

DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN CON BASE EN LA DETERMINACIÓN DE ÍNDICES PARA LA RED VIAL NACIONAL DE COSTA RICA

Roy Barrantes Jiménez

Resumen

Con el fin de responder a la necesidad expresa de establecer herramientas que sirvieran de apoyo a la eventual creación de un sistema de administración de infraestructura en Costa Rica, la Unidad de Investigación del LanammeUCR desarrolló una metodología que permite definir estrategias de intervención a nivel de red, basándose en una modificación del método VIZIR desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) de Francia en 1972 y usado desde 1995 por el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT-Costa Rica y en la definición de tramos homogéneos a partir del índice de regularidad internacional (IRI). Con esta metodología fue posible calcular para cada tramo homogéneo de IRI otros importantes índices, tales como el índice de serviciabilidad presente (PSI), el índice de condición del pavimento (PCI), notas de calidad Q (VIZIR) y valores de deflexiones característicos para cada tramo dependiendo del tránsito promedio diario (TPD) de cada uno. Una vez conformada una gran base de datos con la caracterización funcional, estructural y de condición superficial, se establecieron estrategias de intervención en cada tramo homogéneo y se administró toda esta información en sistemas de información geográfica para su fácil manejo y actualización.

Palabras claves: IRI, índices, VIZIR, estrategias.

Abstract

In order to answer the need to establish tools that capable of offering support for the eventual creation of an Administration System of Infrastructure in Costa Rica, the Research Unit of the LanammeUCR developed a methodology that allows to define strategies of intervention at the network level for the main network of roads in Costa Rica. This methodology is based on a modification of the VIZIR method, developed by the Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) of France in 1972 and used by the Sectorial Planning Department of Costa Rica since 1995 and based also on the definition of homogeneous sections from the International Roughness Index (IRI). With this methodology it was possible to calculate for every IRI's homogeneous section other important indexes, such as the Present Serviciability Index (PSI), the Pavement Condition Index (PCI), the quality notes Q (from VIZIR) and typical values of deflections for every section, depending on the average daily traffic (TPD) on each one. With this complete database of information it was possible to establish, in each homogeneous section, a specific strategy of intervention such as maintenance, structural reinforcement or reconstruction. All this information was managed in a geographical information system for easy management and updating.

Keywords: IRI, indexes, VIZIR, strategies.

Recibido: 23 de noviembre de 2009 • **Aprobado:** 8 de junio de 2010

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta la metodología para brindar herramientas de gestión, aplicables a nivel de red, que permitan calcular distintos índices para la Red Vial Nacional. Estos índices calificarán las rutas nacionales de acuerdo con su capacidad

funcional (IRI), su nivel de serviciabilidad actual (PSI), su condición superficial (VIZIR/PCI), su volumen vehicular y su capacidad estructural. Esto permitirá formular estrategias de intervención objetivas y técnicamente sustentadas.

La metodología descrita aplicada se presenta en la Figura 1. Con ella se pudieron definir tramos

homogéneos con base en los valores del índice de regularidad internacional (IRI) para toda la Red Vial Nacional, utilizando las mediciones realizadas durante el año 2008. El propósito de utilizar esta metodología es que pueda ser reproducida de forma fácil y que permita establecer unidades de análisis para la toma de decisiones de tipo estratégico. En este caso particular, como se mencionó anteriormente, se utilizó el parámetro IRI, ya que el nivel de confianza sobre la calidad de la información es muy alto, en comparación con otros índices como el VIZIR, o con los datos de TPD suministrados por el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT-Costa Rica.

Los tramos homogéneos definidos se tratan como unidades básicas de análisis para el posterior cálculo de los distintos índices que caracterizan las rutas nacionales.

Para cada tramo homogéneo, definido con base en los valores de IRI, se calculó el valor del índice de serviciabilidad presente (PSI) y su equivalente conocido como la tasa de serviciabilidad presente (PSR) y se le agregó una descripción cualitativa de la superficie de ruedo con base en los modelos desarrollados por la AASHTO (1993).

En la Figura 2 se muestra la correlación existente entre los valores de PSI con los valores de IRI, para pavimentos flexibles. En este gráfico también es posible observar las bandas verticales que definen la condición del pavimento en una escala de grises.

La correlación propuesta entre los valores de IRI y PSI debe ser sujeta a calibraciones posteriores, sin embargo, el conocimiento de los valores de PSI aproximados para los tramos homogéneos, resulta de suma importancia ya que son muy buenos indicadores del nivel de servicio que las rutas están brindando a los usuarios. Estos valores del índice de serviciabilidad presente deben ser considerados al momento del diseño estructural de sobrecapas o rehabilitaciones de tipo refuerzo estructural. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos en el estudio, donde se aprecian las secciones de control de cada tramo, las rutas y el correspondiente valor de PSI asociado al valor del IRI característico para cada tramo.

2. METODOLOGÍA VIZIR Y DEFLEXIONES CARACTERÍSTICAS

En la metodología descrita en el método VIZIR (1991) se definen (capítulo II – *Desarrollo de Soluciones*) un grupo de nueve índices identificados con la letra *Q* y denominados como *notas de calidad del pavimento*, estos índices se determinan mediante la relación de la condición superficial medida por el *I_s* (índice de daño superficial) calculado por el método VIZIR y los rangos de deflexiones, *d1* y *d2*, que representan una medida indirecta de la capacidad estructural de los pavimentos.

Las notas de calificación que dependen del deterioro superficial y la capacidad estructural de los pavimentos se presentan en el Figura 4.

De acuerdo con lo definido en el método VIZIR los valores *d1* y *d2*, presentes en la Figura 4, corresponden a los límites de deflexión característicos para cada país y dependen de muchos factores como el clima, el tipo y espesor de los pavimentos, los suelos, las cargas de los vehículos, etc.

Se desarrolló en este estudio una propuesta para la definición de los valores *d1* y *d2* con el objetivo de crear una herramienta de calificación aplicable a nivel de red.

3. DEFINICIÓN DE LAS DEFLEXIONES CARACTERÍSTICAS PARA COSTA RICA

Debido a que las rutas que componen la Red Vial Nacional difieren entre sí, tanto por su importancia como por la cantidad de vehículos y estructura, fue necesario agruparlas y definir rangos de deflexiones que se ajusten a las características de cada subgrupo.

Para lograr definir los rangos de la capacidad estructural *d1* y *d2* que forman parte de la matriz de calificación del pavimento, reflejados por la deflectometría de impacto, se realizaron análisis de tránsito y diseños estructurales que permitieron calcular las deflexiones características de cada subgrupo de rutas.

El método utilizado que permitió determinar estos rangos fue el *Método de Vida Remanente*

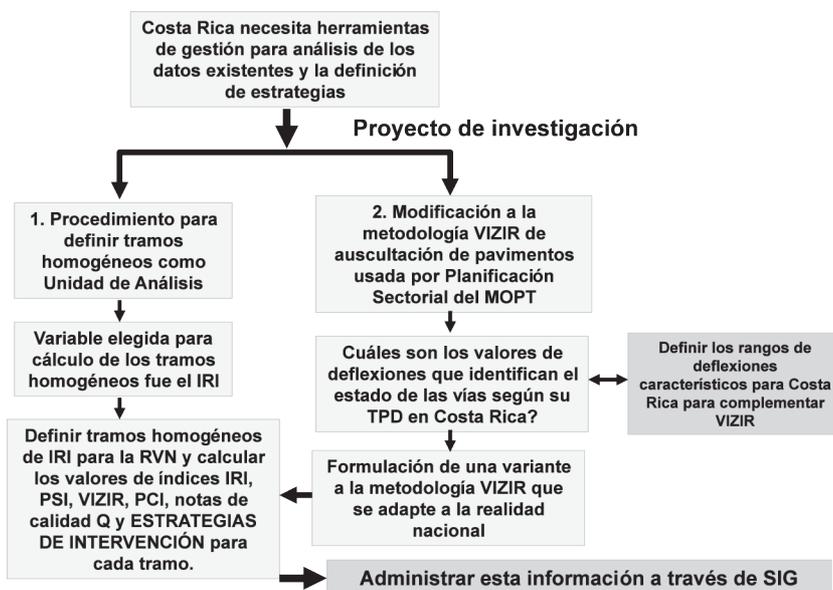


Figura 1. Esquema de la metodología aplicada en el estudio.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

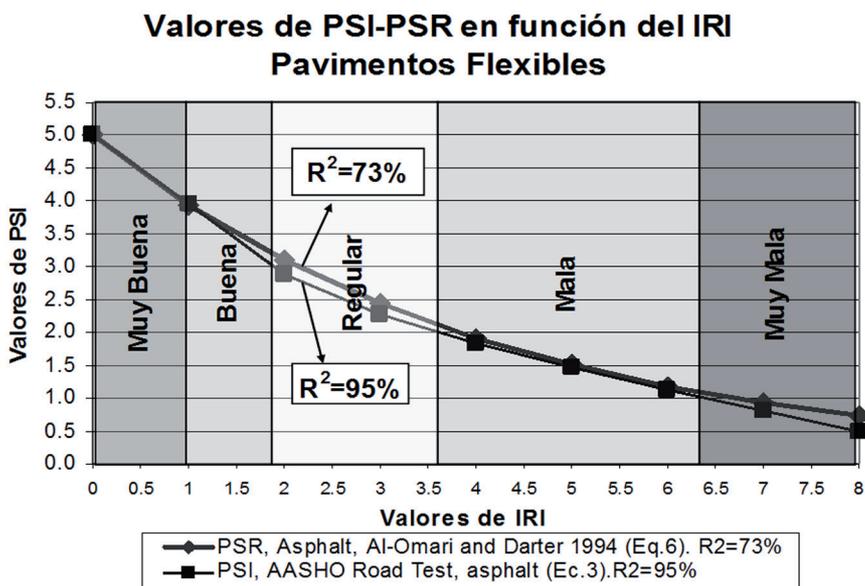


Figura 2. Curvas de los modelos de correlación entre el IRI y el PSI-PSR y la clasificación de las vías de acuerdo con los valores de los índices.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

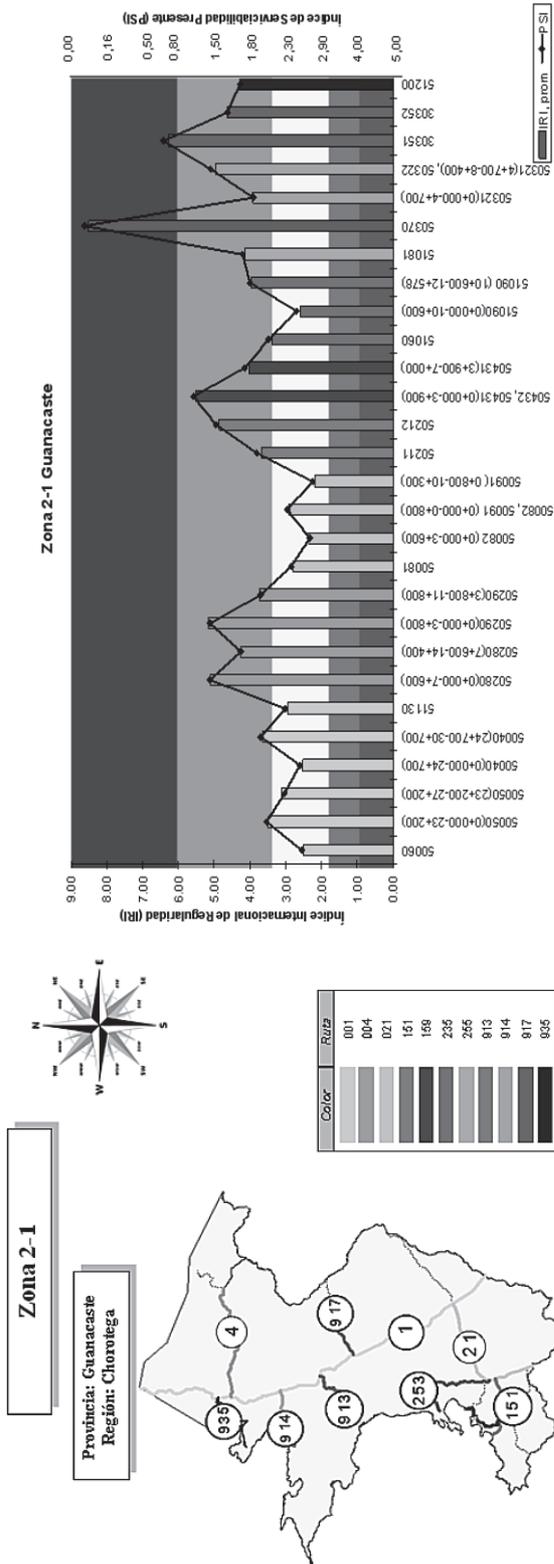


Figura 3. Determinación de los tramos homogéneos, valores de IRI y PSI para la zona 2-1 de Conservación Vial, Costa Rica 2008.

Fuente: (Barrantes, Loria, Sibaja y Porras, 2008).

Deflexión 10^{-2} mm Indice de daño superficial Is	d1		d2
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
1 - 2 Poca o ninguna fisura o deformación	Q1	Q3	Q6
3 - 4 Fisuras sin o con deformación. Deformaciones sin fisuras	Q2	Q5	Q8
5 - 6 - 7 Fisuras y deformación	Q4	Q7	Q9

Figura 4. Matriz de calificación del pavimento. Notas de calidad Q de acuerdo con el deterioro superficial y a las deflexiones características.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

Cuadro 1. Valores de deflexiones características calculadas por rango de TPD.

	Rangos de tránsito promedio diarios (TPD)	d1	d2	d3
		(mm 10^{-2})	(mm 10^{-2})	(mm 10^{-2})
Base granular	0 - 5 000	76,5	88,5	115,7
	5 000 - 15 000	70,8	83,3	112,9
	15 000 - 40 000	59,2	69,4	95,2
	Casos particulares	48,5	57,6	80,8

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

(AASHTO, 1993) el cual correlaciona pérdidas en la vida útil del pavimento con una disminución del número estructural calculado a través de un *Factor de Condición (CF)*.

Antes de mostrar el resultado de la definición de los valores d1 y d2, se debe aclarar que la evaluación superficial y estructural de los pavimentos son actividades distintas pero complementarias.

La medición de la calidad de un pavimento presenta una dificultad conceptual que depende del objetivo de la evaluación. Toda evaluación

de la condición estructural o bien de la condición funcional de una vía debe complementarse con métodos de auscultación visual basados en criterios de evaluación estandarizados, de modo que los resultados reflejen de modo integral la condición del tramo evaluado.

Una vez definido esto se realizaron más de sesenta diseños estructurales de pavimentos por el método descrito en AASHTO (1993), evaluando distintos valores de las variables de diseño y utilizando los valores conocidos del tránsito

provenientes del informe de *Encuesta de carga* (Ulloa, Badilla, Allen & Sibaja, 2007).

Los valores de deflexiones propuestos se calcularon tomando en consideración los niveles de tránsito (TPD) representativos de las principales vías nacionales que resultaron del estudio del informe de *Encuesta de carga* (Ulloa et al., 2007) donde se evaluaron los principales corredores viales del país por un lapso de dos años. Por último, se modelaron paquetes estructurales que representan un alto porcentaje de las estructuras de las rutas nacionales. De esta forma se proponen los siguientes valores de deflexiones características para Costa Rica, agrupadas de acuerdo con los rangos de TPD.

4. PROPUESTA PARA LA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

Una vez establecidas las deflexiones características para las rutas nacionales, se propone un modelo de calificación de rutas basado en las notas de calidad del método VIZIR, usado por el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT.

Este modelo permitirá calificar los tramos de estudio a nivel de red combinando las evaluaciones visuales realizadas anualmente con el método VIZIR con la evaluación bienal de la

Red Vial Nacional que realiza el LanammeUCR y que suministra valores de deflexiones medidas con el Deflectómetro de Impacto.

El modelo propuesto se resume en cuadros como el mostrado en la Figura 5.

5. DEFINICIÓN DE LAS NOTAS DE CALIDAD Q

En el modelo propuesto en este estudio se complementa el método VIZIR agregando un nuevo nivel de deflexiones, denominado d3, que marca el límite a partir del cual se considera que el tramo de estudio ha perdido completamente su capacidad de soportar las solicitaciones de carga y que corresponde a un valor de serviciabilidad final (PSI_{final}) igual a 1,5. Adicionalmente, con la incorporación de este nuevo límite de deflexiones se definen tres nuevas notas de calidad (QF-1, QF-2 y QF3) que tienen como propósito establecer condiciones donde es recomendable aplicar labores de reconstrucción.

Las demás notas de calidad son tomadas de aquellas definidas en el método del VIZIR, con unas leves modificaciones.

La definición de las notas de calidad se presenta en la Figura 6.

De esta forma se establecieron estrategias de intervención a nivel de red, clasificando los

TPD 0 - 5000				
Deflexión 10^{-2} mm	76.5	88.5	115.7	
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
1 - 2 Poca o ninguna fisura o deformación	Q1	Q3	Q6	QF-
3 - 4 Fisuras sin o con deformación. Deformaciones y fisuras	Q2	Q5	Q8	QF-
5 - 6 - 7 Fisuras y deformación	Q4	Q7	Q9	QF-

Figura 5. Notas de calidad para rango de deflexiones de 0 – 5 000 TPD.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

Q1, Q2 y Q3	Estas calificaciones significan que no hay nada que hacer o solamente trabajos de mantenimiento cuya solución será dada posteriormente en función del tráfico. Cuando hay solamente trabajos de impermeabilización a hacer, el índice de fisuración (If) interviene para determinar la fecha y el tipo de trabajo.
Q7, Q8 y Q9	Estas calificaciones significan que el pavimento demanda trabajos de refuerzo cuyo espesor (diseño estructural) depende del tráfico y de la capacidad estructural remanente de las vías.
Q4, Q5 y Q6	Estas calificaciones corresponden a zona de indeterminación, en la cual conviene hallar la causa que provoca la incoherencia entre la capacidad estructural y el examen visual. Puede resumirse esto de la siguiente manera: El pavimento presenta un daño pronunciado a pesar de tener una buena capacidad estructural. Conviene verificar algún factor de corrección de la deflexión, considerando variación estacional de módulos, correcciones por temperatura y el tipo de deterioro superficial encontrado (en particular aquel tipo de deformaciones que no están ligados con deformaciones plásticas). Dependiendo de este análisis será recalificado en Q2 (cuando tiene prioridad el aspecto estructural) o en Q7 (cuando tiene prioridad el deterioro superficial).
Q4	
Q5	El mismo análisis del caso anterior; se toman en cuenta las variables que puedan incidir en los valores de las deflexiones. Según la respuesta se reclasificará como Q3, Q7 y Q8.
Q6	El pavimento presenta una fuerte deflexión sin deterioro superficial aparente; para validar o invalidar el estado de la superficie, debe verificarse la edad del pavimento con fecha de los últimos trabajos, así como el nivel de tránsito. Según la respuesta se reclasificará en Q3 o Q8.
QF-1	En esta nueva categoría a pesar de que la condición superficial no presenta deterioros importantes el nivel de deflexiones es muy alto, evidenciando una pérdida total de vida estructural remanente. Esta condición se asocia con trabajos recientes que mejoraron la capacidad funcional sin ningún aporte estructural. Esta condición es poco duradera y rápidamente pasaría a la categoría QF-2 y requiere de intervenciones tipo reconstrucción en el mediano plazo para solucionar el problema de forma integral.
QF-2	En esta nueva categoría la condición superficial presenta deterioros de categoría intermedia y el nivel de deflexiones es muy alto, evidenciando una pérdida total de vida estructural remanente. Esta condición se asocia con trabajos recientes que mejoraron la capacidad funcional sin ningún aporte estructural pero que ya muestran deterioro considerable. Esta condición es poco duradera y rápidamente pasaría a la categoría QF-3 y requiere de intervenciones tipo reconstrucción en el corto plazo para solucionar el problema de forma integral.
QF-3	En esta nueva categoría la condición superficial presenta deterioros severos y el nivel de deflexiones es muy alto, evidenciando una pérdida total de vida estructural remanente y una condición superficial de intransitabilidad. Esta condición se asocia con trabajos recientes que mejoraron la capacidad funcional sin ningún aporte estructural pero que han fallado completamente. Esta condición requiere de intervenciones inmediatas de tipo reconstrucción.

Figura 6. Definiciones de las notas de calidad Q.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

Cuadro 2. Ejemplo de cuadros resumen del estudio (ZONA 2-1).

Zona	Tramo homogéneo	Código	Secciones de control	IRI	PSI	VIZIR	Deflexión tramo homogéneo	TDP del tramo homogéneo	Nota de calidad final	Estrategia de intervención	PCI aproximado
2-1	1	2100101	50060	2,50	2,5	4,0	28,0	1905	Q2	MANTENIMIENTO	45
2-1	2	2100102	50050 (0+000-23+200)	3,49	2,0	3,0	99,9	2522	Q8	REFUERZO	60
2-1	3	2100103	50050 (23+200-27+200)	3,12	2,2	4,0	116,2	2522		RECONSTRUCCIÓN	45
2-1	4	2100104	50040 (0+000-24+700)	2,52	2,5	5,0	125,1	Caso particular		RECONSTRUCCIÓN	30
2-1	5	2100105	50040 (24+700-30+700)		2,0	4,0	93,4	Caso particular		RECONSTRUCCIÓN	45
2-1	6	2100106	51130	2,94	2,3	5,0	110,3	8816	Q9	REFUERZO	30
2-1	7	2100401	50280 (0+000-7+600)		1,4	3,0	128,3	700		RECONSTRUCCIÓN	60
2-1	8	2100402	50280 (7+600-14+400)		1,7	3,0	82,5	700		INDETERMINACIÓN	60
2-1	9	2100403	50290 (0+000-3+800)		1,4	4,0	85,7	642		INDETERMINACIÓN	45
2-1	10	2100404	50290 (3+800-11+800)		1,9	3,0	81,1	642		INDETERMINACIÓN	60
2-1	11	2102101	50081	2,80	2,4	3,0	105,1	5888	Q8	REFUERZO	60
2-1	12	2102102	50082 (0+000-3+600)	2,37	2,6	5,0	145,7	5345		RECONSTRUCCIÓN	30
2-1	13	2102103	50082, 50091 (0+000-0+800)	2,92	2,3	5,0	133,0	5536		RECONSTRUCCIÓN	30

Cuadro 2. Continuación

2-1	14	2102104	50091 (0+800-10+300)	2,19	2,7	5,0	99,0	5726	Q9	REFUERZO	30
2-1	15	2115101	50211		2,0	5,0	112,2	3745	Q9	REFUERZO	30
2-1	16	2115102	50212		1,5	1,0	109,1	3280		INDETERMINACIÓN	90
2-1	17	2115901	50432, 50431 (0+000-3+900)		1,3	4,0	81,6	1363		INDETERMINACIÓN	45
2-1	18	2115902	50431 (3+900-7+000)		1,8	4,0	125,5	1755		RECONSTRUCCIÓN	45
2-1	19	2125301	51060	3,39	2,1	4,0	102,6	1380	Q8	REFUERZO	45
2-1	20	2125302	51090 (0+000-10+600)	2,60	2,5	6,0	96,2	1380	Q9	REFUERZO	15
2-1	21	2125303	51090 (10+600-12+578)		1,8	6,0	96,5	1380	Q9	REFUERZO	15
2-1	22	2191301	50370		0,3	6,0	139,3	50		RECONSTRUCCIÓN	15
2-1	23	2191401	50321 (0+000-4+700)		1,9	4,0	70,0	265		MANTENIMIENTO	45
2-1	24	2191402	50321 (4+700-8+400), 50322		1,5	6,0	63,7	297		INDETERMINACIÓN	15
2-1	25	2191701	50351		1,0	3,0	110,5	341	Q8	REFUERZO	60
2-1	26	2191702	50352		1,6	3,0	81,4	100		INDETERMINACIÓN	60
2-1	27	2193501	51200		1,7	1,0	103,7	200		INDETERMINACIÓN	90

Fuente: (Barrantes, Loria, Sibaja y Porras, 2008).

tramos de estudio como candidatas a MANTENIMIENTO, REFUERZO ESTRUCTURAL o RECONSTRUCCIÓN, dependiendo de su correspondiente nota de calidad asignada con la combinación de la condición superficial por el método VIZIR y el valor de deflexión medido con deflectometría de impacto.

6. DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN A NIVEL DE RED. RED VIAL NACIONAL DE COSTA RICA

El procedimiento que se siguió para determinar los índices de cada tramo homogéneo consistió en calcular los valores estadísticamente representativos de VIZIR provenientes de las bases de datos del

Departamento de Planificación Sectorial del MOPT y los valores de deflexiones características medidas con deflectómetro de impacto, para todos los tramos homogéneos calculados en este estudio.

El criterio de cálculo utilizado para asignar valores de VIZIR a los tramos homogéneos fue el de analizar la representatividad estadística de los datos medidos por el Departamento de Planificación Sectorial del MOPT para el año 2007 para las secciones de control, considerando que los tramos homogéneos fueron determinados por medio del IRI el cual corresponde a una medición indirecta del nivel de deterioro superficial de un pavimento.

Una vez caracterizados los tramos homogéneos por su índice de condición superficial (I_s) del VIZIR, se realizó un análisis

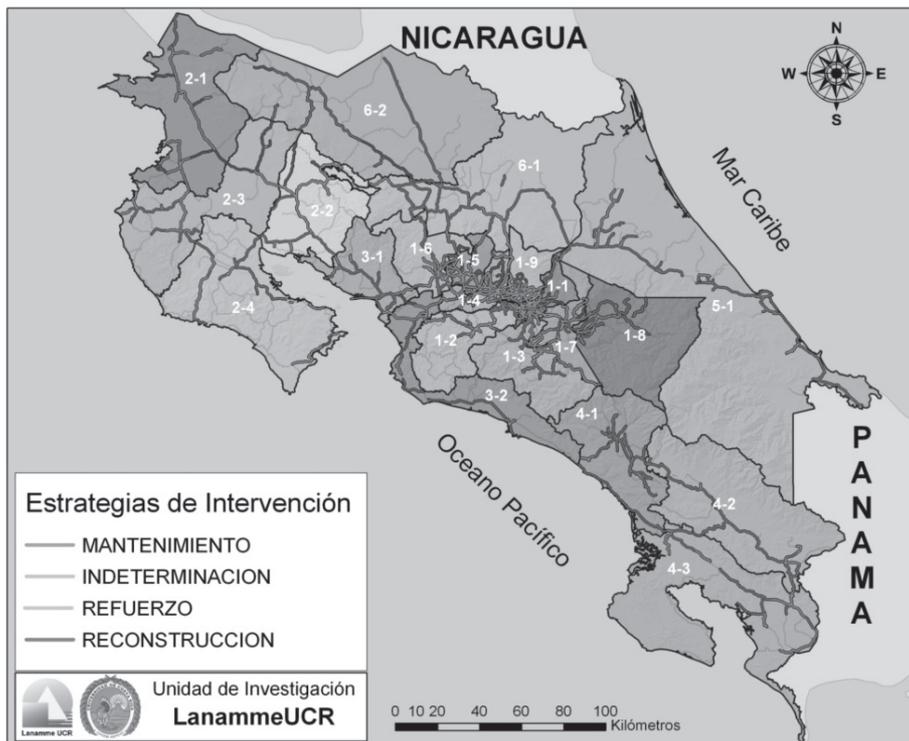


Figura 7. Mapa final de la información generada, muestra las rutas candidatas a mantenimiento, refuerzo estructural o reconstrucción.

Fuente: (Barrantes, Loría, Sibaja y Porras, 2008).

similar para asignar valores representativos de TPD, los cuales determinaron los rangos de deflexiones d1, d2 y d3 que se aplicaban de acuerdo con los cuadros mostrados anteriormente (Figura 5), así como los datos de deflectometría representativos; de esta forma, fue posible caracterizar los tramos homogéneos de acuerdo con su condición estructural, condición funcional, volumen vehicular, deterioro superficial y mediante la metodología del VIZIR modificada, lo que permitió plantear una estrategia de intervención a nivel de red para cada uno de los tramos homogéneos.

Considerando las características de los índices medidos, debería encontrarse una buena correlación entre los valores de los índices de deterioro superficial (VIZIR) y el de regularidad internacional (IRI), sin embargo, el Is del VIZIR no cuantifica algunos deterioros que tienen impacto directo en los valores de IRI, tales como abultamientos y hundimientos, corrugaciones y desplazamientos, etc., por lo que en este caso la correlación encontrada no es muy buena. En vista de la poca correlación encontrada entre el VIZIR y el IRI, la forma más completa de definir estrategias de intervención en los tramos homogéneos calculados sería mediante una combinación de ambos índices; siendo coherentes con el enfoque establecido por VIZIR, aquellos tramos donde el cálculo de la nota de calidad Q determine actividades de tipo REFUERZO o RECONSTRUCCIÓN, estas serían las estrategias más recomendadas, ya que una intervención de este tipo, en el tramo homogéneo, va a corregir por defecto cualquier irregularidad superficial, mejorando la capacidad funcional del tramo.

Cuando la estrategia definida por VIZIR modificado indique labores de tipo INDETERMINADAS o MANTENIMIENTO, antes de establecerlas como las estrategias finales se debe analizar el correspondiente valor de IRI, ya que, por ejemplo, valores de Q1, Q2 o Q3 (MANTENIMIENTO) con valores de IRI muy altos, de seguro van a requerir de intervenciones enfocadas al mejoramiento de la regularidad superficial, sin que la capacidad estructural sea una prioridad

inmediata en ese tramo; así mismo, valores de Q4, Q5 y Q6 (INDETERMINADOS) con valores de IRI muy bajos, probablemente indique fallas en las capas inferiores, donde la capacidad estructural ya ha disminuido y sea factible algún tipo de intervención que mejore la capacidad de soporte de las capas inferiores, sin que la regularidad superficial sea una prioridad inmediata.

Los resultados del análisis realizado se presentan en cuadros para cada zona semejantes al Cuadro 2.

La información mostrada en los cuadros generados en el estudio constituye información muy relevante a nivel de red, que permite plantear estrategias de intervención coherentes con la condición real de las rutas. El procesamiento de los datos existentes en el LanammeUCR y en la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, permitió generar la información mostrada y gracias a la definición de tramos homogéneos y su caracterización por medio de los distintos índices es posible plantear tácticas de intervención e inversión de los recursos de forma más racional y eficiente.

Finalmente, toda esta información fue procesada dentro de un software de información geográfica, lo cual permitió generar mapas como el mostrado en la Figura 7 y almacenar la información estadística y geográfica generada de forma rápida y eficiente, de esta forma se podrá actualizar y corregir la información de manera automática conforme se vaya mejorando el cálculo de los índices de condición superficial y los datos de TPD y por supuesto, se podrán ubicar con exactitud todos los tramos homogéneos calculados, así como toda la información procesada de los índices IRI, PSI, PCI, VIZIR, TPD y notas de calidad Q con su correspondiente estrategia de intervención para cada uno de los tramos.

CONCLUSIONES

1. Con la metodología propuesta es posible establecer estrategias de intervención a nivel de red considerando la condición de la vía de

forma integral, ya que se califican los tramos homogéneos tomando en cuenta su condición estructural, su condición funcional, su nivel de deterioro superficial y el volumen vehicular presente.

2. De los tramos homogéneos analizados en el estudio, un alto porcentaje califican como candidatos a REFUERZO ESTRUCTURAL o RECONSTRUCCIÓN, por lo que se debe reevaluar su inclusión dentro del esquema establecido actualmente como rutas para conservación vial.
3. Se debe introducir en Costa Rica el cálculo de índices de deterioro superficial más detallados (PCI) y mejorar el conocimiento del volumen vehicular (TPD) de las rutas nacionales.
4. En el caso de tramos homogéneos con calificaciones de tipo Q1, Q2 o Q3 (MANTENIMIENTO) asociados con valores de IRI altos, se deben hacer estudios más detallados in situ pasando a ser esto un análisis a nivel de proyecto.
5. En el caso de las notas de calidad Q7, Q8 o Q9 (REFUERZO ESTRUCTURAL), QF-1, QF-2 y QF-3 (RECONSTRUCCIÓN) son obligatorias sobre los valores de IRI, ya que una intervención distinta a la indicada por la nota Q no sería económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Guide for design of pavement structures*. Washington DC: AASHTO.
- American Society for Testing and Materials. (2003). D 6433: *Prácticas estandarizadas para evaluar el índice de condición de*

pavimentos en carreteras y parqueos. West Conshohocken PA 19428-2959: ASTM.

- Barrantes, R., Loría, L., Sibaja, D. & Porras, J. (2008). *Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices para la red vial nacional* (Proyecto # UI-PI-04-08). San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- Barrantes, R., Badilla, G. & Sibaja, D. (2008). *Propuesta de rangos para la clasificación de la red vial nacional*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- Ulloa, A., Badilla, G., Allen, J. & Sibaja, D. (2007). *Encuesta de carga*. Unidad de Investigación (Proyecto #PI-01-PIIVI-2007). San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- VIZIR. (1991). *Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier*. París: Laboratoire central de ponts et chaussées, 63 p.

SOBRE EL AUTOR

Roy Barrantes Jiménez

Ingeniero, Unidad de Investigación en Infraestructura Vial
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
Correo electrónico: rbarrantes@lanamme.ucr.ac.cr / roy.barrantes@ucr.ac.cr