999.202	5+631.50
999.203	5+631.00
999.200	5+630.50
999.194	5+630.00
999.192	5+629.50
999.187	5+629.00
999.182	5+628.50
999.176	5+628.00
999.173	5+627.50
999.167	5+627.00
999.165	5+626.50
999.162	5+626.00
999.164	5+625.50
999.168	5+625.00
999.167	5+624.50

999.235	5+643.50
999.230	5+643.00
999.228	5+642.50
999.228	5+642.00
999.226	5+641.50
999.223	5+641.00
999.222	5+640.50
999.218	5+640.00
999.215	5+639.50
999.214	5+639.00
999.215	5+638.50
999.213	5+638.00
999.212	5+637.50
999.210	5+637.00
999.209	5+636.50
999.210	5+636.00
999.209	5+635.50
999.209	5+635.00
999.207	5+634.50
999.206	5+634.00
999.204	5+633.50
999.206	5+633.00
999.204	5+632.50
999.205	5+632.00
999.203	5+631.50
999.202	5+631.00
999.190	5+630.50
999.188	5+630.00
999.187	5+629.50
999.187	5+629.00
999.185	5+628.50
999.187	5+628.00
999.186	5+627.50
999.192	5+627.00
999.193	5+626.50
999.201	5+626.00
999.199	5+625.50
999.200	5+625.00
999.193	5+624.50

999.170	5+624.00
999.177	5+623.50
999.182	5+623.00
999.183	5+622.50
999.190	5+622.00
999.198	5+621.50
999.211	5+621.00
999.218	5+620.50
999.229	5+620.00
999.237	5+619.50
999.244	5+619.00
999.254	5+618.50
999.261	5+618.00
999.266	5+617.50
999.272	5+617.00
999.276	5+616.50
999.296	5+616.00
999.305	5+615.50
999.311	5+615.00
999.316	5+614.50
999.321	5+614.00
999.328	5+613.50
999.335	5+613.00
999.342	5+612.50
999.353	5+612.00
999.361	5+611.50
999.367	5+611.00
999.371	5+610.50
999.381	5+610.00
999.389	5+609.50
999.395	5+609.00
999.403	5+608.50
999.412	5+608.00
999.417	5+607.50
999.429	5+607.00
999.437	5+606.50
999.445	5+606.00
999.455	5+605.50
999.463	5+605.00

999.197	5+624.00
999.194	5+623.50
999.205	5+623.00
999.209	5+622.50
999.211	5+622.00
999.215	5+621.50
999.225	5+621.00
999.235	5+620.50
999.243	5+620.00
999.248	5+619.50
999.254	5+619.00
999.259	5+618.50
999.264	5+618.00
999.270	5+617.50
999.277	5+617.00
999.284	5+616.50
999.294	5+616.00
999.304	5+615.50
999.317	5+615.00
999.328	5+614.50
999.345	5+614.00
999.360	5+613.50
999.369	5+613.00
999.377	5+612.50
999.385	5+612.00
999.393	5+611.50
999.401	5+611.00
999.409	5+610.50
999.426	5+610.00
999.436	5+609.50
999.444	5+609.00
999.455	5+608.50
999.464	5+608.00
999.471	5+607.50
999.479	5+607.00
999.485	5+606.50
999.492	5+606.00
999.499	5+605.50
999.507	5+605.00

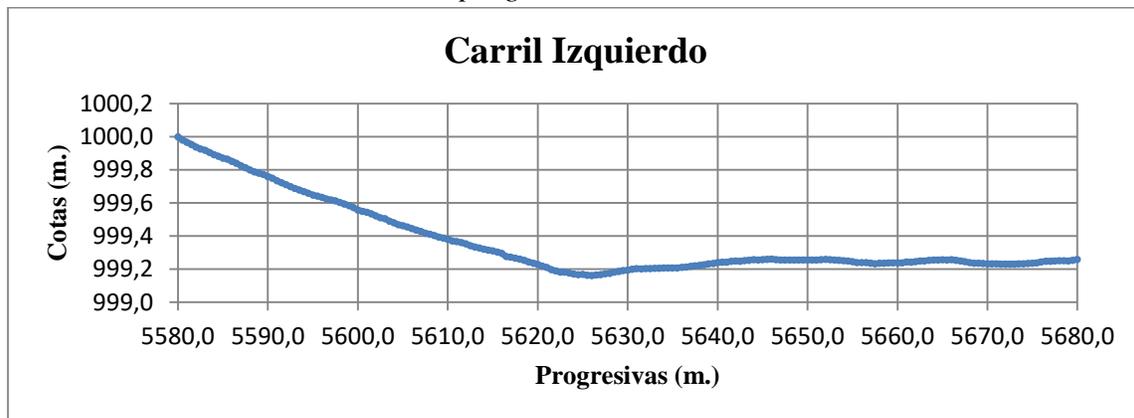
999.469	5+604.50
999.481	5+604.00
999.491	5+603.50
999.505	5+603.00
999.511	5+602.50
999.523	5+602.00
999.535	5+601.50
999.545	5+601.00
999.551	5+600.50
999.558	5+600.00
999.572	5+599.50
999.585	5+599.00
999.594	5+598.50
999.603	5+598.00
999.613	5+597.50
999.619	5+597.00
999.625	5+596.50
999.635	5+596.00
999.642	5+595.50
999.648	5+595.00
999.659	5+594.50
999.670	5+594.00
999.678	5+593.50
999.688	5+593.00
999.699	5+592.50
999.712	5+592.00
999.722	5+591.50
999.735	5+591.00
999.750	5+590.50
999.760	5+590.00
999.773	5+589.50
999.780	5+589.00
999.788	5+588.50
999.800	5+588.00
999.813	5+587.50
999.826	5+587.00
999.840	5+586.50
999.852	5+586.00
999.865	5+585.50

999.513	5+604.50
999.521	5+604.00
999.529	5+603.50
999.537	5+603.00
999.544	5+602.50
999.551	5+602.00
999.559	5+601.50
999.567	5+601.00
999.575	5+600.50
999.583	5+600.00
999.591	5+599.50
999.606	5+599.00
999.616	5+598.50
999.626	5+598.00
999.633	5+597.50
999.640	5+597.00
999.652	5+596.50
999.661	5+596.00
999.668	5+595.50
999.673	5+595.00
999.678	5+594.50
999.687	5+594.00
999.695	5+593.50
999.711	5+593.00
999.724	5+592.50
999.738	5+592.00
999.750	5+591.50
999.762	5+591.00
999.774	5+590.50
999.788	5+590.00
999.801	5+589.50
999.812	5+589.00
999.821	5+588.50
999.829	5+588.00
999.841	5+587.50
999.852	5+587.00
999.864	5+586.50
999.875	5+586.00
999.886	5+585.50

999.871	5+585.00
999.883	5+584.50
999.892	5+584.00
999.906	5+583.50
999.919	5+583.00
999.927	5+582.50
999.939	5+582.00
999.954	5+581.50
999.967	5+581.00
999.981	5+580.50
1000.000	5+580.00
IRI calculado (m/km)	5.04

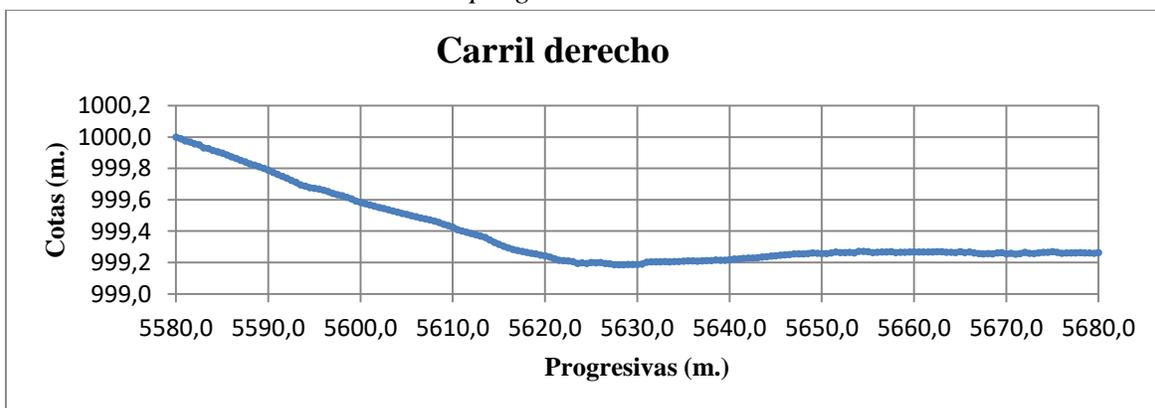
999.898	5+585.00
999.906	5+584.50
999.915	5+584.00
999.927	5+583.50
999.932	5+583.00
999.950	5+582.50
999.957	5+582.00
999.969	5+581.50
999.976	5+581.00
999.989	5+580.50
1000.000	5+580.00
IRI calculado (m/km)	4.91

Gráfica: 4.11.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 5+580 - progresiva 5+680



Fuente: Propia

Gráfica: 4.12.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho progresiva 5+580 - progresiva 5+680



Fuente: Propia

Prog.: 6+180

Prog.: 6+280

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
995.679	6+280.00
995.686	6+279.50
995.694	6+279.00
995.700	6+278.50
995.710	6+278.00
995.718	6+277.50
995.729	6+277.00
995.740	6+276.50
995.758	6+276.00
995.770	6+275.50
995.785	6+275.00
995.799	6+274.50
995.813	6+274.00
995.826	6+273.50
995.839	6+273.00
995.852	6+272.50
995.868	6+272.00
995.888	6+271.50
995.911	6+271.00
995.928	6+270.50
995.946	6+270.00
995.970	6+269.50
995.987	6+269.00
996.012	6+268.50
996.032	6+268.00
996.054	6+267.50
996.077	6+267.00
996.097	6+266.50
996.117	6+266.00
996.139	6+265.50
996.160	6+265.00
996.180	6+264.50
996.201	6+264.00
996.220	6+263.50
996.242	6+263.00

Carril derecho	
Cota	Progresiva
996.070	6+280.00
996.078	6+279.50
996.088	6+279.00
996.099	6+278.50
996.110	6+278.00
996.119	6+277.50
996.133	6+277.00
996.143	6+276.50
996.153	6+276.00
996.161	6+275.50
996.171	6+275.00
996.181	6+274.50
996.188	6+274.00
996.198	6+273.50
996.207	6+273.00
996.214	6+272.50
996.222	6+272.00
996.232	6+271.50
996.244	6+271.00
996.254	6+270.50
996.269	6+270.00
996.281	6+269.50
996.292	6+269.00
996.308	6+268.50
996.320	6+268.00
996.339	6+267.50
996.350	6+267.00
996.368	6+266.50
996.381	6+266.00
996.398	6+265.50
996.414	6+265.00
996.429	6+264.50
996.442	6+264.00
996.460	6+263.50
996.477	6+263.00

996.258	6+262.50
996.278	6+262.00
996.296	6+261.50
996.314	6+261.00
996.338	6+260.50
996.356	6+260.00
996.377	6+259.50
996.396	6+259.00
996.414	6+258.50
996.433	6+258.00
996.451	6+257.50
996.472	6+257.00
996.496	6+256.50
996.516	6+256.00
996.533	6+255.50
996.559	6+255.00
996.578	6+254.50
996.598	6+254.00
996.619	6+253.50
996.638	6+253.00
996.657	6+252.50
996.674	6+252.00
996.694	6+251.50
996.719	6+251.00
996.743	6+250.50
996.764	6+250.00
996.786	6+249.50
996.807	6+249.00
996.830	6+248.50
996.854	6+248.00
996.882	6+247.50
996.915	6+247.00
996.938	6+246.50
996.970	6+246.00
996.997	6+245.50
997.030	6+245.00
997.059	6+244.50
997.085	6+244.00
997.110	6+243.50

996.492	6+262.50
996.506	6+262.00
996.524	6+261.50
996.539	6+261.00
996.554	6+260.50
996.570	6+260.00
996.588	6+259.50
996.604	6+259.00
996.620	6+258.50
996.634	6+258.00
996.650	6+257.50
996.671	6+257.00
996.685	6+256.50
996.704	6+256.00
996.719	6+255.50
996.735	6+255.00
996.749	6+254.50
996.770	6+254.00
996.788	6+253.50
996.815	6+253.00
996.846	6+252.50
996.871	6+252.00
996.899	6+251.50
996.919	6+251.00
996.944	6+250.50
996.963	6+250.00
996.990	6+249.50
997.015	6+249.00
997.039	6+248.50
997.066	6+248.00
997.092	6+247.50
997.115	6+247.00
997.137	6+246.50
997.160	6+246.00
997.180	6+245.50
997.203	6+245.00
997.225	6+244.50
997.245	6+244.00
997.269	6+243.50

997.130	6+243.00
997.153	6+242.50
997.177	6+242.00
997.199	6+241.50
997.224	6+241.00
997.244	6+240.50
997.261	6+240.00
997.285	6+239.50
997.310	6+239.00
997.331	6+238.50
997.370	6+238.00
997.390	6+237.50
997.411	6+237.00
997.433	6+236.50
997.453	6+236.00
997.477	6+235.50
997.502	6+235.00
997.519	6+234.50
997.543	6+234.00
997.564	6+233.50
997.587	6+233.00
997.611	6+232.50
997.633	6+232.00
997.653	6+231.50
997.676	6+231.00
997.698	6+230.50
997.722	6+230.00
997.742	6+229.50
997.764	6+229.00
997.787	6+228.50
997.810	6+228.00
997.830	6+227.50
997.853	6+227.00
997.879	6+226.50
997.903	6+226.00
997.914	6+225.50
997.935	6+225.00
997.957	6+224.50
997.977	6+224.00

997.284	6+243.00
997.304	6+242.50
997.325	6+242.00
997.342	6+241.50
997.359	6+241.00
997.379	6+240.50
997.399	6+240.00
997.415	6+239.50
997.435	6+239.00
997.451	6+238.50
997.471	6+238.00
997.489	6+237.50
997.509	6+237.00
997.529	6+236.50
997.546	6+236.00
997.563	6+235.50
997.586	6+235.00
997.602	6+234.50
997.620	6+234.00
997.638	6+233.50
997.657	6+233.00
997.678	6+232.50
997.693	6+232.00
997.711	6+231.50
997.728	6+231.00
997.747	6+230.50
997.765	6+230.00
997.782	6+229.50
997.802	6+229.00
997.821	6+228.50
997.840	6+228.00
997.864	6+227.50
997.884	6+227.00
997.908	6+226.50
997.929	6+226.00
997.949	6+225.50
997.967	6+225.00
997.988	6+224.50
998.005	6+224.00

998.001	6+223.50
998.024	6+223.00
998.044	6+222.50
998.067	6+222.00
998.093	6+221.50
998.112	6+221.00
998.135	6+220.50
998.157	6+220.00
998.180	6+219.50
998.201	6+219.00
998.226	6+218.50
998.248	6+218.00
998.268	6+217.50
998.292	6+217.00
998.314	6+216.50
998.336	6+216.00
998.358	6+215.50
998.382	6+215.00
998.404	6+214.50
998.430	6+214.00
998.451	6213.50
998.471	6+213.00
998.494	6+212.50
998.515	6+212.00
998.538	6+211.50
998.564	6+211.00
998.589	6+210.50
998.608	6+210.00
998.631	6+209.50
998.656	6+209.00
998.674	6+208.50
998.698	6+208.00
998.720	6+207.50
998.746	6+207.00
998.766	6+206.50
998.790	6+206.00
998.811	6+205.50
998.835	6+205.00
998.858	6+204.50

998.025	6+223.50
998.046	6+223.00
998.063	6+222.50
998.085	6+222.00
998.105	6+221.50
998.129	6+221.00
998.155	6+220.50
998.181	6+220.00
998.204	6+219.50
998.230	6+219.00
998.249	6+218.50
998.267	6+218.00
998.292	6+217.50
998.311	6+217.00
998.336	6+216.50
998.354	6+216.00
998.379	6+215.50
998.399	6+215.00
998.423	6+214.50
998.450	6+214.00
998.474	6213.50
998.494	6+213.00
998.511	6+212.50
998.528	6+212.00
998.544	6+211.50
998.562	6+211.00
998.577	6+210.50
998.595	6+210.00
998.615	6+209.50
998.632	6+209.00
998.649	6+208.50
998.673	6+208.00
998.696	6+207.50
998.718	6+207.00
998.743	6+206.50
998.765	6+206.00
998.788	6+205.50
998.815	6+205.00
998.835	6+204.50

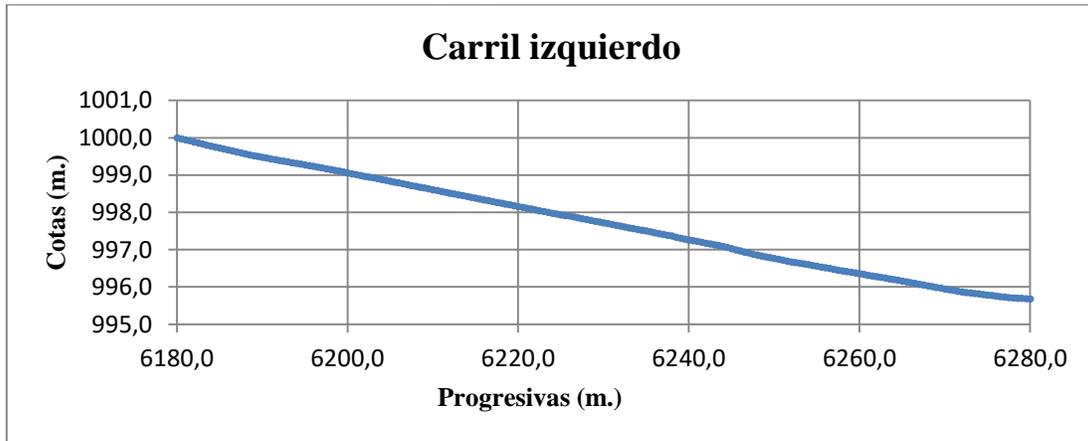
998.882	6+204.00
998.907	6+203.50
998.928	6+203.00
998.947	6+202.50
998.967	6+202.00
998.987	6+201.50
999.012	6+201.00
999.034	6+200.50
999.057	6+200.00
999.082	6+199.50
999.106	6+199.00
999.130	6+198.50
999.150	6+198.00
999.172	6+197.50
999.195	6+197.00
999.215	6+196.50
999.236	6+196.00
999.254	6+195.50
999.274	6+195.00
999.294	6+194.50
999.317	6+194.00
999.331	6+193.50
999.353	6+193.00
999.372	6+192.50
999.392	6+192.00
999.415	6+191.50
999.434	6+191.00
999.456	6+190.50
999.480	6+190.00
999.499	6+189.50
999.521	6+189.00
999.541	6+188.50
999.569	6+188.00
999.599	6+187.50
999.622	6+187.00
999.650	6+186.50
999.674	6+186.00
999.698	6+185.50
999.725	6+185.00

998.860	6+204.00
998.882	6+203.50
998.907	6+203.00
998.930	6+202.50
998.956	6+202.00
998.981	6+201.50
999.008	6+201.00
999.029	6+200.50
999.050	6+200.00
999.077	6+199.50
999.099	6+199.00
999.122	6+198.50
999.145	6+198.00
999.168	6+197.50
999.192	6+197.00
999.218	6+196.50
999.244	6+196.00
999.275	6+195.50
999.301	6+195.00
999.328	6+194.50
999.359	6+194.00
999.387	6+193.50
999.414	6+193.00
999.442	6+192.50
999.468	6+192.00
999.488	6+191.50
999.510	6+191.00
999.526	6+190.50
999.552	6+190.00
999.572	6+189.50
999.590	6+189.00
999.617	6+188.50
999.640	6+188.00
999.662	6+187.50
999.686	6+187.00
999.707	6+186.50
999.730	6+186.00
999.751	6+185.50
999.774	6+185.00

999.752	6+184.50
999.779	6+184.00
999.804	6+183.50
999.832	6+183.00
999.861	6+182.50
999.888	6+182.00
999.917	6+181.50
999.947	6+181.00
999.972	6+180.50
1000.000	6+180.00
IRI calculado (m/km)	4.52

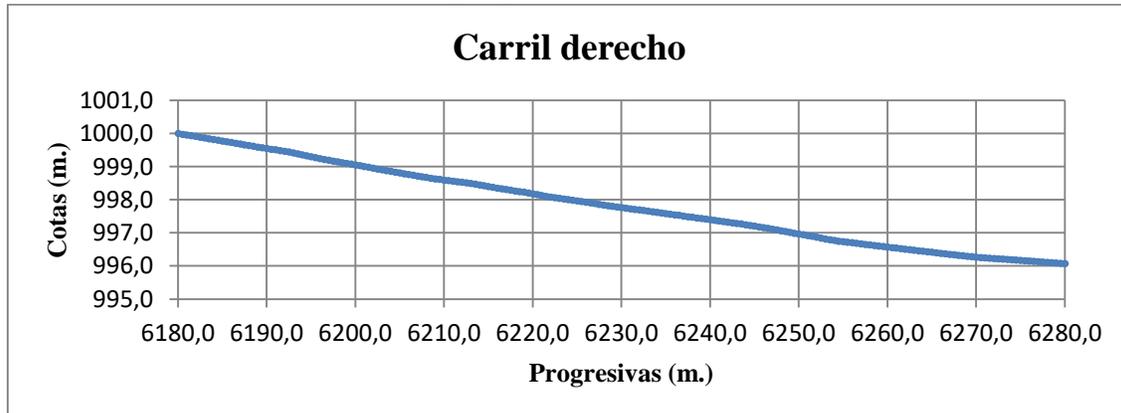
999.798	6+184.50
999.823	6+184.00
999.843	6+183.50
999.867	6+183.00
999.891	6+182.50
999.913	6+182.00
999.936	6+181.50
999.956	6+181.00
999.979	6+180.50
1000.000	6+180.00
IRI calculado (m/km)	4.68

Gráfica: 4.13.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 6+180 - progresiva 6+280



Fuente: Propia

Gráfica: 4.14.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 6+180 - progresiva 6+280



Fuente: Propia

Prog.: 7+195 Prog.:7+295

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
1004.091	7+295.0
1004.073	7+294.5
1004.056	7+294.0
1004.038	7+293.5
1004.021	7+293.0
1003.993	7+292.5
1003.977	7+292.0
1003.963	7+291.5
1003.941	7+291.0
1003.925	7+290.5
1003.908	7+290.0
1003.881	7+289.5
1003.861	7+289.0
1003.841	7+288.5
1003.822	7+288.0
1003.803	7+287.5
1003.786	7+287.0
1003.770	7+286.5
1003.751	7+286.0
1003.733	7+285.5
1003.712	7+285.0
1003.690	7+284.5
1003.669	7+284.0
1003.650	7+283.5
1003.635	7+283.0
1003.613	7+282.5
1003.594	7+282.0
1003.574	7+281.5
1003.551	7+281.0
1003.532	7+280.5
1003.510	7+280.0
1003.489	7+279.5
1003.467	7+279.0
1003.448	7+278.5
1003.427	7+278.0

Carril derecho	
Cota	Progresiva
1004.087	7+295.0
1004.063	7+294.5
1004.044	7+294.0
1004.031	7+293.5
1004.018	7+293.0
1004.008	7+292.5
1003.988	7+292.0
1003.967	7+291.5
1003.948	7+291.0
1003.925	7+290.5
1003.909	7+290.0
1003.890	7+289.5
1003.869	7+289.0
1003.849	7+288.5
1003.830	7+288.0
1003.807	7+287.5
1003.786	7+287.0
1003.761	7+286.5
1003.742	7+286.0
1003.727	7+285.5
1003.705	7+285.0
1003.685	7+284.5
1003.668	7+284.0
1003.647	7+283.5
1003.622	7+283.0
1003.604	7+282.5
1003.580	7+282.0
1003.562	7+281.5
1003.542	7+281.0
1003.524	7+280.5
1003.503	7+280.0
1003.480	7+279.5
1003.460	7+279.0
1003.444	7+278.5
1003.424	7+278.0

1003.412	7+277.5
1003.392	7+277.0
1003.376	7+276.5
1003.354	7+276.0
1003.328	7+275.5
1003.304	7+275.0
1003.283	7+274.5
1003.258	7+274.0
1003.242	7+273.5
1003.215	7+273.0
1003.197	7+272.5
1003.172	7+272.0
1003.154	7+271.5
1003.136	7+271.0
1003.118	7+270.5
1003.093	7+270.0
1003.075	7+269.5
1003.057	7+269.0
1003.035	7+268.5
1003.017	7+268.0
1003.000	7+267.5
1002.983	7+267.0
1002.967	7+266.5
1002.954	7+266.0
1002.931	7+265.5
1002.907	7+265.0
1002.887	7+264.5
1002.868	7+264.0
1002.843	7+263.5
1002.821	7+263.0
1002.800	7+262.5
1002.781	7+262.0
1002.758	7+261.5
1002.740	7+261.0
1002.716	7+260.5
1002.697	7+260.0
1002.679	7+259.5
1002.661	7+259.0
1002.639	7+258.5

1003.402	7+277.5
1003.385	7+277.0
1003.364	7+276.5
1003.342	7+276.0
1003.320	7+275.5
1003.301	7+275.0
1003.281	7+274.5
1003.259	7+274.0
1003.239	7+273.5
1003.216	7+273.0
1003.193	7+272.5
1003.173	7+272.0
1003.155	7+271.5
1003.135	7+271.0
1003.115	7+270.5
1003.093	7+270.0
1003.072	7+269.5
1003.057	7+269.0
1003.035	7+268.5
1003.014	7+268.0
1002.989	7+267.5
1002.969	7+267.0
1002.949	7+266.5
1002.929	7+266.0
1002.911	7+265.5
1002.891	7+265.0
1002.872	7+264.5
1002.855	7+264.0
1002.834	7+263.5
1002.816	7+263.0
1002.794	7+262.5
1002.771	7+262.0
1002.753	7+261.5
1002.736	7+261.0
1002.715	7+260.5
1002.699	7+260.0
1002.680	7+259.5
1002.655	7+259.0
1002.638	7+258.5

1002.616	7+258.0
1002.596	7+257.5
1002.584	7+257.0
1002.564	7+256.5
1002.546	7+256.0
1002.524	7+255.5
1002.505	7+255.0
1002.485	7+254.5
1002.467	7+254.0
1002.442	7+253.5
1002.417	7+253.0
1002.399	7+252.5
1002.380	7+252.0
1002.355	7+251.5
1002.340	7+251.0
1002.314	7+250.5
1002.299	7+250.0
1002.279	7+249.5
1002.259	7+249.0
1002.233	7+248.5
1002.214	7+248.0
1002.193	7+247.5
1002.174	7+247.0
1002.152	7+246.5
1002.135	7+246.0
1002.117	7+245.5
1002.096	7+245.0
1002.076	7+244.5
1002.055	7+244.0
1002.031	7+243.5
1002.014	7+243.0
1001.992	7+242.5
1001.970	7+242.0
1001.955	7+241.5
1001.933	7+241.0
1001.909	7+240.5
1001.890	7+240.0
1001.866	7+239.5
1001.844	7+239.0

1002.621	7+258.0
1002.602	7+257.5
1002.583	7+257.0
1002.562	7+256.5
1002.540	7+256.0
1002.521	7+255.5
1002.509	7+255.0
1002.490	7+254.5
1002.475	7+254.0
1002.453	7+253.5
1002.439	7+253.0
1002.420	7+252.5
1002.405	7+252.0
1002.387	7+251.5
1002.371	7+251.0
1002.348	7+250.5
1002.321	7+250.0
1002.306	7+249.5
1002.285	7+249.0
1002.262	7+248.5
1002.236	7+248.0
1002.217	7+247.5
1002.195	7+247.0
1002.176	7+246.5
1002.151	7+246.0
1002.134	7+245.5
1002.113	7+245.0
1002.091	7+244.5
1002.070	7+244.0
1002.051	7+243.5
1002.031	7+243.0
1002.001	7+242.5
1001.984	7+242.0
1001.965	7+241.5
1001.945	7+241.0
1001.920	7+240.5
1001.901	7+240.0
1001.881	7+239.5
1001.857	7+239.0

1001.828	7+238.5
1001.809	7+238.0
1001.788	7+237.5
1001.769	7+237.0
1001.753	7+236.5
1001.725	7+236.0
1001.704	7+235.5
1001.689	7+235.0
1001.667	7+234.5
1001.649	7+234.0
1001.627	7+233.5
1001.607	7+233.0
1001.583	7+232.5
1001.569	7+232.0
1001.546	7+231.5
1001.526	7+231.0
1001.505	7+230.5
1001.480	7+230.0
1001.461	7+229.5
1001.438	7+229.0
1001.419	7+228.5
1001.404	7+228.0
1001.383	7+227.5
1001.365	7+227.0
1001.343	7+226.5
1001.325	7+226.0
1001.306	7+225.5
1001.280	7+225.0
1001.259	7+224.5
1001.239	7+224.0
1001.218	7+223.5
1001.196	7+223.0
1001.174	7+222.5
1001.151	7+222.0
1001.131	7+221.5
1001.110	7+221.0
1001.093	7+220.5
1001.071	7+220.0
1001.050	7+219.5

1001.836	7+238.5
1001.814	7+238.0
1001.795	7+237.5
1001.775	7+237.0
1001.750	7+236.5
1001.730	7+236.0
1001.712	7+235.5
1001.690	7+235.0
1001.669	7+234.5
1001.649	7+234.0
1001.626	7+233.5
1001.606	7+233.0
1001.582	7+232.5
1001.560	7+232.0
1001.543	7+231.5
1001.521	7+231.0
1001.499	7+230.5
1001.481	7+230.0
1001.457	7+229.5
1001.434	7+229.0
1001.414	7+228.5
1001.396	7+228.0
1001.373	7+227.5
1001.354	7+227.0
1001.330	7+226.5
1001.306	7+226.0
1001.287	7+225.5
1001.265	7+225.0
1001.247	7+224.5
1001.226	7+224.0
1001.202	7+223.5
1001.184	7+223.0
1001.164	7+222.5
1001.143	7+222.0
1001.123	7+221.5
1001.102	7+221.0
1001.076	7+220.5
1001.054	7+220.0
1001.032	7+219.5

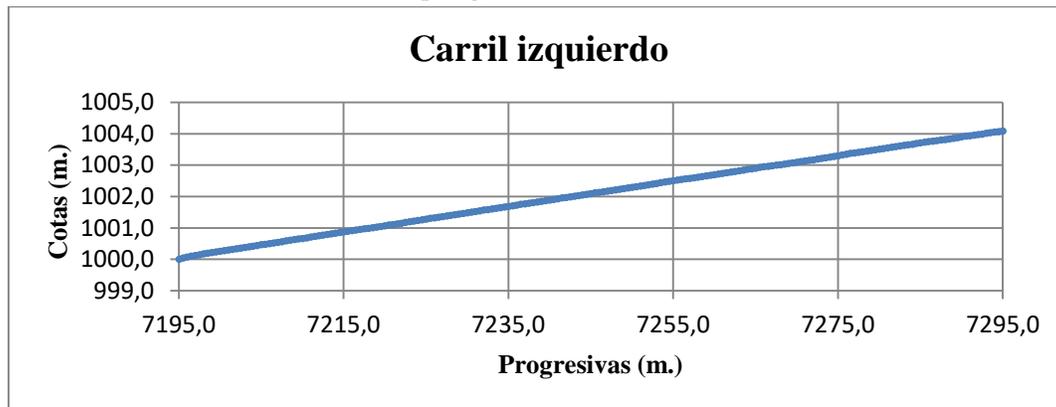
1001.031	7+219.0
1001.010	7+218.5
1000.990	7+218.0
1000.972	7+217.5
1000.954	7+217.0
1000.931	7+216.5
1000.913	7+216.0
1000.894	7+215.5
1000.872	7+215.0
1000.850	7+214.5
1000.833	7+214.0
1000.811	7+213.5
1000.792	7+213.0
1000.769	7+212.5
1000.751	7+212.0
1000.731	7+211.5
1000.710	7+211.0
1000.686	7+210.5
1000.666	7+210.0
1000.649	7+209.5
1000.626	7+209.0
1000.606	7+208.5
1000.585	7+208.0
1000.563	7+207.5
1000.542	7+207.0
1000.523	7+206.5
1000.502	7+206.0
1000.480	7+205.5
1000.463	7+205.0
1000.441	7+204.5
1000.421	7+204.0
1000.401	7+203.5
1000.380	7+203.0
1000.360	7+202.5
1000.341	7+202.0
1000.319	7+201.5
1000.299	7+201.0
1000.279	7+200.5
1000.258	7+200.0

1001.015	7+219.0
1000.994	7+218.5
1000.970	7+218.0
1000.948	7+217.5
1000.924	7+217.0
1000.906	7+216.5
1000.886	7+216.0
1000.861	7+215.5
1000.840	7+215.0
1000.820	7+214.5
1000.799	7+214.0
1000.782	7+213.5
1000.759	7+213.0
1000.741	7+212.5
1000.713	7+212.0
1000.695	7+211.5
1000.671	7+211.0
1000.650	7+210.5
1000.636	7+210.0
1000.612	7+209.5
1000.590	7+209.0
1000.567	7+208.5
1000.552	7+208.0
1000.530	7+207.5
1000.501	7+207.0
1000.488	7+206.5
1000.465	7+206.0
1000.445	7+205.5
1000.418	7+205.0
1000.394	7+204.5
1000.380	7+204.0
1000.358	7+203.5
1000.340	7+203.0
1000.315	7+202.5
1000.296	7+202.0
1000.276	7+201.5
1000.254	7+201.0
1000.235	7+200.5
1000.210	7+200.0

1000.237	7+199.5
1000.215	7+199.0
1000.196	7+198.5
1000.177	7+198.0
1000.144	7+197.5
1000.123	7+197.0
1000.099	7+196.5
1000.067	7+196.0
1000.043	7+195.5
1000.000	7+195.0
IRI Calculado (m/km)	4.83

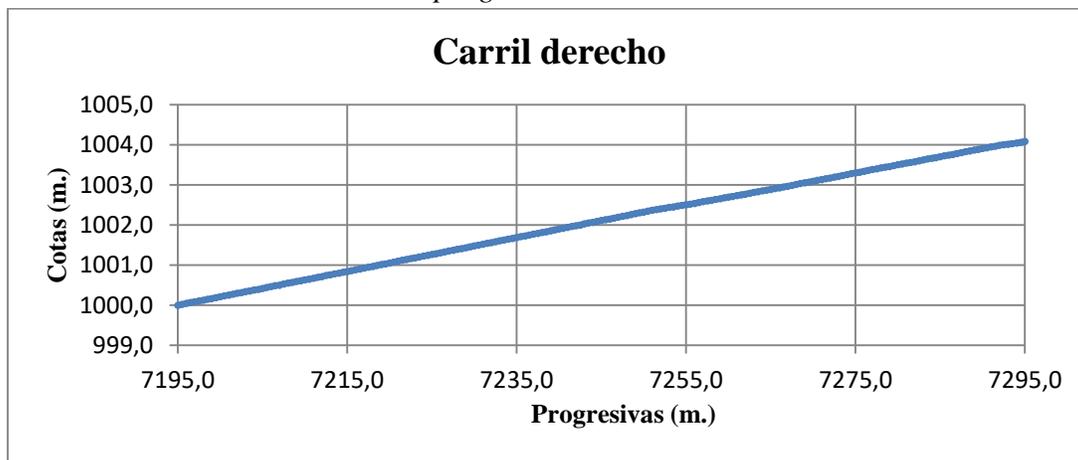
1000.192	7+199.5
1000.165	7+199.0
1000.148	7+198.5
1000.125	7+198.0
1000.106	7+197.5
1000.086	7+197.0
1000.066	7+196.5
1000.047	7+196.0
1000.019	7+195.5
1000.000	7+195.0
IRI calculado (m/km)	4.7

Gráfica: 4.15.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 7+195 - progresiva 7+295



Fuente: Propia

Gráfica: 4.16.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho progresiva 7+195 - progresiva 7+295



Fuente: Propia

Prog.: 8+485

Prog.:8+585

Carril izquierdo	
Cota	Progresiva
1007.794	8+585.00
1007.772	8+584.50
1007.755	8+584.00
1007.737	8+583.50
1007.715	8+583.00
1007.694	8+582.50
1007.681	8+582.00
1007.659	8+581.50
1007.640	8+581.00
1007.618	8+580.50
1007.597	8+580.00
1007.582	8+579.50
1007.559	8+579.00
1007.537	8+578.50
1007.519	8+578.00
1007.494	8+577.50
1007.479	8+577.00
1007.455	8+576.50
1007.434	8+576.00
1007.418	8+575.50
1007.393	8+575.00
1007.372	8+574.50
1007.352	8+574.00
1007.328	8+573.50
1007.305	8+573.00
1007.281	8+572.50
1007.257	8+572.00
1007.235	8+571.50
1007.208	8+571.00
1007.184	8+570.50
1007.161	8+570.00
1007.137	8+569.50
1007.114	8+569.00
1007.091	8+568.50
1007.069	8+568.00

Carril derecho	
Cota	Progresiva
1007.791	8+585.00
1007.779	8+584.50
1007.760	8+584.00
1007.743	8+583.50
1007.725	8+583.00
1007.705	8+582.50
1007.690	8+582.00
1007.672	8+581.50
1007.647	8+581.00
1007.626	8+580.50
1007.609	8+580.00
1007.586	8+579.50
1007.566	8+579.00
1007.545	8+578.50
1007.527	8+578.00
1007.508	8+577.50
1007.479	8+577.00
1007.463	8+576.50
1007.435	8+576.00
1007.416	8+575.50
1007.391	8+575.00
1007.370	8+574.50
1007.351	8+574.00
1007.326	8+573.50
1007.309	8+573.00
1007.285	8+572.50
1007.265	8+572.00
1007.242	8+571.50
1007.221	8+571.00
1007.197	8+570.50
1007.172	8+570.00
1007.149	8+569.50
1007.127	8+569.00
1007.106	8+568.50
1007.083	8+568.00

1007.046	8+567.50
1007.018	8+567.00
1006.999	8+566.50
1006.971	8+566.00
1006.949	8+565.50
1006.921	8+565.00
1006.897	8+564.50
1006.870	8+564.00
1006.845	8+563.50
1006.817	8+563.00
1006.794	8+562.50
1006.765	8+562.00
1006.738	8+561.50
1006.712	8+561.00
1006.682	8+560.50
1006.659	8+560.00
1006.628	8+559.50
1006.597	8+559.00
1006.572	8+558.50
1006.537	8+558.00
1006.508	8+557.50
1006.471	8+557.00
1006.438	8+556.50
1006.399	8+556.00
1006.368	8+555.50
1006.329	8+555.00
1006.289	8+554.50
1006.250	8+554.00
1006.207	8+553.50
1006.169	8+553.00
1006.123	8+552.50
1006.076	8+552.00
1006.035	8+551.50
1005.990	8+551.00
1005.944	8+550.50
1005.898	8+550.00
1005.857	8+549.50
1005.821	8+549.00
1005.772	8+548.50

1007.052	8+567.50
1007.026	8+567.00
1006.997	8+566.50
1006.975	8+566.00
1006.945	8+565.50
1006.920	8+565.00
1006.893	8+564.50
1006.868	8+564.00
1006.840	8+563.50
1006.816	8+563.00
1006.792	8+562.50
1006.765	8+562.00
1006.740	8+561.50
1006.712	8+561.00
1006.687	8+560.50
1006.655	8+560.00
1006.628	8+559.50
1006.598	8+559.00
1006.567	8+558.50
1006.539	8+558.00
1006.500	8+557.50
1006.470	8+557.00
1006.436	8+556.50
1006.399	8+556.00
1006.365	8+555.50
1006.326	8+555.00
1006.287	8+554.50
1006.254	8+554.00
1006.215	8+553.50
1006.185	8+553.00
1006.135	8+552.50
1006.097	8+552.00
1006.059	8+551.50
1006.009	8+551.00
1005.976	8+550.50
1005.930	8+550.00
1005.889	8+549.50
1005.850	8+549.00
1005.810	8+548.50

1005.730	8+548.00
1005.690	8+547.50
1005.648	8+547.00
1005.603	8+546.50
1005.564	8+546.00
1005.521	8+545.50
1005.484	8+545.00
1005.438	8+544.50
1005.392	8+544.00
1005.350	8+543.50
1005.319	8+543.00
1005.266	8+542.50
1005.229	8+542.00
1005.186	8+541.50
1005.145	8+541.00
1005.104	8+540.50
1005.056	8+540.00
1005.027	8+539.50
1004.975	8+539.00
1004.939	8+538.50
1004.893	8+538.00
1004.852	8+537.50
1004.814	8+537.00
1004.773	8+536.50
1004.729	8+536.00
1004.688	8+535.50
1004.640	8+535.00
1004.608	8+534.50
1004.558	8+534.00
1004.516	8+533.50
1004.476	8+533.00
1004.437	8+532.50
1004.389	8+532.00
1004.345	8+531.50
1004.306	8+531.00
1004.264	8+530.50
1004.217	8+530.00
1004.176	8+529.50
1004.136	8+529.00

1005.768	8+548.00
1005.728	8+547.50
1005.678	8+547.00
1005.643	8+546.50
1005.601	8+546.00
1005.560	8+545.50
1005.521	8+545.00
1005.476	8+544.50
1005.440	8+544.00
1005.399	8+543.50
1005.357	8+543.00
1005.313	8+542.50
1005.270	8+542.00
1005.235	8+541.50
1005.188	8+541.00
1005.145	8+540.50
1005.105	8+540.00
1005.065	8+539.50
1005.021	8+539.00
1004.984	8+538.50
1004.939	8+538.00
1004.900	8+537.50
1004.855	8+537.00
1004.812	8+536.50
1004.776	8+536.00
1004.729	8+535.50
1004.688	8+535.00
1004.652	8+534.50
1004.600	8+534.00
1004.562	8+533.50
1004.520	8+533.00
1004.475	8+532.50
1004.437	8+532.00
1004.383	8+531.50
1004.345	8+531.00
1004.303	8+530.50
1004.261	8+530.00
1004.217	8+529.50
1004.170	8+529.00

1004.085	8+528.50
1004.049	8+528.00
1004.004	8+527.50
1003.957	8+527.00
1003.919	8+526.50
1003.871	8+526.00
1003.829	8+525.50
1003.783	8+525.00
1003.743	8+524.50
1003.697	8+524.00
1003.654	8+523.50
1003.615	8+523.00
1003.565	8+522.50
1003.526	8+522.00
1003.477	8+521.50
1003.434	8+521.00
1003.387	8+520.50
1003.345	8+520.00
1003.301	8+519.50
1003.259	8+519.00
1003.211	8+518.50
1003.170	8+518.00
1003.123	8+517.50
1003.079	8+517.00
1003.038	8+516.50
1002.986	8+516.00
1002.945	8+515.50
1002.898	8+515.00
1002.858	8+514.50
1002.806	8+514.00
1002.769	8+513.50
1002.716	8+513.00
1002.674	8+512.50
1002.628	8+512.00
1002.585	8+511.50
1002.538	8+511.00
1002.495	8+510.50
1002.453	8+510.00
1002.402	8+509.50

1004.136	8+528.50
1004.084	8+528.00
1004.039	8+527.50
1003.995	8+527.00
1003.955	8+526.50
1003.906	8+526.00
1003.866	8+525.50
1003.818	8+525.00
1003.772	8+524.50
1003.727	8+524.00
1003.682	8+523.50
1003.633	8+523.00
1003.590	8+522.50
1003.538	8+522.00
1003.498	8+521.50
1003.443	8+521.00
1003.405	8+520.50
1003.355	8+520.00
1003.308	8+519.50
1003.258	8+519.00
1003.214	8+518.50
1003.166	8+518.00
1003.118	8+517.50
1003.078	8+517.00
1003.026	8+516.50
1002.985	8+516.00
1002.937	8+515.50
1002.890	8+515.00
1002.845	8+514.50
1002.795	8+514.00
1002.747	8+513.50
1002.704	8+513.00
1002.655	8+512.50
1002.615	8+512.00
1002.557	8+511.50
1002.519	8+511.00
1002.467	8+510.50
1002.422	8+510.00
1002.379	8+509.50

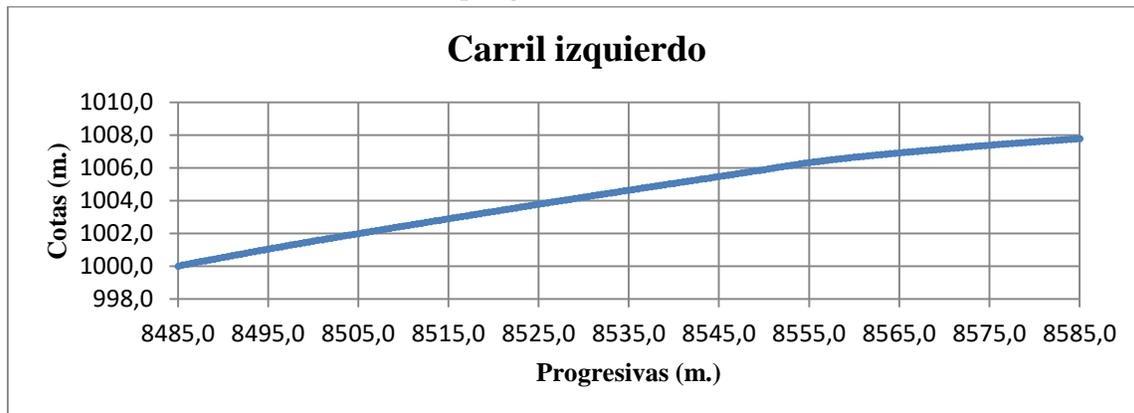
1002.361	85+09.00
1002.310	8+508.50
1002.268	8+508.00
1002.221	8+507.50
1002.176	8+507.00
1002.130	8+506.50
1002.087	8+506.00
1002.041	8+505.50
1001.991	8+505.00
1001.953	8+504.50
1001.896	8+504.00
1001.857	8+503.50
1001.804	8+503.00
1001.767	8+502.50
1001.716	8+502.00
1001.672	8+501.50
1001.622	8+501.00
1001.585	8+500.50
1001.537	8+500.00
1001.482	8+499.50
1001.441	8+499.00
1001.389	8+498.50
1001.344	8+498.00
1001.294	8+497.50
1001.245	8+497.00
1001.194	8+496.50
1001.145	8+496.00
1001.100	8+495.50
1001.041	8+495.00
1000.995	8+494.50
1000.954	8+494.00
1000.894	8+493.50
1000.848	8+493.00
1000.794	8+492.50
1000.747	8+492.00
1000.691	8+491.50
1000.643	8+491.00
1000.592	8+490.50
1000.540	8+490.00

1002.334	85+09.00
1002.285	8+508.50
1002.241	8+508.00
1002.190	8+507.50
1002.148	8+507.00
1002.098	8+506.50
1002.058	8+506.00
1002.019	8+505.50
1001.969	8+505.00
1001.925	8+504.50
1001.884	8+504.00
1001.835	8+503.50
1001.793	8+503.00
1001.745	8+502.50
1001.701	8+502.00
1001.656	8+501.50
1001.610	8+501.00
1001.564	8+500.50
1001.519	8+500.00
1001.471	8+499.50
1001.429	8+499.00
1001.383	8+498.50
1001.342	8+498.00
1001.295	8+497.50
1001.246	8+497.00
1001.205	8+496.50
1001.158	8+496.00
1001.113	8+495.50
1001.066	8+495.00
1001.027	8+494.50
1000.975	8+494.00
1000.926	8+493.50
1000.876	8+493.00
1000.824	8+492.50
1000.770	8+492.00
1000.722	8+491.50
1000.662	8+491.00
1000.609	8+490.50
1000.557	8+490.00

1000.491	8+489.50
1000.436	8+489.00
1000.388	8+488.50
1000.331	8+488.00
1000.285	8+487.50
1000.234	8+487.00
1000.182	8+486.50
1000.125	8+486.00
1000.072	8+485.50
1000.000	8+485.00
IRI Calculado (m/km)	5.06

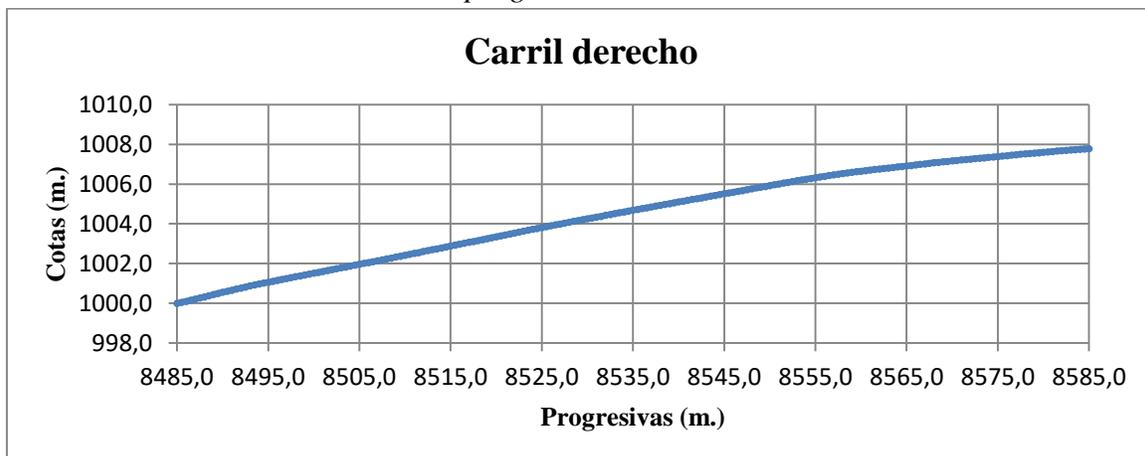
1000.500	8+489.50
1000.446	8+489.00
1000.387	8+488.50
1000.329	8+488.00
1000.271	8+487.50
1000.216	8+487.00
1000.160	8+486.50
1000.102	8+486.00
1000.051	8+485.50
1000.000	8+485.00
IRI Calculado (m/km)	5.01

Gráfica: 4.17.- Perfil longitudinal del tramo, carril izquierdo progresiva 8+485 - progresiva 8+585



Fuente: Propia

Gráfica: 4.18.- Perfil longitudinal del tramo, carril derecho progresiva 8+485 - progresiva 8+585



Fuente: Propia

4.6.- Evaluación estructural del pavimento

4.6.1.- Evaluación por viga Benkelman

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 0+120 0+220

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado =80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izq.	0.00	0.04	0.08	0.13	0.15	0.16	0.32	0.24	0.16	0.06	0.02	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L \quad Ec. -4.1$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)} \quad Ec. -4.2$$

Donde:

Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 391 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 0+120 0+220

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Der.	0.00	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.30	0.20	0.16	0.10	0.06	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

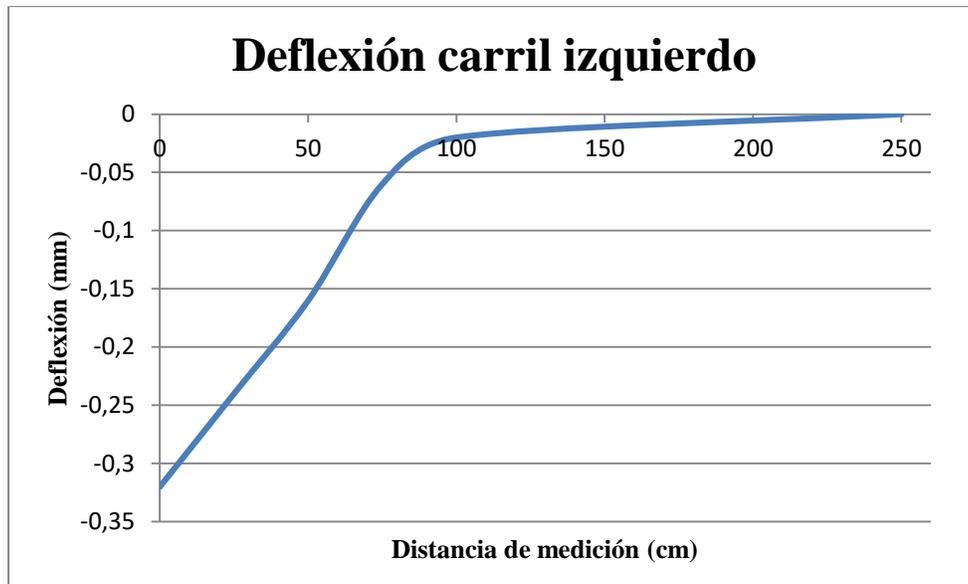
Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

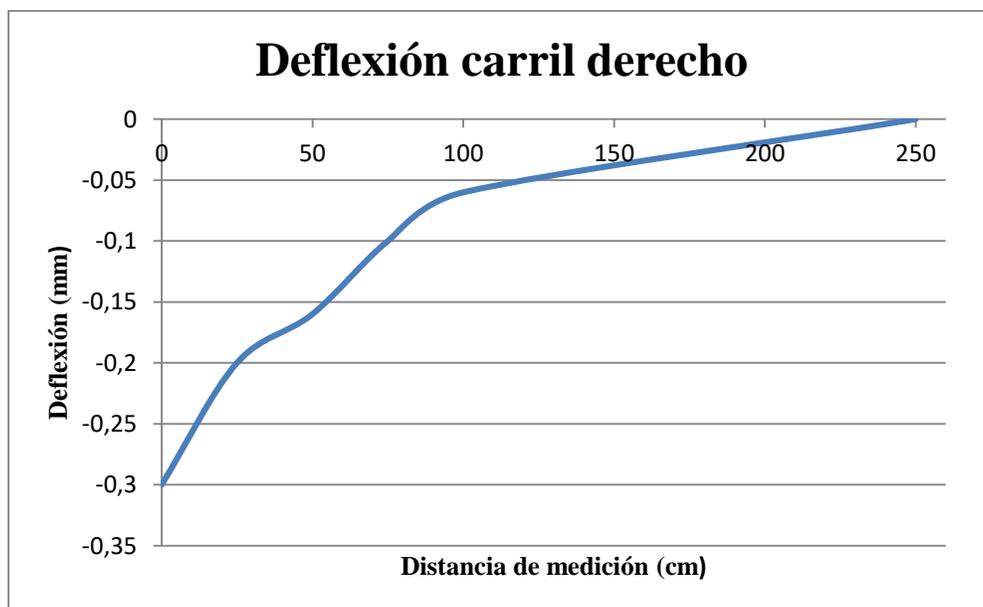
$$Rc = 313 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.19.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.20.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 1+050 1+150

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.34	0.22	0.18	0.12	0.06	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 1+050 1+150

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.06	0.09	0.11	0.12	0.12	0.24	0.12	0.06	0.02	0.00	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

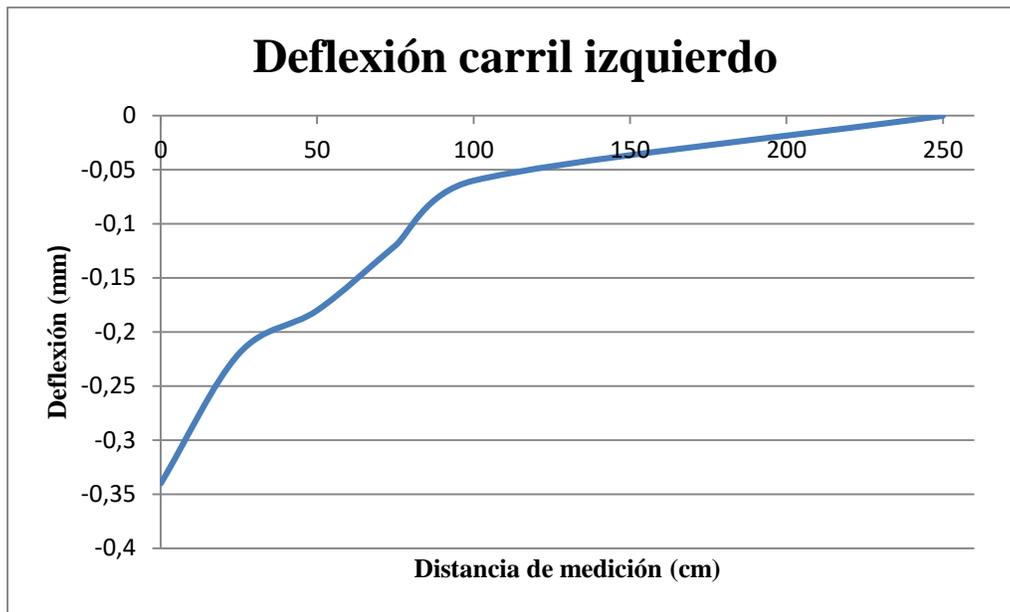
Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

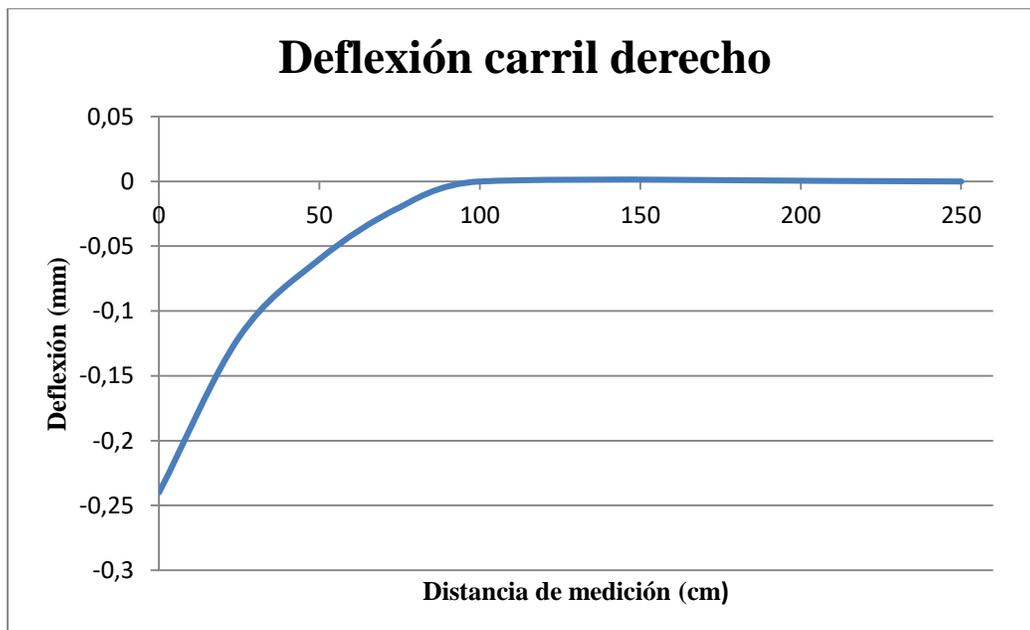
$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.21.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.22.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 2+040 2+140

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.05	0.07	0.09	0.13	0.16	0.32	0.22	0.18	0.14	0.06	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 313 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 2+040 2+140

Carga por eje = 8.20 ton

Presión de inflado= 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.03	0.05	0.08	0.13	0.15	0.30	0.24	0.20	0.14	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

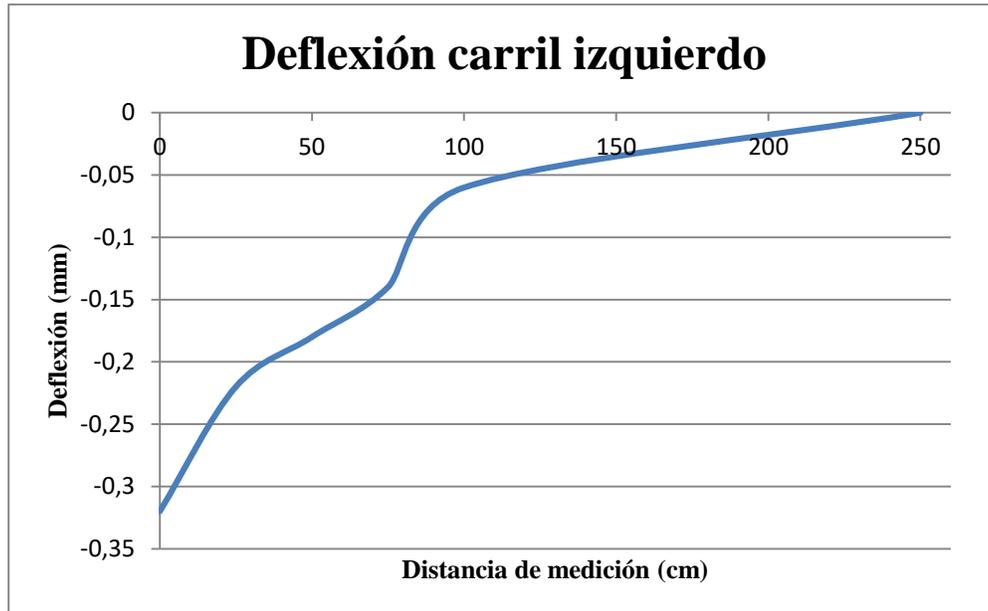
Rc= Radio de curvatura (m)

D₀= Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅= Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

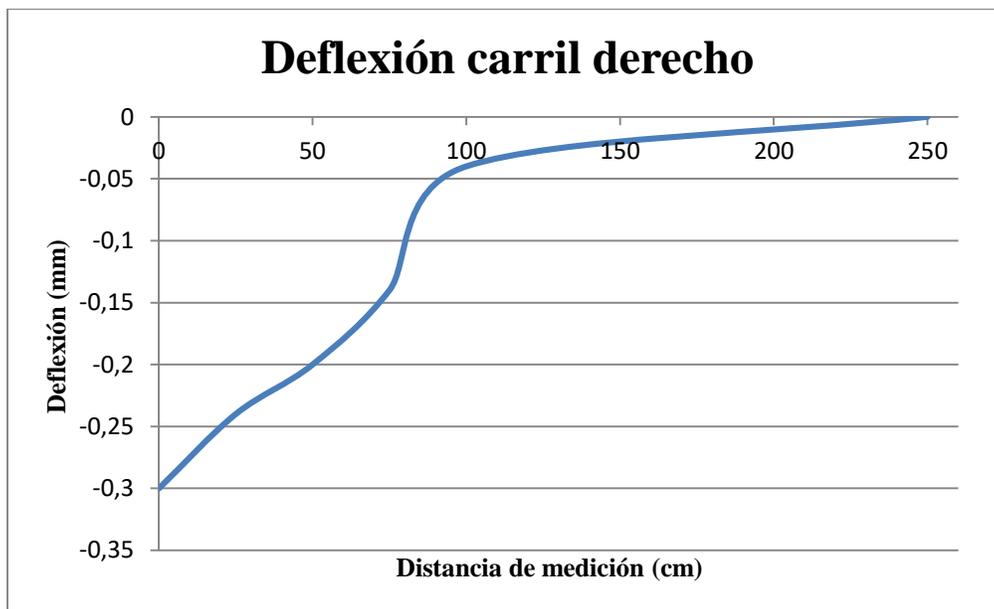
$$Rc = 521 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.23.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.24.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 3+210 3+310

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.07	0.11	0.14	0.17	0.18	0.36	0.22	0.14	0.08	0.02	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D0 = Deflexión máxima en centésimas de mm

D25 = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 223 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 3+210 3+310

Carga por eje = 8.20 ton.

presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.06	0.08	0.13	0.15	0.17	0.34	0.22	0.18	0.08	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

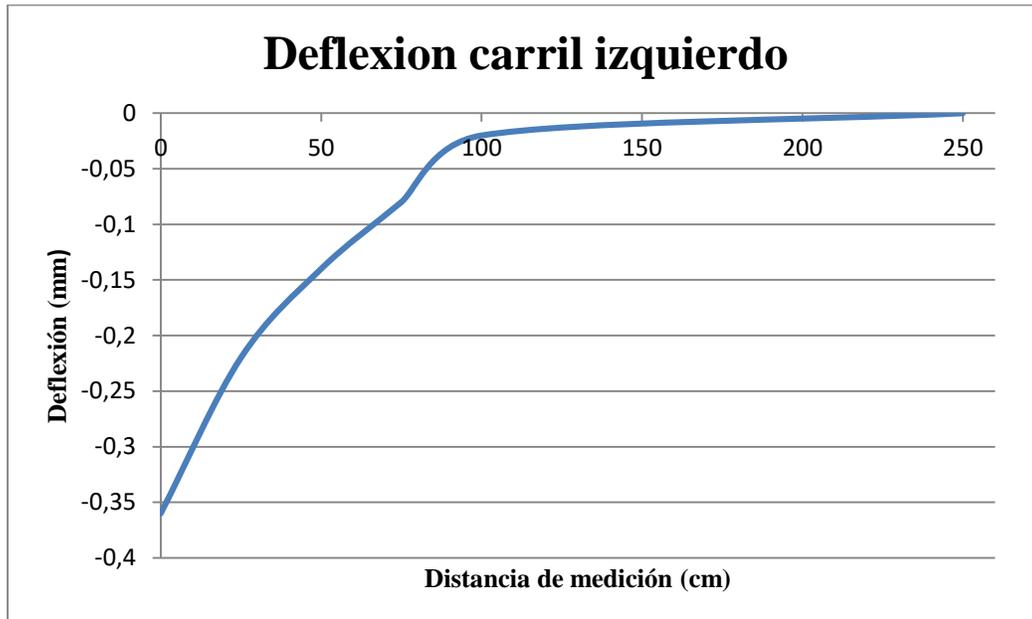
Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

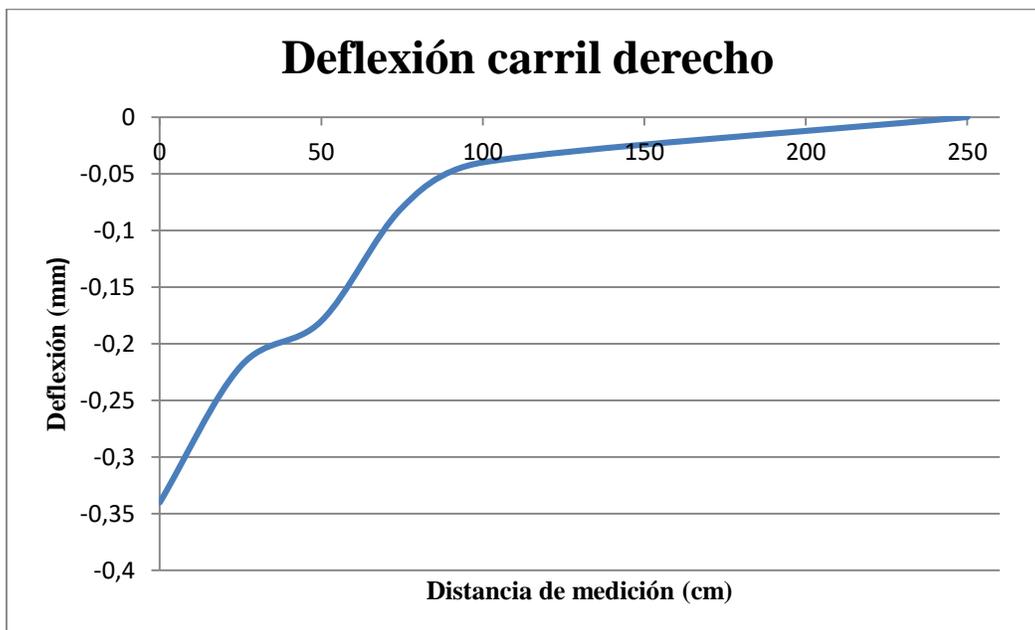
$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.25.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.26.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 4+350 4+450

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.28	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 4+350 4+450

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.07	0.10	0.12	0.15	0.15	0.30	0.16	0.10	0.06	0.00	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

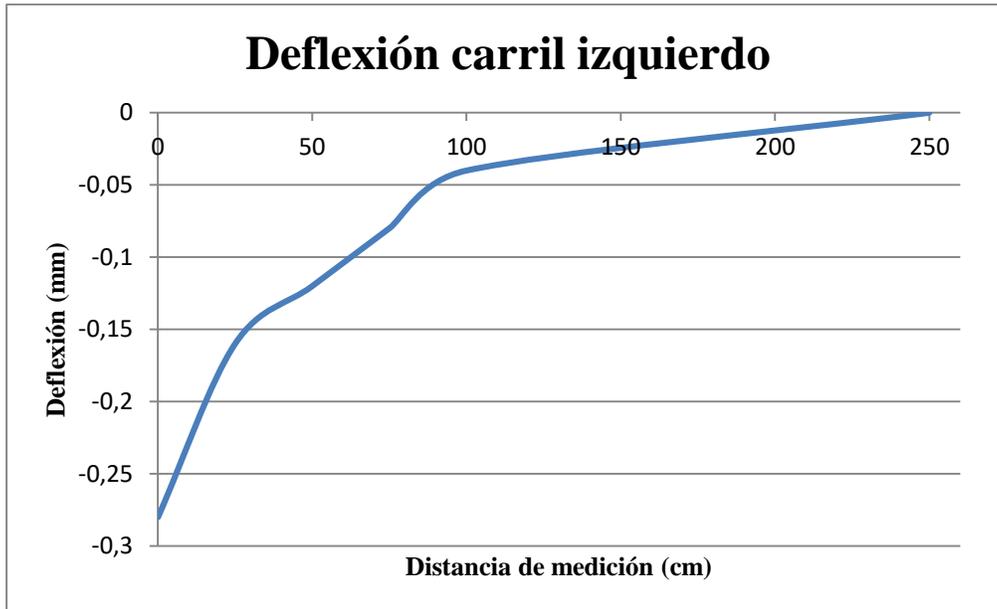
Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

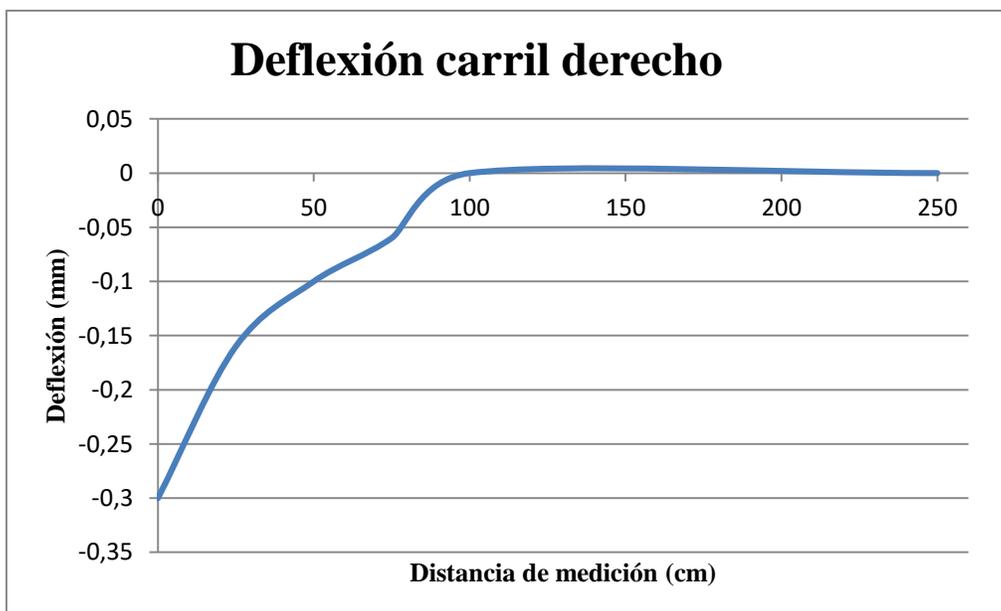
$$Rc = 223 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.27.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.28.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 5+580 5+680

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.04	0.07	0.10	0.14	0.17	0.34	0.26	0.20	0.14	0.06	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 390.60 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 5+580 5+680

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.03	0.05	0.08	0.12	0.14	0.28	0.22	0.18	0.12	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

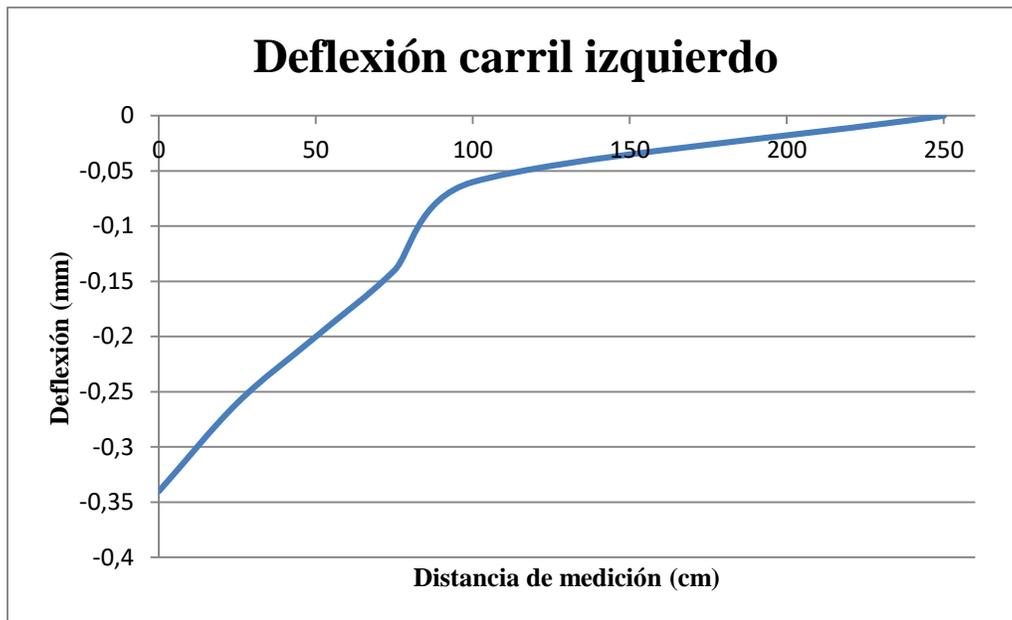
Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

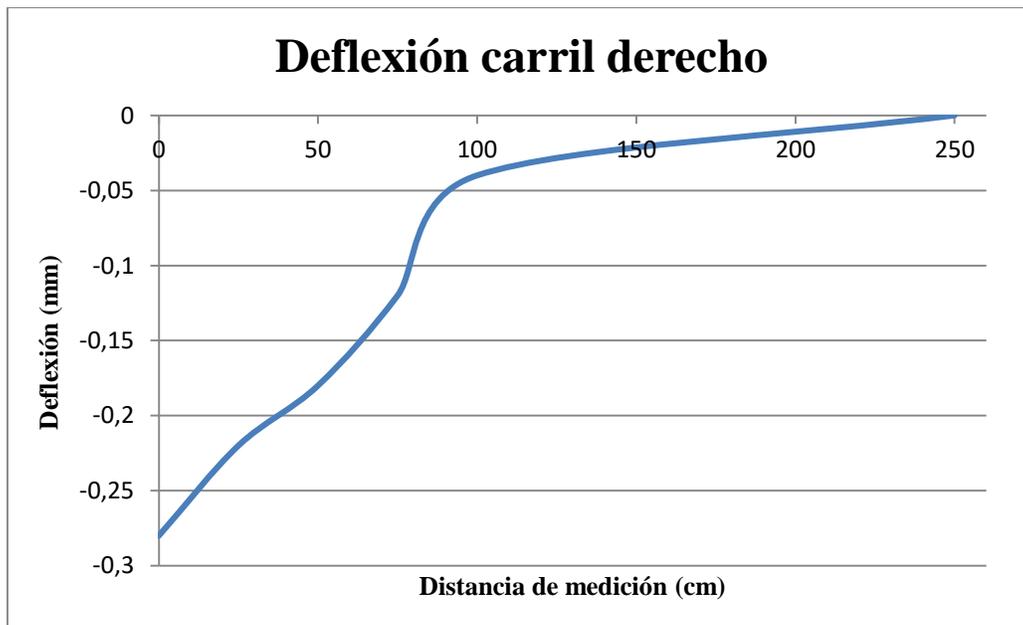
$$Rc = 520.80 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.29.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.30.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 6+180 6+280

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.06	0.09	0.11	0.14	0.16	0.32	0.20	0.14	0.10	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 6+180 6+280

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.05	0.08	0.13	0.16	0.18	0.36	0.26	0.20	0.10	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

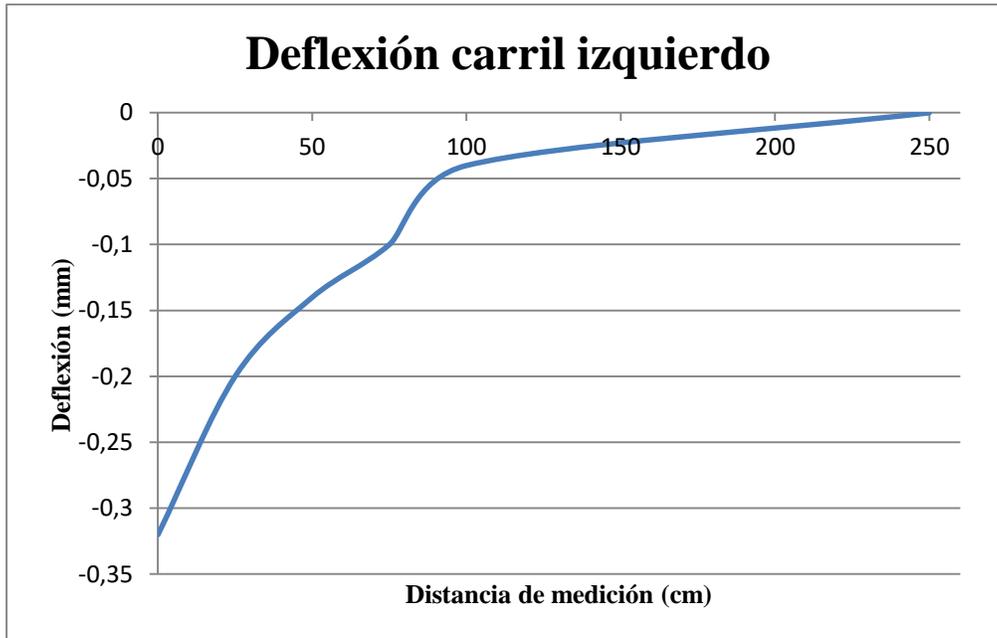
R = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

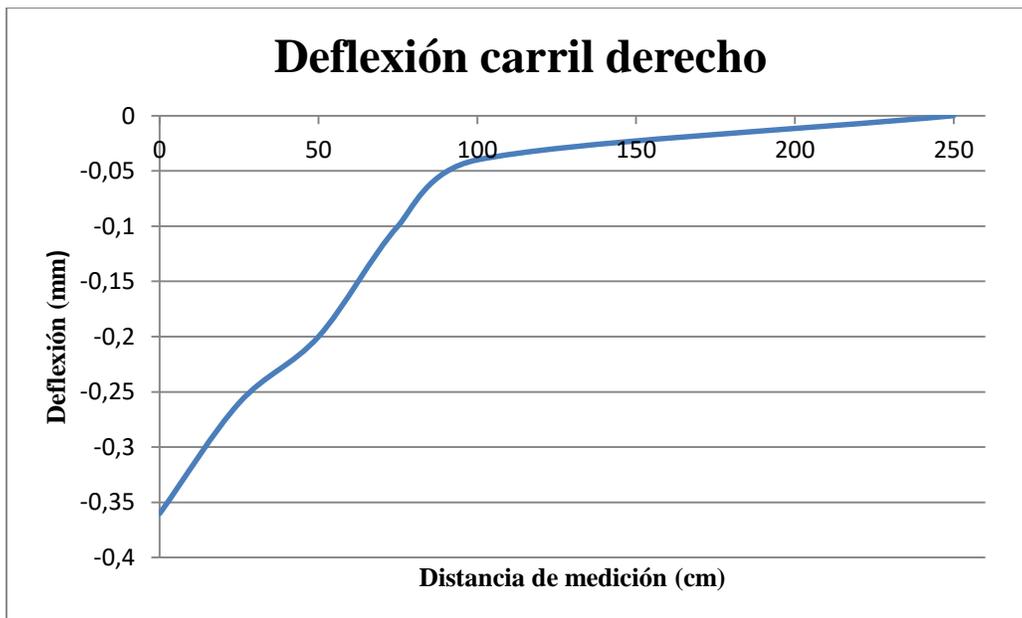
$$Rc = 313 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.31.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.32.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 7+195 7+295

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.06	0.09	0.13	0.16	0.18	0.36	0.24	0.18	0.10	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 260 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 7+195 7+295

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.32	0.18	0.12	0.08	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

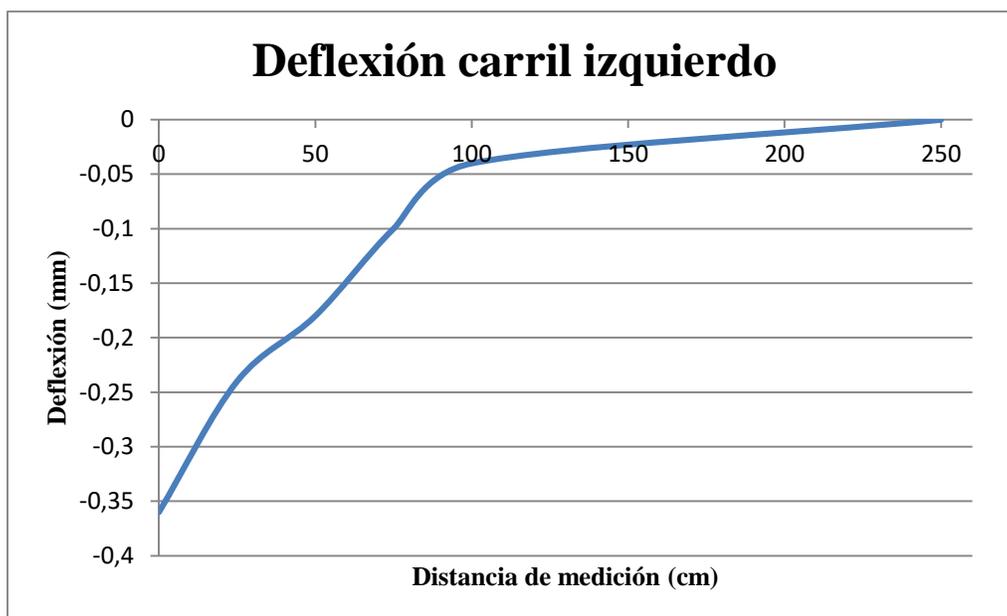
Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

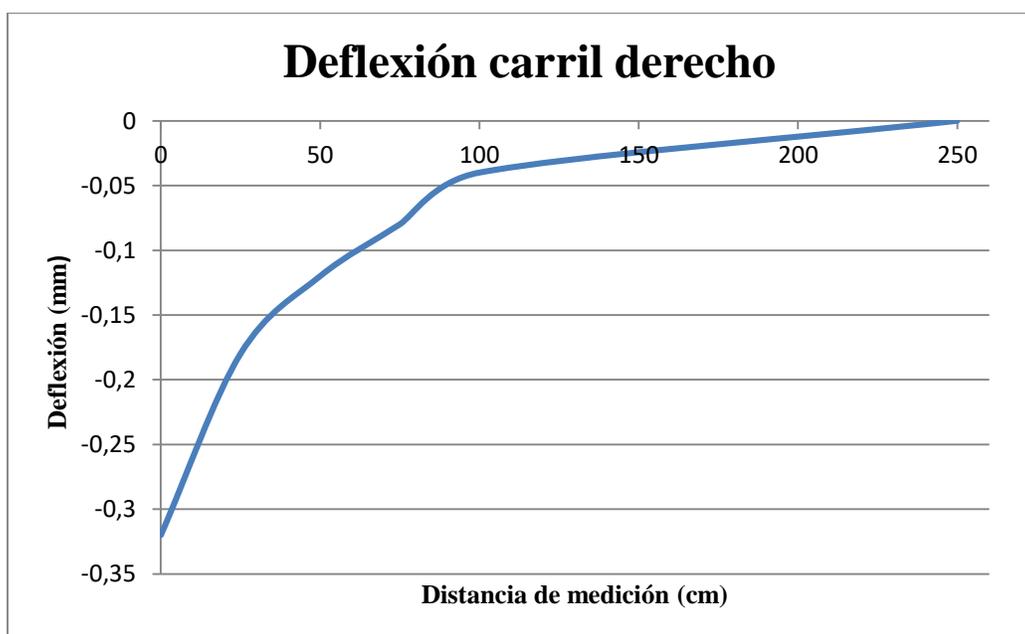
$$Rc = 223 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.33.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.34.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 8+485 8+585

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Izquierdo	0.00	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.24	0.18	0.14	0.10	0.04	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

$$Rc = 520.80 \text{ m.}$$

Evaluación estructural viga Benkelman

Progresiva = 8+485 8+585

Carga por eje = 8.20 ton.

Presión de inflado = 80 psi

Carril	Lecturas						Deflexiones (mm)					
	0	25	50	75	100	250	D 0	D 25	D 50	D 75	D 100	D 250
Derecho	0.00	0.04	0.06	0.10	0.13	0.14	0.28	0.20	0.16	0.08	0.02	0.00

Cálculo de las deflexiones

$$D = 2 * Lf - L$$

Donde:

D = Deflexión (mm)

2 = Relación del brazo de la viga Benkelman (1:2)

Lf = Lectura final del extensómetro (mm)

L = Lectura del extensómetro (mm)

Cálculo del radio de curvatura

$$Rc(m) = \frac{10 * 25^2}{2 * (D0 - D25)}$$

Donde:

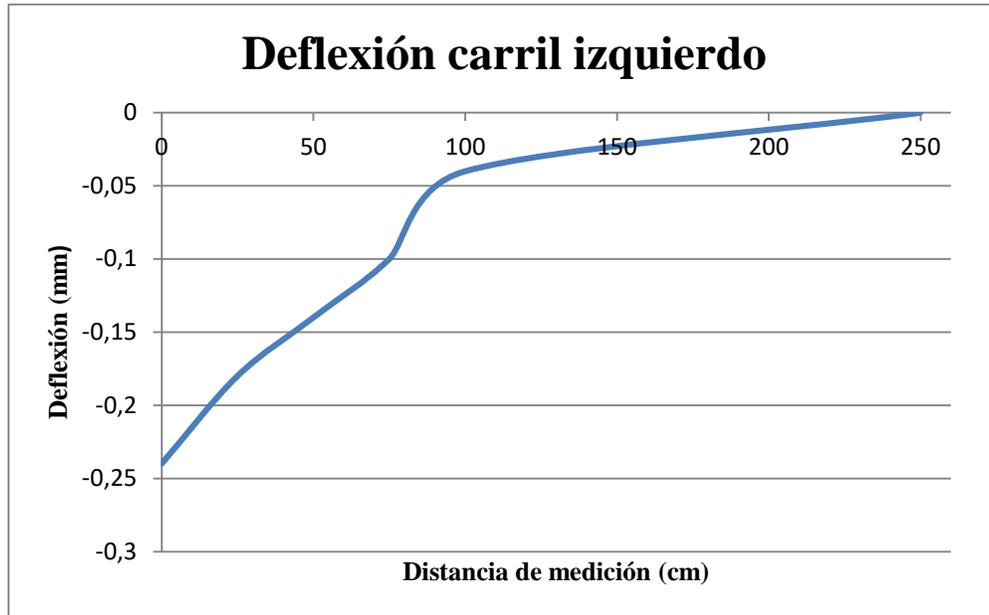
Rc = Radio de curvatura (m)

D₀ = Deflexión máxima en centésimas de mm

D₂₅ = Deflexión a 25 cm de la deflexión máxima en centésimas de mm

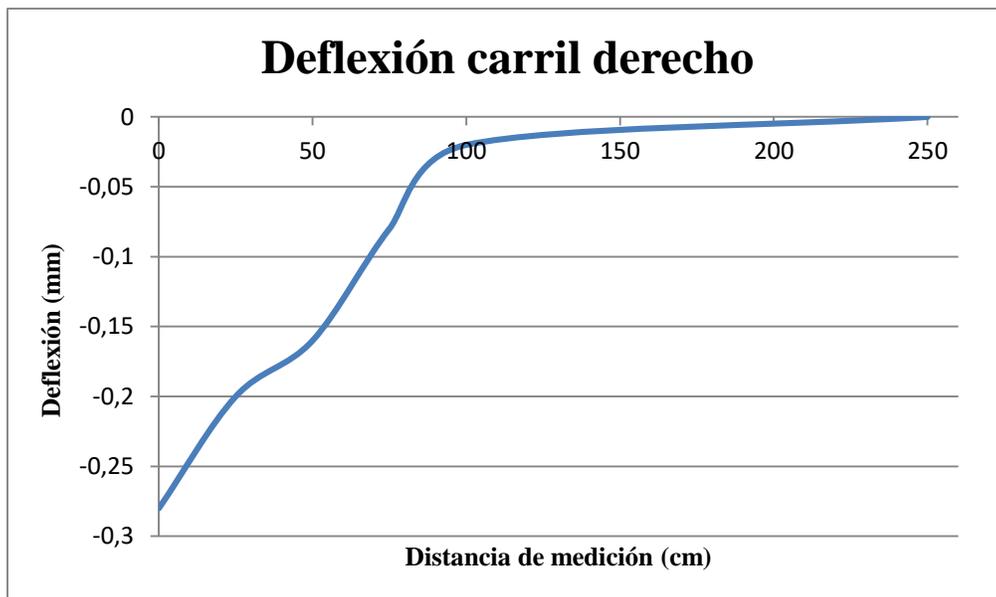
$$Rc = 390.63 \text{ m.}$$

Gráfica: 4.35.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

Gráfica: 4.36.- Representación gráfica de la deflexión del recapado



Fuente: Propia

4.6.2.- Deflexión característica

$$Dc = Dm + (t * \sigma) \quad Ec.- 4.3$$

Donde:

Dc = Deflexión característica (mm)

Dm = Deflexión máxima promedio

σ = Desviación estándar

t = Coeficiente que representa el % del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a de deflexión característica= 1.65

4.6.2.1.- Deflexión característica carril izquierdo

- Deflexión máxima promedio

$$Dm = \frac{\sum Dmax.}{n} \quad Ec.-4.4 \quad \longrightarrow \quad Dm (mm)= 0.32$$

Donde:

Dm = Deflexión máxima promedio

$\sum Dmax.$ = Sumatoria de las deflexiones máximas

N = Numero de deflexiones

- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (D - Dm)^2}{N - 1}} \quad Ec.-4.5 \quad \longrightarrow \quad \sigma = 0.04$$

Donde:

σ = Desviación estándar

Dm = Deflexión máxima promedio

D = Deflexión máxima

Deflexión característica carril izquierdo

$$Dc = Dm + (t * \sigma) \quad \longrightarrow \quad Dc(mm) = 0.38$$

4.6.2.2.- Deflexión característica carril derecho

- Deflexión máxima promedio

$$Dm = \frac{\sum Dmax.}{n} \quad \longrightarrow \quad Dm(mm) = 0.30$$

Donde:

Dm = Deflexión máxima promedio

$\sum Dmax.$ = Sumatoria de las deflexiones máximas

n = Numero de deflexiones

- Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (D - Dm)^2}{N - 1}} \quad \longrightarrow \quad \sigma = 0.04$$

Donde:

σ = Desviación estándar

Dm = Deflexión máxima promedio

D = Deflexión máxima

Deflexión característica carril derecho

$$Dc = Dm + (t * \sigma) \quad \longrightarrow \quad Dc (mm) = 0.36$$

4.6.3.- Coeficiente de variación

$$CV(\%) = \frac{\sigma}{Dm} Ec. -4.6$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

σ = Desviación estándar

Dm = Deflexión máxima promedio

4.6.3.1.- Coeficiente de variación carril izquierdo

$$CV (\%)= 12.10$$

4.6.3.2.- Coeficiente de variación carril derecho

$$CV (\%)= 11.67$$

4.6.4.- Deflexión admisible

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{\frac{1}{4}} \text{ Ec. -4.7}$$

Donde:

Da = Deflexión admisible

N18= Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton.

- Numero de ejes equivalentes de 8.2 ton.

$$W18 = 1.69 * 10^{-6} \text{ Ejes equivalentes de 8.2 ton.}$$

En el Anexo: A2 se detalla el cálculo del W18

Deflexión admisible

$$Da (\text{mm}) \quad 0.91$$

4.7.- Resumen de ensayos

4.7.1.- Método PCI

Tabla: 4.6.- Evaluación del 10 % de 1 kilómetro, método PSI

Tramos	Progresivas	Método	Valor	Calificación
1	0+120 -0+220	PCI	53	Regular
2	1+050 - 1+150	PCI	64	Bueno
3	2+040 - 2+140	PCI	54	Regular
4	3+210 - 3+310	PCI	70	Bueno
5	4+350 - 4+450	PCI	66	Bueno
6	5+580 - 5+680	PCI	58	Bueno
7	6+180 - 6+280	PCI	63	Bueno
8	7+195 - 7+295	PCI	67	Bueno
9	8+485 - 8+585	PCI	54	Regular

Fuente: Propia

4.7.2.- Método PSI

Tabla: 4.7.- Evaluación del 10 % de 1 kilómetro, método PSI

Tramos	Progresivas	Método	Valor	Calificación
1	0+120 - 0+220	PSI	2.70	Regular
2	1+050 - 1+150	PSI	3.20	Bueno
3	2+040 - 2+140	PSI	2.50	Regular
4	3+210 - 3+310	PSI	3.30	Bueno
5	4+350 - 4+450	PSI	3.20	Bueno
6	5+580 - 5+680	PSI	2.50	Regular
7	6+180 - 6+280	PSI	3.30	Bueno
8	7+195 - 7+295	PSI	3.10	Bueno
9	8+485 - 8+585	PSI	2.60	Regular

Fuente: Propia

4.7.3.- Método IRI

Tabla: 4.8.- Evaluación del 10 % de 1 kilómetro, método IRI

Tramos	Progresivas	método	Carril	Valor	Calificación
1	0+120 - 0+220	IRI	Izq.	5.09	Regular
			Der.	5.15	Regular
2	1+050 - 1+150	IRI	Izq.	4.55	Regular
			Der.	4.60	Regular
3	2+040 - 2+140	IRI	Izq.	4.88	Regular
			Der.	4.90	Regular
4	3+210 - 3+310	IRI	Izq.	4.71	Regular
			Der.	5.08	Regular
5	4+350 - 4+450	IRI	Izq.	5.18	Regular
			Der.	5.13	Regular
6	5+580 - 5+680	IRI	Izq.	5.04	Regular
			Der.	4.91	Regular
7	6+180 - 6+280	IRI	Izq.	4.52	Regular
			Der.	4.68	Regular
8	7+195 - 7+295	IRI	Izq.	4.83	Regular
			Der.	4.70	Regular
9	8+485 - 8+585	IRI	Izq.	5.06	Regular
			Der.	5.01	Regular

Fuente: Propia

4.7.4.- Viga Benkelman

4.7.4.1.- Ensayo viga Benkelman carril izquierdo

Tabla: 4.9.- Deflexiones y radios de curvatura, carril izquierdo.

Prog.		Carril	Lecturas (cm)						Deflexiones (mm)						R.C. (m)
			0	25	50	75	100	250	D0	D25	D50	D75	D100	D250	
0+120	0+220	Izq.	0.00	0.04	0.08	0.13	0.15	0.16	0.32	0.24	0.16	0.06	0.02	0.00	390.63
1+050	1+150	Izq.	0.00	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.34	0.22	0.18	0.12	0.06	0.00	260.42
2+040	2+140	Izq.	0.00	0.05	0.07	0.09	0.13	0.16	0.32	0.22	0.18	0.14	0.06	0.00	312.50
3+210	3+310	Izq.	0.00	0.07	0.11	0.14	0.17	0.18	0.36	0.22	0.14	0.08	0.02	0.00	223.21
4+350	4+450	Izq.	0.00	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.28	0.16	0.12	0.08	0.04	0.00	260.42
5+580	5+680	Izq.	0.00	0.04	0.07	0.10	0.14	0.17	0.34	0.26	0.20	0.14	0.06	0.00	390.63
6+180	6+280	Izq.	0.00	0.06	0.09	0.11	0.14	0.16	0.32	0.20	0.14	0.10	0.04	0.00	260.42
7+195	7+295	Izq.	0.00	0.06	0.09	0.13	0.16	0.18	0.36	0.24	0.18	0.10	0.04	0.00	260.42
8+485	8+585	Izq.	0.00	0.03	0.05	0.07	0.10	0.12	0.24	0.18	0.14	0.10	0.04	0.00	520.83

Fuente: Propia

Deflex. max. promedio (mm)	0.32
Desviación estándar	0.04
Coefficiente de variación	12.10
Deflexión característica	0.38
Deflexión admisible	0.91

4.7.4.2.- Ensayo viga Benkelman carril derecho

Tabla: 4.10.- Deflexiones y radios de curvatura, carril derecho.

Prog.		Carril	Lecturas (cm)						Deflexiones (mm)						R.C. (m)
			0	25	50	75	100	250	D0	D25	D50	D75	D100	D250	
0+120	0+220	Der.	0.00	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.30	0.20	0.16	0.10	0.06	0.00	312.50
1+050	1+150	Der.	0.00	0.06	0.09	0.11	0.12	0.12	0.24	0.12	0.06	0.02	0.00	0.00	260.42
2+040	2+140	Der.	0.00	0.03	0.05	0.08	0.13	0.15	0.30	0.24	0.20	0.14	0.04	0.00	520.83
3+210	3+310	Der.	0.00	0.06	0.08	0.13	0.15	0.17	0.34	0.22	0.18	0.08	0.04	0.00	260.42
4+350	4+450	Der.	0.00	0.07	0.10	0.12	0.15	0.15	0.30	0.16	0.10	0.06	0.00	0.00	223.21
5+580	5+680	Der.	0.00	0.03	0.05	0.08	0.12	0.14	0.28	0.22	0.18	0.12	0.04	0.00	520.83
6+180	6+280	Der.	0.00	0.05	0.08	0.13	0.16	0.18	0.36	0.26	0.20	0.10	0.04	0.00	312.50
7+195	7+295	Der.	0.00	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.32	0.18	0.12	0.08	0.04	0.00	223.21
8+485	8+585	Der.	0.00	0.04	0.06	0.10	0.13	0.14	0.28	0.20	0.16	0.08	0.02	0.00	390.63

Fuente: Propia

Deflex. max. promedio (mm)	0.30
Desviación estándar	0.04
Coefficiente de variación	11.67
Deflexión característica (mm)	0.36
Deflexión admisible (mm)	0.91

4.8.- Análisis de los resultados

4.8.1.- Análisis de los resultados por sub tramos

Los sub tramos, tienen 100 metros de longitud correspondiente al 10% de un kilómetro evaluado; A continuación se hace el análisis del estado del recapado según los resultados obtenidos.

Sub tramo 1: Progresiva 0+120 Progresiva 0+220

Figura: 4.10.- Sub tramo: 1 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 53 el cual da una calificación regular del recapado del pavimento.

PCI prom.	53	Regular
------------------	-----------	----------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.11.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 1 método PCI

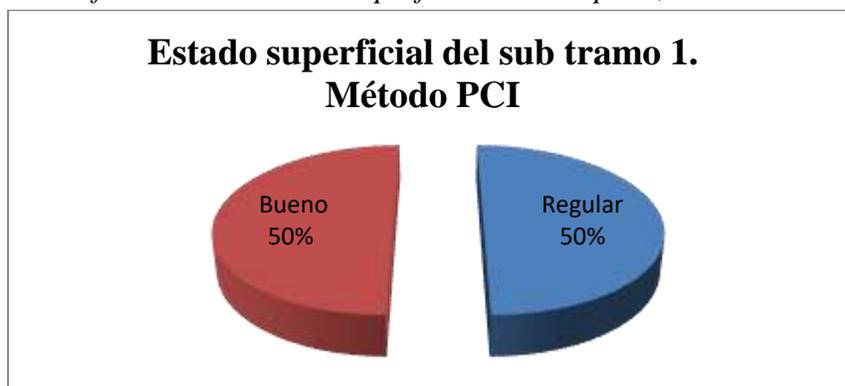
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	0.00	80.70	0.00	80.70	10.76	34.97
3	Agriet. en bloque	21.60	102.50	0.00	124.10	16.55	53.78
10	Grieta long/tran	25.00	0.00	0.00	25.00	3.33	10.83
11	Parcheo-acometida	0.00	0.95	0.00	0.95	0.13	0.41
Total					230.75	30.77	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 1 se puede observar que el 30.77 %, de la vía se encuentra deteriorada superficialmente, la falla con más influencia en el deterioro son las grietas en bloque que afectan en mayor cantidad y severidad al sub tramo, las grietas longitudinales y transversales que igual afectan pero en menor cantidad y severidad, son fallas que podrían estar originadas por los materiales y el clima, siendo una causa la contracción por los cambios de temperatura de las mezclas asfálticas, otra causa podría deberse al endurecimiento del asfalto por el envejecimiento, otra causa de origen podría ser el cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración. Y las cargas del tránsito que contribuyen al incremento de la severidad en este tipo de fallas.

La piel de cocodrilo es la segunda falla que afecta en mayor cantidad y severidad al sub tramo, esta es una falla debido a la carga, que es origina en áreas sujetas a cargas de tráfico repetidas lo que ocasiona la fatiga de la capa de rodadura. Y el parcheo o acometida en menor magnitud y severidad que es una falla que no afecta en gran proporción al estado de la superficie del recapado pues la cantidad de esta falla no es representativa, su origen estaría vinculado a trabajos de reparaciones y mantenimientos menores.

Gráfica: 4.37.- Estado superficial del recapado, método PCI



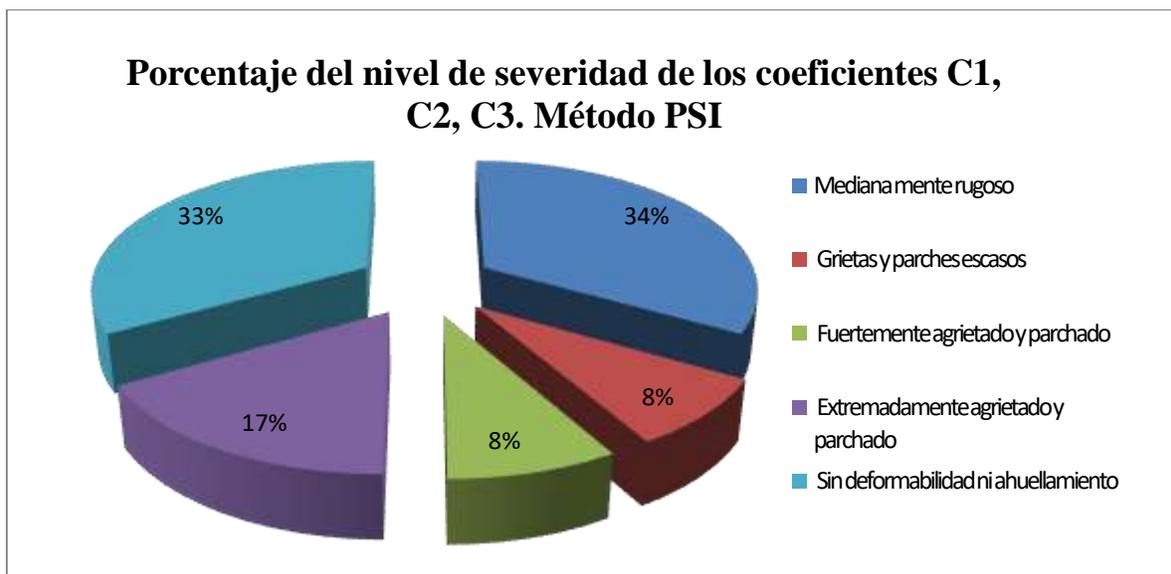
Fuente: Propia

En el sub tramo 1 de acuerdo al PCI el 50% de la vía se encuentra en buenas condiciones y el otro 50% se encuentra en condiciones regulares.

Método PSI

El valor promedio del PSI, para el sub tramo evaluado es de, 2.7 y la calificación que nos la metodología para la condición superficial de la vía es regular.

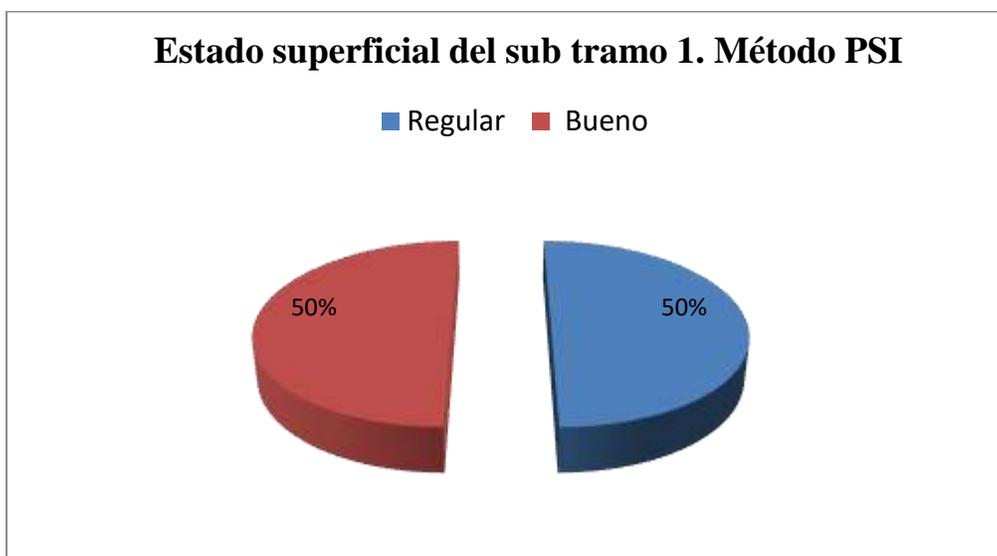
Gráfica: 4.38.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

De acuerdo a la información obtenida por la evaluación, el estado de la superficie del sub tramo 1 se encuentra afectado por una rugosidad media y con intensidades de parcheo y agrietamientos relativamente elevados. Estos imperfectos son los en cargados de causar algún tipo de incomodidad a la circulación del vehículo sobre dicho tramo.

Gráfica: 4.39.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI EL 50% de la vía se encontraría en un estado regular y el otro 50% de la vía se encontraría en un buen estado.

PSI prom. =	2.70	Regular
--------------------	-------------	----------------

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.12.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 1

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
0+120	0+220	Der.	0.30	0.91	312.50
0+120	0+220	Izq.	0.32	0.91	390.63

Fuente: Propia

Sub tramo 2: Progresiva 1+050 Progresiva 1+150

Figura: 4.11.- Sub tramo: 2 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 64, esto nos indica que el recapado del pavimento se encuentra en buen estado superficial.

PCI prom. =	64	Bueno
-------------	-----------	--------------

Área total de muestreo (m ²) =	750
--	------------

Tabla: 4.13.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 2, método PCI

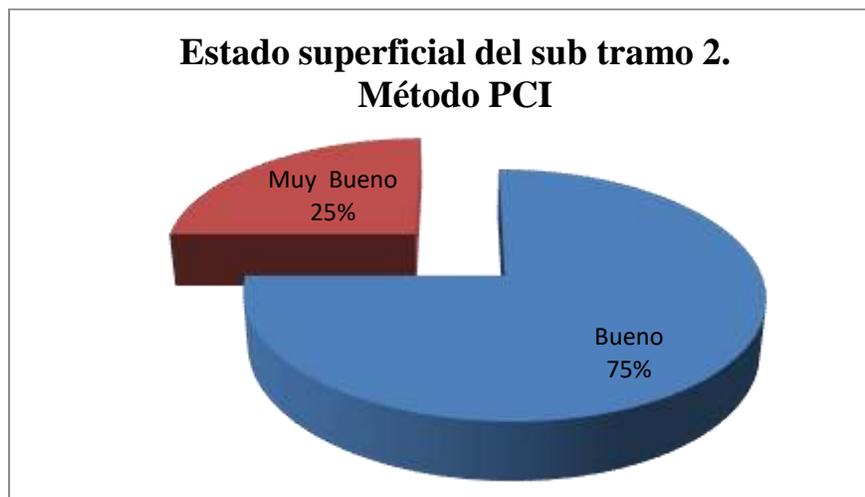
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	27.04	6.40	0.00	33.44	4.46	22.60
3	Agriet. en bloque	13.40	17.50	0.00	30.90	4.12	20.88
6	Depresión	0.00	0.00	8.80	8.80	1.17	5.95
10	Grieta long/tran	52.52	7.60	6.50	66.62	8.88	45.03
11	Parqueo-acometida	8.20	0.00	0.00	8.20	1.09	5.54
Total					147.96	19.73	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 2 se tiene el 19.73%, de la vía se encuentra deteriorada superficialmente. En este tramo las fallas que afectan mayormente a la condición superficial del recapado del pavimento son las grietas longitudinales y transversales y el agrietamiento en bloque y como ya se indicó anteriormente el origen de estas fallas podría deberse a los materiales y el clima, al endurecimiento del asfalto por envejecimiento o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración. Y las cargas del tránsito que contribuyen al incremento de la severidad en este tipo de fallas.

De igual manera se tiene a la piel de cocodrilo como la segunda falla que más afecta a la condición superficial de la vía, en cantidad y en severidad, esta falla sería originada por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo la acción repetida de las cargas de tránsito. Y el parcheo o acometida en menor magnitud y severidad que es una falla cuyo origen estaría vinculado a trabajos de reparaciones y mantenimientos menores

Gráfica: 4.40.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

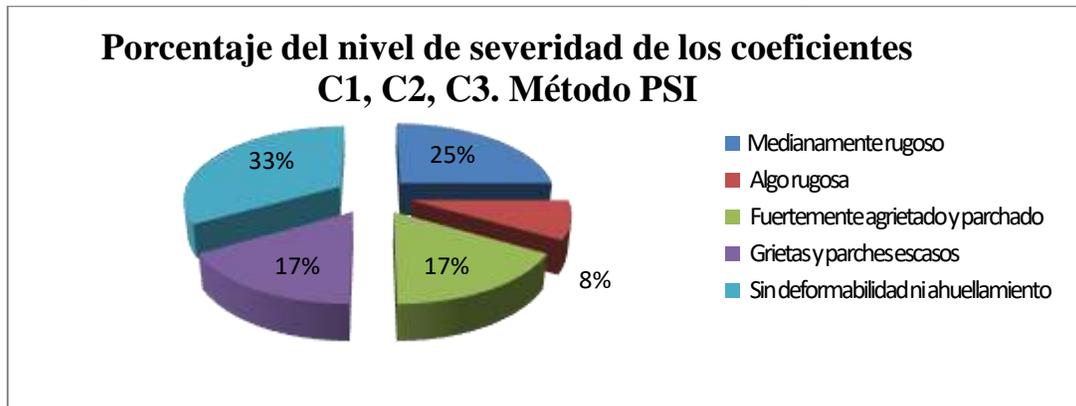
De acuerdo a la metodología PCI, el sub tramo se encuentra con un 25 % en buen estado y un 75 % en muy buen estado

Método PSI

En el sub tramo 2, se obtuvo el valor promedio del PSI es de 3.2 y la metodología nos da una calificación de bueno.

PSI prom. =	3.20	Bueno
--------------------	-------------	--------------

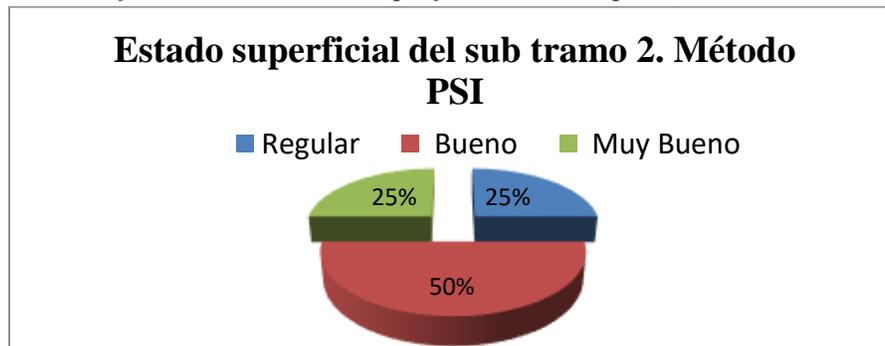
Gráfica: 4.41.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

De acuerdo a información obtenida por la evaluación, el estado de la superficie de la vía se encuentra medianamente rugoso y fuertemente agrietado y parchado, estos serían los imperfectos en la superficie del recapado que afectarían a la comodidad y circulación del vehículo sobre dicho tramo.

Gráfica: 4.42.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI el estado de la superficie de la vía se encontraría en un 25% de regular estado, un 50% de buen estado y un 25% con muy bueno estado.

Evaluación estructural viga Benkelman

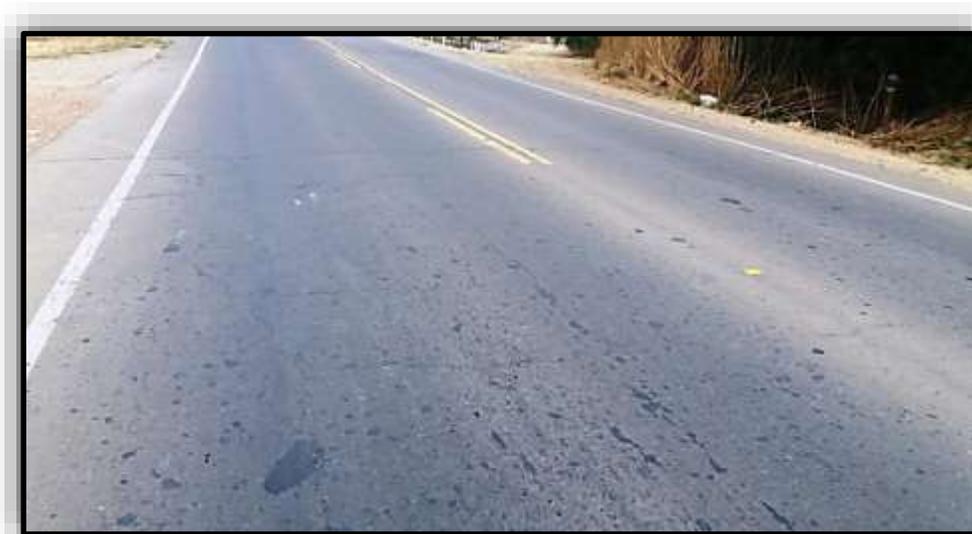
Tabla 4.14.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 2

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
1+050	1+150	Der.	0.24	0.91	260.42
1+050	1+150	Izq.	0.34	0.91	260.42

Fuente: Propia

Sub tramo 3: Progresiva 2+040 Progresiva 2+140

Figura: 4.12.- Sub tramo: 3 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 54, el cual nos da una calificación regular del recapado del pavimento.

PCI prom. =	54	Regular
--------------------	-----------	----------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.15.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 3, método PCI

N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	13.86	0.00	0.00	13.86	1.85	4.05
3	Agriet. en bloque	17.70	84.72	0.00	102.42	13.66	29.96
9	Des. carril-berma	13.50	0.00	0.00	13.50	1.80	3.95
10	Grieta long/tran	39.40	61.70	5.80	106.90	14.25	31.27
11	Parqueo-acometida	0.00	105.20	0.00	105.20	14.03	30.77
Total					341.88	45.58	100.00

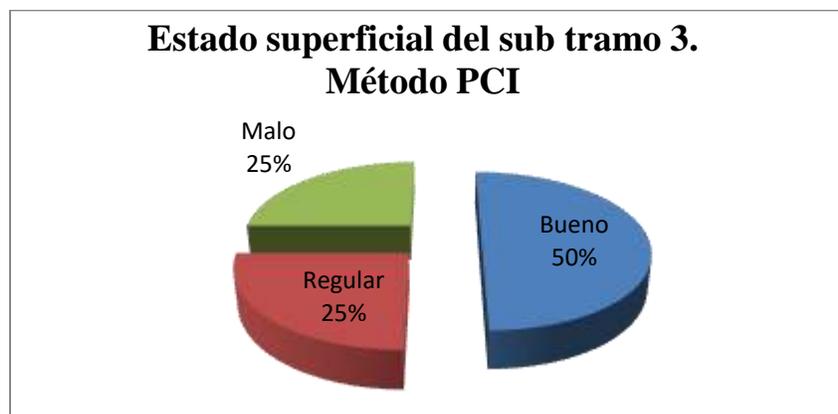
Fuente: Propia

El sub tramo 3 tiene un 45.58%, de la vía deteriorada superficialmente. En este tramo las fallas que afectan mayormente a la condición superficial del pavimento son las grietas longitudinales y transversales y los agrietamientos en bloque tanto en severidad como en magnitud, la causa del origen de estos daños podría estar relacionados a los materiales, al clima, otro origen también sería el endurecimiento del asfalto por envejecimiento, o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezclas asfálticas con el uso de asfaltos de baja penetración y las cargas del tránsito que contribuyen al incremento de la severidad en este tipo de fallas.

El parcheo o acometida es la segunda falla que afecta en mayor cantidad y severidad al sub tramo, debido a la severidad de la falla esta sería originada por malos trabajos en las reparaciones y mantenimientos. A continuación se tiene la piel de cocodrilo en menor magnitud y con una severidad baja, esta falla estaría recién produciéndose debido a su severidad, es una falla debido a la carga, cuyo origen es la fatiga de la capa de rodadura ocasionado por las cargas repetidas de tránsito en la misma huella de la rueda.

El desnivel carril berma es una falla funcional que no afecta en gran medida a la condición superficial del pavimento, esta es originada por los refuerzos que se hacen al pavimento, sin tomar en cuenta las bermas.

Gráfica: 4.43.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

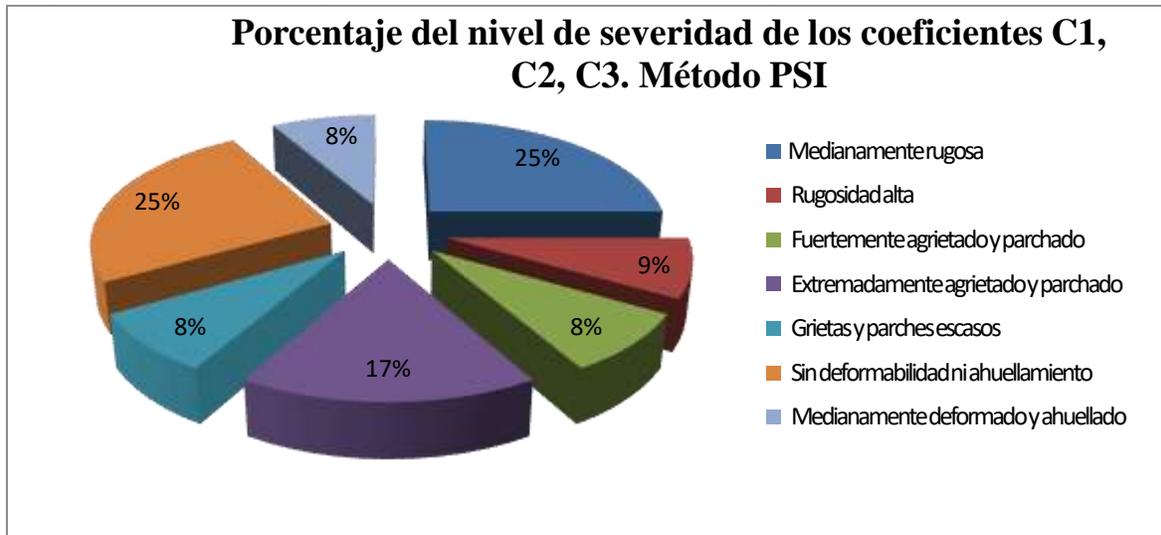
De acuerdo a la evaluación del PCI el sub tramo 3 se encuentra con un 25% en mal estado, 25% en un estado regular y con un 50% en un buen estado superficial.

Método PSI

El valor promedio obtenido del PSI es de 2.5, y la metodología nos da una calificación regular.

PSI _{prom} =	2.50	Regular
-----------------------	------	---------

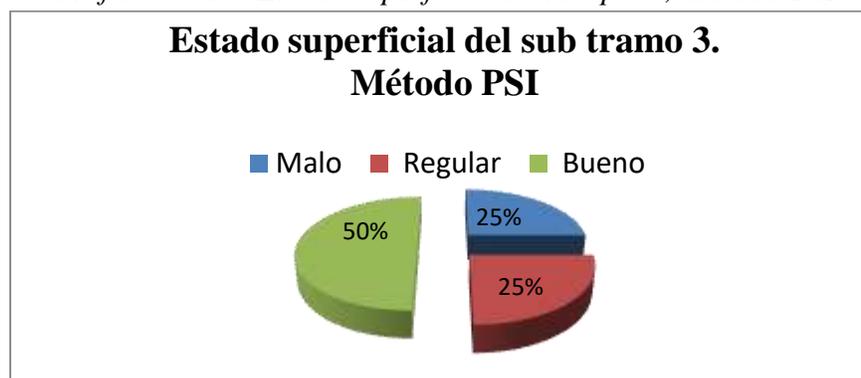
Gráfica: 4.44.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

De acuerdo a información obtenida por la evaluación, el estado de la superficie de la vía se encuentra medianamente rugoso, con pequeñas zonas con rugosidad alta, con zonas extremadamente agrietadas y parchadas con medianas deformaciones, estos imperfectos en la superficie del recapado son los causantes que afectan a la comodidad y circulación del vehículo sobre dicho sub tramo.

Gráfica: 4.45.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo a la evaluación del PSI el sub tramo 3 se encuentra con un 25% en mal estado, 25% en un estado regular y con un 50% en un buen estado superficial

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.16.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 3

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
2+040	2+140	Der.	0.30	0.91	520.83
2+040	2+140	Izq.	0.32	0.91	312.50

Fuente: Propia

Sub tramo 4: Progresiva 3+210 Progresiva 3+310

Figura: 4.13.- Sub tramo: 4 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 70, el cual nos da una calificación buena del estado superficial del recapado del pavimento.

PCI prom. =	70	Bueno
-------------	----	-------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.17.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 4, método PCI

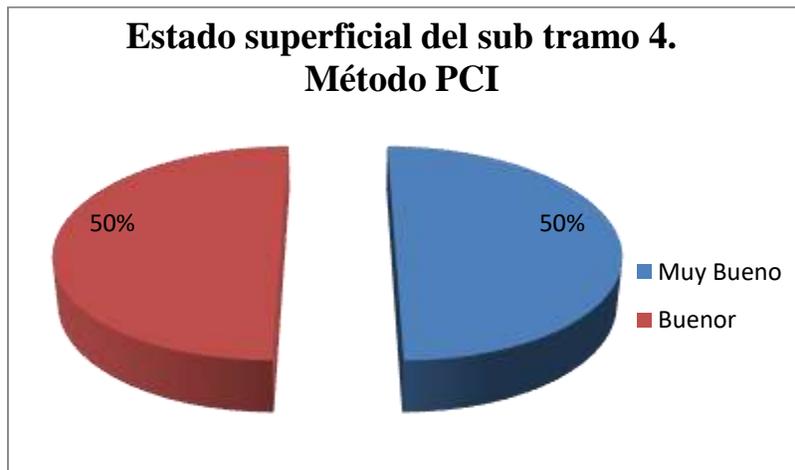
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m2)	% De área total	% Tipo de daño
3	Agriet. en bloque	0.00	51.10	0.00	51.10	6.81	7.71
6	Depresión	0.00	0.00	2.27	2.27	0.30	0.34
10	Grieta long/tran	84.10	25.80	0.00	109.90	14.65	16.58
11	Parcheo-acometida	44.20	5.22	0.00	49.42	6.59	7.46
19	Desprendimiento	450.00	0.00	0.00	450.00	60.00	67.91
	Total				662.69	88.36	100.00

Fuente: Propia

El sub tramo 4 tiene un 88.36%, de la vía deteriorada superficialmente. El daño más predominante en este tramo es el desprendimiento de agregados o meteorización, aunque tenga una severidad baja es el que mayor deterioro ocupa en la superficie de la vía, el origen de esta falla es que el ligante asfáltico ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla asfáltica presente es de pobre calidad.

Seguidamente se tienen las grietas longitudinales y transversales y los agrietamientos en bloque, estas fallas son la que a continuación del desprendimiento de agregados ocupan mayor cantidad y severidad en la superficie de la vía, estas fallas serian originadas como anteriormente se indicó por los materiales de la mezcla asfáltica, el clima, la oxidación del pavimento, o el cambio volumétrico del agregado fino de las mezclas asfálticas con el uso de asfaltos de baja penetración. A continuación está el parcheo originado por trabajos de mantenimiento y reparaciones menores.

Gráfica: 4.46.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

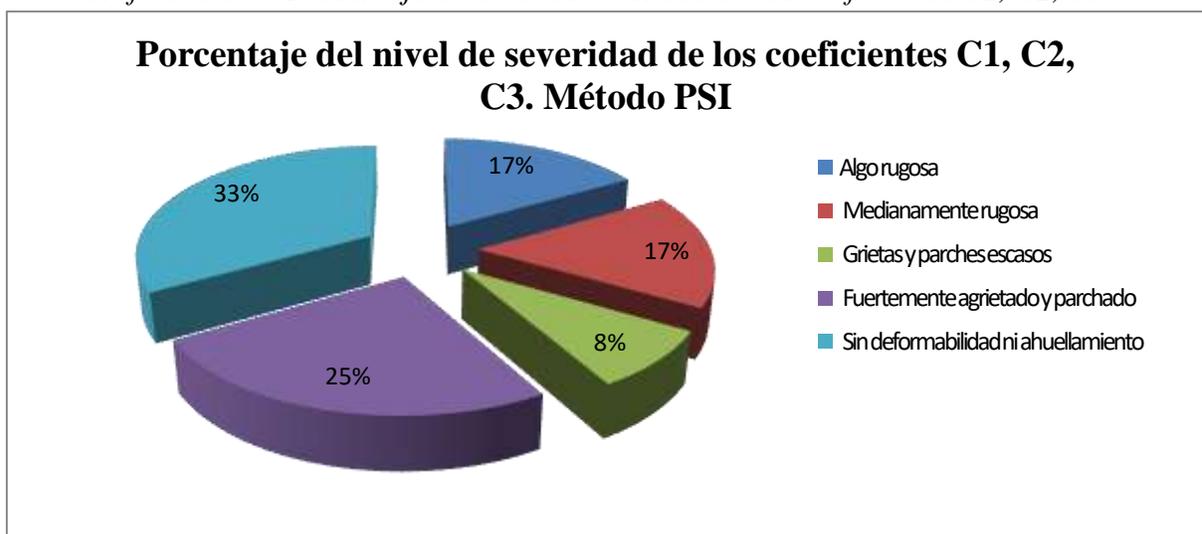
De acuerdo a la metodología PCI, el sub tramo se encuentra con un 50 % en buen estado y un 50 % en muy buen estado

Método PSI

En el sub tramo 4 el valor promedio del PSI es de 3.3, y la metodología nos da una calificación de buena al estado superficial del recapado.

PSI prom. =	3.30	Bueno
--------------------	-------------	--------------

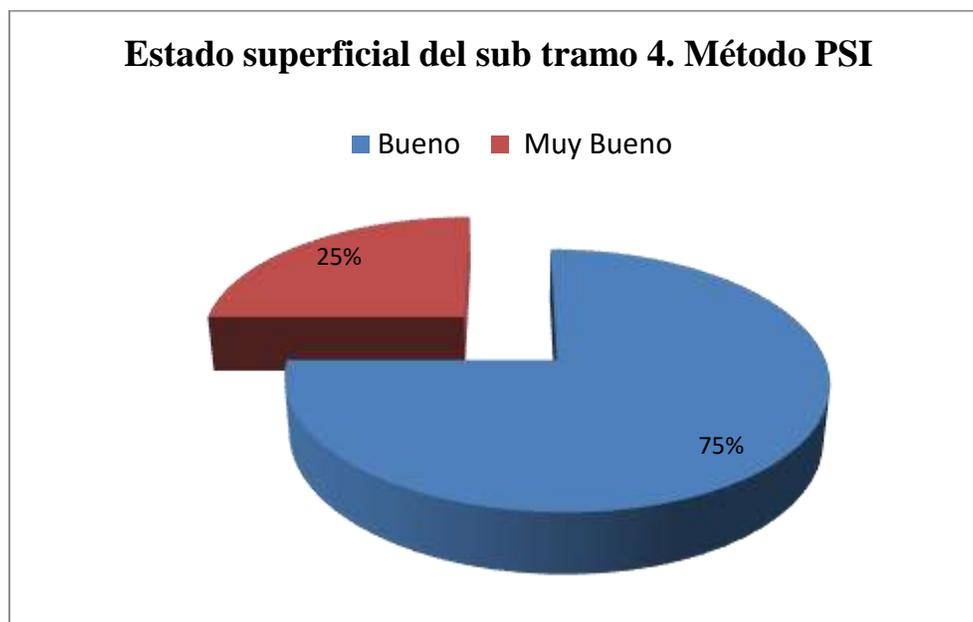
Gráfica: 4.47.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

El estado de la superficie del recapado en el sub tramo 4, se encuentra con un con zonas algo y medianamente rugosas, zonas fuertemente agrietadas y parchadas y con pequeñas zonas con grietas y parches escasos, lo que influye de alguna u otra manera en la comodidad de la circulación de los vehículos por dicho sub tramo.

Gráfica: 4.48.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo a la metodología PSI, el sub tramo se encuentra con un 25 % en buen estado y un 75 % en muy buen estado.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.18.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 4

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
3+210	3+310	Der.	0.34	0.91	260.42
3+210	3+310	Izq.	0.36	0.91	223.21

Fuente: Propia

Sub tramo 5: Progresiva 4+350 Progresiva 4+450

Figura: 4.14.- Sub tramo: 5 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 66, lo que nos da una calificación buena del estado superficial del pavimento.

PCI_{prom.} =	66	Bueno
------------------------------	-----------	--------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.19.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 5, método PCI

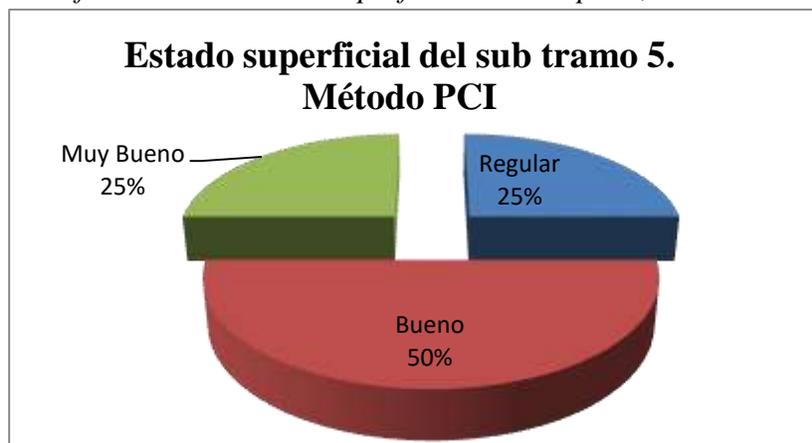
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	8.02	8.00	0.00	16.02	2.14	5.46
3	Agriet. en bloque	8.30	168.60	0.00	176.90	23.59	60.33
10	Grieta long/tran	87.20	6.40	0.00	93.60	12.48	31.92
11	Parqueo-acometida	5.52	1.20	0.00	6.72	0.90	2.29
Total					293.24	39.10	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 5 se tiene un 39.10% de pavimento deteriorado. En este tramo las fallas que afectan mayormente a la condición superficial del pavimento son los agrietamientos en bloque, tanto en severidad como en magnitud y las grietas longitudinales y transversales en menor magnitud y severidad como ya se indicó anteriormente el origen de estas fallas podría deberse a los materiales y el clima, al endurecimiento del asfalto por envejecimiento o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración. Y las cargas del tránsito que contribuyen al incremento de la severidad en este tipo de fallas.

De igual manera se tiene que el origen de la piel de cocodrilo es una falla debido a la carga, originada por la fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo la acción repetida de las cargas de tránsito. Y el parcheo en menor magnitud y severidad este sería originado por los malos trabajos de reparaciones y mantenimientos anteriores.

Gráfica: 4.49.- Estado superficial del recápado, método PCI



Fuente: Propia

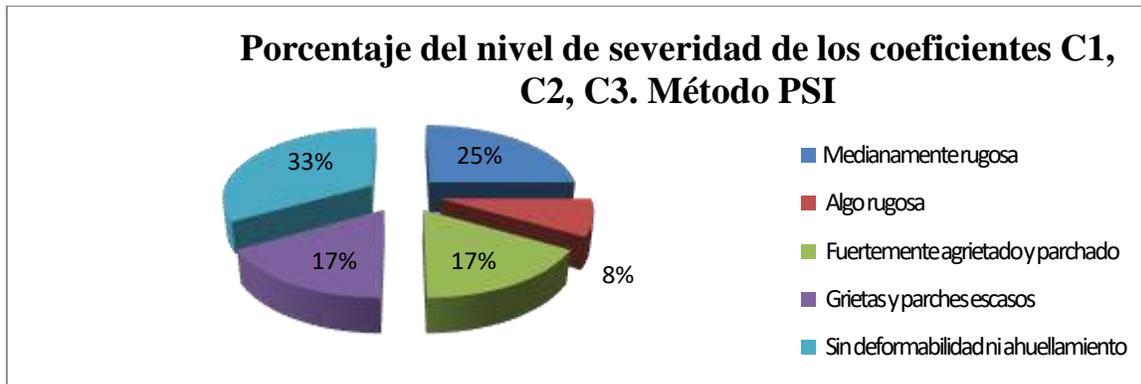
De acuerdo a la metodología PCI un 25% del pavimento se encuentra en un estado regular, un 50% del pavimento se encuentra en buen estado y un 25% del pavimento se encuentra en muy buen estado.

Método PSI

En el sub tramo 5 el valor promedio del PSI es de 3.2, con una calificación buena según la metodología.

PSI prom. =	3.20	Bueno
--------------------	-------------	--------------

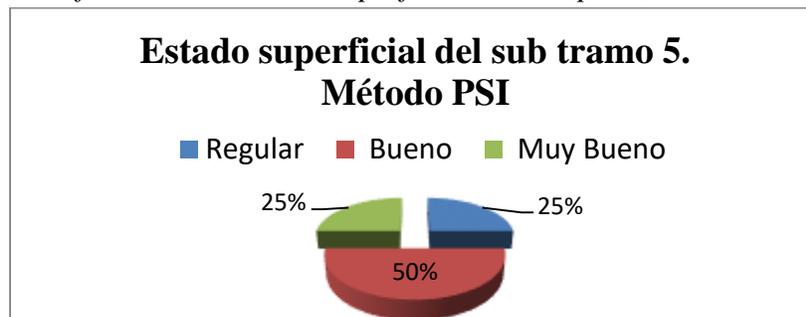
Gráfica: 4.50.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

El estado de la superficie del recapado en el sub tramo 5, se encuentra con un con zonas algo y medianamente rugosas, con zonas fuertemente agrietadas y parchadas y con pequeñas zonas con grietas y parches escasos, lo que ocasiona la incomodidad en la circulación por dicho sub tramo.

Gráfica: 4.51.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo a la metodología PSI un 25% del pavimento se encuentra en un estado regular, un 50% del pavimento se encuentra en buen estado y un 25% del pavimento se encuentra en muy buen estado.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.20.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 5

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
4+350	4+450	Der.	0.30	0.91	223.21
4+350	4+450	Izq.	0.28	0.91	260.42

Fuente: Propia

Sub tramo 6: Progresiva 5+580 Progresiva 5+680

Figura: 4.15.- Sub tramo: 6 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 58, lo que nos da una calificación buena del estado superficial del recapado del pavimento.

PCI_{prom.} =	58	Bueno
------------------------------	-----------	--------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.21.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 6, método PCI

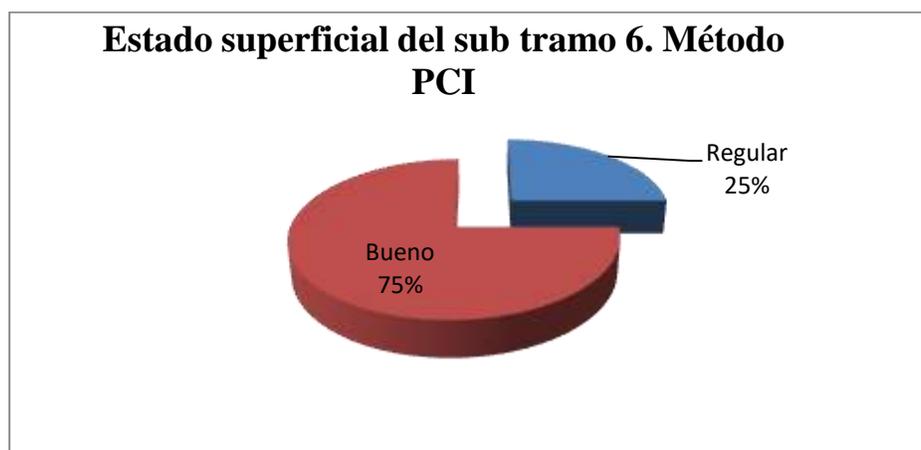
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m2)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	11.16	12.72	0.00	23.88	3.18	3.29
3	Agriet. en bloque	0.00	99.42	0.00	99.42	13.26	13.71
10	Grieta long/tran	84.40	36.80	0.00	121.20	16.16	16.71
11	Parqueo-acometida	13.60	10.70	0.00	24.30	3.24	3.35
19	Desprendimiento	456.50	0.00	0.00	456.50	60.87	62.94
Total					725.30	96.71	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 6, el 96% del pavimento se encuentra deteriorado. El daño más predominante en este tramo es el desprendimiento de agregados o meteorización, aunque tenga una severidad baja es el que mayor deterioro ocupa en la superficie de la vía, el origen de esta falla es debido a que el ligante asfáltico ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla asfáltica presente es de pobre calidad.

Seguidamente se tienen las grietas longitudinales y transversales y los agrietamientos en bloque, cuyo origen estaría relacionado con los materiales de la mezcla asfáltica, el clima, la oxidación del pavimento, o el cambio volumétrico del agregado fino de las mezclas asfálticas con el uso de asfaltos de baja penetración. Seguidamente se tiene la piel de cocodrilo en menor cantidad pero mayormente con una severidad media, esta falla es originada por el paso repetido de la carga y el tráfico lo ocasiona una fatiga en la capa de rodadura. Y el parcheo, el cual sería originado por malos trabajos de reparaciones y mantenimientos anteriores.

Gráfica: 4.52.- Estado superficial del recápado, método PCI



Fuente: Propia

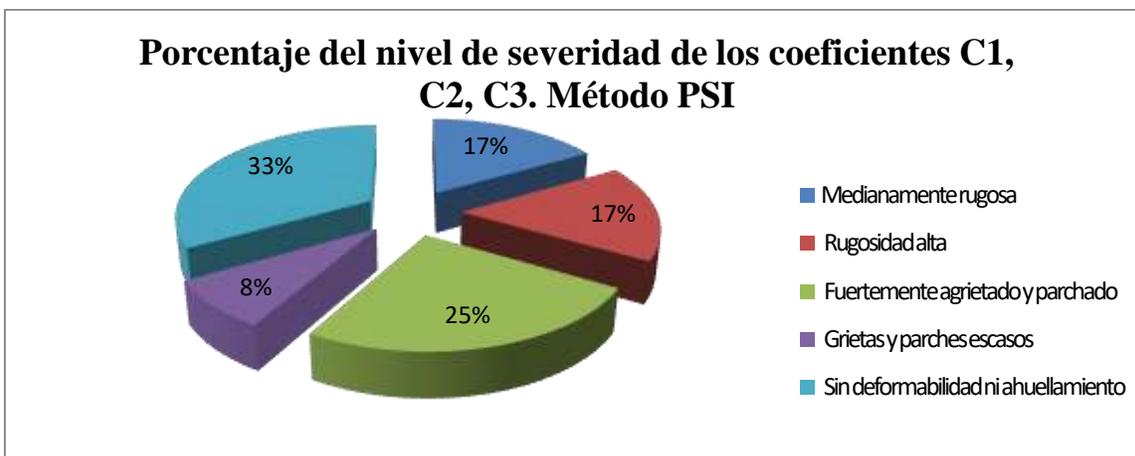
De acuerdo a la metodología PCI, el sub tramo se encuentra con un 25 % en regular estado y un 75 % en un buen estado.

Método PSI

En el sub tramo 6 el valor promedio obtenido para el PSI es de 2.5 con una calificación regular de acuerdo a la metodología.

PSI_{prom} =	2.50	Regular
-----------------------------	-------------	----------------

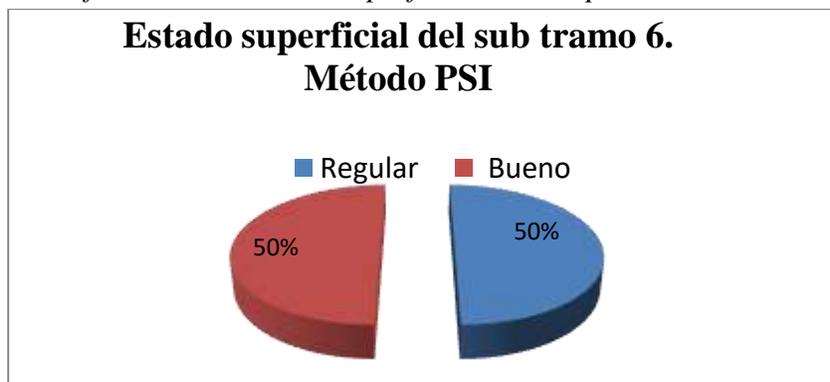
Gráfica: 4.53.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

En este sub tramo el estado de la superficie del pavimento recapado, se encuentra con zonas con rugosidades, medias a altas, zonas fuertemente agrietadas y parchadas y pequeñas zona con grietas y parches escasos. Lo que origina incomodidad al circular por dicho tramo.

Gráfica: 4.54.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI, el 50% de la vía se encuentra en regular estado y el otro 50% en buen estado.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.22.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 6

Progresiva		Carril	Deflexión máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
5+580	5+680	Der.	0.28	0.91	520.83
5+580	5+680	Izq.	0.34	0.91	390.63

Fuente: Propia

Sub tramo 7: Progresiva 6+180 Progresiva 6+280

Figura: 4.16.- Sub tramo: 7 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 63, lo que nos da una calificación buena al estado superficial del recapado del pavimento.

PCI_{prom.}=	63	Bueno
-----------------------------	-----------	--------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

Tabla: 4.23.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 7, método PCI

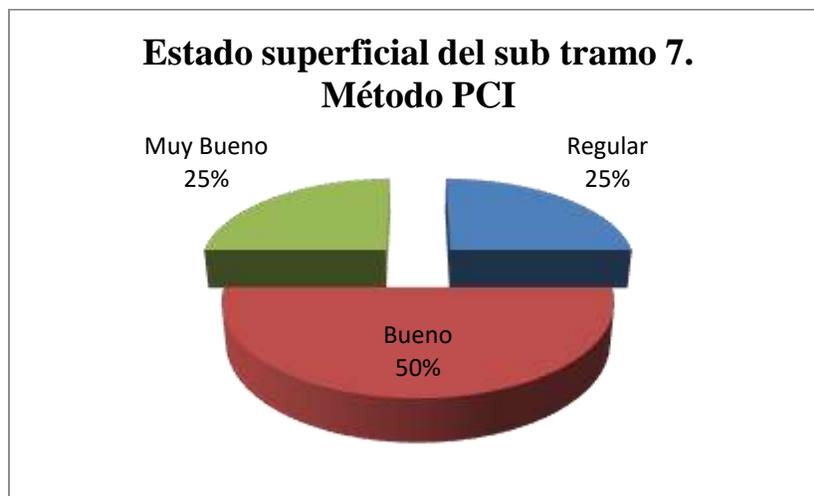
N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	0.00	11.20	0.00	11.20	1.49	3.42
3	Agriet. en bloque	74.00	81.00	0.00	155.00	20.67	47.35
10	Grieta long/tran	63.20	84.00	0.00	147.20	19.63	44.97
11	Parqueo-acometida	0.00	13.96	0.00	13.96	1.86	4.26
Total					327.36	43.65	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 7, el 43.65 % del pavimento se encuentra deteriorado. En este tramo las fallas que más afectan la condición superficial del pavimento son las grietas longitudinales y transversales y el agrietamiento en bloque tanto en cantidad como en severidad, como ya se indicó anteriormente el origen de estas fallas podría deberse a los materiales y el clima, al endurecimiento del asfalto por envejecimiento o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración.

A continuación se tiene la piel de cocodrilo que es una falla ocasionada por la carga, en menor cantidad pero con una severidad media, esta falla estaría originada por el paso repetido de las cargas del tránsito en la misma huella lo que originaría la fatiga de la capa de rodadura. Y el parcheo en menor cantidad, el cual tiene una severidad media, esta ocasionado por los malos trabajos de mantenimiento y reparación anteriores.

Gráfica: 4.55.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

Según la metodología PCI, un 25 % del pavimento se encuentra en un estado regular, un 50 % en buen estado y un 25% en un estado muy bueno

Método PSI

En el sub tramo 7, el valor promedio del PSI es de 3.3, con una calificación buena según la metodología.

PSI_{prom.}=	3.30	Bueno
-----------------------------	-------------	--------------

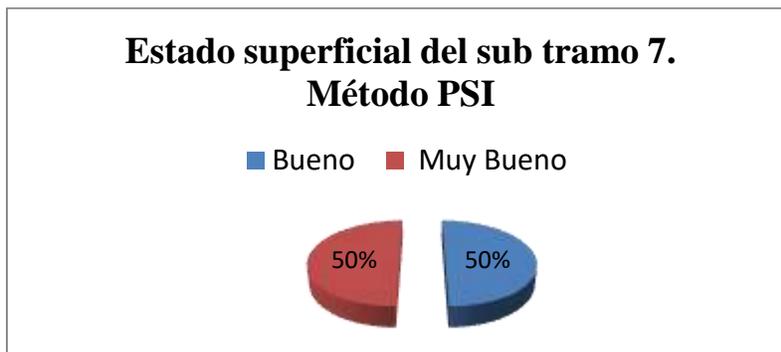
Gráfica: 4.56.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

El estado de la superficie del sub tramo 7, se encuentra con zonas algo y medianamente rugosas, con zonas fuertemente agrietadas y parchadas, estos imperfectos en la superficie del recapado son los causantes que afectan a la comodidad y circulación del vehículo sobre dicho sub tramo.

Gráfica: 4.57.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI, el estado superficial del recapado en el sub tramo 7, el 50% de la vía se encuentra en buen estado y el otro 50% de la vía se encuentra en muy buen estado superficial.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.24.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 7

Progresiva		Carril	Deflexión Máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
6+180	6+280	Der.	0.36	0.91	312.50
6+180	6+280	Izq.	0.32	0.91	260.42

Fuente: Propia

Sub tramo 8: Progresiva 7+195 Progresiva 7+295

Figura: 4.17.- Sub tramo: 8 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 67, lo que nos da una calificación buena del estado superficial del recapado del pavimento.

PCI_{prom}=	67	Bueno
----------------------------	-----------	--------------

Área total de muestreo (m²) =	750
---	------------

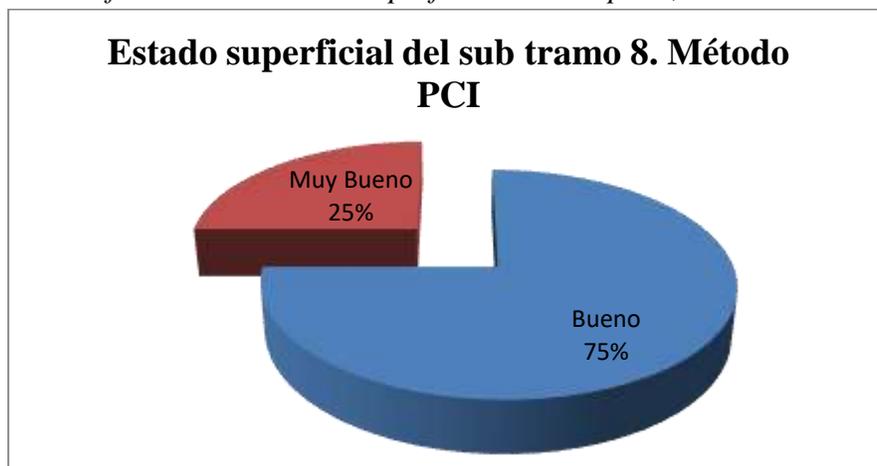
Tabla: 4.25.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 8, método PCI

N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m2)	% De área total	% Tipo de daño
3	Agriet. en bloque	62.00	109.70	0.00	171.70	22.89	38.92
10	Grieta long/tran	211.40	37.00	0.00	248.40	33.12	56.31
11	Parcheo-acometida	10.55	10.50	0.00	21.05	2.81	4.77
Total					441.15	58.82	100.00

Fuente: Propia

En el sub tramo 8, un 58% del pavimento se encuentra deteriorado. En este tramo el agrietamiento en bloque y las grietas longitudinales y transversales son los daños más predominantes en cantidad y severidad, en la superficie de la vía como ya se mencionó anteriormente estas fallas se podrían ser originadas por materiales de la mezcla asfáltica, el clima, otro origen podría ser el endurecimiento del asfalto por envejecimiento o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración. A continuación está el parcheo con menor área y una severidad baja pero que igual contribuye al deterioro del estado del recapado, esta falla es originada por los trabajos de reparación y mantenimiento anteriores.

Gráfica: 4.58.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

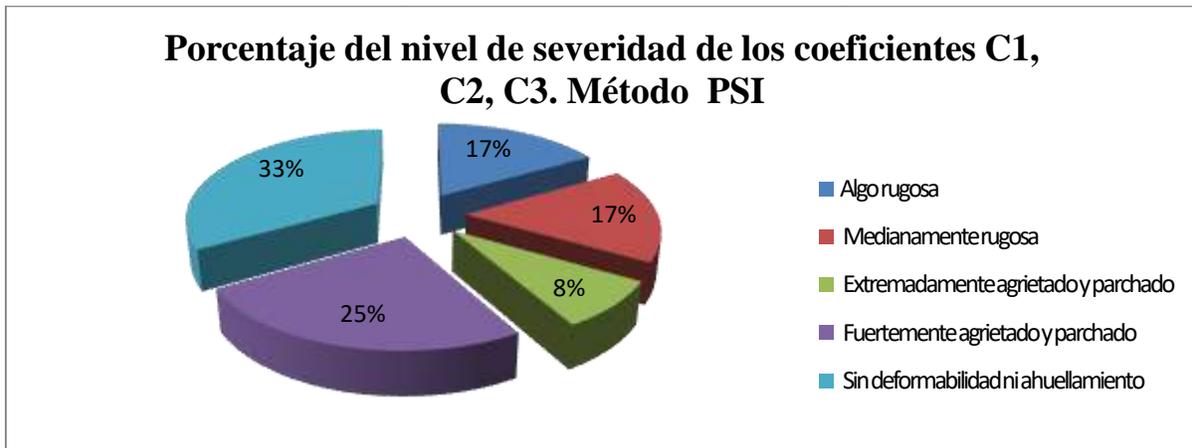
En el sub tramo 8 según el PCI el pavimento se encuentra con un 75% en buen estado y un 25% en un muy buen estado superficial.

Método PSI

En el sub tramo 8 el valor promedio del PSI es de 3.1 lo cual nos da una calificación bueno del estado superficial del pavimento.

PSI Prom. =	3.10	Bueno
-------------	-------------	--------------

Gráfica: 4.59.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

En este sub tramo el estado de la superficie del recapado del pavimento, se encuentra con zonas con rugosidades, bajas y medias, zonas fuertemente y parchadas y zonas pequeñas extremadamente agrietadas y parchadas. Lo que origina incomodidad a la circulación del vehículo por dicho tramo

Gráfica: 4.60.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI la condición superficial del recapado del sub tramo 8, tiene un 25% en estado regular, un 25% en buen estado y un 50% en un estado muy bueno.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.26.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 8

Progresiva		Carril	Deflexión Máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
7+195	7+295	Der.	0.32	0.91	223.21
7+195	7+295	Izq.	0.36	0.91	260.42

Fuente: Propia

Sub tramo 9: Progresiva 8+485 Progresiva 8+585

Figura: 4.18.- Sub tramo: 9 (tramo el Portillo cruce el Valle)



Fuente: Propia

Método PCI

Para el método PCI, se tienen 4 unidades de muestreo de 25 metros de longitud, con un área total de 187.5 metros cuadrados, con un PCI promedio de 54, lo que nos da una calificación buena del estado superficial del recapado del pavimento.

PCI Prom.=	54	Regular
------------	-----------	----------------

Área total de muestreo (m ²) =	750
--	------------

Tabla: 4.27.- Cuantificación de fallas en el sub tramo 9, método PCI

N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% De área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	23.97	0.00	0.00	23.97	3.20	5.16
3	Agriet. en bloque	0.00	22.64	0.00	22.64	3.02	4.87
10	Grieta long/tran	204.30	155.30	0.00	359.60	47.95	77.38
11	Parqueo-acometida	2.50	56.02	0.00	58.52.	7.80	12.59
	Total				464.73	61.96	100.00

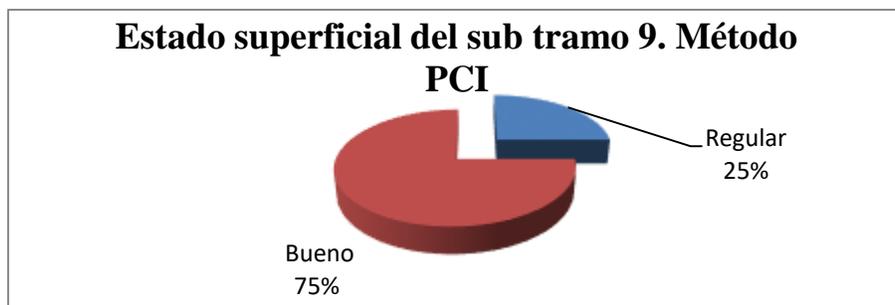
Fuente: Propia

En el sub tramo 9, el 61.96% del pavimento se encuentra deteriorado. En este tramo las grietas longitudinales y transversales son la que más afectan al deterioro superficial del pavimento tanto en severidad como en magnitud, y menor cantidad y severidad el agrietamiento en bloque, el origen de estas fallas podría deberse a los materiales y el clima, al endurecimiento del asfalto por envejecimiento o al cambio volumétrico del agregado fino de las mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración, pero en este caso la causa del origen de las grietas longitudinales y transversales podría estar influenciado por la fatiga de la capa de rodadura debido a la carga del tránsito ya que estas están ubicadas en la huella del tránsito.

Seguidamente se tiene al parcheo como el segundo deterioro con más influencia en el deterioro de la vía, debido a la severidad de la falla su origen estaría ocasionado por los malos trabajos de reparaciones y mantenimientos anteriores.

La piel de cocodrilo aunque esta tenga una menor cantidad y una severidad baja, es una falla estructural importante, su origen seria la fatiga, ocasionado por la carga y el paso repetido del tránsito.

Gráfica: 4.61.- Estado superficial del recapado, método PCI



Fuente: Propia

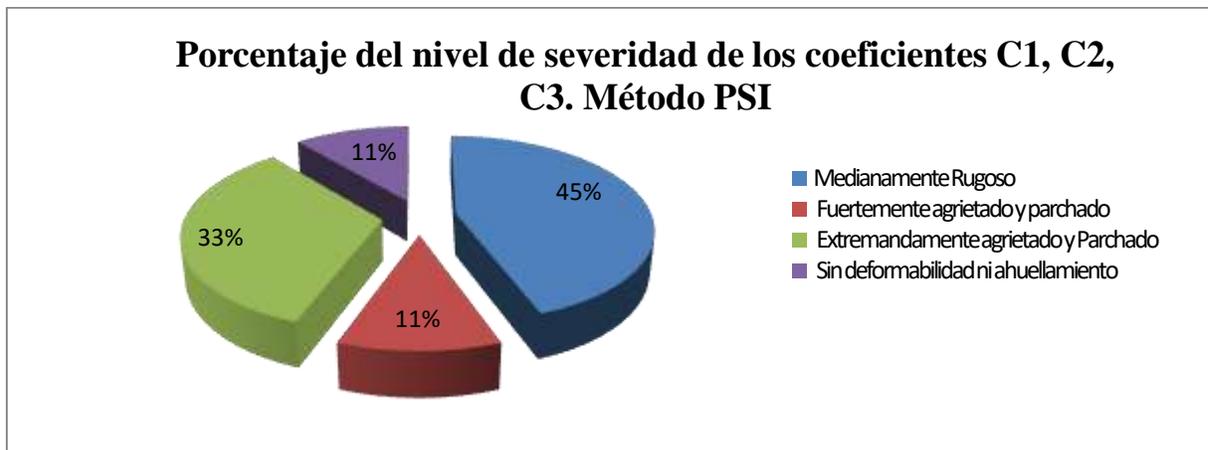
En el tramo 9 según la metodología PCI el pavimento se encuentra en un 25% en regular estado y un 75% en buen estado superficial.

Método PSI

En el sub tramo 9, el valor promedio obtenido del PSI es de 2.6, con una calificación de regular al estado de la superficie del pavimento.

PSI Prom. =	2.60	Regular
--------------------	-------------	----------------

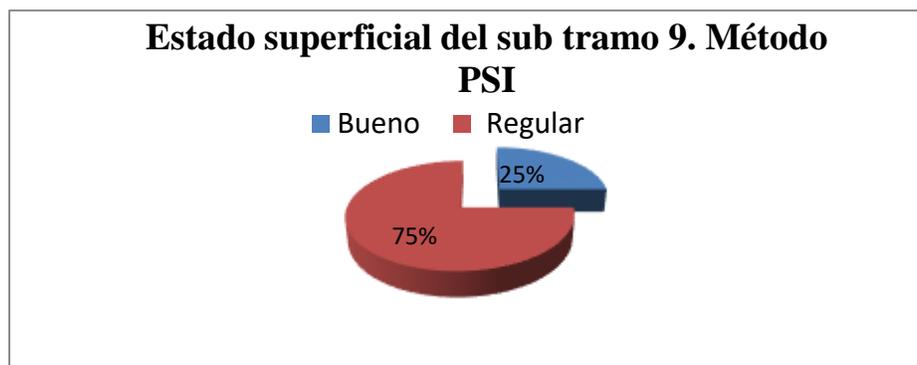
Gráfica: 4.62.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

El estado de la superficie del pavimento recapado, del sub tramo 9 se encuentra afectado por una rugosidad media y zonas fuertemente y extremadamente agrietadas y parchadas, que dificultan la comodidad, cuando se circula por dicho tramo.

Gráfica: 4.63.- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

De acuerdo al PSI el estado superficial del sub tramo 9, el 25% se encuentra en regular estado y el 75% se encuentra en buen estado.

Evaluación estructural viga Benkelman

Tabla 4.28.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, sub tramo 9

Progresiva		Carril	Deflexión Máxima (mm)	Deflexión admisible (mm)	Radio de curvatura (m)
8+485	8+585	Der.	0.28	0.91	390.63
8+485	8+585	Izq.	0.24	0.91	520.83

Fuente: Propia

4.8.2.- Análisis de los resultados para el tramo Portillo Cruce el Valle

4.8.2.1.- Método: PCI

Área total de muestreo = (m²)	6750.00
---	----------------

Tabla 4.29- Cuantificación de fallas método PCI, tramo el Portillo cruce el Valle

N°	Daño	L	M	H	Total		
					Área (m ²)	% de área total	% Tipo de daño
1	Piel de cocodrilo	60.08	119.02	0.00	179.10	2.65	6.62
3	Agriet. en bloque	197.00	737.18	0.00	934.18	13.84	34.54
6	Depresión	0.00	0.00	11.07	11.07	0.16	0.41
9	Des. carril-berma	13.50	0.00	0.00	13.50	0.20	0.50
10	Grieta long/tran	851.52	414.60	12.30	1278.42	18.94	47.27
11	Parqueo-acometida	84.57	203.75	0.00	288.32	4.27	10.66
19	Desprendimiento	906.50	0.00	0.00	906.50	13.43	33.52
Total					2704.60	40.07	100.00

Fuente: Propia

Para las secciones identificadas, el 40.07 % del recapado del pavimento se encuentra deteriorado.

Se puede determinar que las fallas, como las grietas longitudinal y transversal, los agrietamientos en bloque son los que más afectan en cantidad y severidad, a todas las unidades de muestreo. Como ya se indicó el origen de estas fallas está relacionado directamente con los materiales y el clima. Siendo una razón la contracción, por cambios de temperatura, de las mezclas asfálticas., lo cual se refleja en la superficie. Otra fuente de origen podría deberse al endurecimiento del asfalto, por el envejecimiento del asfalto. El cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración sería otra razón de origen. Las cargas de tránsito contribuyen al incremento de la severidad de este tipo de falla.

Existen zonas en donde desprendimientos de agregados o meteorización, ocupan grandes áreas, en la superficie del recapado, pero con severidades bajas, la causa de estas fallas sería,

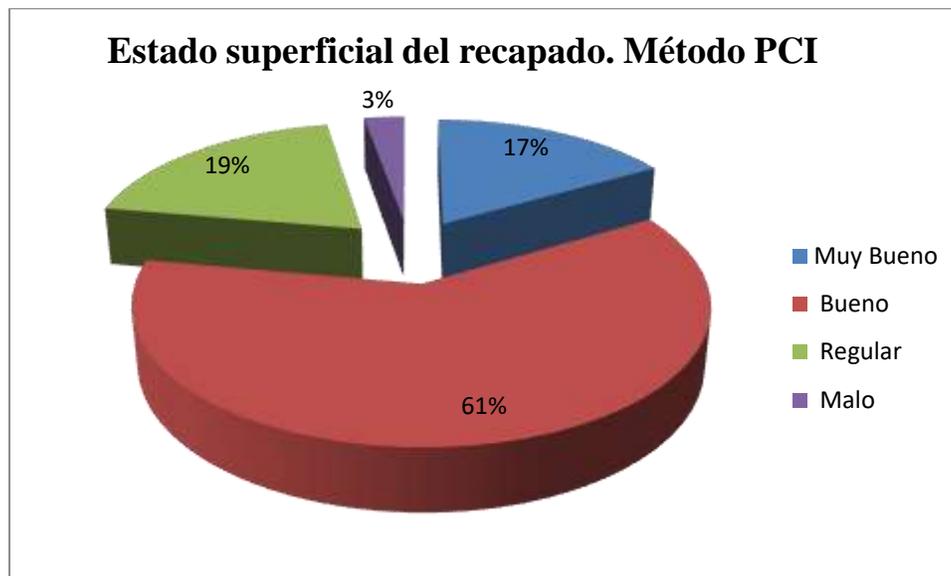
porque el ligante asfáltico ha endurecido de forma apreciable o porque la mezcla asfáltica presente es de pobre calidad.

También existen áreas parchadas, con niveles de severidad relativamente medios, las cuales se pueden deber a los trabajos de mantenimiento y reparaciones que ejecutan las empresas encargadas.

La falla piel de cocodrilo, también está presente, pero en menor cantidad y con severidades relativamente medias a bajas, estas fallas son originadas por la carga y el paso repetido del tráfico por las mismas huellas de las ruedas, lo que ocasiona que la capa de rodadura se fatigue.

El resto de los daños como el desnivel carril berma, no aporta gravedad, pues son considerados como daños funcionales, o tienen porcentajes de áreas muy bajos, como las depresiones.

Gráfica: 4.64.- Estado superficial del recapado, método PCI

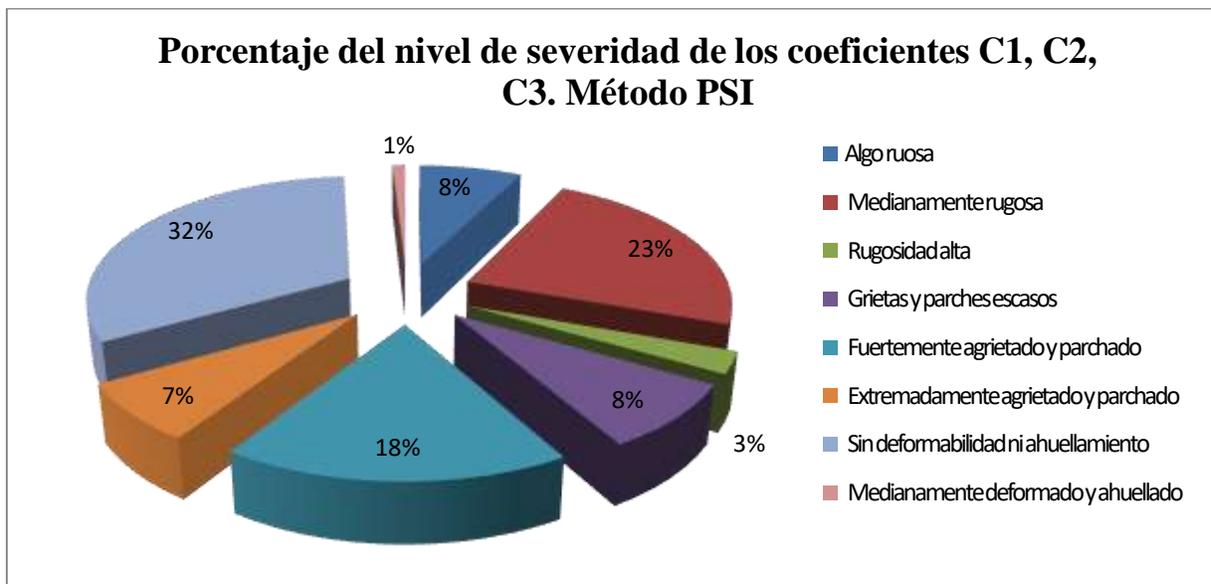


Fuente: Propia

En base a la información de las unidades de muestreo, el estado de la superficie del recapado se encuentra, con un 3% en mal estado, un 19% en un estado regular, un 61% en buen estado y un 17% con un estado muy bueno.

4.8.2.2.- Método PSI

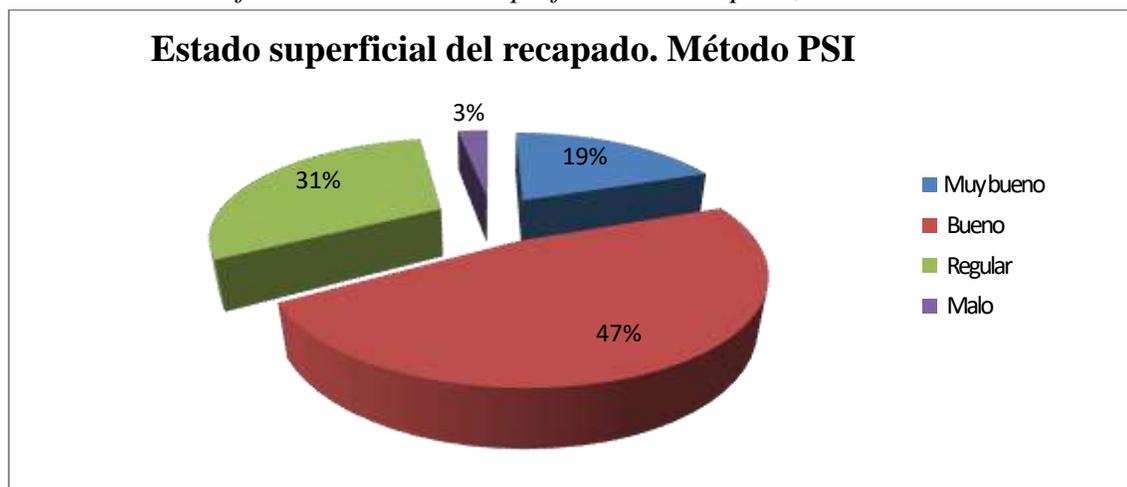
Gráfica: 4.65.- Porcentaje del nivel de severidad de los coeficientes C1, C2, C3



Fuente: Propia

De acuerdo a la calificación del PSI, se puede determinar que el estado de la superficie del recapado se encuentra afectado mayormente por zonas medianamente rugosas, zonas fuertemente agrietadas y parchas. Y en menor magnitud zonas afectadas por rugosidades bajas, rugosidades altas, zonas con grietas y parches escasos, zonas extremadamente agrietadas y parchadas, zonas medianamente deformadas y ahuelladas, que son los que originan alguna incomodidad a la circulación vehicular.

Gráfica: 4.66- Estado superficial del recapado, método PSI



Fuente: Propia

El estado de la superficie del recapado del pavimento, para todas las unidades de muestreo de acuerdo al PSI, se encuentra con un 3% en mal estado, un 31% en estado regular, un 47% en buen estado y un 19% en muy buen estado.

4.8.2.3.- Método IRI

Tabla 4.30.- Valores del IRI, tramo el Portillo cruce el Valle

Índice de rugosidad internacional		
Progresiva	Carril	
	Izquierdo	Derecho
0+120 -0+220	5.09	5.15
1+050 - 1+150	4.55	4.60
2+040 - 2+140	4.88	4.90
3+210 - 3+310	4.71	5.08
4+350 - 4+450	5.18	5.13
5+580 - 5+680	5.04	4.91
6+180 - 6+280	4.52	4.68
7+195 - 7+295	4.83	4.70
8+485 - 8+585	5.06	5.01
Media	4.87	4.91
Desv. est.	0.24	0.21
CV (%)	4.92	4.19

Fuente: Propia

De acuerdo a los valores obtenidos para cada sub tramo la escala del Índice de Rugosidad Internacional, califica a la condición superficial del recapado, como un pavimento viejo con una rugosidad superficial regular.

Los sub tramo que encuentran afectados con una mayor rugosidad superficial, están ubicados en las progresivas; Prog.: 0+120 -0+220, Prog.:4+350 - 4+450, Prog.: 8+485 - 8+585.

El carril izquierdo, tiene una leve mejoría en cuanto a la rugosidad superficial, comparada con el carril derecho, pero no modifica en nada a la calificación de su condición superficial.

4.8.2.4.- Viga Benkelman

Tabla 4.31.- Deflexiones máximas y radios de curvatura, tramo el Portillo cruce el Valle

Carril derecho				Carril izquierdo			
Progresiva		D0 (mm)	R.C. (m)	Progresiva		D0 (mm)	R.C. (m)
0+120	0+220	0.30	312.50	0+120	0+220	0.32	390.63
1+050	1+150	0.24	260.42	1+050	1+150	0.34	260.42
2+040	2+140	0.30	520.83	2+040	2+140	0.32	312.50
3+210	3+310	0.34	260.42	3+210	3+310	0.36	223.21
4+350	4+450	0.30	223.21	4+350	4+450	0.28	260.42
5+580	5+680	0.28	520.83	5+580	5+680	0.34	390.63
6+180	6+280	0.36	312.50	6+180	6+280	0.32	260.42
7+195	7+295	0.32	223.21	7+195	7+295	0.36	260.42
8+485	8+585	0.28	390.63	8+485	8+585	0.24	520.83

Deflex. max. promedio (mm)	0.30
Radio de curvatura prom. (m)	336.06
Desviación estándar	0.04
Coeficiente de variación (%)	11.67
Deflexión característica (mm)	0.36
Deflexión admisible (mm)	0.91

Deflex. max. promedio (mm)	0.32
Radio de curvatura prom. (m)	319.94
Desviación estándar	0.04
Coeficiente de variación (%)	12.10
Deflexión característica (mm)	0.38
Deflexión admisible (mm)	0.91

Fuente: Propia

Mediante el ensayo con la Viga Benkelman en el pavimento se obtuvo los valores de deflexión característica de: 0.36 mm y radio de curvatura promedio de 336.06m en el carril derecho; deflexión característica de: 0.38 mm y radio de curvatura promedio de 319.94 m en el carril izquierdo, lo que nos indica que las deflexiones características no superan la deflexión admisible la cual es de 0.91mm, lo que conlleva a entender que el pavimento está en buenas condiciones en lo que se refiere a los controles deflectométricos.

Otra forma de comprobar el estado de la condición estructural del recapado, es verificando en la tabla 2.10, del capítulo 2, donde se puede determinar que la condición estructural del recapado, es buena, en base a información obtenida de los coeficientes de variación para cada carril ($C.V. < 15 = \text{Estado del pavimento Bueno}$)

CAPÍTULO V

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

- El estado del recapado del pavimento en el tramo El portillo - Cruce el Valle, de acuerdo a las metodologías de evaluación, es de regular a bueno, por lo que actualmente este tramo está apto para brindar adecuadas condiciones a los usuarios.
- Las fallas que afectan en mayor, cantidad y severidad, a la superficie del recapado, son las grietas longitudinales y transversales, los agrietamientos en bloque, el desprendimiento de agregados o meteorización con severidades bajas, y en menor cantidad está el parcheo, la piel de cocodrilo, con severidades mayormente medias, también se tienen fallas como el desnivel carril berma y la depresión que presentan cantidades insignificantes en relación a las otras fallas pero que influyen en la determinación de la condición del pavimento.
- En cuanto a la comodidad de circulación el estado de la superficie del recapado, presenta mayormente zonas con rugosidades de regulares a bajas, zonas fuertemente agrietadas y parchadas, y en menor proporción zonas extremadamente agrietadas y parchadas, zonas medianamente deformadas, lo ocasionarían alguna incomodidad a la circulación de los vehículos por el tramo.
- Los valores obtenidos de las rugosidades superficiales del recapado, son regulares en todos los tramos y de acuerdo a la escala del IRI, estos obtienen la calificación de pavimentos viejos con una regular rugosidad superficial.
- Mediante el ensayo con la Viga Benkelman se pudo determinar que la condición estructural del pavimento está en buenas condiciones en lo que se refiere a los controles deflectométricos.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el seguimiento del comportamiento estructural y funcional de los pavimentos de nuestras vías en forma periódica.
- Se debe de realizar la toma de datos de campo de una forma seria y profesional ya que estas son el inicio de la evaluación y los resultados dependen de ellas en su totalidad.
- Se recomienda que los equipos, prestados por los gabinetes correspondientes de la universidad, presenten algún certificado de calibración, pues la calificación del estado del pavimento, depende en gran parte de los equipos usados.
- Para la medición de deflexiones, con la viga Benkelman, verificar que el extremo o la punta de la viga, se encuentre lo suficientemente apoyada sobre la superficie del pavimento, pues del contacto que tenga la punta de la viga con la superficie, dependerá la lectura del extensómetro.
- Verificar que el extensómetro este en contacto con el brazo de la viga, caso contrario se deberá regular el apoyo de la parte trasera de la viga hasta que el brazo y el extensómetro estén en contacto.