



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 CARTAGO

LM-PI-UM-02-10

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
Agosto, 2010

Para:

Unidad Técnica de Gestión Vial
Municipalidad de Cartago

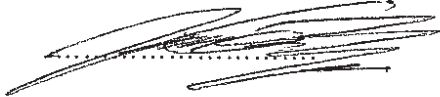
Gobierno de Costa Rica
Apartado 298 -- Cartago
Cartago, Cartago, Costa Rica
Central Telefónica: (506) 2552-8058

Informe preparado por:



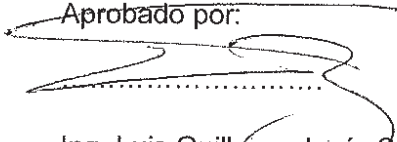
Ing. Sharline López Ramírez
Unidad de Gestión Municipal
LANAMME
Universidad de Costa Rica

Revisado por:



Ing. Jaime Allen Monge, MSc.
Unidad de Gestión Municipal
LANAMME
Universidad de Costa Rica

Aprobado por:



Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, MSc, Candidato PhD
Coordinador Programa de Infraestructura del
Transporte
LANAMME
Universidad de Costa Rica

ÍNDICE

1. Antecedentes	5
1.1. Asesoría Técnica	5
1.2. Capacitación	5
1.3. Venta de Servicios	5
1.4. Recursos Financieros	6
1.5 Ley 8114: Reglamento sobre el Manejo, Normalización y Responsabilidad para la Inversión Pública en la Red Vial Cantonal	6
2. Proceso de Gestión de Infraestructura Vial	6
3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Cartago ..	8
3.1. Objetivo	8
3.2. Actividades	8
3.2.1. Clasificación de la RVC	8
3.2.2. Tránsito vehicular diario	10
3.2.3. Identificar Condición Funcional	13
3.2.3.1. Deterioro Superficial	13
3.2.3.2. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	17
3.2.3.3. Drenajes	20
3.2.4. Identificar condición estructural	20
3.2.5. Caracterización de la estructura del pavimento	22
3.2.5.1. Estructura del pavimento	23
3.2.5.2. Caracterización de la sub-rasante del pavimento	25
3.2.5.3. Clasificación de sub-rasante según CBR	30
3.2.6. Definir tramos homogéneos	33
4. Bibliografía	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de proceso de gestión vial.....	7
Figura 2. Clasificación de la RVC del casco central del cantón de Cartago.....	9
Figura 3. Cables y contadores automáticos en sitio.	11
Figura 4. Configuración de los contadores.	11
Figura 5. Volumen vehicular diario del casco central del cantón de Cartago. ...	12
Figura 7. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR	14
Figura 8. Niveles de gravedad de deterioros Tipo B.	15
Figura 9. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR	16
Figura 10. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR.....	17
Figura 11. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial.....	18
Figura 12. Perfilómetro Inercial Láser.	18
Figura 13. Tramos de evaluación de IRI en el cantón de Cartago, 2009	19
Figura 14. Equipo de deflectometría de impacto.	20
Figura 15. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una base granular.	21
Figura 16. Clasificación de la capacidad estructural de las vías del casco central del cantón de Cartago, a partir de deflectometría.....	22
Figura 17. Ejemplo de estructura de pavimento.	23
Figura 18. Sitios de los sondeos realizados en el casco central de Cartago....	23
Figura 19. Caracterización de la subrasante, según SUCS.	26
Figura 20. Caracterización de la subrasante, según AASHTO	28
Figura 20. Prueba de CBR en sitio	30
Figura 21. Caracterización del CBR según Bowles.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espesores de las capas del pavimento según los sondeos realizados	24
Tabla 2. Clasificación del tipo de suelo de la sub-rasante obtenido a partir de las muestras tomadas.	29
Tabla 3: Clasificación del CBR.....	30
Tabla 4: Índice de resistencia CBR.	32

Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Cartago

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 Cartago solicitó el apoyo técnico del LanammeUCR para elaborar el Plan Quinquenal de Conservación de la Red Vial Cantonal.

Con el propósito de unir esfuerzos para lograr objetivos comunes, la Municipalidad de Cartago 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 del casco central del cantón de Cartago.
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 campo y laboratorio, para conocer y evaluar los pavimentos que conforman la Red Vial Cantonal del casco central de Cartago.

1.4. Recursos Financieros

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

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

El organismo encargado de la infraestructura, específicamente de los pavimentos, debe ser capaz de establecer y aplicar sistemas de gestión, de manera que se facilite el establecimiento de los proyectos individuales que se pretenden ejecutar, para que se de una mejora de la red en la que se encuentran inmersos.

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 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.

3. Diagnóstico de la Red Vial Cantonal de la Municipalidad de Cartago

3.1. Objetivo

Realizar una evaluación de la RVC de Cartago, 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 Cartago.

3.2. Actividades

Las actividades para realizar el diagnóstico de la RVC se compone de diferentes actividades con productos asociados:

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 (UTGV) de la Municipalidad. También se realiza un recorrido preliminar por la RVC, para determinar puntos estratégicos de mayores volúmenes y observar un panorama general de la movilidad en la RVC. Se adjunta un mapa con la clasificación de la RVC del casco central de la Municipalidad de Cartago.

En el mapa siguiente se destaca que no hay vías clasificadas como rutas de travesía, aspecto que habría que estudiar más detalladamente con los miembros de la UTVG a partir del análisis de los datos generados por los conteos.

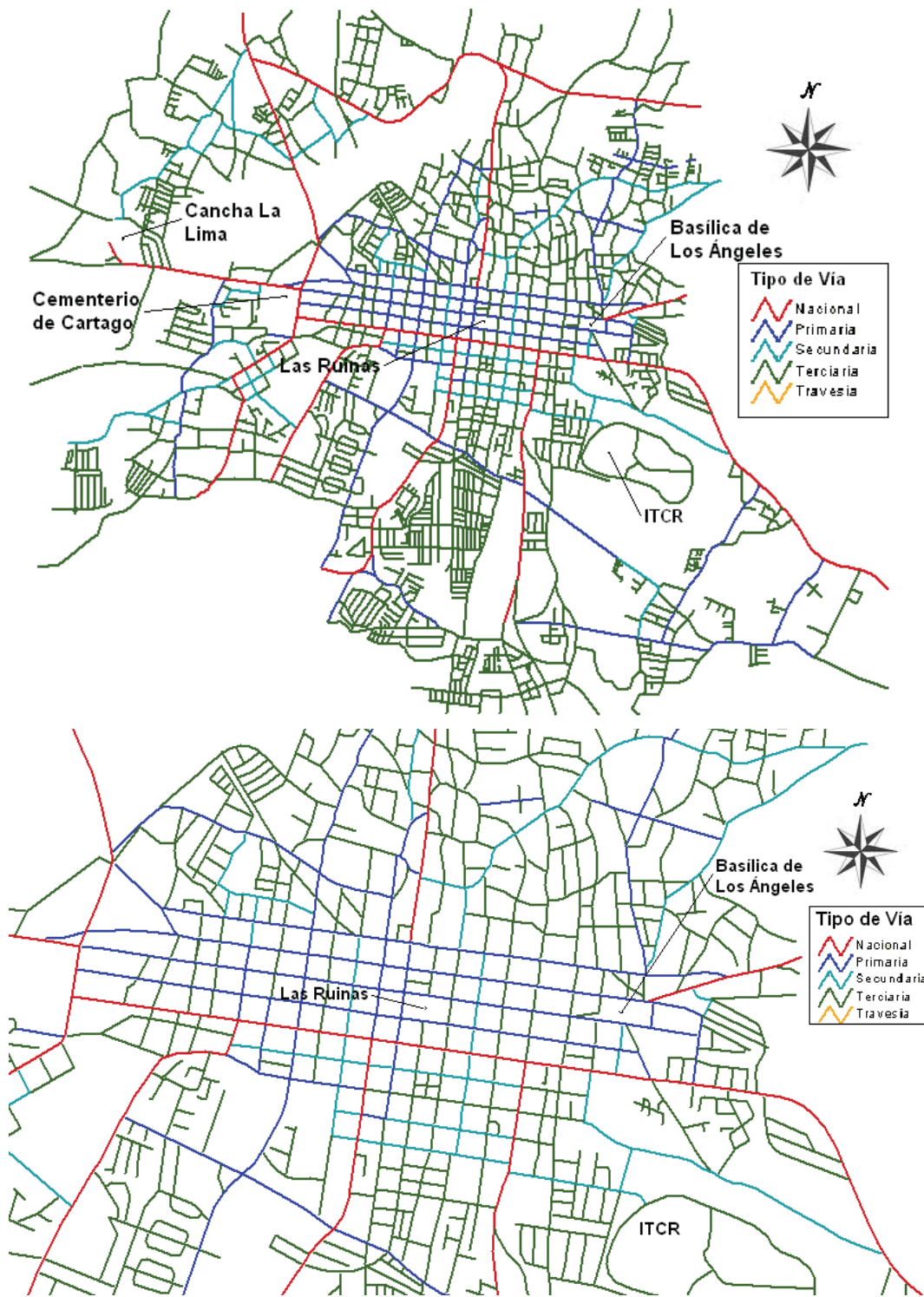


Figura 2. Clasificación de la RVC del casco central del cantón de Cartago

El enfoque del diagnóstico, así como del análisis de los datos asociados a la red se orienta hacia las vías primarias y secundarias del casco central del cantón, no

obstante, se aclara que las vías que no se contemplan en el presente estudio deben ser gestionadas a través de otra manera.

3.2.2. Tránsito vehicular diario

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 para la rehabilitación o mantenimiento oportuno. Se recomienda medir el tránsito al menos cada año 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 las vías primarias y de travesía 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 Cartago fue responsable de realizar éstos conteos*, los cuales suministran información indispensable para la realización de un correcto diagnóstico de la red vial.

Los conteos vehiculares se realizan sobre sitios representativos de la red vial, principalmente sobre los puntos de mayor tránsito en la zona de estudio.

Los conteos vehiculares se realizaron por personal de la UTGV de Cartago utilizando el equipo de MetroCount, facilitado por el LanammeUCR, después de recibir la respectiva capacitación. Algunos aspectos que se deben considerar al realizar conteos de tránsito son:

- 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.
- Realizar conteos de 25 horas, para tomar en cuenta ambos periodos de hora pico en los conteos, y facilitar el análisis para cálculos del TPDA (Tránsito promedio diaria anual).
- 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, preferiblemente cada año o mínimo cada dos años.

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



Figura 3. Cables y contadores automáticos en sitio. Fuente: LanammeUCR, 2008.

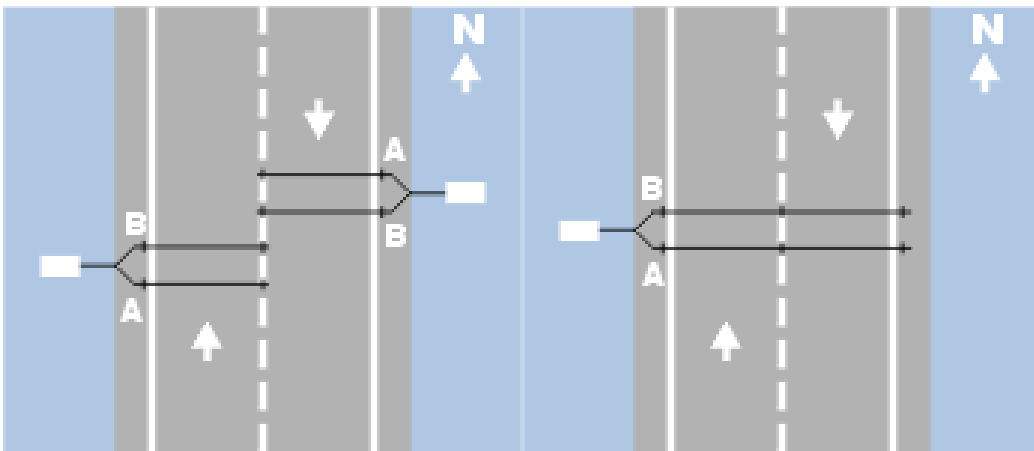


Figura 4. Configuración de los contadores. Fuente: LanammeUCR, 2008.

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

En el casco central del cantón de Cartago se realizaron 27 conteos, de los cuales fueron realizados, en su mayoría, sobre vías primarias. La gran parte de los conteos se realizaron durante períodos de tiempo superiores a las 24 horas, sin embargo 9 de los conteos tenían datos parciales (menor que 24 horas), por lo que fue necesario aproximarlos por medio del método de factores de expansión.

En la siguiente figura se presentan los sitios en donde se realizaron los conteos en el casco central del cantón de Cartago. Para la clasificación de los conteos se hizo uso tanto de las figuras de los íconos, como de diferentes colores. Los símbolos se utilizan para diferenciar los tipos de tránsito utilizados para realizar la clasificación de la deflectometría, el triángulo es para volúmenes vehiculares menores de 5000 y el círculo para volúmenes entre 5000 y 15000. Los colores representan una clasificación interna, realizada con los volúmenes vehiculares obtenidos a través de los conteos, para la cual se hizo uso de percentiles.

El tránsito bajo (color verde) para el casco central del cantón es considerado como un tránsito inferior a los 3880 vehículos, el tránsito medio (color amarillo) se encuentra entre los 3880 y los 6310 vehículos diarios y se considera tránsito alto (color rojo) a partir de los 6310 vehículos diarios.

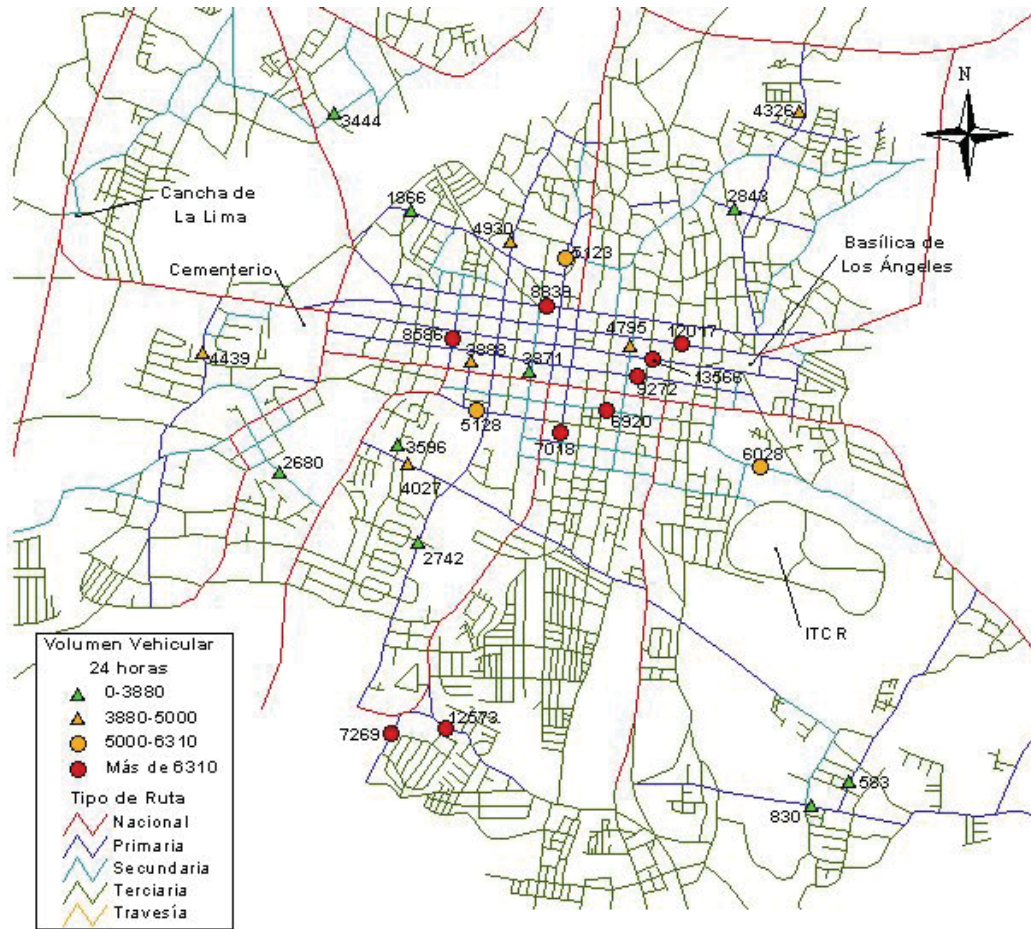


Figura 5. Volumen vehicular diario del casco central del cantón de Cartago.
Fuente: LanammeUCR, 2010.

Es importante mencionar que el volumen de 24 horas es representativo de las condiciones del sitio, no obstante, para poder considerarlo como tránsito promedio diario anual (TPDA) es necesario calibrarlos con factores de expansión. Para esto es necesario que la municipalidad realice conteos semanales en unos cuantos sitios de la red, con el objetivo de calibrar los conteos según el día de la semana que se realizaron.

Además de la cantidad de vehículos que circulan diariamente en las vías, es importante conocer la cantidad de vehículos pesados, ya que este tipo de vehículos ejercen un mayor desgaste del pavimento, con respecto a los vehículos livianos. En la siguiente figura se presenta el porcentaje de vehículos pesados que transitan sobre diferentes vías. La ruta sobre la que pasa una mayor cantidad de vehículos pesados se encuentra en los cuadrantes centrales del cantón, con valor de 9.0%.

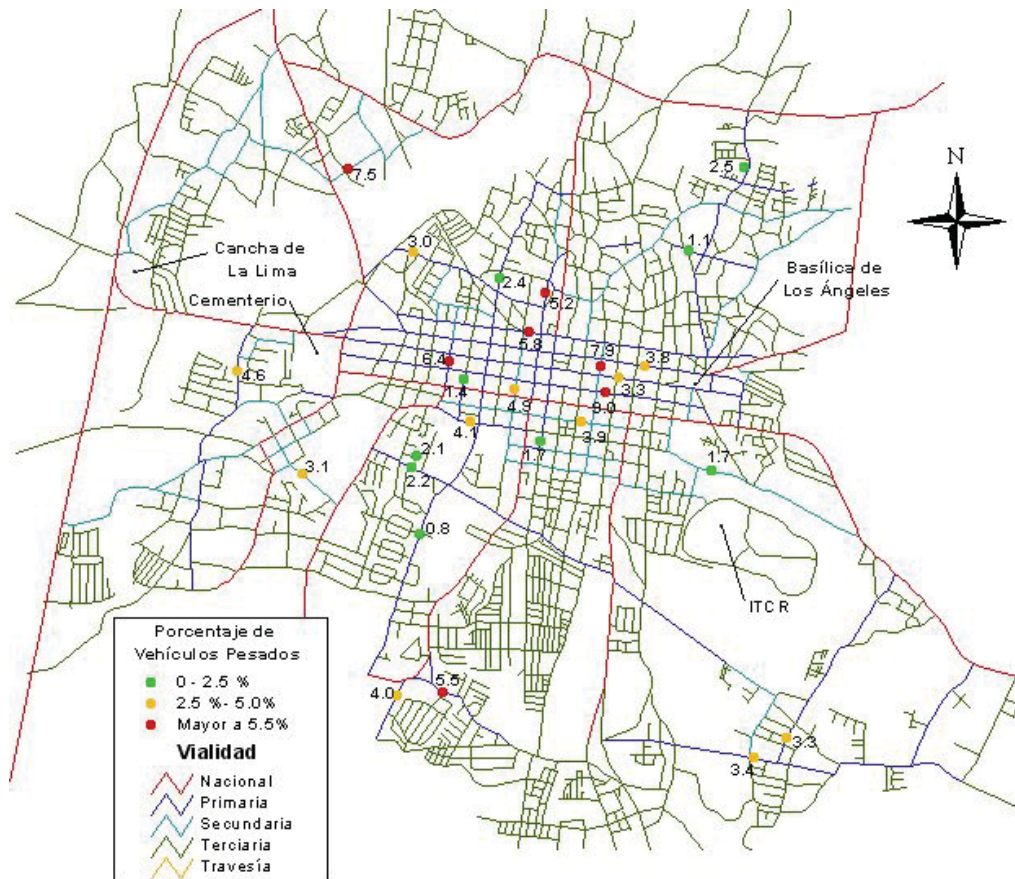


Figura 6: Porcentaje de vehículos pesados.
Fuente: LanammeUCR, 2010

3.2.3. Identificar Condición Funcional

La parte funcional se refiere a la habilidad de la vía para cumplir la función de proporcionar 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

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 se puede realizar un levantamiento del deterioro que presentan las vías, utilizando la metodología Vizir como herramienta, los daños se clasifican en dos categorías: a) Daños Estructurales, b) Daños Superficiales.

Dicha metodología se fundamenta en la 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 además de basarse en tipos de daños estructurales (Tipo A) y superficiales (Tipo B), contempla la gravedad y dimensión del daño.

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

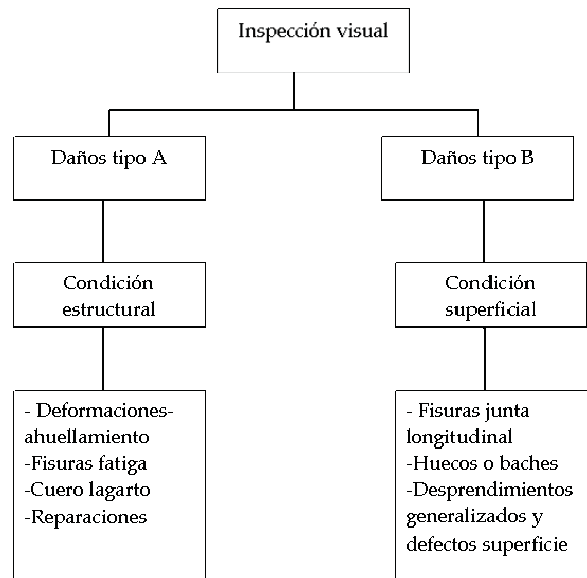





Figura 7. Esquema de inspección visual en metodología VIZIR
Fuente: LanammeUCR, 2008

La Figura 8 presenta un esquema para 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 de 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
	Díametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: • Pérdida de película de ligante • Pérdida de agregados	Pérdidas aisladas		Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Área (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: • 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 berna	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 8. 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 los respectivos índices de gravedad, acorde con la metodología VIZIR.

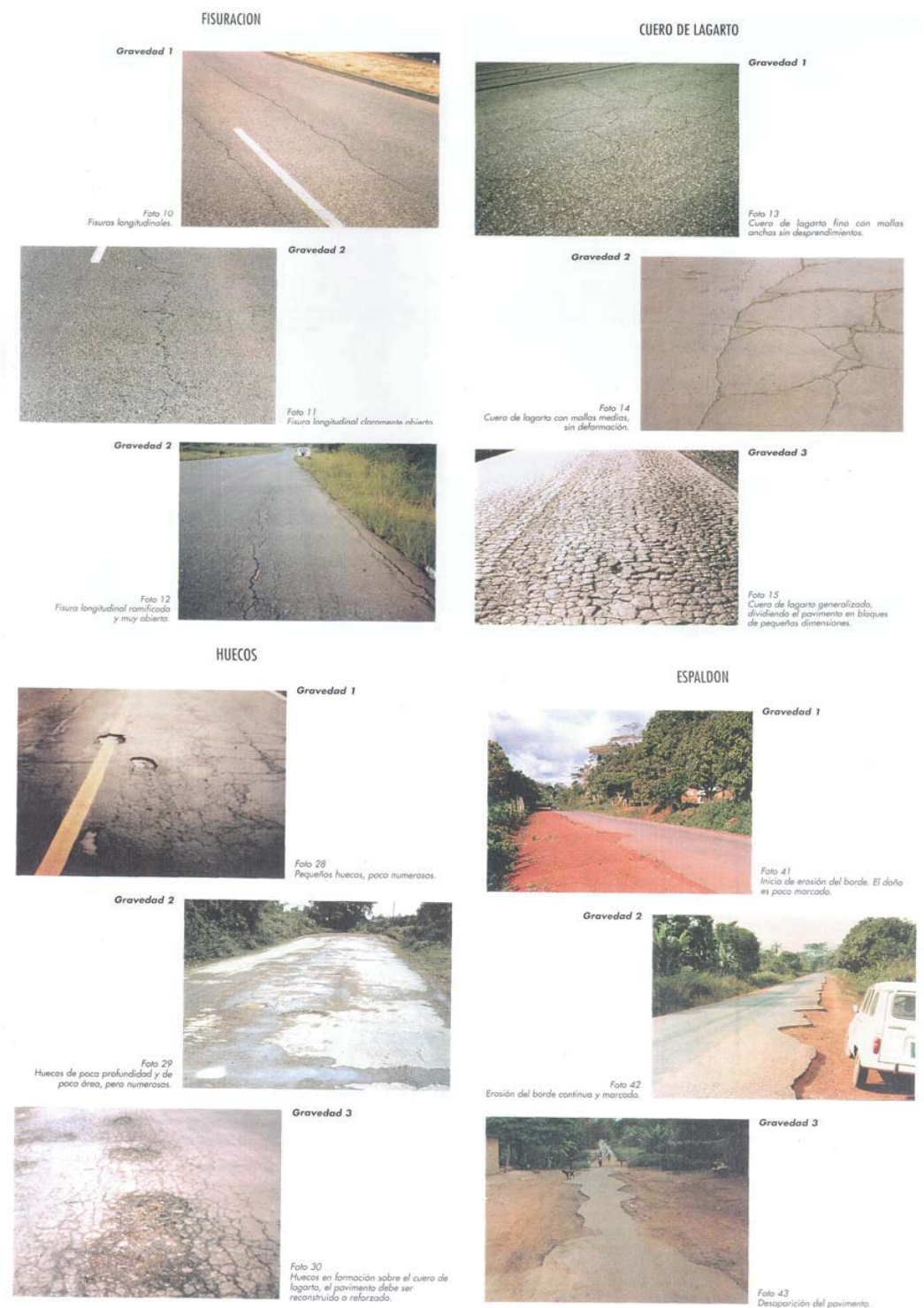


Figura 9. Ejemplos de daños superficiales con metodología VIZIR
Fuente: VIZIR, técnicas y métodos

La metodología VIZIR cuenta con dos índices: índice de deformación e índice de fisuración. En la Figura 10 se observa la tabla que permite determinar el índice de deterioro superficial a partir del índice de deformación y fisuración.

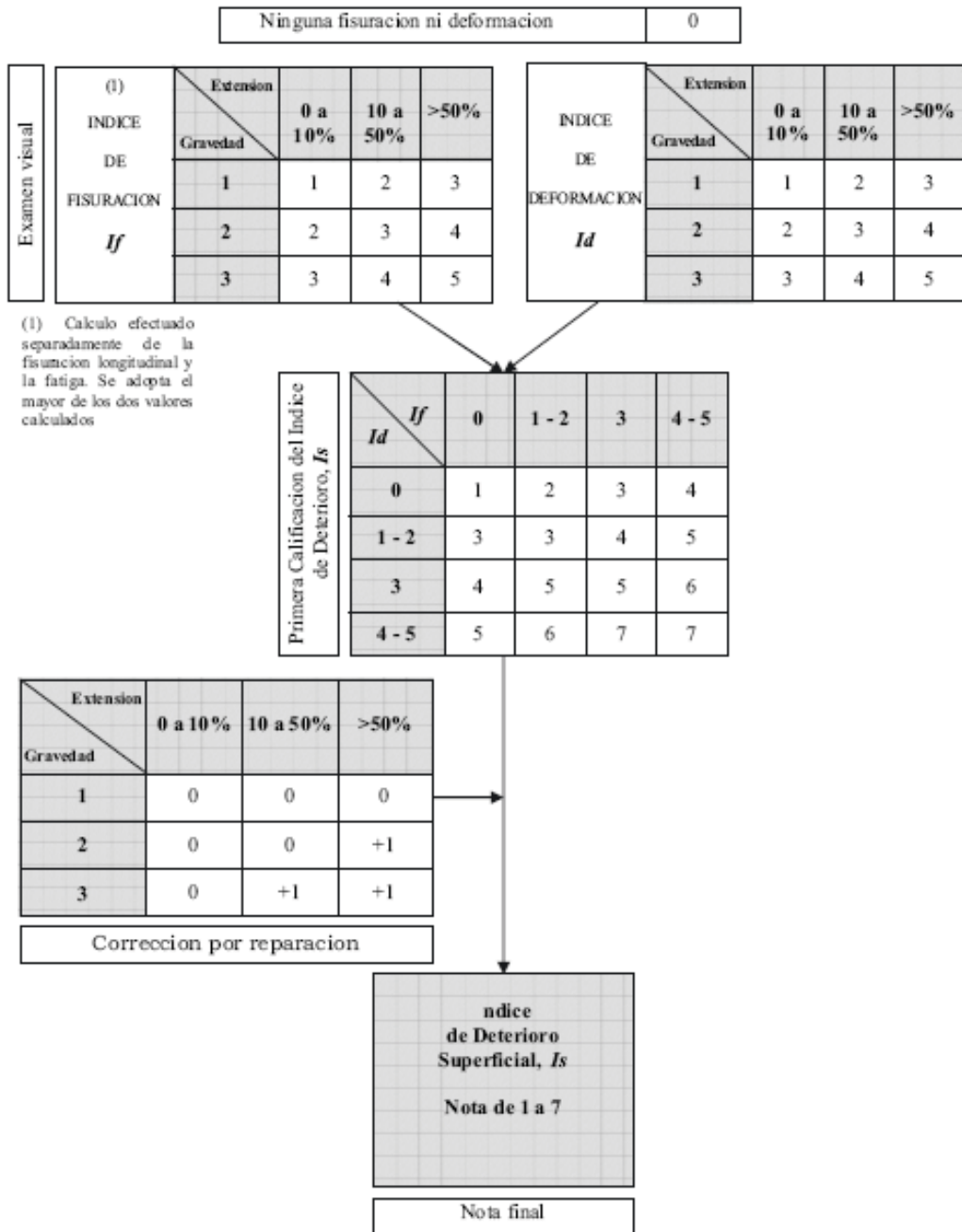


Figura 10. Obtención del Índice de Daño con metodología VIZIR
Fuente: VIZIR, técnicas y métodos

Los resultados del estado superficial según este método se analizarán posteriormente, ya que personal de la Municipalidad de Cartago está realizando actualmente la auscultación, por lo que no se incluye en este informe.

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 rectificadora (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 11.

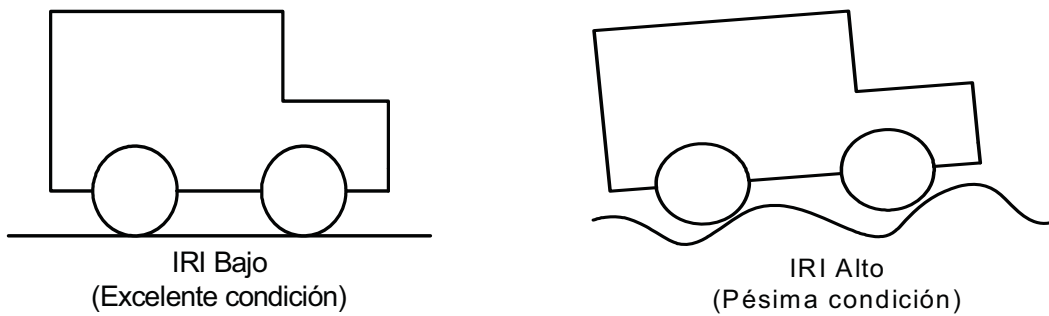


Figura 11. Representación física del Índice de Rugosidad Superficial
Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino. Para ser precisos se debe especificar la longitud para la cual 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.

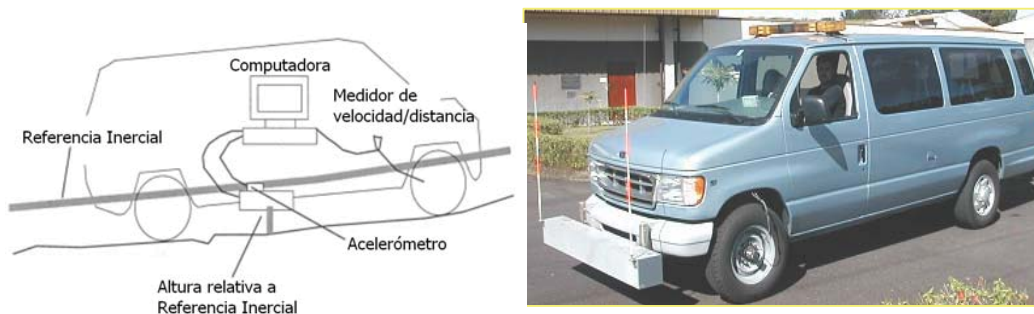


Figura 12. Perfilómetro Inercial Láser. Fuente: LanammeUCR, 2008

El IRI se midió sobre la red vial pavimentada del casco central de la Ciudad de Cartago a cada 25 metros, esta evaluación se realizó con el perfilómetro láser del LanammeUCR, y se hizo en el mes de julio del 2009 abarcando todas las Rutas

primarias y secundarias del casco central del cantón, sobre una longitud aproximada de 50 Km. (Ver Figura 13)

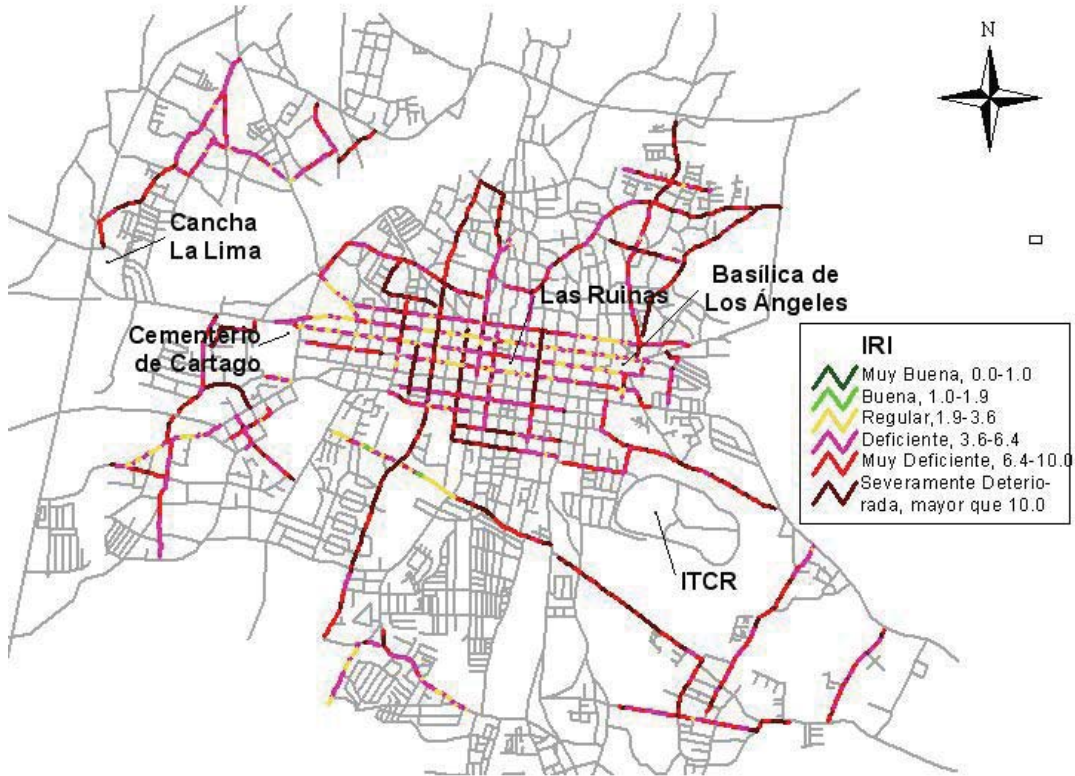


Figura 13. Tramos de evaluación de IRI en el cantón de Cartago, 2009
Fuente: LanammeUCR, 2010.

Los valores utilizados para clasificar el estado de la vía según los valores de IRI son generados a partir de la modificación de un estudio realizado en el 2008 por la unidad de investigación del LanammeUCR (Informe de Proyecto UI-PE-03-08).

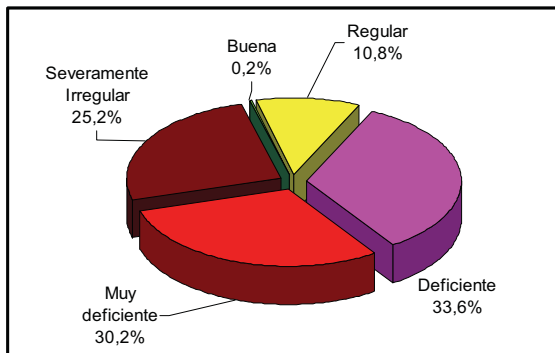


Gráfico 1. Estado de la red evaluada según Índice de Regularidad Superficial (IRI)
Fuente: LanammeUCR, 2010

En el Figura 13 se observan los porcentajes asociados a cada condición según el valor de IRI. En la red evaluada más del 55% presenta valores de IRI superior a 6.4 m/km, lo cual indica que es una superficie de ruedo con muy bajo nivel de confort y con gastos altos de operación para los vehículos que la transitan. Lo que es más preocupante aún es que una cuarta parte de la red, posee un IRI superior a 10 m/km. Por otro lado, únicamente un 11% de la red cuenta con condiciones aceptables de regularidad superficial (menores 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 esta sección se mencionan los procedimientos necesarios 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.

Las mediciones se realizaron con el equipo deflectómetro de impacto (FWD, por sus siglas en inglés), tomando mediciones cada 50 metros durante el mes de marzo del 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.

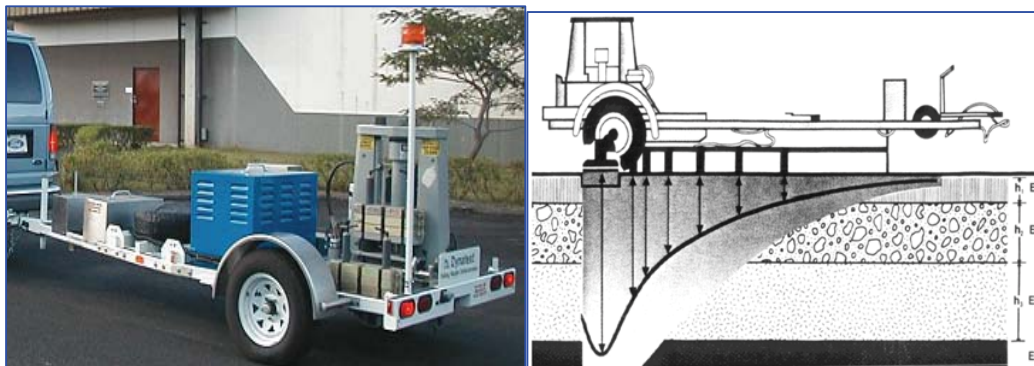


Figura 14. Equipo de deflectometría de impacto. Fuente: LanammeUCR, 2008.

Al igual que para la clasificación del estado de una vía según los valores de IRI, la clasificación utilizada para categorizar los resultados obtenidos de deflectometría son tomados a partir de un estudio realizado por LanammeUCR, en el cual se determinaron rangos para las diferentes deflexiones asociadas a distintas categorías de TPD y dependientes del tipo de base (granular o estabilizada con cemento) que compone la estructura del pavimento. En la Figura 15 se presentan los rangos de deflectometría obtenidos para una estructura de pavimento con base granular.

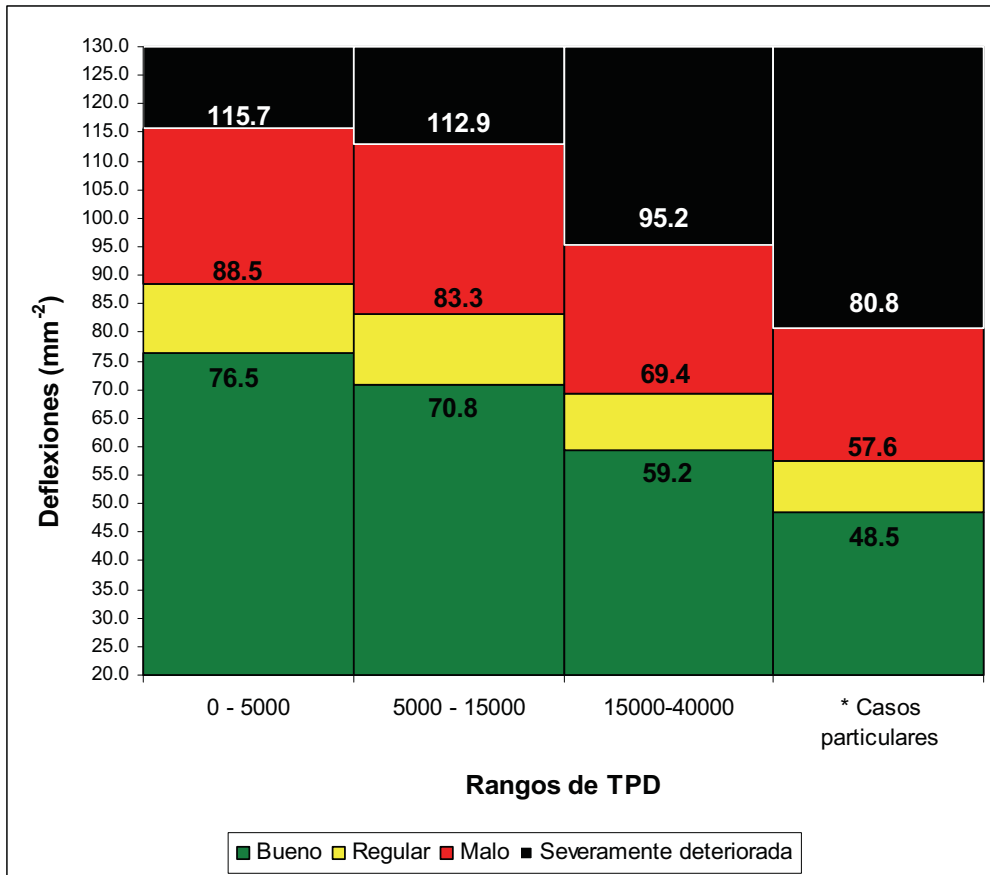


Figura 15. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una base granular.
Fuente: Informe N° UI-PC-03-08.

Para la deflectometría se tomaron datos cada 50 metros para las diferentes rutas de Municipalidad de Cartago durante los meses de julio y agosto del 2009, cubriendo una longitud total evaluada cercana a los 45 Km

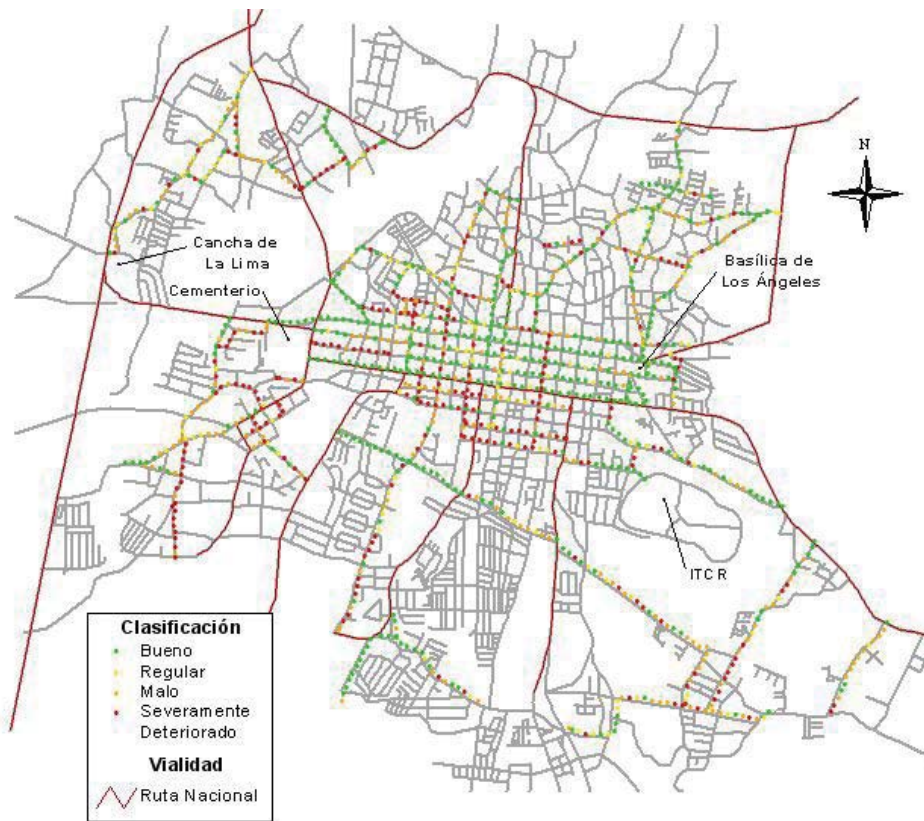


Figura 16. Clasificación de la capacidad estructural de las vías del casco central del cantón de Cartago, a partir de deflectometría. Fuente: LanammeUCR, 2010.

De la figura anterior es posible observar que la capacidad estructural de las avenidas de los cuadrantes centrales del cantón se encuentra calificada como buena. En general, la capacidad estructural que se presenta

en las vías analizadas se puede observar más claramente en el Gráfico 2. Poco más de la mitad de la red se encuentra en condiciones aceptables, con una capacidad estructural regular o buena.

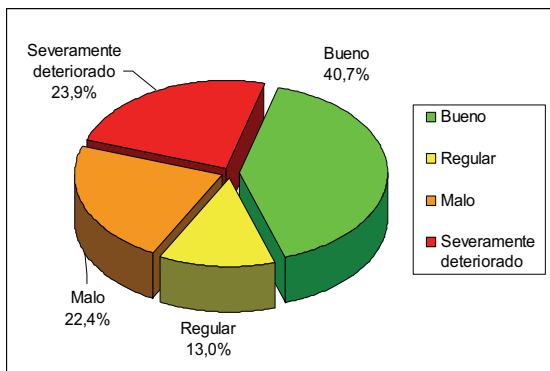


Gráfico 2. Estado de la red evaluada según los valores de deflectometría Fuente: LanammeUCR, 2010

Los resultados obtenidos para la deflectometría contrastan bastante con respecto a los valores obtenidos para el IRI de la red, en los cuales se observan serias deficiencias.

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 muestra un ejemplo de la estructura de un pavimento; en Costa Rica sin embargo frecuentemente no se cuenta con la capa grava bitumen (base estabilizada).

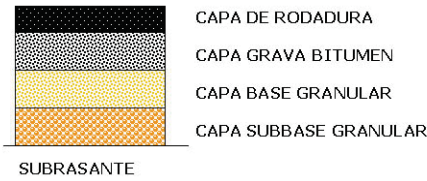


Figura 17. Ejemplo de estructura de pavimento.

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

1. Estructura del pavimento.
2. Caracterización de la sub-rasante
3. Clasificación de sub-rasante según CBR.

3.2.5.1. Estructura del pavimento

Se realizan excavaciones para determinar los espesores de las capas del pavimento: carpeta, base, sub-base y sub-rasante.

Las excavaciones se realizan en puntos estratégicos tomando en cuenta la clasificación de las vías del cantón y la deflectometría, considerando las vías principales de la RVC. La Tabla 1 muestra los datos obtenidos por el LanammeUCR a partir de los sondeos. Además en la siguiente figura se observa la ubicación de los puntos de sondeos. Los sondeos 21 y 24 fueron solicitados, sin embargo, por encontrarse sobre una losa de concreto en buen estado y una calle recién asfaltada no fue posible realizarlo.

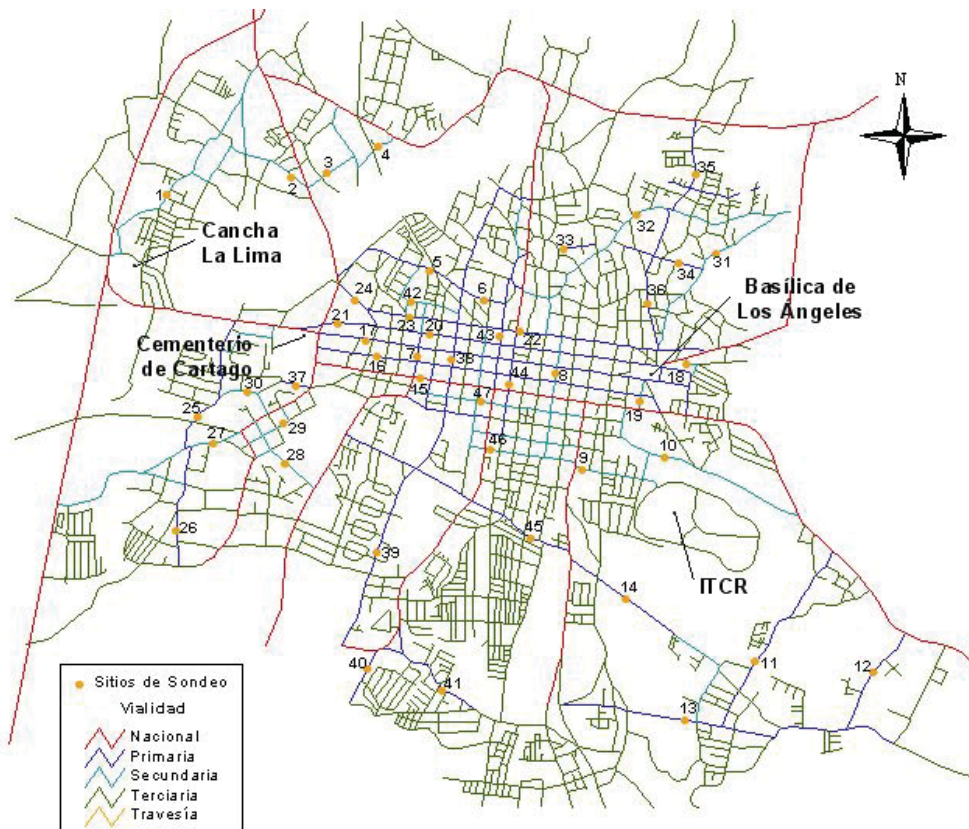


Figura 18. Sitios de los sondeos realizados sobre el casco central del cantón de Cartago, a partir de deflectometría. Fuente: LanammeUCR, 2010.

Tabla 1. Espesores de las capas del pavimento según los sondeos realizados.

Sondeo	CA (cm)	BE (cm)	BG (cm)	SB (cm)	Pav (cm)
1	7,0		19,0	24,0	50,0
2	13,0		16,0		29,0
3	8,0	14,0	6,0	14,0	42,0
4	3,0		29,5	29,0	61,5
5	8,5		30,0	20,0	58,5
6	5,0		20,0		25,0
7	15,5		30,0		45,5
8	4,0	6,5	9,0		19,5
9	15,0		50,0		65,0
10	5,0		10,0	28,0	43,0
11	8,0		37,0		45,0
12	8,0		15,0	20,0	43,0
13	7,0		7,0	16,0	30,0
14	6,0		7,0		13,0
15	9,0	21,0	20,0		50,0
16	6,0		10,0	22,0	38,0
17	10,0		40,0		50,0
18	6,0		12,0	52,0	70,0
19	2,0		17,0	18,0	37,0
20	12,0		16,0	60,0	88,0
22	16,0		60,0		76,0
23	9,0		30,0		39,0
25	4,0		15,0	17,0	36,0
26	9,5	10,0	27,0		46,5
27	8,5		20,0	14,0	42,5
28	8,0		19,0	17,0	44,0
29	13,0		41,0		54,0
30	5,0		15,0	20,0	40,0
31	11,0		40,0		51,0
32	8,0		8,0	16,0	32,0
33	2,5		10,0	7,0	19,5
34	7,0		12,0		19,0
35	3,0		16,0		19,0
36	3,5		12,0	17,0	32,5
37	5,0		18,0	30,0	53,0
38	10,0		16,0		26,0
39	2,0		57,0		59,0
40	9,0		25,0		34,0
41	14,0		20,0	10,0	44,0
42	2,5		13,0	16,0	31,5
43	9,0		11,0	30,0	50,0
44	12,0		8,0		20,0
45	5,5		14,5	20,0	40,0
46	7,0		20,0		27,0
47	13,0		14,0		27,0
48	5,0		10,0		15,0

(Fuente: LanammeUCR, 2009)

La nomenclatura utilizada en los encabezados se describe a continuación:

CA: Capa asfáltica, tratamiento superficial o carpeta asfáltica.

BE: Base estabilizada.

BG: Base granular.

SB: Sub-base.

Pav: Espesor total del pavimento.

3.2.5.2. Caracterización de la sub-rasante del pavimento.

Se realizaron ensayos de laboratorio para conocer las características de la sub-rasante que componen la estructura del pavimento.

Entre las pruebas realizadas a los materiales de las capas inferiores, se incluyen:

- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Gravedad Específica

El objetivo es caracterizar la sub-rasante que compone la estructura del pavimento con mayor detalle, con el fin de poder tomar decisiones a futuro sobre las intervenciones a nivel de proyecto en los diferentes tramos de la Red Vial Cantonal.

3.2.5.2.1 Clasificación SUCS

A partir de los datos generados en el laboratorio, referentes a la granulometría y a los límites de consistencia, se clasificó la sub-rasante según el sistema de clasificación del SUCS, esta información se presenta en la Figura 19. A continuación se presenta la simbología utilizada y la descripción general de cada uno de los grupos de suelos, según el Instituto Colombiano de Geología y Minería (2004):

- CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad media a baja, arcillas con gravas, arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
- CH: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.
- SC: Arenas arcillosas, mezcla de arena mal graduada y arcillas.
- SM: Arenas limosas, mezclas de arena mal graduada y limo.
- ML: Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
- MH: Limo inorgánico, limo micáceos o diatomáceos, limos elásticos.
- SC-SM: posee características de suelos SC y SM, es decir, es una mezcla de arena con arcilla y limos.
- Nt: No fue posible realizar las pruebas correspondientes. Los sondeos 21 y 24 no se realizaron, debido a que se ubicaban en losa de concreto en buen estado y en una calle recién asfaltada, respectivamente.

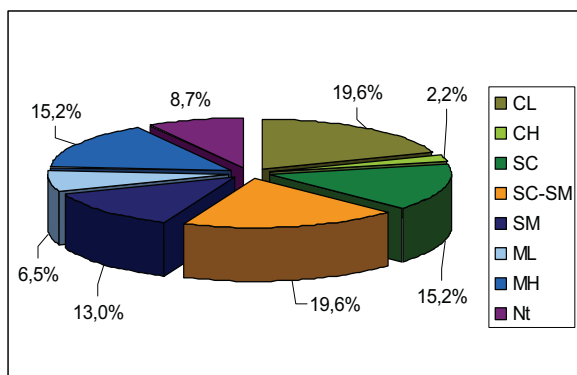


Gráfico 3. Distribución porcentual del tipo de suelo de la subrasante según, para el casco central de Cartago.

en el gráfico adjunto se observa que la totalidad de los suelos analizados poseen un componente importante de material fino (arcillas o limos), ya que aunque fue posible obtener un porcentaje mayor al 45% de arenas (SC, SM y SC-SM) éstas presentan

En el gráfico 3 se muestra la distribución porcentual de los tipos de suelos según la clasificación SUCS

Los colores verdes simbolizan suelos arcillosos, las tonalidades azules corresponden a suelos limosos, el naranja corresponde a arenas con limos y arcillas y el morado corresponde a suelos que no fue posible clasificar según SUCS, estos suelos son arenas mezcladas con suelos finos que no presentan plasticidad.

La distribución geográfica del tipo del suelo en casco central del cantón se presenta en la Figura 19, sin embargo

cantidad importante de suelos finos, los cuales modifican sus propiedades. En la Tabla 2 se muestra la clasificación de cada uno de los suelos de subrasante analizados.

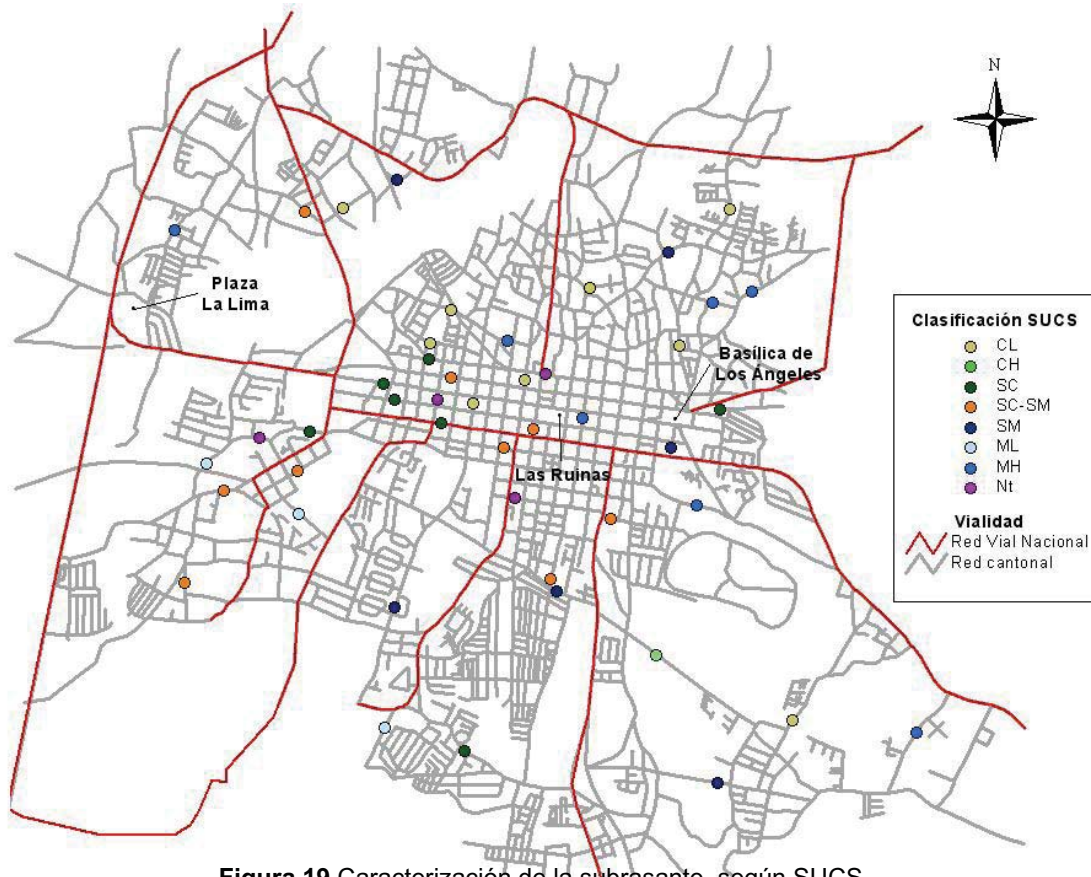


Figura 19. Caracterización de la subrasante, según SUCS.
Fuente: LanammeUCR, 2010.

3.2.5.2.2 Clasificación AASHTO

Se realizó la clasificación del suelo según la metodología AASHTO, la cual analiza el suelo como material para carreteras. La descripción general del tipo de suelos, según esta clasificación, es tomada de las normas técnicas utilizadas para realizar ensayos de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Civil de La Universidad de Nacional de Colombia :

- ❖ **Materiales granulares:** Contienen 35% o menos de material que pase el tamiz de 75 μm (#200).
 - Grupo A-1: El material típico de este grupo es una mezcla bien gradada de fragmentos de piedra o grava, arena gruesa, arena fina, y un ligante de suelo no plástico o de baja plasticidad. Sin embargo, este grupo incluye también fragmentos de roca, grava, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc. sin un ligante de suelo.
 - Subgrupo A-1-a: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de fragmentos de roca o grava con o sin un ligante bien gradado de material fino.
 - Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien gradado.

- Grupo A-3: El material típico de este grupo es la arena fina de playa o la arena fina de desierto, sin finos de arcilla, limo o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo también incluye las mezclas aluviales de arena fina mal gradada con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.
- Grupo A-2: Este grupo incluye una amplia variedad de materiales granulares, que se encuentran en el límite entre los materiales que se clasifican en los grupos A-1 y A-3, y los materiales tipo limo y arcilla que se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Incluye todos los materiales que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75 μm (#200) que no pueden ser clasificados en los grupos A-1 o A-3, debido al contenido de finos o a los índices de plasticidad, o ambos, por encima de las limitaciones de estos grupos.
 - Los subgrupos A-2-4 y A-2-5 incluyen varios materiales granulares que contienen 35% o menos de material que pasa el tamiz de 75 μm (#200) y con una porción que pasa el tamiz de 425 μm (#40) que tiene las características de los grupos A-4 y A-5 respectivamente. Estos grupos comprenden materiales tales como grava y arena gruesa con contenidos de limo e IP por encima de las limitaciones del grupo A-1, y arena fina con un contenido de limo no plástico por encima de las limitaciones del grupo A-3.
 - Los subgrupos A-2-6 y A-2-7 incluyen materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5 excepto en que la porción fina contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7 respectivamente.
- ❖ Material limo-arcilloso: contiene más de 35% de material que pasa la malla de 75 μm (#200).
 - Grupo A-4: El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o más de material que pasa el tamiz de 75 μm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo limoso fino y hasta 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz de 75 μm (#200).
 - Grupo A-5: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-4, salvo que usualmente tiene un carácter diatomáceo o micáceo y puede ser muy elástico, como lo indica su alto LL.
 - Grupo A-6: El material típico de este grupo es una arcilla plástica que usualmente tiene el 75% o más del material que pasa el tamiz de 75 μm (#200). Este grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso y hasta el 64% de arena y grava retenida sobre el tamiz #200. Los materiales de este grupo normalmente presentan grandes cambios de volúmenes entre los estados seco y húmedo.
 - Grupo A-7: El material típico de este grupo es similar al descrito en el grupo A-6, salvo que tiene el LL elevado, característico del grupo A-5, y puede presentar elasticidad o alto potencial de expansión.
 - Subgrupo A-7-5: Incluye materiales con IP moderados en relación con el LL y que pueden presentar un alto potencial de expansión.
 - Subgrupo A-7-6: Incluyen materiales con un alto IP en relación con el LL y presentan un alto potencial de expansión.
- ❖ Suelos orgánicos: como su nombre los dice, son suelos orgánicos, incluida la turba, pueden clasificarse en el grupo A8. La clasificación de estos materiales se basa en la inspección visual y no depende del porcentaje que pasa por el tamiz de 75 μm (#200), el LI y el IP. El material se compone principalmente de materia orgánica parcialmente descompuesta; generalmente tiene una textura fibrosa, un color negro o pardo oscuro y olor a podrido. Estos materiales orgánicos son inadecuados para su utilización en terraplenes y sub-rasantes. Tales materiales son altamente compresibles y tienen una baja resistencia al corte.

Al analizar los suelos a nivel de subrasante, se observa que más del 85% se encuentran clasificados como suelos finos (desde A-4 hasta A-7-6). Los suelos que no fue posible clasificar según la metodología SUCS, identificados como Nt en la sección 3.2.5.2.2, fueron clasificados como A-3, los cuales, al analizar las características de granulometría y límites de consistencia, fue posible describirlos como arenas con una pequeña cantidad de limo no plástico.

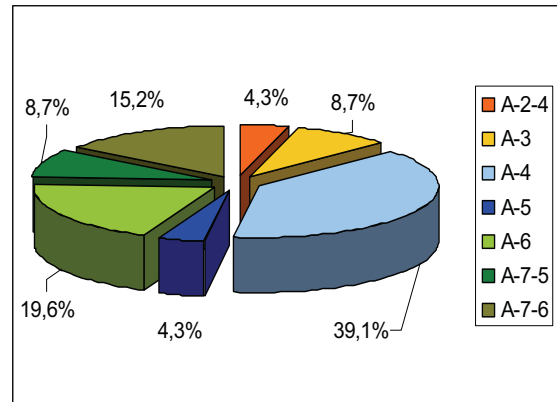


Gráfico 4. Distribución porcentual del tipo de suelo de la subrasante según AASHTO, para el casco central de Cartago.

Al igual que el gráfico anterior, en el Gráfico 4 los colores verdes representan suelos arcillosos, los tonos azules suelos limosos, el naranja representa a las arenas mezcladas con cierta cantidad de material fino que modifica los límites de consistencia, por último el color amarillo representa a arenas con contenido de limos no plásticos.

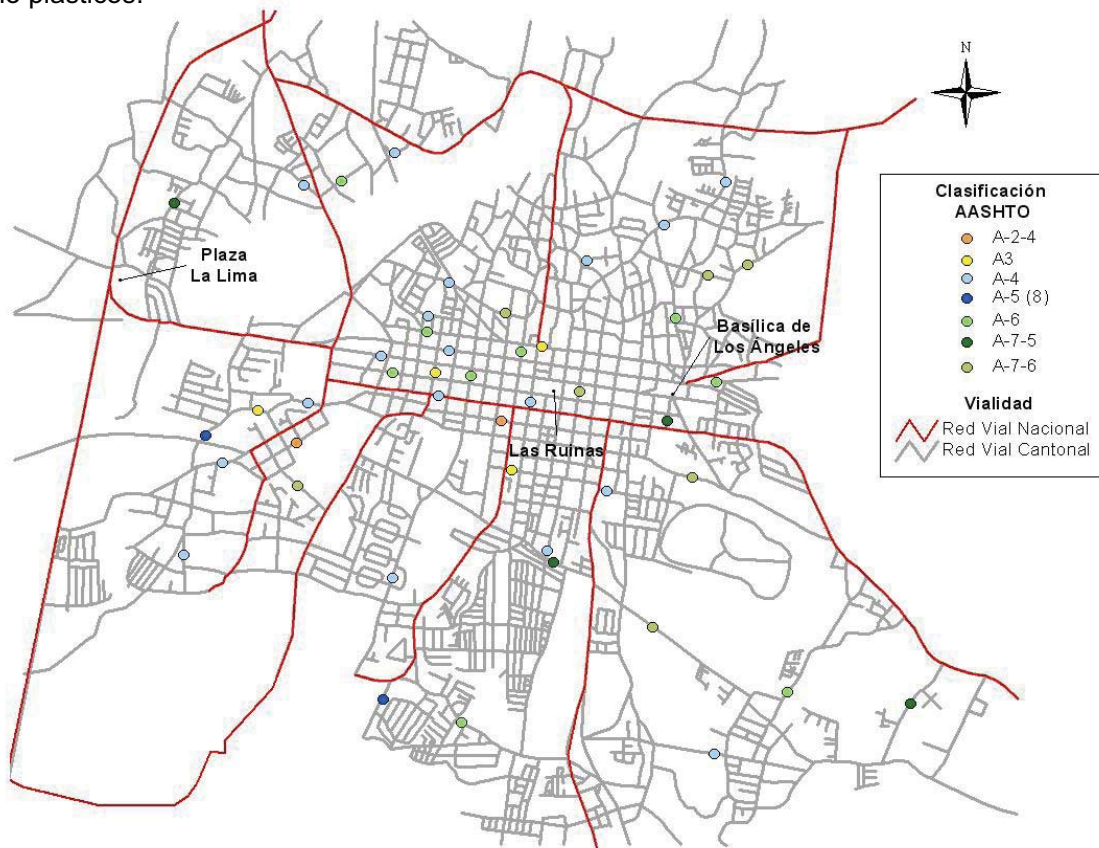


Figura 20. Caracterización de la subrasante, según AASHTO
Fuente: LanammeUCR, 2010.

Tabla 2. Clasificación del tipo de suelo de la sub-rasante, en los sondeos realizados.

Sondeo	Muestra	Porcentaje Pasando				Cu	Cc	LL	LP	IP	G _s (kg/m ³)	SUCS	AASHTO
		N°4	N°10	N°40	N°200								
1	2658-09	100	100	82,3	63,2	-	-	64,0	40,2	23,8	2,69	MH	A-7-5 (16)
2	2574-09	100	100	81,5	41,1	-	-	24,9	20,0	4,9	2,73	SC-SM	A-4 (0)
3	2575-09	100	100	86,4	50,7	-	-	38,1	23,9	14,2	2,70	CL	A-6 (4)
4	2659-09	100	100	87,8	40,5	34,0	2,9	34,3	26,8	7,6	2,70	SM	A-4 (0)
5	2667-09	100	100	78,4	50,9	-	-	33,5	23,2	10,3	2,65	CL	A-4 (3)
6	2668-09	100	100	85,6	59,7	-	-	56,8	35,0	21,8	2,64	MH	A-7-6 (12)
7	2685-09	100	100	69,8	28,6	66,7	4,7	NP	NP	NP	2,77	-	A3
8	2727-09	100	100	85,6	59,7	-	-	56,8	35,0	21,8	2,64	MH	A-7-6 (12)
9	2635-09	100	100	82,7	35,8	21,3	2,6	27,3	20,1	7,3	2,71	SC-SM	A-4 (0)
10	2593-09	100	100	85,6	59,7	-	-	56,8	35,0	21,8	2,64	MH	A-7-6 (12)
11	2633-09	100	100	77,8	50,6	-	-	37,1	24,3	12,8	2,69	CL	A-6 (4)
12	2594-09	100	100	86,5	74,3	-	-	64,0	38,5	25,5	2,70	MH	A-7-5 (22)
13	2595-09	100	100	87,8	40,5	34,0	2,9	34,3	26,8	7,6	2,70	SM	A-4 (0)
14	2634-09	100	100	92,3	78,4	-	-	51,8	26,7	25,1	2,76	CH	A-7-6 (21)
15	2721-09	100	100	83,2	40,9	130,8	7,2	29,5	21,5	8,0	2,73	SC	A-4 (0)
16	2684-09	100	100	68,5	39,7	428,6	7,6	36,5	23,3	13,2	2,69	SC	A-6 (2)
17	2720-09	100	100	83,2	40,9	130,8	7,2	29,5	21,5	8,0	2,73	SC	A-4 (0)
18	2570-09	100	100	74,5	48,5	-	-	39,0	24,9	14,0	2,68	SC	A-6 (4)
19	2592-09	100	100	68,1	38,3	187,5	1,9	46,8	30,3	16,5	2,69	SM	A-7-5 (2)
20	2762-09	100	100	81,5	41,1	-	-	24,9	20,0	4,9	2,73	SC-SM	A-4 (0)
22	2760-09	100	100	69,8	28,6	66,7	4,7	NP	NP	NP	2,77	-	A3
23	2670-09	100	100	68,5	39,7	428,6	7,6	36,5	23,3	13,2	2,69	SC	A-6 (2)
25	2662-09	100	100	82,4	54,0	-	-	46,7	28,6	18,1	2,63	ML	A-5 (8)
26	2666-09	100	100	82,7	35,8	21,3	2,6	27,3	20,1	7,3	2,71	SC-SM	A-4 (0)
27	2663-09	100	100	81,5	41,1	-	-	24,9	20,0	4,9	2,73	SC-SM	A-4 (0)
28	2664-09	100	100	85,8	54,6	-	-	44,0	27,8	16,1	2,66	ML	A-7-6 (7)
29	2665-09	100	100	69,2	33,8	215,4	9,9	29,1	21,9	7,2	2,72	SC-SM	A-2-4 (0)
30	2661-09	100	100	81,6	24,2	18,3	3,8	NP	NP	NP	2,72	-	A3
31	2572-09	100	100	85,6	59,7	-	-	56,8	35,0	21,8	2,64	MH	A-7-6 (12)
32	2571-09	100	100	87,8	40,5	34,0	2,9	34,3	26,8	7,6	2,70	SM	A-4 (0)
33	2591-09	100	100	78,4	50,9	-	-	33,5	23,2	10,3	2,65	CL	A-4 (3)
34	2573-09	100	100	85,6	59,7	-	-	56,8	35,0	21,8	2,64	MH	A-7-6 (12)
35	2559-09	100	100	78,4	50,9	-	-	33,5	23,2	10,3	2,65	CL	A-4 (3)
36	2558-09	100	100	86,4	50,7	-	-	38,1	23,9	14,2	2,70	CL	A-6 (4)
37	2660-09	100	100	83,2	40,9	130,8	7,2	29,5	21,5	8,0	2,73	SC	A-4 (0)
38	2722-09	100	100	86,4	50,7	-	-	38,1	23,9	14,2	2,70	CL	A-6 (4)
39	2648-09	100	100	87,8	40,5	34,0	2,9	34,3	26,8	7,6	2,70	SM	A-4 (0)
40	2646-09	100	100	82,4	54,0	-	-	46,7	28,6	18,1	2,63	ML	A-5 (8)
41	2647-09	100	100	56,7	39,0	-	-	30,3	16,5	13,8	2,70	SC	A-6 (2)
42	2669-09	100	100	78,4	50,9	-	-	33,5	23,2	10,3	2,65	CL	A-4 (3)
43	2761-09	100	100	86,4	50,7	-	-	38,1	23,9	14,2	2,70	CL	A-6 (4)
44	2687-09	100	100	81,5	41,1	-	-	24,9	20,0	4,9	2,73	SC-SM	A-4 (0)
45	2636-09	100	100	68,1	38,3	187,5	1,9	46,8	30,3	16,5	2,69	SM	A-7-5 (2)
46	2686-09	100	100	69,8	28,6	66,7	4,7	NP	NP	NP	2,77	-	A3
47	2755-09	100	100	69,2	33,8	215,4	9,9	29,1	21,9	7,2	2,72	SC-SM	A-2-4 (0)
48	2754-09	100	100	81,5	41,1	-	-	24,9	20,0	4,9	2,73	SC-SM	A-4 (0)

G_s: gravedad específica.

LL: Límite Líquido.

LP: Límite Plástico.

IP: Índice de plasticidad.

N°4: Tamiz N° 4, 4.750 mm de diámetro.

N°10: Tamiz N°10, 2.000 mm de diámetro.

N°40: Tamiz N°40, 0.425 mm de diámetro.

N°200: Tamiz N°200, 0.075 mm de diámetro.

En la Tabla 2 se muestran las clasificaciones según SUCS y AASHTO para el suelo de la sub-rasante 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 1 se les aplica estos ensayos, sino que se toman familias con propiedades similares y a la más representativa se le aplican las pruebas necesarias.

3.2.5.3. Clasificación de sub-rasante 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 sub-rasante para resistir carga. En la siguiente imagen se muestra la prueba realizada en sitio.



Figura 20. Prueba de CBR en sitio
Fuente: LanammeUCR, 2008.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para CBR y los sitios donde se realizó el ensayo. El CBR obtenido es una medida indirecta obtenida a partir del penetrómetro, el cual registra la resistencia a la penetración, también llamado índice del cono (CI) en psi. El valor de CBR se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CBR = a * (CI)^b$$

Donde:

- a y b son coeficientes asociados al tipo de suelo según la clasificación del suelo SUCS.
- CI es el índice del cono.

La clasificación utilizada para categorizar los valores de CBR es establecida por J. Bowles (1981), la cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3: Clasificación del CBR

CBR	Clasificación General	Usos
0-3	Muy Pobre	Subrasante
3-7	Pobre a Regular	Subrasante
7-20	Regular	Sub-base
20-50	Buena	Base-Sub-base
Mayor a 50	Excelente	Base

Fuente: Bowles, J. 1981

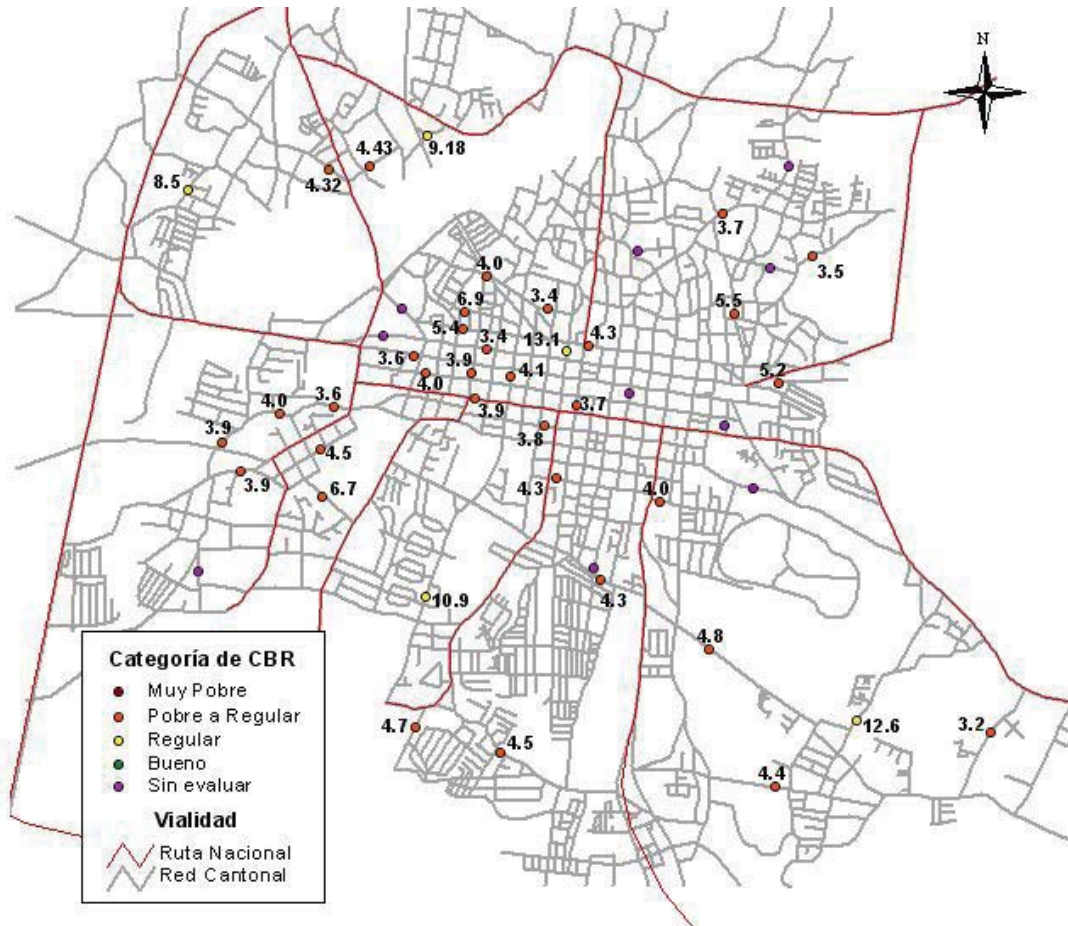


Figura 21. Caracterización del CBR según Bowles.
Fuente: LanammeUCR, 2010.

Es posible observar que la mayoría de los datos presentan una condición de pobre a regular. El 85% de los datos se encuentran con valores de CBR entre 0 y 5.5%, mientras que el 50% de los datos se poseen valores inferiores a 4,0%, lo cual sugiere que son suelos de baja resistencia.

Tanto en la figura 21 como en tabla 4 se registran los valores de CBR. Dado que no fue posible realizar el sondeo en los sitios 21 y 24 el valor de CBR no se obtuvo, además hay otros sitios donde no fue posible evaluar la resistencia del suelo, debido a que el anillo de carga no penetró. Estos puntos corresponden los sitios sin evaluar (SE) tanto en la Figura 21 como en la Tabla 4.

Tabla 4: Índice de resistencia CBR.

Sondeo	Muestra	CI	a	b	CBR
1	2658-09	646,5	0,082	0,717	8,51
2	2574-09	174,9	0,131	0,678	4,32
3	2575-09	162,1	0,127	0,699	4,43
4	2659-09	532,6	0,131	0,678	9,18
5	2667-09	141,7	0,127	0,699	4,03
6	2668-09	176,6	0,082	0,717	3,36
7	2685-09	150,5	0,131	0,678	3,9
8	2727-09	-	0,082	0,717	SE
9	2635-09	155,2	0,131	0,678	3,98
10	2593-09	-	0,082	0,717	SE
11	2633-09	724,4	0,127	0,699	12,6
12	2594-09	166,1	0,082	0,717	3,21
13	2595-09	177,7	0,131	0,678	4,37
14	2634-09	181,4	0,126	0,698	4,76
15	2721-09	149,5	0,131	0,678	3,88
16	2684-09	155	0,131	0,678	3,98
17	2720-09	133,1	0,131	0,678	3,59
18	2570-09	226,7	0,131	0,678	5,15
19	2592-09	-	0,131	0,678	SE
20	2762-09	121,7	0,131	0,678	3,38
22	2760-09	173,1	0,131	0,678	4,29
23	2670-09	240,3	0,131	0,678	5,36
25	2662-09	133	0,127	0,699	3,86
26	2666-09	-	0,131	0,678	SE
27	2663-09	151,9	0,131	0,678	3,92
28	2664-09	256,2	0,111	0,739	6,69
29	2665-09	183,4	0,131	0,678	4,46
30	2661-09	158,1	0,131	0,678	4,03
31	2572-09	184,2	0,082	0,717	3,46
32	2571-09	141	0,131	0,678	3,73
33	2591-09	-	0,127	0,699	SE
34	2573-09	-	0,082	0,717	SE
35	2559-09	-	0,127	0,699	SE
36	2558-09	222,2	0,127	0,699	5,52
37	2660-09	135,2	0,131	0,678	3,63
38	2722-09	147,2	0,127	0,699	4,14
39	2648-09	690,5	0,131	0,678	10,95
40	2646-09	177,7	0,127	0,699	4,72
41	2647-09	182,6	0,131	0,678	4,45
42	2669-09	306,7	0,127	0,699	6,91
43	2761-09	146,1	1,139	0,49	13,07
44	2687-09	138,1	0,131	0,678	3,68
45	2636-09	174,2	0,131	0,678	4,31
46	2686-09	173,9	0,131	0,678	4,3
47	2755-09	146,3	0,131	0,678	3,83
48	2754-09	-	0,131	0,678	SE

3.2.6. Definir tramos homogéneos

Los tramos homogéneos son secciones de la vía que poseen características similares, se definen con el objetivo de seccionar las rutas para aplicar el tipo de intervención adecuada por tramo, ya que a nivel operativo no es funcional que el tipo o diseño de la intervención requerida varíe en pocos metros.

Los tramos homogéneos se definirán tomando en cuenta diferentes características de la RVC. Los mismos no deben ser menores de 300 metros; algunas de las variables a considerar son:

- Clasificación de la vía.
- Tipo de pavimento.
- Deflexiones.
- TPD.
- IRI.
- Deterioro superficial.

El producto final será un mapa de identificación de tramos homogéneos de la RVC, y las generalidades de cómo se determinan los respectivos tramos homogéneos. Además de los parámetros respectivos caracterizando cada tramo homogéneo.

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.
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería. (2004). Propuesta Metodológica para el Desarrollo de una Zonificación Geotécnica para Cartografía de Zonificación Geomecánica, Vol. III.
- 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.
- Costa Rica. (Julio, 2006). Ley No. 8114: Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08, Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica, Unidad de Investigación, Año 2008.
- 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.
- Solminihac, 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.
- Universidad Nacional de Colombia. Normas Técnicas de Ensayos de Laboratorio: Clasificación de suelos y agregados para la construcción de vías, normas técnicas de uso corriente del laboratorio de Geotecnia de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia <http://www.unalmed.edu.co/~geotecni/GG-11.pdf>