



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES

INFORME DE AVANCE
DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA CONSERVACIÓN VIAL
EN LA MUNICIPALIDAD DE MONTES DE OCA

LM-PI-UM-01-10

Realizado por:

Unidad de Gestión Municipal
Programa de Infraestructura del Transporte

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio,
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica
Tel: (506) 2511-4971
Fax: (506) 2511-4442

San José, Costa Rica
Julio, 2010

ÍNDICE GENERAL

1. Antecedentes	4
1.1. Asesoría Técnica:	4
1.2. Capacitación:	4
1.3. Venta de Servicios:	4
1.4. Recursos Financieros:	5
1.5 Ley 8114: Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal:.....	5
2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial.....	5
3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Montes de Oca	7
3.1. Objetivo:.....	7
3.2. Actividades:.....	7
3.2.1. Clasificación de la RVC	7
3.2.2. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular	9
3.2.3. Identificar condición funcional.....	10
3.2.3.1. Deterioro Superficial (Vizir).....	10
3.2.3.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	15
3.2.3.3. Drenajes	17
3.2.4. Identificar condición estructural.....	18
3.2.5. Caracterizar la estructura del pavimento	20
3.2.5.1. Estructura del pavimento	20
3.2.5.2. Caracterización de la subrasante del pavimento.	22
3.2.5.3. Clasificación de subrasante según CBR.....	24
3.2.5.4.....	25

Definir tramos homogéneos.....	25
4. Bibliografía	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de proceso de gestión vial.....	6
Figura 2. Distritos del cantón de Montes de Oca.....	8
Figura 3. Clasificación de la RVC de Montes de Oca.....	8
Figura 4. Cables y contadores automáticos en sitio.	10
Figura 5. Configuración de los contadores.....	10
Figura 6. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR	11
Figura 7. Niveles de gravedad de deterioros Tipo B	12
Figura 8. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR	13
Figura 9. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR.....	14
Figura 10. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial.....	15
Figura 11. Perfilómetro Inercial Láser	15
Figura 12. Resultados de la evaluación del IRI en los distritos de Mercedes y San Pedro	16
Figura 13. Resultados de la evaluación del IRI en los distritos de Sabanilla y San Rafael	16
Figura 14. Equipo de deflectometría de impacto.....	18
Figura 15. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una base granular	19
Figura 16. Puntos de evaluación de deflexiones de las vías primarias y secundarias de RVC de Montes de Oca.	19
Figura 17. Ejemplo de estructura de pavimento.....	20
Figura 18. Sitios de sondeos sobre vías primarias y secundarias de la RVC de Montes de Oca.....	21
Figura 19. Tipo de suelo (SUCS) en sitios de sondeo realizados en la RVC Montes de Oca.....	22
Figura 20. Tipo de suelo (AASHTO) en sitios de sondeo realizados en la RVC Montes de Oca.....	23
Figura 21. Prueba de CBR en sitio.....	24
Figura 22. Categoría de CBR para la subrasante en la RVC de Montes de Oca.	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación según el valor del Índice de Rugosidad Internacional ...	17
Tabla 2. Espesores de las capas del pavimento según los sondeos realizados	21
Tabla 3. Clasificación del tipo de suelo de la subrasante obtenido a partir de .	23
muestras tomadas.....	23
Tabla 4. Clasificación cualitativa según los valores de CBR de la subrasante.	24

Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Montes de Oca

1. Antecedentes

La ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, asigna a la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), la responsabilidad de velar por la calidad y la eficiencia de la inversión pública destinada a conservar y desarrollar la red vial nacional. Con este propósito, el **LanammeUCR** realiza tareas de fiscalización, evaluación, investigación y transferencia de tecnología.

La ley No. 8603 modificó el Artículo el artículo 6 de la ley No. 8114 con el siguiente texto: *“Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal y en lo que razonablemente sea aplicable, las municipalidades y la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Lanamme, podrán celebrar convenios que les permita realizar, en la circunscripción territorial municipal, tareas equivalentes a las establecidas en los incisos anteriores (La Gaceta 196, 2007).”*

La Municipalidad de Montes de Oca solicitó el apoyo técnico del LanammeUCR para elaborar el Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal para el período 2010-2014.

Con el propósito de unir esfuerzos para lograr objetivos comunes, la Municipalidad de Montes de Oca y la Universidad de Costa Rica convienen en suscribir una Carta de Entendimiento, que presenta las siguientes actividades principales:

1.1. Asesoría Técnica:

El LanammeUCR brindará asesoría técnica a la Municipalidad para realizar las siguientes actividades:

1. Evaluar la operación y uso de la red vial cantonal de Montes de Oca.
2. Evaluar la condición superficial y estructural de los pavimentos existentes.
3. Desarrollar e implementar una metodología para clasificar y priorizar la RVC.
4. Definir políticas y Normas de Ejecución para conservar la RVC.
5. Definir y diseñar las intervenciones técnicas de los proyectos a ejecutar.
6. Elaborar un Plan de Inversiones para implementar el Plan de Conservación.
7. Definir Indicadores de Evaluación del Cumplimiento del Plan de Conservación.

1.2. Capacitación:

LanammeUCR brindará capacitación a los funcionarios municipales y líderes comunales involucrados en el desarrollo e implementación del Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal.

1.3. Venta de Servicios:

LanammeUCR realizará sondeos a cielo abierto, recolección de muestras y ensayos de laboratorio, para conocer y evaluar las estructuras de pavimento que conforman la Red Vial Cantonal.

1.4. Recursos Financieros:

La Municipalidad asignará un monto específico de recursos monetarios para realizar sondeos y ensayos de laboratorio.

Para desarrollar las actividades específicas de Asesoría Técnica, Capacitación y Venta de Servicios, las partes suscribirán Acuerdos de Implementación; en donde se especificarán las actividades a realizar, los productos a obtener, y los recursos humanos y financieros requeridos. Estos Acuerdos de Implementación serán aprobados por los responsables asignados por las partes para la implementación de esta Carta de Entendimiento.

1.5 Ley 8114: Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal:

Este reglamento regula el uso de los fondos asignados por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria en cuanto a la inversión pública en la red vial cantonal. El reglamento establece las distintas funciones que debe desempeñar la Unidad Técnica de Gestión Vial Cantonal (UTGVC).

En el artículo 14 se estipulan las funciones que debe cumplir la UTGVC. Una de las principales funciones con las que debe cumplir es el laborar y ejecutar los planes y programas de conservación y de desarrollo vial, dichos planes deben considerar criterios técnicos para priorizar los caminos a intervenir.

Además debe realizar y actualizar el inventario de la red vial del cantón y elaborar un expediente de caminos en donde se detalle la fecha, el tipo y el costo de la intervención. Así mismo, debe establecer un programa de verificación de calidad que garantice el uso eficiente de los recursos, por lo que es necesario evaluar la condición de la red de manera periódica con el fin de verificar el desempeño de las intervenciones realizadas al transcurrir el tiempo.

2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial

La gestión de pavimentos debe ser capaz de ser usada por el organismo a cargo de la gestión de infraestructura y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales y de la red en que se encuentran insertos dichos proyectos individuales y de la red.

Por otra parte, la utilización de un adecuado sistema de gestión sobre los caminos permitirá obtener el óptimo rendimiento de los recursos invertidos, valorando para tal efecto a los diversos costos involucrados. Para conseguir un adecuado sistema de gestión es útil conocer algunos de sus requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos así como modificarlo con nueva información sin mayor complicación.
- Capacidad de considerar estrategias alternativas dentro de la evaluación.
- Capacidad de identificar la estrategia o alternativa óptima.
- Capacidad de basar sus decisiones en procedimientos racionales, con atributos, criterios y restricciones cuantificables.
- Capacidad de usar información de retroalimentación para conocer las consecuencias de las decisiones.

3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Montes de Oca

3.1. Objetivo:

Realizar una evaluación de la RVC de Montes de Oca, para obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial de la red. El diagnóstico también es insumo para definir los objetivos y metas institucionales, con el objetivo principal de desarrollar un plan quinquenal de conservación de la RVC de Montes de Oca.

3.2. Actividades:

Las actividades para realizar el diagnóstico de la RVC son seis pasos con productos asociados, a continuación se presentan las actividades para realizar el diagnóstico.

1. Clasificación de la red vial cantonal (RVC).
2. Determinar tránsito (TPD) y clasificación vehicular.
3. Identificar condición funcional.
4. Identificar condición estructural.
5. Caracterizar la estructura del pavimento.
6. Definir tramos homogéneos.

3.2.1. Clasificación de la RVC

Se evalúa el uso y operación de la RVC, y se categorizan las rutas según su función o importancia. Las vías se dividen en las siguientes categorías:

- RVN: Rutas nacionales (Red Vial Nacional).
- Rutas de travesía: Unen dos secciones de RVN.
- RVC primaria: Brindan movilidad dentro de la ciudad.
- RVC secundaria: Colectoras, conectan vías primarias y terciarias.
- RVC terciaria: Brindan acceso a propiedades y casas.

La clasificación se determina con la experiencia de la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Montes de Oca (UTGVM). Se adjunta un mapa con la clasificación de la RVC de la Municipalidad de Montes de Oca.

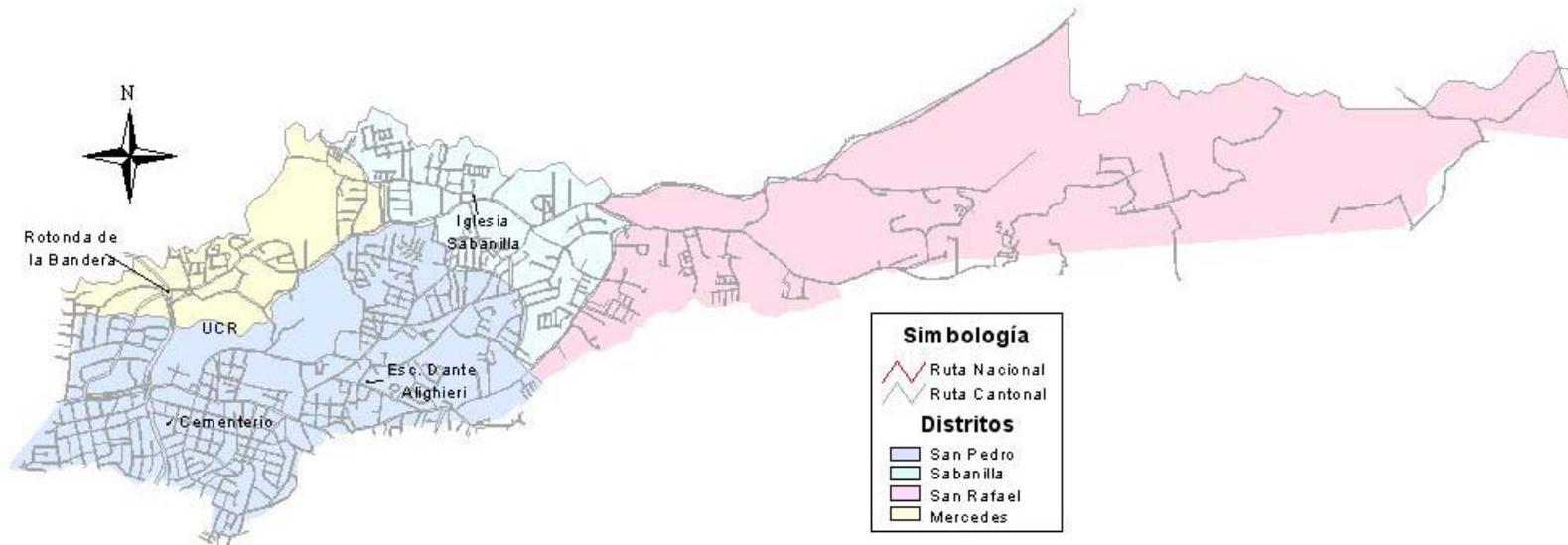


Figura 2. Distritos del cantón de Montes de Oca (Fuente: LanammeUCR, 2009).

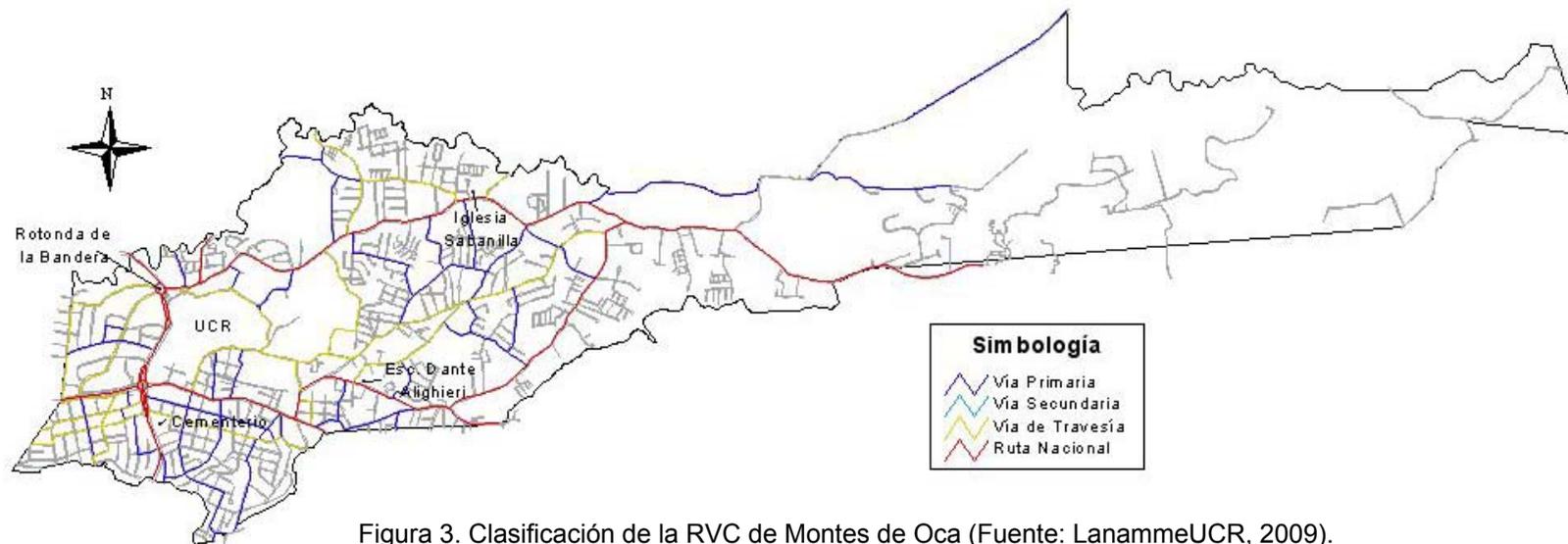


Figura 3. Clasificación de la RVC de Montes de Oca (Fuente: LanammeUCR, 2009).

El enfoque del diagnóstico, así como del análisis de los datos asociados a la red se orienta hacia las vías primarias y secundarias del cantón, no obstante, se aclara que las vías que no se contemplan en el presente estudio y son parte de la red vial cantonal deben ser gestionadas a través de otra estrategia de conservación debido al bajo flujo vehicular que se presenta sobre estas mismas.

3.2.2. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular

Conocer las principales características del tránsito, tanto en cantidad como tipo de vehículos, que circulan sobre la red vial cantonal es fundamental para el planeamiento de la inversión a realizar sobre las diferentes vías. Datos actualizados del tráfico permiten establecer la demanda vehicular de las diferentes rutas, la cual está estrechamente relacionada con el diseño de la estructura del pavimento necesaria o con la aplicación de medidas correctoras de rehabilitación o mantenimiento oportunas. Es por esto que el desarrollar el hábito de medir el tránsito al menos cada dos años en puntos estratégicos de la red es esencial para una adecuada gestión vial.

Para determinar el TPD se deben realizar conteos vehiculares que incluyan la clasificación vehicular en vías representativas de la RVC. El propósito de los conteos de tránsito es conocer la cantidad y tipos de vehículos que transitan por la RVC. *La UTGV de la Municipalidad de Montes de Oca es responsable de realizar los conteos diarios y horarios necesarios*, esta información es indispensable para la realización de un correcto diagnóstico de la red vial. Actualmente, se cuenta con la información obtenida durante unas horas del día, sin embargo, para poder estimar volúmenes diarios es necesario realizar conteos de 24 horas.

Los sitios de conteo vehicular, se establecen en las vías de la red vial cantonal en estudio que proporcionan los flujos vehiculares característicos de la red en estudio.

Se deben realizar conteos vehiculares manuales durante la hora pico de la mañana, igual es necesario que la UTGV realice conteos diarios utilizando el equipo de MetroCount, facilitado por el LanammeUCR, después de recibir una capacitación, esto con el objetivo de calibrar los conteos realizados manualmente. Entre los aspectos que se deben considerar para realizar los conteos de tránsito se encuentran:

- Realizar los conteos durante periodos de tránsito normal, nunca en vacaciones o feriados.
- Deben realizarse en días laborales (lunes a viernes). Preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Tomar en cuenta ambos periodos de hora pico en los conteos.
- Escoger los sitios de mayor flujo vehicular de la calle o tramo a evaluar.

El volumen y tipo de tránsito cambian continuamente; por lo tanto, los conteos se deben actualizar periódicamente.

Se presentan dos figuras de los contadores automáticos colocados en las vías, y las configuraciones recomendadas en campo para la clasificación vehicular.



Figura 4. Cables y contadores automáticos en sitio. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

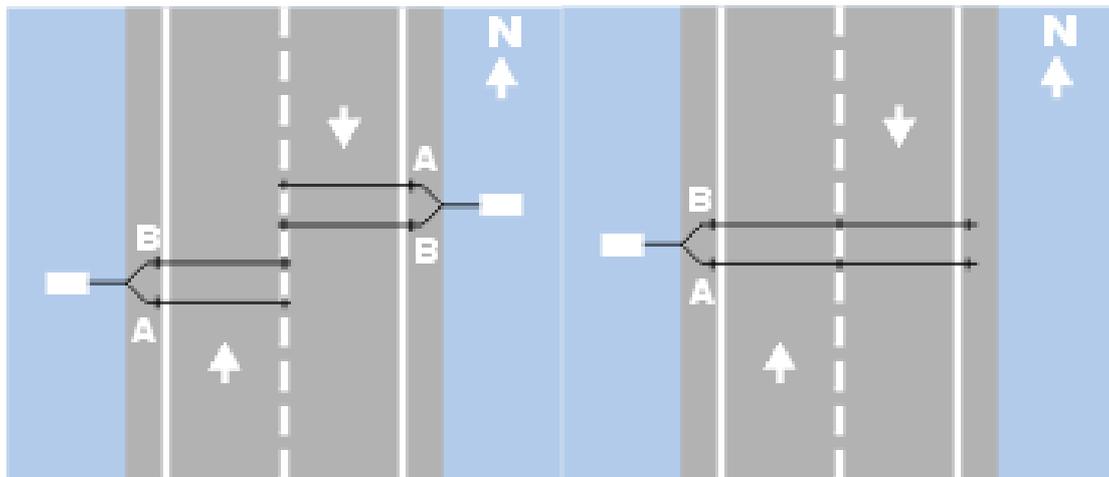


Figura 5. Configuración de los contadores. (Fuente: LanammeUCR, 2008).

El esquema de la izquierda muestra la configuración ideal, el de la derecha muestra una configuración que resulta en pérdida de precisión.

3.2.3. Identificar condición funcional

La parte funcional se refiere a la capacidad de la vía para cumplir la función de proporcionar un nivel de servicio a los usuarios, con respecto a funcionalidad, se van a medir tres variables:

1. Deterioro Superficial (Vizir).
2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
3. Drenajes

3.2.3.1. Deterioro Superficial (Vizir)

La evaluación consiste en la identificación y clasificación de los deterioros superficiales (visuales) de los pavimentos, que ocasionan que la circulación vehicular sea menos segura y confortable y que los costos de operación y tiempos de viaje sean mayores.

Para cuantificar los daños es necesario que el personal de la municipalidad recorra las vías en estudio y realice la evaluación con capacitación previa del personal de Proyecto Municipal del LanammeUCR, esto con el objetivo de realizar un levantamiento de daños dividiéndolos en dos categorías: a) Daños Estructurales, b) Daños Superficiales.

La metodología VIZIR, es una metodología de auscultación visual. Se recomienda contar con un catálogo fotográfico de toda la RVC cada 50 metros, que incluya la superficie de la vía de rodamiento y un archivo fotográfico de los drenajes. Esto puede servir como insumo para analizar condición funcional de toda la RVC y su evolución con el tiempo. La metodología VIZIR se basa en los dos tipos de daños: estructurales (Tipo A) y superficiales (Tipo B), además contempla la gravedad y dimensión del daño.

La metodología se basa en el siguiente esquema de clasificación de deterioros.

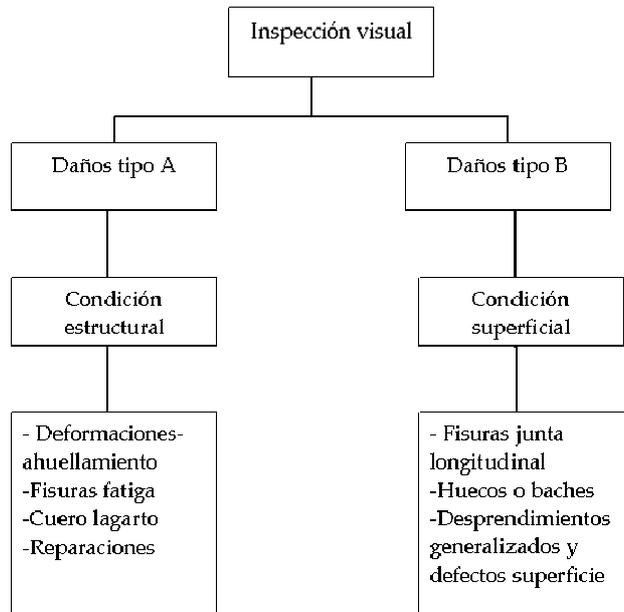


Figura 6. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR
(Fuente: LanammeUCR, 2008).

La Figura 7 muestra como determinar los diferentes niveles de gravedad de los distintos tipos de deterioros superficiales (Tipo B), los deterioros tipo A se determinan con criterios similares a los utilizados para evaluar los deterioros estructurales.

NIVELES DE GRAVEDAD DE LOS DETERIOROS DEL TIPO B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1		2		3	
						
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm o más) sin desprendimiento o Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas d borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos	F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> Perdida de película de ligante Perdida de agregados 	Perdidas aisladas		Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Area (m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> de mortero de agua 	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros del tipo A

Figura 7. Niveles de gravedad de deterioros Tipo B (Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras).

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de daños superficiales, con respectivos índices de gravedad, acorde con la metodología VIZIR.

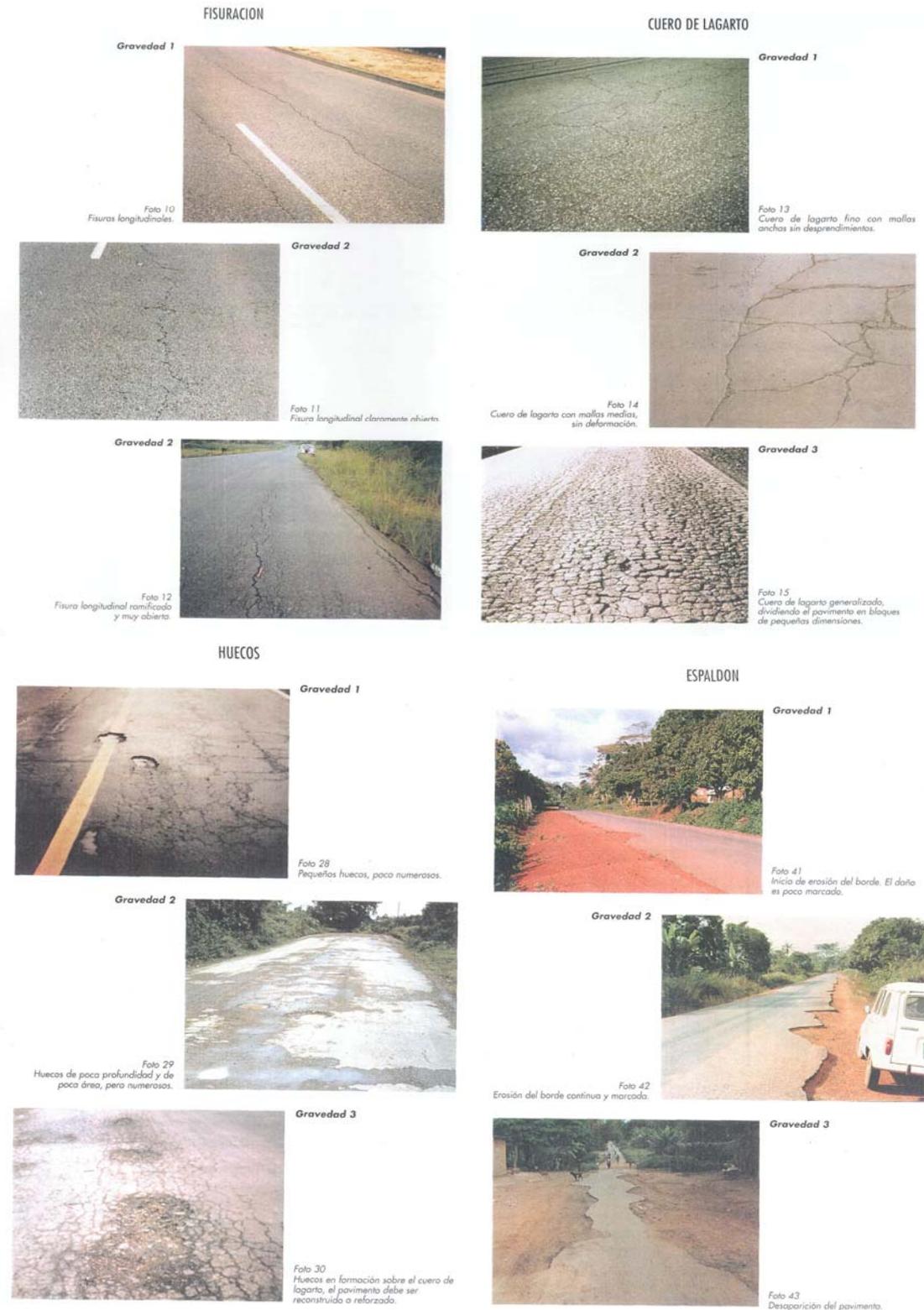


Figura 8. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR (Fuente: VIZIR, técnicas y métodos).

La metodología VIZIR cuenta con dos índices: índice de deformación e índice de fisuración. La Figura 9 muestra como se combinan ambos índices para obtener el respectivo índice de deterioro superficial o daño.

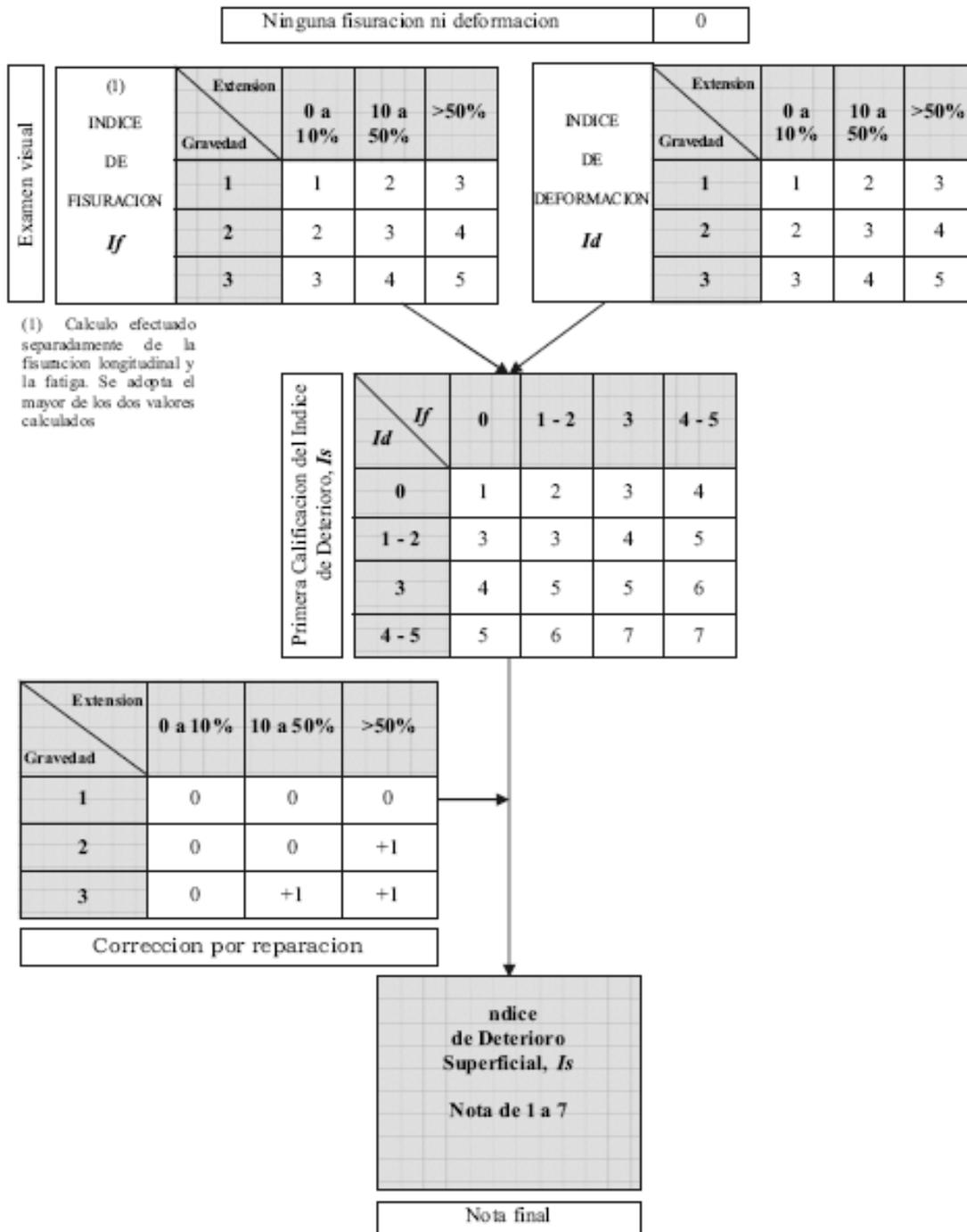


Figura 9. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR (Fuente: VIZIR, técnicas y métodos).

3.2.3.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El IRI es utilizado en muchos países como parámetro de aceptación de obras así como para la gestión de pavimentos. Este índice está relacionado con los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la regularidad de un camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS), para una velocidad de desplazamiento de 80 Km./h. El IRI aumenta conforme la rugosidad aumenta, como se representa en la Figura 10.

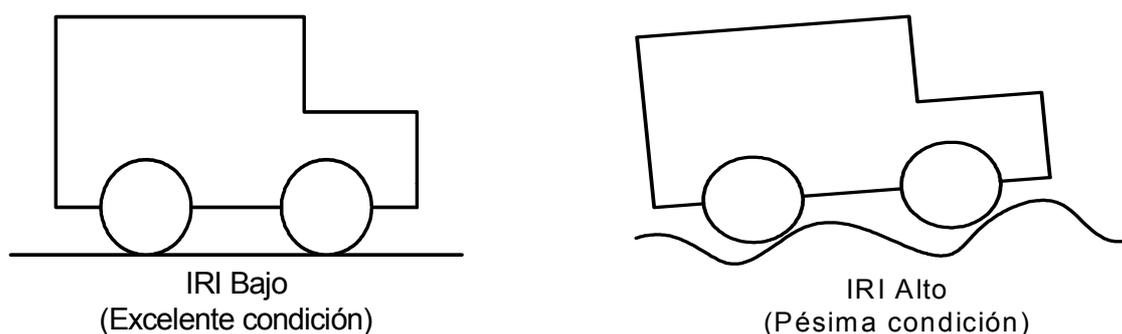


Figura 10. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial (Fuente: LanammeUCR, 2008).

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino. Para ser precisos se debe especificar cada qué longitud se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios.

El equipo utilizado para la medición del IRI es del tipo perfilómetro inercial. Estos son equipos de alto rendimiento que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento.

El equipo perfilómetro inercial láser propiedad del LanammeUCR mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte de adelante del vehículo. A continuación se muestra un esquema del funcionamiento del equipo y una imagen del equipo.



Figura 11. Perfilómetro Inercial Láser (Fuente: LanammeUCR, 2008).

Se realizaron medidas de IRI cada 25 metros sobre la RVC de Montes de Oca, esta evaluación se realizó con el perfilómetro láser del LanammeUCR durante los meses de enero y febrero del 2009, abarcando la red vial cantonal primaria y secundaria con una longitud aproximada de 27 Km. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

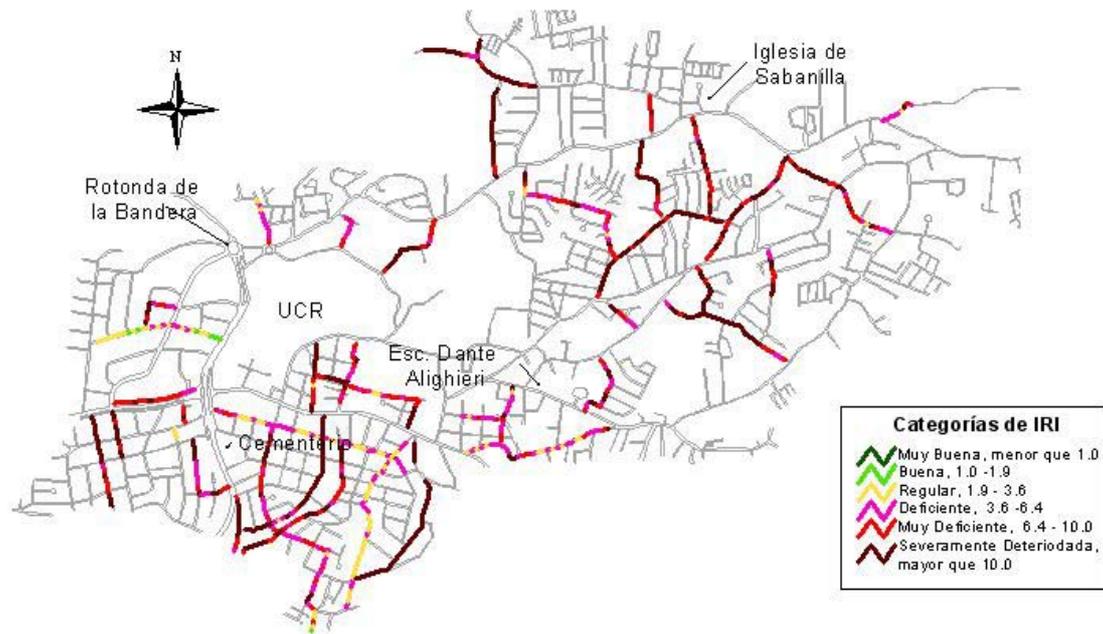


Figura 12. Resultados de la evaluación del IRI en los distritos de Mercedes y San P edro (Fuente: LanammeUCR, 2009).

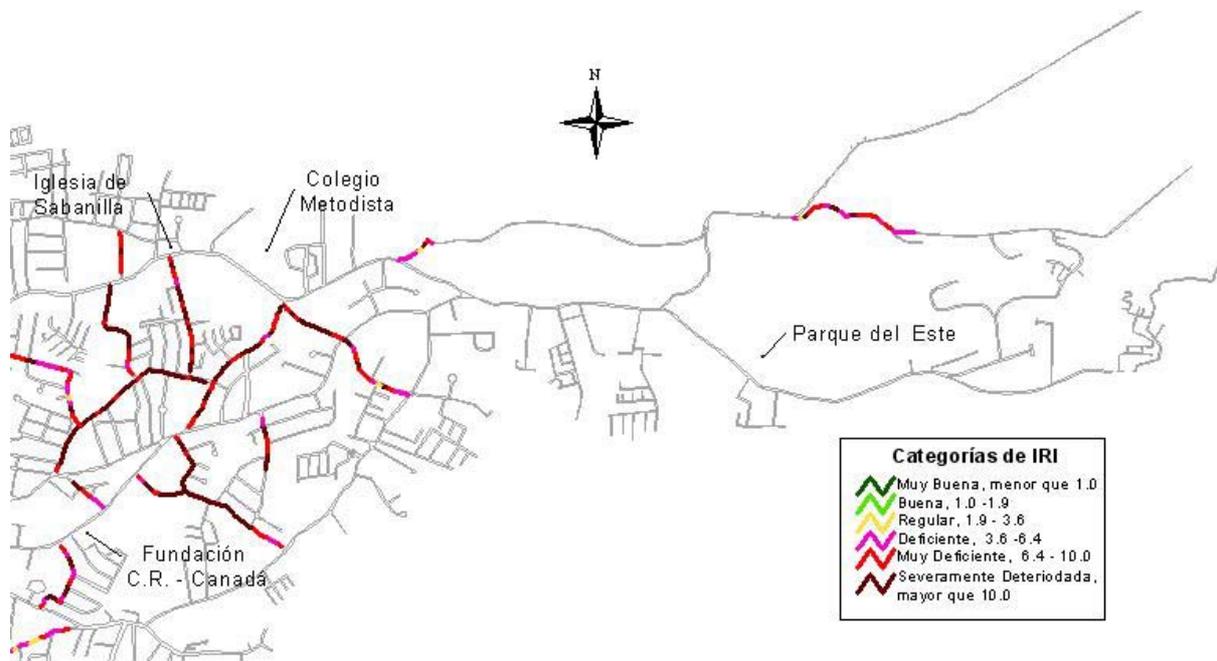


Figura 13. Resultados de la evaluación del IRI en los distritos de Sabanilla y San Rafael (Fuente: LanammeUCR, 2009).

La clasificación cualitativa utilizada en las figuras anteriores se relaciona con los valores o rangos de IRI que se presentan en la Tabla 1, la cual es una adaptación de la escala determinada a partir de una investigación realizada parte de funcionarios de la unidad de investigación del LanammeUCR en el año 2008.

Tabla 1. Clasificación según el valor del Índice de Rugosidad Internacional

Valor (m/km)	Condición
Menor a 1,0	Muy Buena
1,0 - 1,9	Buena
1,9 – 3,6	Regular
3,6 – 6,4	Deficiente
6,4 – 10,0	Muy Deficiente
Mayor a 10,0	Severamente Irregular

Fuente: Adaptación de Estudio LanammeUCR, 2008

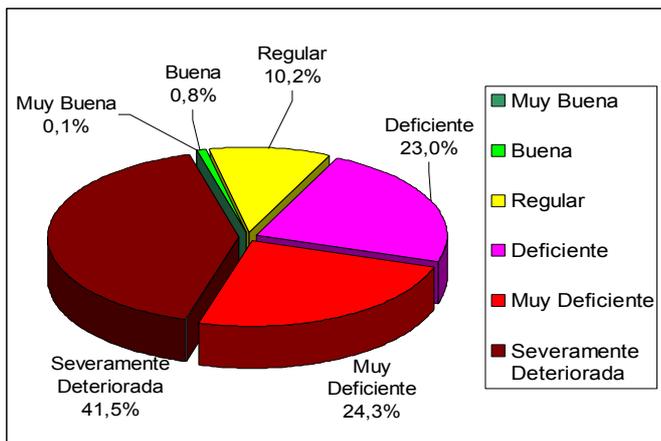


Figura 14: Estado de la red evaluada según Índice de Regularidad Superficial (IRI)
Fuente: LanammeUCR, 2010

En la Figura 14 se observa que más de dos terceras partes de la red evaluada presenta un IRI bastante desfavorable para el usuario, ya que son vías que poseen un IRI superior a 6,4 m/km, lo que implica una superficie de ruedo inconfortable y aumento en los costos de operación de los vehículos que transitan. Lo más preocupante es que un 41,5% presenta valores de IRI superiores a 10,0 m/km, lo cual es una condición de irregularidad realmente preocupante. Por otro lado, únicamente el 11,1% presenta condiciones de IRI aceptable con valores inferiores a 3,6 m/km.

3.2.3.3. Drenajes

El agua no drenada altera las propiedades de los materiales en las calles y facilita su rápida deformación y destrucción: hace perder resistencia a la base y suelos, además desestabiliza los terraplenes y taludes.

El agua de lluvia, o de cualquier otra fuente, debe ser drenada rápidamente de la carretera; el sistema de drenaje garantiza más vida útil al camino o carretera. Costa Rica es un país sumamente lluvioso, por tanto, el factor drenaje es muy relevante.

Se recomienda que la UTGV recopile fotografías para que elabore un catálogo fotográfico de toda la RVC cada 50 metros, en el que se pueda observar la superficie de rodadura y el estado de los drenajes.

Es importante contar con un inventario del tipo de drenaje con el que cuentan las vías, por ejemplo un catálogo de drenajes, para poder determinar su cambio de estado con

el pasar del tiempo, nivel de deterioro y otros detalles importantes poder asignar períodos de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de estos elementos.

Al realizar la evaluación para determinar el índice de deterioro a partir de la metodología Vizir, se realiza una evaluación general del estado de los drenajes, por lo que a partir de esta información es posible tener una idea general del estado de los drenajes a nivel de red.

El objetivo último de contar con la información del estado de los drenajes es poder incorporarlos con los demás elementos que conforman la vía, con el fin de maximizar los recursos disponibles.

3.2.4. Identificar condición estructural

En ésta sección se menciona la metodología aplicada, necesaria para determinar la capacidad estructural de un pavimento. La misma está directamente relacionada con la respuesta ante las cargas a las que se ve expuesto. Menores deflexiones implican mayor capacidad del pavimento ante las cargas del tránsito.

Las mediciones se realizaron con el equipo deflectómetro de impacto (FWD, por sus siglas en inglés), tomando mediciones cada 50 metros en el año 2009. El procedimiento consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones en nueve puntos, con diferentes distancias con respecto al punto donde se aplicó el impacto. A continuación se muestran dos imágenes con el equipo de medición y los puntos donde se miden las deflexiones.

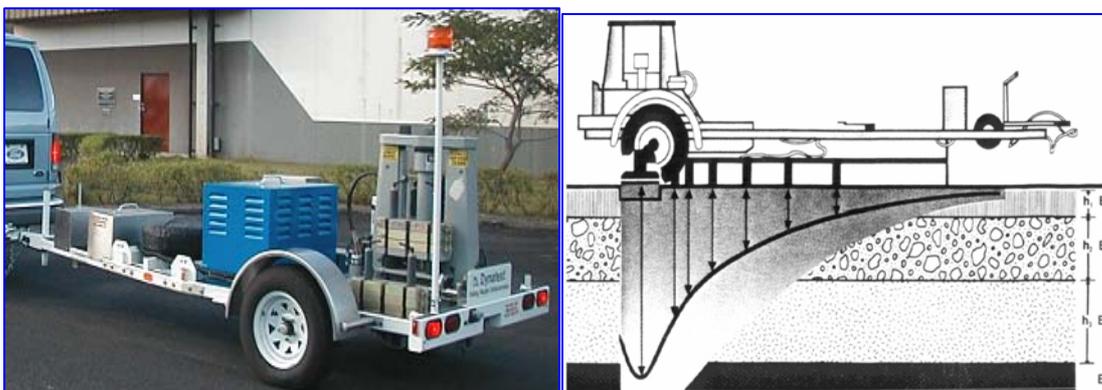


Figura 15. Equipo de deflectometría de impacto (Fuente: LanammeUCR, 2008).

En un estudio realizado por LanammeUCR (Mayo, 2008), se determinaron rangos para las diferentes deflexiones asociadas a distintos rangos de TPD. En la Figura 16 se presenta los rangos obtenidos, los cuales dependen del volumen de tránsito y del tipo de estructura.

Para realizar la clasificación por deflectometría en la RVC de Montes de Oca, se requiere contar con la información referente al tránsito vehicular para conteos de 24 horas, información pendiente, por lo que solamente se presentan los puntos donde se realizó la evaluación.

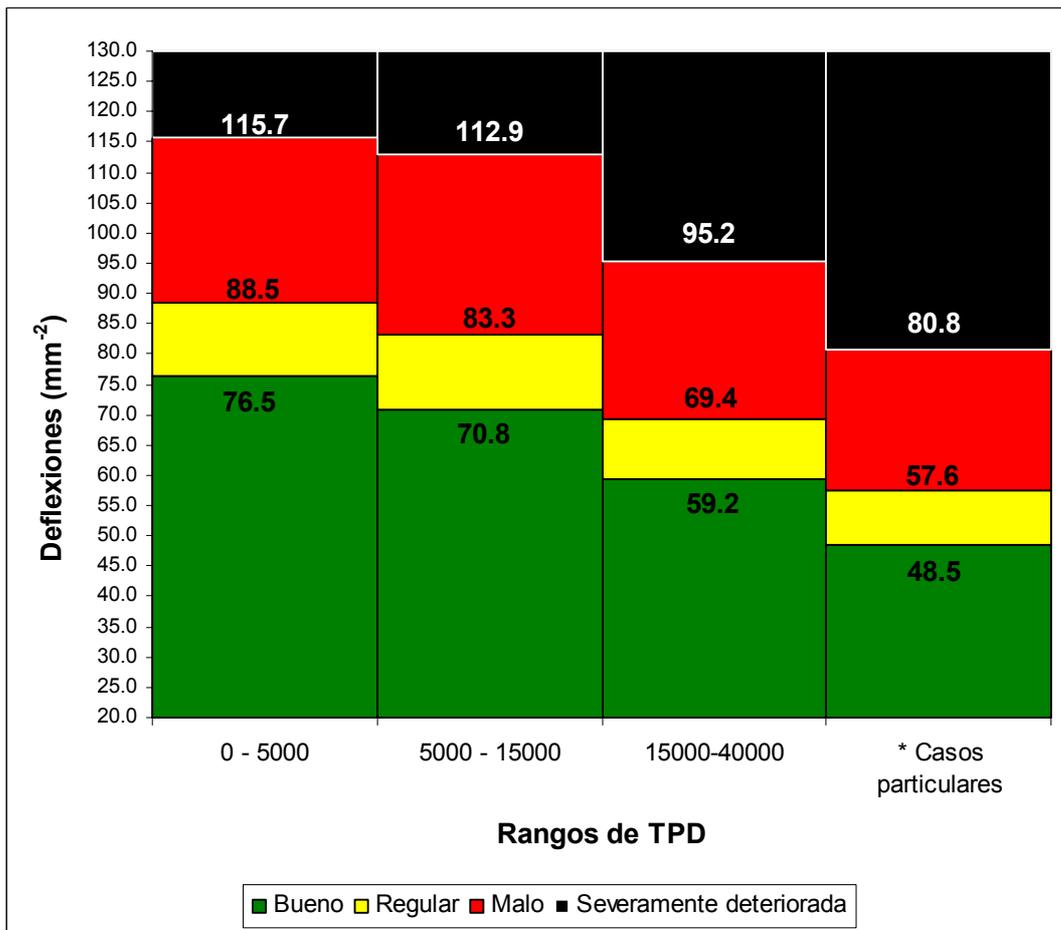


Figura 16. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una base granular (Fuente: LanammeUCR, 2008).

Para la deflectometría se tomaron datos cada 50 metros para las rutas primarias y secundarias del cantón de Montes de Oca durante febrero del 2009. Se aplicó el ensayo sobre aproximadamente 27 Km. de la red vial cantonal.

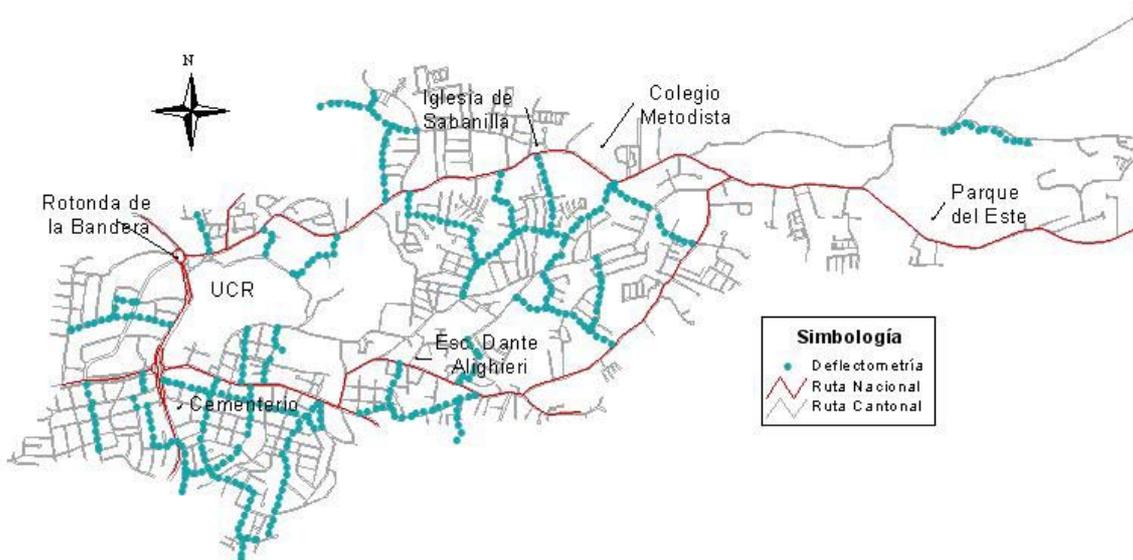


Figura 17. Puntos de evaluación de deflexiones de las vías primarias y secundarias de RVC de Montes de Oca. (Fuente: LanammeUCR, 2009).

3.2.5. Caracterización de la estructura del pavimento

En esta sección se determina la estructura y el tipo materiales que componen el pavimento. La Figura 18 contiene un ejemplo de un pavimento; en Costa Rica sin embargo frecuentemente no se cuenta con la capa grava bitumen (base estabilizada).

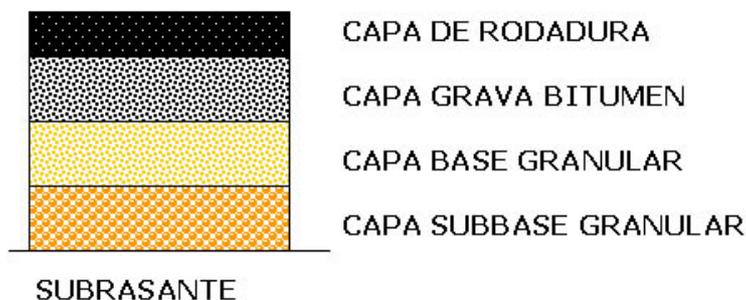


Figura 18. Ejemplo de estructura de pavimento.

La caracterización consiste en diversos ensayos de laboratorio y en campo. Se dividen en tres grupos:

1. Estructura del pavimento.
2. Caracterización de la subrasante.
3. Clasificación de subrasante según CBR.

Es importante recalcar que no fue posible realizar los sondeos 16 y 17, ya que estos se encuentran sobre una losa de concreto en buen estado, además el sondeo 30 tampoco se pudo realizar, ya que se encontraba ubicado en la Calle de la Amargura y no había permiso para estacionar. Además para el sondeo 1 y 2, se dañó el equipo para tomar el CBR en sitio por lo que no se cuenta con información de CBR. Los demás sitios de sondeo donde no se registra valor de CBR se debe a que no fue posible llegar a nivel de subrasante.

3.2.5.1. Estructura del pavimento

Se realizan excavaciones para determinar los espesores de las capas del pavimento:

- Carpeta
- Base
- Subbase
- Subrasante

Las excavaciones se realizan en puntos estratégicos tomando en cuenta la clasificación de las vías del cantón y la deflectometría de las vías primarias y secundarias de la RVC establecidas por la UTGV para realizar el estudio. En la siguiente figura se presentan los sitios donde se realizaron los sondeos.

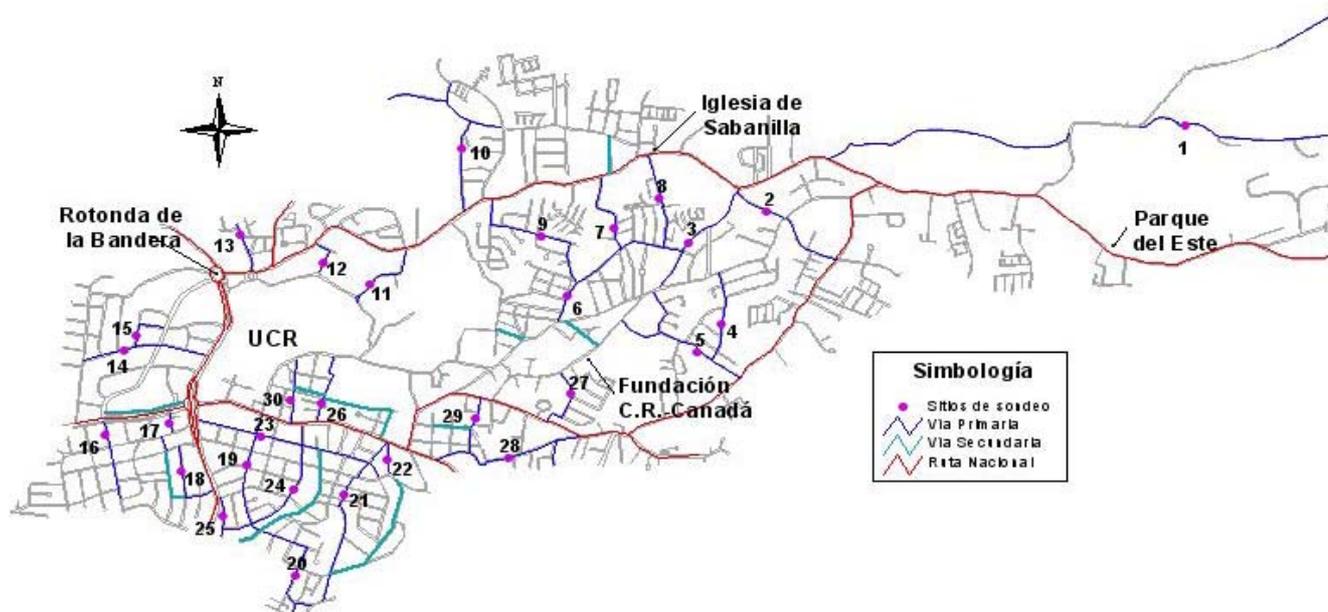


Figura 19. Sitios de sondeos sobre vías primarias y secundarias de la RVC de Montes de Oca.
(Fuente: LanammeUCR, 2009)

Tabla 2. Espesores de las capas del pavimento según los sondeos realizados.

Sondeo	Muestra	CA (cm)	BE (cm)	BG (cm)	SB (cm)	Otro (cm)	Pav (cm)
1	2230-09	16	-	14	-	-	30
2	2231-09	3,5	-	9,5	-	-	13
3	2255-09	12	-	9	-	-	21
4	2333-09	5	-	10	15	-	30
5	2334-09	18	-	15	-	-	33
6	2335-09	6	10	16	-	-	32
7	2257-09	10	5	26	-	-	41
8	2256-09	10	-	23	-	-	33
9	2258-09	8	-	25	-	-	33
10	2259-09	7	-	15	-	-	22
11	2330-09	6,5	-	17	-	-	23,5
12	2336-09	11	-	25	-	-	36
13	2337-09	17	-	53	-	-	70
14	2332-09	12	-	16	23	-	51
15	2331-09	5	-	22	-	-	27
17	-	8	-	-	-	92	100
19	2371-09	9	7	39	-	-	55
20	2385-09	10	-	22	-	-	32
21	2387-09	5	8	7	20	-	40
22	2386-09	3	-	-	25	-	28
23	2372-09	24	-	-	24	-	48
24	2384-09	4,5	-	-	28	-	32,5
25	2374-09	4	-	25	-	-	29
26	2370-09	10	-	22	-	-	32
27	2358-09	4	-	50	-	-	54
28	2359-09	10	-	25	-	-	35
29	2357-09	11	-	-	-	-	11

CA: Carpeta asfáltica.
BG: Base granular.

Base estabilizada
SB: Subbase.

Pav: Espesor total de la estructura del pavimento.
Otro: otro tipo de material, no considerado BG ni SB

3.2.5.2. Caracterización de la subrasante del pavimento.

Se realizaron ensayos de laboratorio para conocer las características de la subrasante que compone la estructura del pavimento, además se realizó la prueba de CBR en sitio para conocer la capacidad portante de la subrasante.

Entre las pruebas de laboratorio realizadas se pueden incluir las siguientes:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Gravedad Específica

El objetivo es conocer la subrasante que compone la estructura del pavimento con un mayor detalle, con el fin de poder tomar decisiones a futuro sobre las intervenciones específicas en los diferentes tramos de la Red Vial Cantonal.

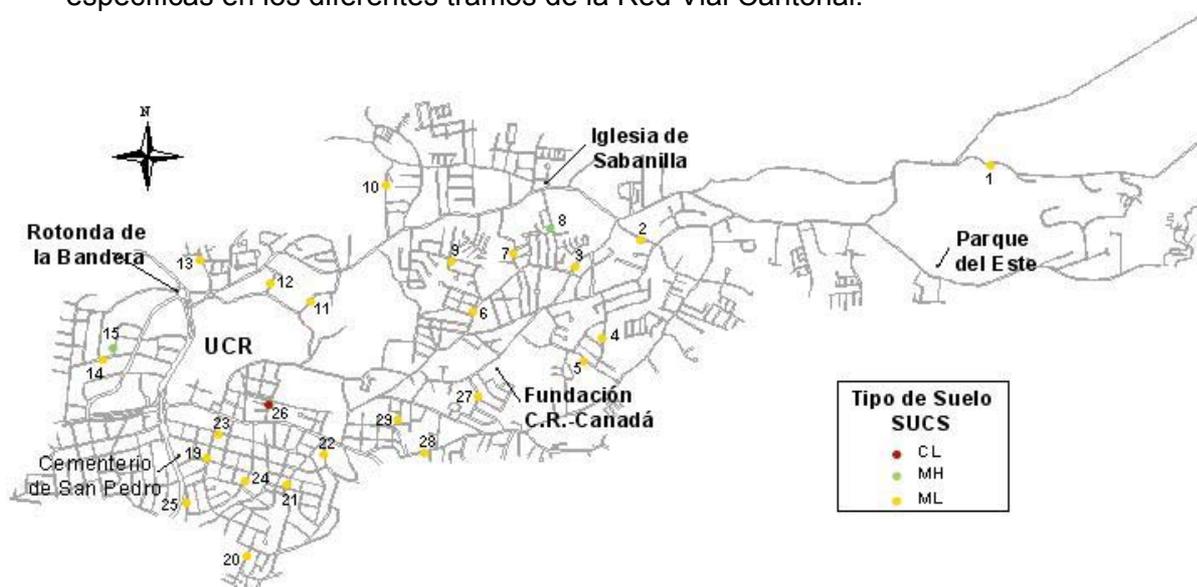


Figura 20. Tipo de suelo (SUCS) en sitios de sondeo realizados en la RVC Montes de Oca (Fuente: LanammeUCR, 2009).

En la Figura 20 se evidencia que el tipo de suelo predominante en el cantón de Montes de Oca es el suelo limoso-arcilloso. A continuación se presenta una breve explicación de la nomenclatura utilizada en la Figura 19, utilizada para clasificar suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS):

- MH: Limo inorgánico, limo micáceos o diatomáceos, limos elásticos.
- ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
- CL: Suelo arcilloso de baja plasticidad.

Además se realizó la clasificación de los suelos por medio del uso de la metodología AASHTO, resultados que se sintetizan en la siguiente figura:

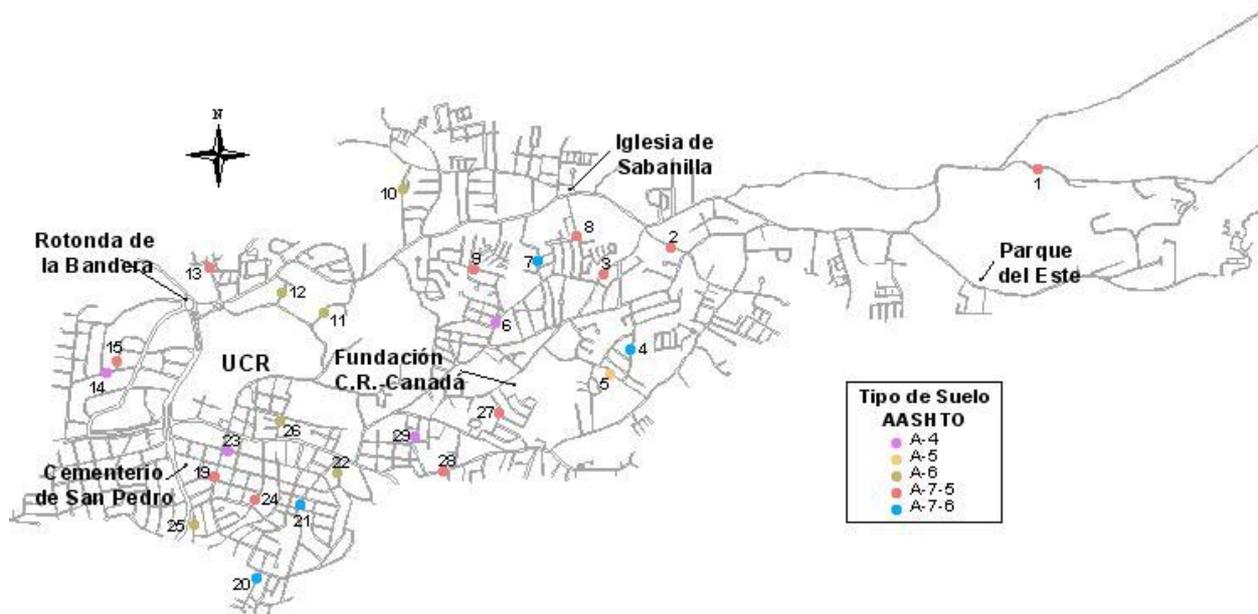


Figura 21. Tipo de suelo (AASHTO) en sitios de sondeo realizados en la RVC Montes de Oca (Fuente: LanammeUCR, 2009).

Tabla 3. Clasificación del tipo de suelo de la subrasante obtenido a partir de muestras tomadas

Sondeo	LL	LP	IP	G_T (Kg./m ³)	G_S (Kg./m ³)	SUCS	AASHTO	CBR in situ
1	44	33	11	2,732	2,73	ML	A-7-5 (8)	NA
2	45	32	12	2,699	2,697	ML	A-7-5 (7)	NA
3	41	30	11	2,705	2,703	ML	A-7-5 (6)	4,99
4	43	29	14	2,722	2,72	ML	A-7-6 (11)	4,00
5	44	34	10	2,735	2,733	ML	A-5 (7)	3,48
6	39	31	8	2,725	2,723	ML	A-4 (4)	4,50
7	45	28	17	2,678	2,677	ML	A-7-6 (10)	4,81
8	62	40	22	2,687	2,686	MH	A-7-5 (25)	2,81
9	48	32	16	2,742	2,74	ML	A-7-5 (12)	12,25
10	37	26	11	2,719	2,717	ML	A-6 (6)	12,32
11	37	26	11	2,719	2,717	ML	A-6 (6)	4,85
12	40	29	11	2,719	2,718	ML	A-6 (7)	3,62
13	47	30	16	2,678	2,676	ML	A-7-5 (13)	3,69
14	39	29	10	2,676	2,675	ML	A-4 (6)	3,28
15	54	29	24	2,71	2,709	MH	A-7-5 (22)	4,28
19	47	30	16	2,678	2,676	ML	A-7-5 (13)	3,62
20	45	29	16	2,659	2,657	ML	A-7-6 (12)	3,88
21	45	29	16	2,659	2,657	ML	A-7-6 (12)	3,23
22	40	29	11	2,719	2,718	ML	A-6 (7)	3,37
23	39	29	10	2,676	2,675	ML	A-4 (6)	2,62
24	48	32	16	2,742	2,74	ML	A-7-5 (12)	3,99
25	40	29	11	2,719	2,718	ML	A-6 (7)	5,30
26	38	25	14	2,713	2,711	CL	A-6 (10)	2,63
27	41	30	11	2,705	2,703	ML	A-7-5 (6)	4,50
28	41	30	11	2,705	2,703	ML	A-7-5 (6)	13,69
29	39	29	10	2,676	2,675	ML	A-4 (6)	4,32

Gs: gravedad específica.
LP: Límite Plástico.

LL: Límite Líquido.
IP: Índice de plasticidad.

En la Tabla 3 se muestran las clasificaciones según SUCS y AASHTO para el suelo de la subrasante en los puntos de muestreo realizados, esta clasificación se realiza a partir de la granulometría del suelo, la gravedad específica y los límites Atterberg. Cabe destacar que no a todos los sondeos mostrados en la Tabla 2 se les aplica los ensayos a la subrasante, sino que se toman familias con propiedades similares y a la más representativa se le aplican las pruebas necesarias, es decir, una prueba de laboratorio para cada grupo de familia de suelos.

3.2.5.3. Clasificación de subrasante según CBR

En esta sección se analiza la RVC tomando en cuenta el valor de CBR obtenido en sitio, el mismo proporciona un índice de la resistencia de la capa de la subrasante para resistir carga. En la siguiente imagen se muestra la prueba realizada en sitio.



Figura 22. Prueba de CBR en sitio.
(Fuente: LanammeUCR, 2008)

La categorización del CBR utilizada se presenta en la siguiente tabla, donde se especifican rangos de CBR asociados a cada clasificación cualitativa, la cual describe el comportamiento de los suelos, principalmente para su utilización como materiales de subrasante o base. En la siguiente figura se observa la categorización del suelo según el valor del CBR registrado en sitio.

Tabla 4. Clasificación cualitativa según los valores de CBR de la subrasante.

Rango CBR	Clasificación
0-3	Muy Pobre
3-7	Pobre a Regular
7-20	Regular
20-50	Bueno
>50	Excelente

(Fuente: Bowles, J. 1981.)

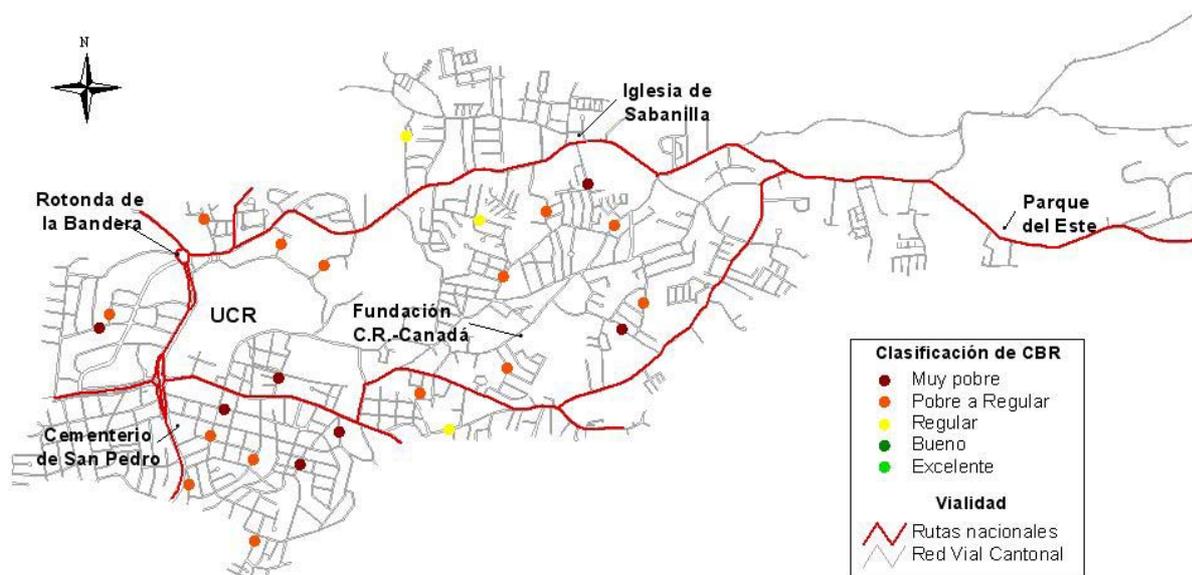


Figura 23. Categoría de CBR para la subrasante en la RVC de Montes de Oca.
(Fuente: LanammeUCR, 2009)

3.2.5.4 Definir tramos homogéneos

Una vez obteniendo el diagnóstico de la Red Vial Cantonal, se procede a determinar los tramos homogéneos. Estos definen tomando en cuenta diferentes características de la RVC, tales como el IRI, tipo de vía, capacidad estructural (FWD), CBR, entre otros. No obstante, debido a la heterogeneidad que se presenta en las vías cantonales el criterio que predomina para definir los tramos es la capacidad estructural, así como el tipo de vía (primaria o secundaria).

El producto final de la siguiente etapa de análisis será un informe en el que se incluyan mapas que identifiquen de tramos homogéneos de la RVC., además de los parámetros de condición estructural y funcional respectivos que caracterizan cada uno de los diferentes tramos.

4. Bibliografía

- Badilla, G (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Revista Infraestructura Vial. Vol.11, número 21.
- Bowles , J (1981). Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia: Editorial MacGraw Hill.
- Costa Rica. (Julio, 2006). Ley No. 8114: Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Costa Rica (Octubre, 2007). Ley No. 8603: Modificación de la ley de simplificación y eficiencia tributarias para asegurar el giro oportuno de los recursos aprobados en las leyes de presupuestos de la república destinados a garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en reconstrucción y conservación óptima de la red vial costarricense. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- López, S (2009). Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de Belén, Heredia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Solminihaç, H (1998). Gestión de Infraestructura Vial..Chile: Editorial de la Universidad Católica de Chile: Primera Edición.
- Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (2008). Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. (Informe N° UI-PC-03-08). San José, Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica.