



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura
del Transporte

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL
CANTONAL EN EL DISTRITO
MERCEDES DE HEREDIA:

ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL
PATRIMONIO VIAL

LM-PI-GM-INF-03-16

PREPARADO POR
Quesada-Campos, Josué
Xu-Ye, Lilly



programa de infraestructura
del transporte

PITRA

San José, Costa Rica
Junio, 2016

UGM

Unidad de
Gestión Municipal

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO MERCEDES - HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

Quesada-Campos Josué¹, Xu-Ye Lilly²

1. *Ingeniero Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR*
2. *Asistente Unidad de Gestión Municipal PITRA LanammeUCR*

Palabras Clave: PITRA, Evaluación, Red vial cantonal, Heredia, Valor patrimonial

Resumen: El presente informe contiene el análisis de aproximadamente 50.8 km de la red vial del distrito Mercedes en el Cantón de Heredia, donde se identificaron un total de 60 secciones de análisis que posteriormente fueron analizadas por medio de diferentes ensayos como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, Índice de condición de pavimento (PCI).

Adicionalmente se han inspeccionado 11 estructuras de puentes e inventariado por medio del equipo Geo3D las aceras y cordones de caño existentes.

Utilizando los conceptos de curva de deterioro y de valor máximo de un elemento vial se ha realizado la estimación del valor patrimonial de estos componentes para esta red vial. Se ha obtenido un valor global del valor patrimonial de ₡8.959.222.723,85.

Este diagnóstico constituye en sí una herramienta de gestión vial y planificación de inversiones para ser utilizada por la Municipalidad de Heredia. Las bases de datos y archivos en formato digital son parte de los activos con los que cuenta esta municipalidad para gestionar las intervenciones en esta red.

Referencias

1. Informe LM-PI-UP-05-2015, Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes. Unidad de Puentes, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Noviembre, 2015.
2. Proyecto N° UI-PC-04-08, Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Noviembre, 2008.
3. Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIV), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Agosto, 2008
4. Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. ASTM D-6433-11, Standard practices for roads and parking lots Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Pennsylvania, USA
6. Lidon, M. (2014). Modelos de deterioro de infraestructura de transporte: Puentes y pavimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España
7. López Ramírez, Sharline. Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica – San José, Costa Rica. Febrero, 2009.

EVALUATION OF THE CANTONAL ROAD NETWORK OF DISTRICT MERCEDES - HEREDIA: ROAD ASSETS VALUE ESTIMATION

Quesada-Campos Josué¹, Xu-Ye Lilly²

1. *Engineer Municipal Management Department PITRA LanammeUCR*
2. *Assistant Municipal Management Department PITRA LanammeUCR*

Keywords: PITRA, Evaluation, Management, Cantonal road network, Heredia, Road Assets

Abstract: This report includes a diagnosis of approximately 50.8km of the cantonal road network in district Mercedes of Heredia Town, 60 analysis sections were identified and studied by field essays: Deflectometry, IRI (International regularity index), vehicular counts, Pavement Condition Index (PCI).

Furthermore 11 vehicular bridges were inspected; ditches and sidewalks were inventoried by using a Geo3D device. Using deterioration curves and maximum value of a road asset concepts an estimation of the road assets value in this network was calculated, to a global value of ₡8.959.222.723,85.

This diagnosis it's in-self a management and planning tool for future investments by Heredia's Municipality. Database and digital files are assets for this municipality to manage any improvement and maintenance work in this network.

References

1. Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
2. Badilla V., G. (2009). "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)" Infraestructura Vial, N°21. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
3. López-Ramírez, Sharline. (2009). Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Barrantes-Jimenez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIV). San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.
5. Barrantes-Jimenez, R., Sibaja-Obando, D., & Porras-Alvarado, J. (2008). Proyecto N° UI-PC-04-08 Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR

Quesada-Campos, J., & Xu-Ye, L. (2016). *Diagnóstico de la Red Vial Cantonal en el Distrito Mercedes de Heredia: Estimación del valor del patrimonio vial*. San José: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-GM-INF-03-16

DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO MERCEDES DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal
LanammeUCR

San José, Costa Rica
Junio, 2016



1. Informe LM-PI-GM-INF-03-16		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL EN EL DISTRITO MERCEDES DE HEREDIA: ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL		4. Fecha del Informe: Junio, 2016
7. Organización y dirección 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) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>El presente informe contiene el análisis de aproximadamente 50.8 km de la red vial del distrito Mercedes en el Cantón de Heredia, donde se identificaron un total de 60 secciones de análisis que posteriormente fueron analizadas por medio de diferentes ensayos como: deflectometría, IRI (Índice de Regularidad Internacional), conteos vehiculares, Índice de condición de pavimento (PCI). Adicionalmente se han inspeccionado 11 estructuras de puentes e inventariado por medio del equipo Geo3D las aceras y cordones de caño existentes. Utilizando los conceptos de curva de deterioro y de valor máximo de un elemento vial se ha realizado la estimación del valor patrimonial de estos componentes para esta red vial. Se ha obtenido un valor global del valor patrimonial de ₡8.959.222.723,85. Este diagnóstico constituye en sí una herramienta de gestión vial y planificación de inversiones para ser utilizada por la Municipalidad de Heredia. Las bases de datos y archivos en formato digital son parte de los activos con los que cuenta esta municipalidad para gestionar las intervenciones en esta red.</i>		
10. Palabras clave PITRA, Evaluación, Red vial cantonal, Heredia, Valor Patrimonial	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 80
13. Preparado por: Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng. Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 2016/1/16		15. Colaboradores Lilly Xu Ye Asistente de ingeniería Ing. Christian Valverde C. Unidad Evaluación Red Vial Nacional
15. Revisado por: Lic. Carlos Campos Cruz Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 2016/1/16	16. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal Lanamme UCR  Fecha: / /	17. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD. Coordinador General PITRA  Fecha: / /



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVO	6
3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL	7
3.1	IMPORTANCIA.....	7
3.2	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS (SAP)	7
3.3	PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL MUNICIPAL	10
4	ESQUEMA METODOLÓGICO	11
5	DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DEL DISTRITO MERCEDES	13
5.1	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)	13
5.2	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA RED VIAL.....	16
5.3	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	18
5.4	CONDICIÓN ESTRUCTURAL A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA.....	23
5.5	TRAMOS HOMOGÉNEOS PROPUESTOS	28
5.6	EVALUACIÓN POR MEDIO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	29
5.7	INVENTARIO DE ACERAS, CORDONES DE CAÑO Y SEÑALES DE TRÁNSITO	32
5.8	EVALUACIÓN DE PUENTES.....	34
6	ESTIMACIÓN DE COSTOS	39
6.1	COSTO DE MATERIALES PARA CAMINOS Y ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO	39
6.2	COSTO DE PUENTES VEHICULARES.....	41
7	ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO	42
8	CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES	45
9	ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL	47
10	CONCLUSIONES	53
11	REFERENCIAS	55
12	ANEXOS	57



ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 1. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL.....	19
TABLA 2. CATEGORIZACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI).....	30
TABLA 3. INVENTARIO DE ACERAS Y CORDONES DE CAÑO.....	32
TABLA 4. INVENTARIO DE SEÑALES VIALES HORIZONTALES.....	33
TABLA 5. INVENTARIO DE SEÑALES VIALES VERTICALES.....	33
TABLA 6. CATEGORÍAS Y DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES PARA EVALUACIÓN DE PUENTES VEHICULARES.....	34
TABLA 7. RESUMEN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN EN PUENTES.....	36
TABLA 8. COSTOS DE LOS MATERIALES CALCULADOS.....	40
TABLA 9. CALCULO DEL COSTO POR METRO CUADRADO DE PUENTE VEHICULAR TIPÍCO...	42
TABLA 10. VARIABLES DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	43
TABLA 11. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PAVIMENTO.....	48
TABLA 12. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE PUENTES.....	50
TABLA 13. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE ACERAS Y CORDON DE CAÑO.....	51
TABLA 14. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL COMPONENTE SEÑALES DE TRANSITO....	51
TABLA 15. ESTIMACIÓN DE VALOR PATRIMONIAL TOTAL.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA GENERAL DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	8
FIGURA 2. ESQUEMA DE PROCESO DE GESTIÓN VIAL.....	10
FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO UTILIZADO.....	12
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS CONTEOS Y RESULTADOS DE TPD EN EL DISTRITO MERCEDES.....	15
FIGURA 6. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE VÍAS EN DISTRITO MERCEDES CON BASE EN CONTEOS.....	157
FIGURA 7. REPRESENTACIÓN FÍSICA DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL.....	18
FIGURA 8. PERFILOMETRO INERCIAL LASER.....	189
FIGURA 9. RESULTADOS DEL IRI PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO MERCEDES.....	20
FIGURA 10. RESULTADOS DEL IRI PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL DISTRITO MERCEDES.....	201
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN EL IRI.....	22



FIGURA 12. EQUIPO DE DEFLECTOMETRÍA DE IMPACTO..... 23

FIGURA 13. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE GRANULAR.. 24

FIGURA 14. CONDICIÓN DEL PAVIMENTO A PARTIR DE DEFLECTOMETRÍA Y TPD, PARA UNA ESTRUCTURA CON BASE ESTABILIZADA. 24

FIGURA 15. RESULTADOS DEL FWD PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN MERCEDES. .. 25

FIGURA 16. RESULTADOS DEL FWD PROMEDIO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN MERCEDES..... 276

FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN FWD..... 27

FIGURA 18. TRAMOS HOMOGENEOS PROPUESTOS..... 28

FIGURA 19. VISUALIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL CALCULO DE PCI. .. 29

FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CONDICIÓN SEGÚN FWD..... 30

FIGURA 21. RESULTADOS DE PCI PARA DISTRITO MERCEDES..... 31

FIGURA 22. MUESTRA DE ARCHIVOS KML DE ACERAS EN MERCEDES..... 32

FIGURA 23. UBICACIÓN DE PUENTES INSPECCIONADOS. 35

FIGURA 24. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS PRIMARIAS..... 43

FIGURA 25. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS SECUNDARIAS..... 44

FIGURA 26. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO MODELO PARA VÍAS Terciarias. 44

FIGURA 27. CURVA DE DETERIORO PARA PAVIMENTOS (VIDA UTIL 20 AÑOS)..... 45

FIGURA 28. CURVA DE DETERIORO PARA PUENTES (VIDA UTIL 50 AÑOS). 46

FIGURA 29. COMPOSICIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL ESTIMADO EN EL DISTRITO MERCEDES..... 52



1 INTRODUCCIÓN

Mediante el oficio **PRMH-0786-2015** de fecha 10 de noviembre de 2015, la Municipalidad de Heredia, al amparo de lo dispuesto en el artículo 130 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa, cusó invitación para que, a través de la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (FUNDEVI), de acuerdo con los Lineamientos de Vinculación Externa de la Universidad de Costa Rica, se presente oferta para participar en la contratación directa N° 2015CD-000403-01, para que el LanammeUCR ejecute el diagnóstico de la infraestructura vial de los distritos Mercedes y San Francisco del cantón central de la provincia de Heredia con la finalidad de conocer su condición actual y lograr estimar el valor del patrimonio vial existente en dichos distritos, de ahí que, como primer entrega, por medio de este informe se presentan los resultados obtenidos en el distrito Mercedes.

2 OBJETIVO

Realizar una evaluación de la RVC del distrito Mercedes de Heredia, para obtener una base de datos con diferentes características técnicas de la infraestructura vial de la red que permitan establecer una estimación del valor al patrimonio vial actual. El diagnóstico también es insumo para definir los objetivos y metas institucionales.



3 PROCESO DE GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL

3.1 Importancia

La infraestructura vial está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barreras de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe ser capaz de permitir un servicio de transporte con un nivel adecuado, eficiente y eficaz para sus usuarios.

Un sistema de administración de infraestructura vial contempla la administración adecuada de los recursos económicos y humanos disponibles, de manera que estos sean optimizados para conservar y rehabilitar cada uno de sus componentes, procurando que funcionen como un conjunto armónico en función del usuario, lo cual propicia el desarrollo económico y social de la región en la que se encuentra.

La conservación de las vías se enfoca en dos objetivos fundamentales. El primero de ellos se relaciona con el servicio que se le brinda a los usuarios de la red, brindando una circulación confortable, segura y fluida, disminuyendo con esto los costos de transporte, así como los tiempos de viaje. El segundo objetivo es conservar y mejorar la calidad del patrimonio vial que forma parte de los activos públicos del Estado.

La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de Heredia proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

3.2 Sistema de administración de pavimentos (SAP)

Parte fundamental de un sistema de administración de infraestructura son los pavimentos, pues es sobre su capa de rodadura donde diversos medios de transporte se desplazan. A los pavimentos se les asocia la mayor parte de los costos de usuario y es uno de los elementos de la infraestructura que más recursos económicos y financieros demandan para su construcción, así como para su mantenimiento o rehabilitación. De manera general, los

pavimentos y carreteras deben ofrecer comodidad de viaje a los usuarios, economía en operación de los vehículos y seguridad ante accidentes, para lo cual la municipalidad debe establecer planes y desarrollar proyectos de conservación y mejoramiento de sus vías de forma preventiva y garantizando un nivel de servicio adecuado de forma continúa.

A través de la aplicación del SAP se disminuye la incertidumbre de la inversión, dado que las decisiones se basan en estudios técnicos que permiten guiar de una mejor manera las inversiones, con el fin de dar un mejor aprovechamiento y rentabilidad de los recursos disponibles.

Un sistema de gestión de pavimentos presenta una estructura general que se compone por cinco etapas bien definidas: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, las cuales son descritas en la Figura 1.



Figura 1. Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos.
Fuente: Tomado y modificado de Haas, 1993.



La gestión de pavimentos debe ser utilizable por el organismo a cargo de la conservación de caminos y contribuir a la toma de decisiones respecto de los proyectos individuales.

Asimismo, 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 aplicar de manera eficaz un sistema de gestión es necesario que el mismo cuente con ciertos requerimientos esenciales:

- Capacidad de ser fácilmente utilizado, posibilitando agregar y actualizar datos y modificarlo con nueva información de manera sencilla.
- Capacidad de considerar estrategias alternas 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 utilizar la información para la retroalimentación del sistema y llevar un control del cambio en las condiciones de la red.

Los pavimentos son estructuras complejas que se ven afectadas por diferentes variables: frecuencia (cantidad de vehículos que circulan en un periodo de tiempo determinado) y peso de los vehículos que los transitan, solicitudes de medio ambiente, materiales usados y formas de construcción, mantenimiento, entre otros. Es importante entender claramente los factores técnicos y económicos que involucran su construcción, explotación y manutención con el fin de poder hacer una apropiada gestión de pavimentos.

El crecimiento de la población, el aumento de la cantidad de vehículos y el incremento de actividad económica generan mayores cantidades de vehículos y camiones viajando por las carreteras, lo cual impone mayores pesos y cargas sobre las estructuras de pavimentos, por lo que la generación y aplicación del SAP se torna cada vez más importante. Cabe destacar que el SAP no debe limitarse solamente a la conservación vial, sino que hay que definir proyectos de mejoramiento, refuerzo, rehabilitación, reconstrucción, ampliación de carreteras y nuevos proyectos carreteros.

El comienzo de una gestión integral de los elementos de la infraestructura vial puede iniciar con un elemento fundamental y de gran importancia, en este caso en particular: el

pavimento, pero en forma progresiva deben aplicarse herramientas que permitan gestionar la conservación e incorporar los demás elementos (alcantarillado, puentes, señalización, etc.) que proveen al usuario de una operación segura y de bajo costo (De Solminihac, 1998).

3.3 Proceso de Gestión de Infraestructura Vial Municipal

Para establecer un sistema de gestión vial es necesario delimitar todas sus fases y destacar de manera adecuada los productos asociados a cada una de ellas, la Figura 2 muestra el flujograma para el proceso de gestión vial en el ámbito municipal.

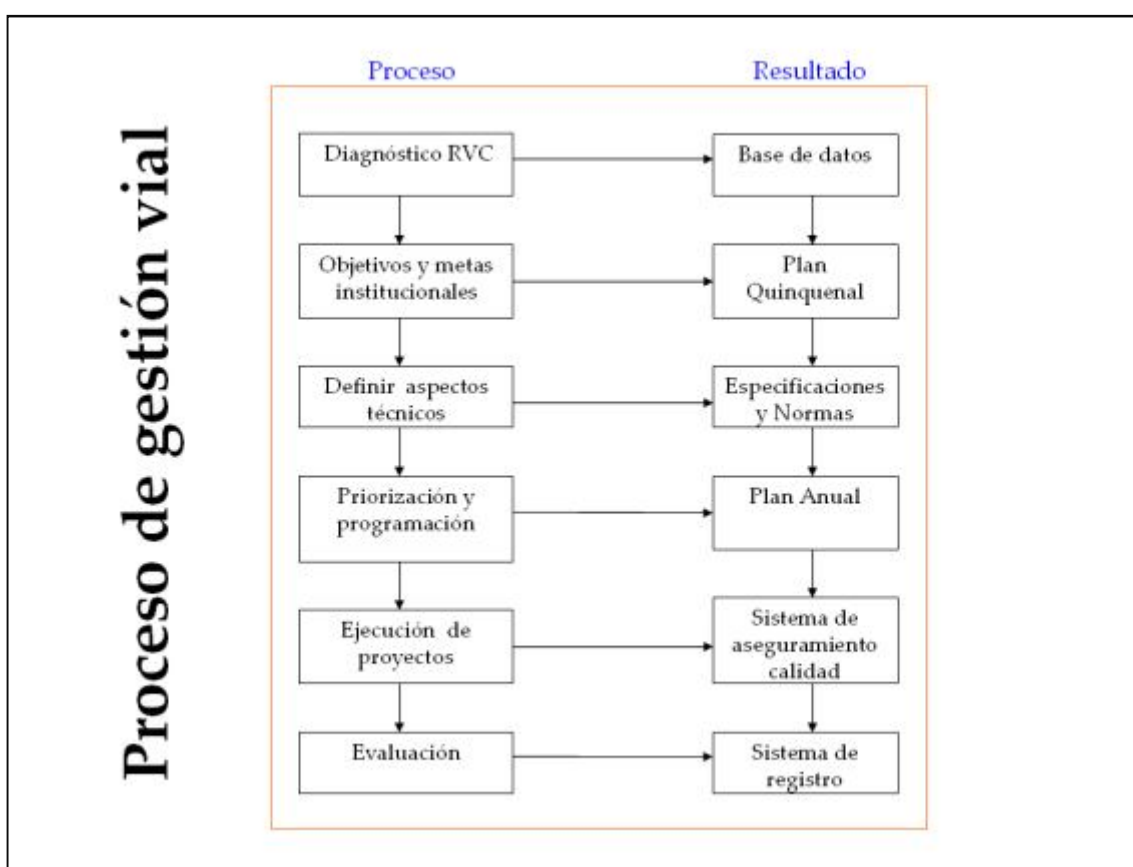


Figura 2. Esquema de proceso de gestión vial.
Fuente: LanammeUCR, 2008.

Cuando se elabora el diagnóstico de la red vial cantonal (RVC), el producto principal es la base de datos ya que permite determinar el estado actual de la red, insumo necesario para establecer políticas de priorización y planes de conservación y rehabilitación de las vías del cantón.



En los sistemas de gestión de infraestructura vial, también conocidos como sistemas de administración de pavimentos, funcionan distintos niveles dependiendo del detalle:

- Nivel estratégico: planes globales a realizarse a largo plazo (20 años). Permiten maximizar los recursos.
- Nivel táctico: planes que priorizan los proyectos por realizar a mediano plazo (4 ó 5 años).
- Nivel operativo: se enfoca en el diseño de los proyectos por ejecutar en el año siguiente.

La infraestructura vial está conformada por todos aquellos elementos que facilitan el desplazamiento de los vehículos de un punto a otro de una manera segura y confortable. Entre los elementos que la conforman se encuentran los pavimentos, puentes, la señalización vertical y horizontal, taludes, terraplenes, túneles, dispositivos de seguridad tales como barreras de contención, drenajes, espaldón, entre otros. Todos estos elementos conforman la red vial, la cual debe ser capaz de permitir un servicio de transporte con un

La importancia del tema se enfoca en maximizar los beneficios obtenidos al invertir en la red vial cantonal de la Municipalidad de San José proporcionando políticas de inversión para la rehabilitación y el mantenimiento de sus rutas, basándose en fundamentos técnicos, de manera que se dé una recuperación sostenible a mediano plazo.

4 ESQUEMA METODOLÓGICO

Para cumplir con el objetivo del informe se estableció un procedimiento metodológico que abarca la ejecución de ensayos de campo, inventario de componentes de infraestructura e inspección de puentes. En una segunda etapa la información recolectada fue procesada utilizando diversos paquetes de computo especializados en el análisis de información, misma que forma parte de este informe por medio de bases de datos georeferenciadas y en formato de hojas de cálculo.

En la Figura 3, se presenta el esquema metodológico implementado para determinar el diagnóstico de la RVC y obtener la información necesaria para la estimación del valor del patrimonio vial en este distrito.

Informe LM-PI-GM-INF-03-16	Fecha de emisión: Junio, 2016	Página 11 de 80
----------------------------	-------------------------------	-----------------

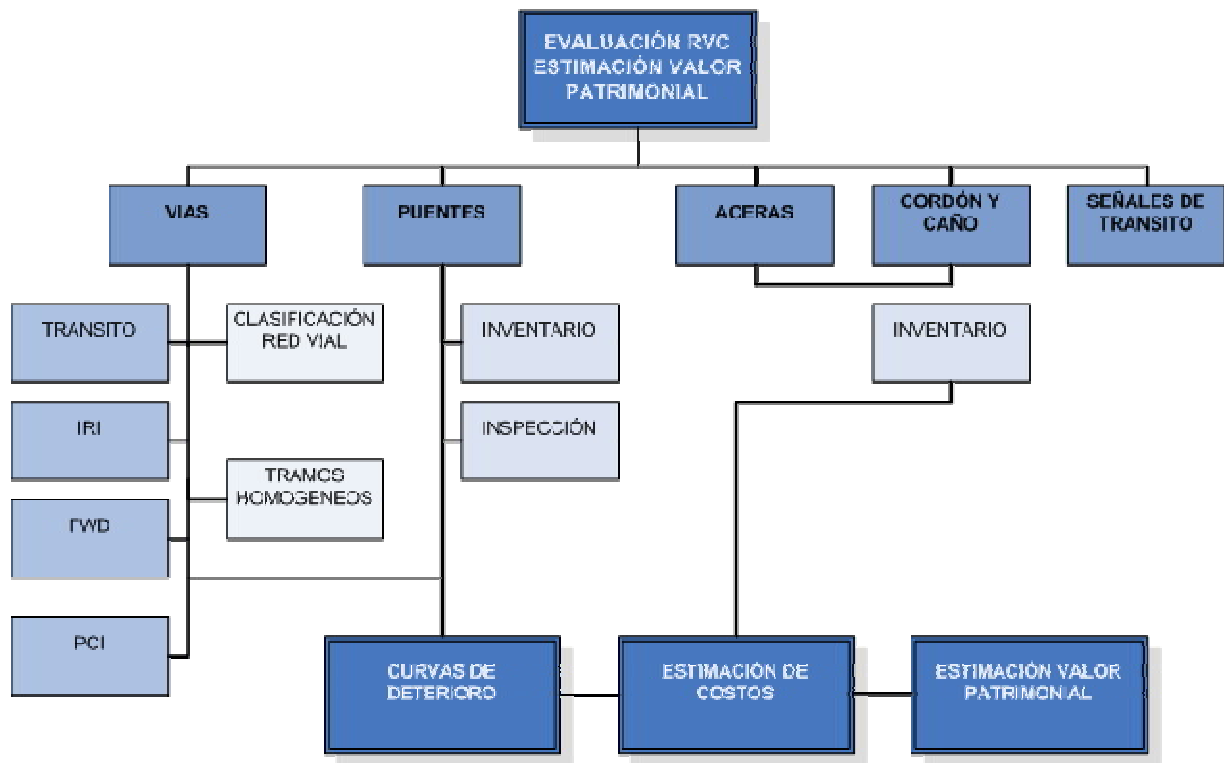


Figura 3. Esquema metodológico utilizado.

En resumen, a partir de la información obtenida del diagnóstico tanto en vías como en puentes se tendrá el valor de condición actual. Luego se generarán las curvas de deterioro teóricas y se estimarán los costos constructivos asociados a las estructuras de pavimento ideales y puentes nuevos. Finalmente, se hace una comparación entre ese valor máximo posible y se compara con lo existente, de esta manera es posible estimar el valor patrimonial de los activos viales en este distrito.



5 DIAGNÓSTICO DE LA RED VIAL CANTONAL DEL DISTRITO MERCEDES

Para realizar el diagnóstico de la RVC y puentes que posteriormente se usará para la estimación del valor patrimonial se dispone de diferentes actividades con productos asociados:

1. Determinar tránsito promedio diario (TPD) y clasificación vehicular.
2. Identificar condición funcional por medio del ensayo de regularidad (IRI)
3. Identificar condición estructural por medio del ensayo de deflectometría (FWD)
4. Calculo del valor del índice de condición del pavimento (PCI) a partir de la utilización de las fotografías tomadas con el equipo Geo3D y plantillas de estimación de daños.
5. Inventarios de áreas de acera, longitudes de cordones y de señales de tránsito usando el equipo Geo3D y herramientas de procesamiento de datos.
6. Inventarios e inspecciones de los 11 puentes vehiculares existentes en el distrito.

5.1 Tránsito promedio diario (TPD)

Para realizar un adecuado planeamiento de la inversión en la infraestructura vial es fundamental conocer las características del tránsito que circula sobre la estructura del pavimento, tanto en cantidad como tipo de vehículos. Los datos actualizados del tráfico permiten identificar la demanda vehicular de la zona, el cual es un dato básico para diseñar una estructura del pavimento que se adapte a las necesidades del sitio, o bien para implementar medidas correctivas como un refuerzo o mantenimiento oportuno.

Algunos aspectos que se consideraron al realizar conteos de tránsito fueron:

- Realizarlos durante períodos de tránsito normal, nunca en vacaciones o días feriados.
- Realizarlos entre los días lunes y viernes, preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Realizar conteos de 25 horas para tomar en cuenta ambos períodos de hora pico, y facilitar el análisis del cálculo del TPDA (Tránsito promedio diario anual).
- Escoger los sitios de mayor flujo vehicular de la calle o tramo a evaluar.



Dado que el volumen y tipo de tránsito cambian constantemente, se recomienda realizar los conteos de manera periódica, aproximadamente cada año o máximo cada dos años. Además, de esta manera se identifica la tasa de crecimiento del tránsito vehicular para la red.

En la Figura 4 se muestra la colocación de algunos de estos contadores en el distrito de Mercedes, en tanto que en la Figura 5 se muestran las ubicaciones de los conteos realizados y los valores de TPD obtenidos.



Figura 4. Contadores automáticos en red vial distrito Mercedes.
Fuente: LanammeUCR.

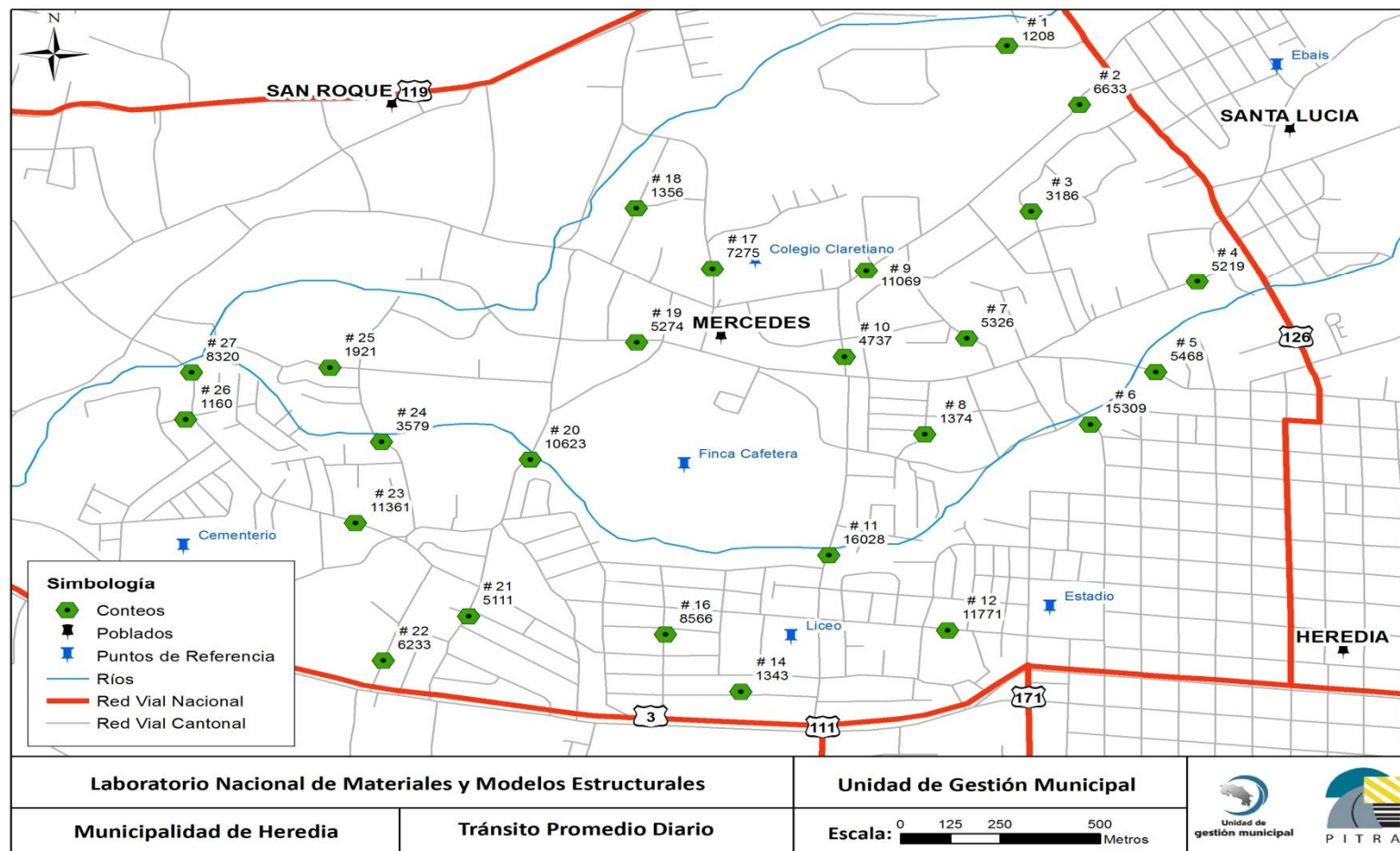


Figura 5. Ubicación de los conteos y resultados de TPD en el distrito Mercedes

Fuente: LanammeUCR, 2016.



5.2 Clasificación funcional de la Red Vial

Los resultados obtenidos a partir de los conteos vehiculares permiten identificar las vías que dentro de este distrito presentan mayores flujos de tránsito de aquellas que presentan una condición de menor uso diario.

La clasificación de vías en una red vial es fundamental para las labores de gestión que debe realizar la Municipalidad, pues le permite priorizar obras en aquellas vías en las cuales exista evidencia de que un mayor número de usuarios hacen uso de la misma, o bien, que existe la necesidad de dotar con vías en adecuadas condiciones a centros de atracción y generación de viajes, tales como:

- Centros de salud
- Centros educativos
- Zonas comerciales
- Zonas industriales

Adicionalmente, es necesario tomar en consideración la conectividad que en muchas ocasiones brindan las vías cantonales a las rutas nacionales y de travesía. Al existir múltiples vías cantonales que dan acceso a rutas nacionales es normal que los usuarios pasen de una red vial a otra; por lo tanto, aquellas vías que sirven como corredores de paso entre rutas nacionales podrían tener mayor demanda que las vías internas de la red vial cantonal.

Usualmente se establecen tres niveles de clasificación para vías en una red vial cantonal: rutas primarias, rutas secundarias y rutas terciarias o de acceso. Dependiendo de los volúmenes de tránsito medidos se establecen umbrales para separar las vías y se considera también los sitios de atracción de viajes y cercanía con rutas nacionales.

En la siguiente figura se muestra la clasificación para el distrito Mercedes considerando los resultados obtenidos:

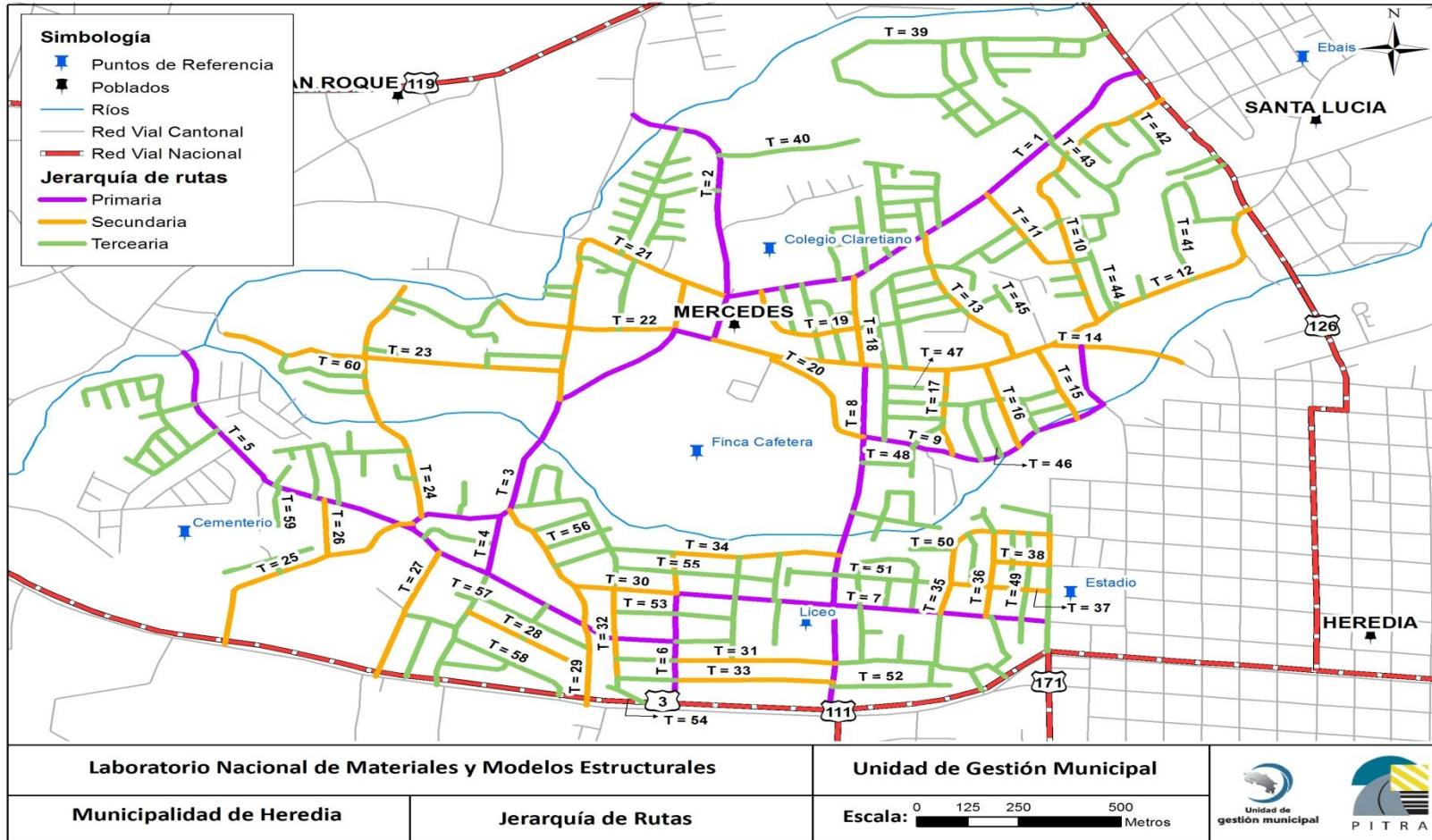


Figura 6. Clasificación funcional de vías en distrito Mercedes con base en conteos Fuente: LanammeUCR, 2016.

5.3 Índice de Regularidad Internacional (IRI).

El IRI es utilizado en muchos países como parámetro de aceptación de obras y gestión de pavimentos, pues se encuentra relacionado con los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

Este parámetro resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la regularidad de un camino en un auto de pasajeros típico; además, 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 presenta en la Figura 7.

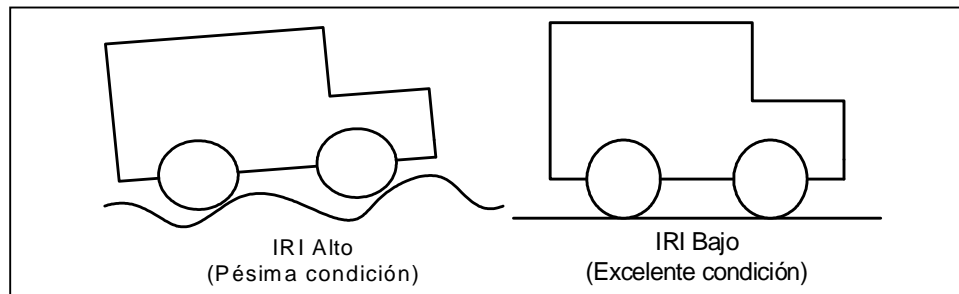


Figura 7. Representación física del Índice de Regularidad Internacional.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, puesto que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios, para ser preciso se debe especificar la longitud para la cual se determina dicho valor.

El equipo utilizado para la medición del IRI es del tipo Perfilómetro Inercial Laser, el cual es un equipo de alto rendimiento que produce 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 delantera del vehículo, como se muestra en el esquema de funcionamiento del equipo de la Figura 8.

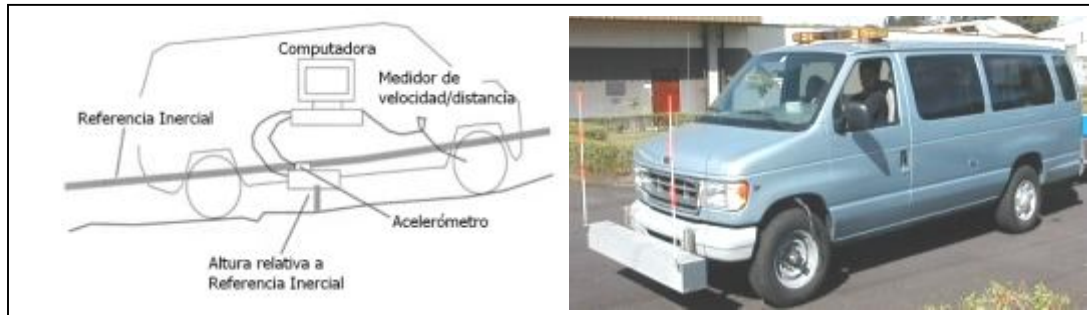


Figura 8. Perfilómetro Inercial Láser.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

El IRI se calculó sobre la red vial pavimentada cada 25 metros durante el mes de Enero del año 2016 abarcando todas las rutas contempladas por la contratación y se cubrió una longitud aproximada de 50.8 km. En las Figuras 9 y 10, se muestran gráficamente los resultados de estas mediciones, las cuales se clasificaron según la calidad funcional en cuatro rangos, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorización del Índice de Regularidad Internacional.

Condición	IRI (m/km)
Bueno	< 3,6
Regular	3,6-6,4
Malo	6,4-10
Muy malo	> 10

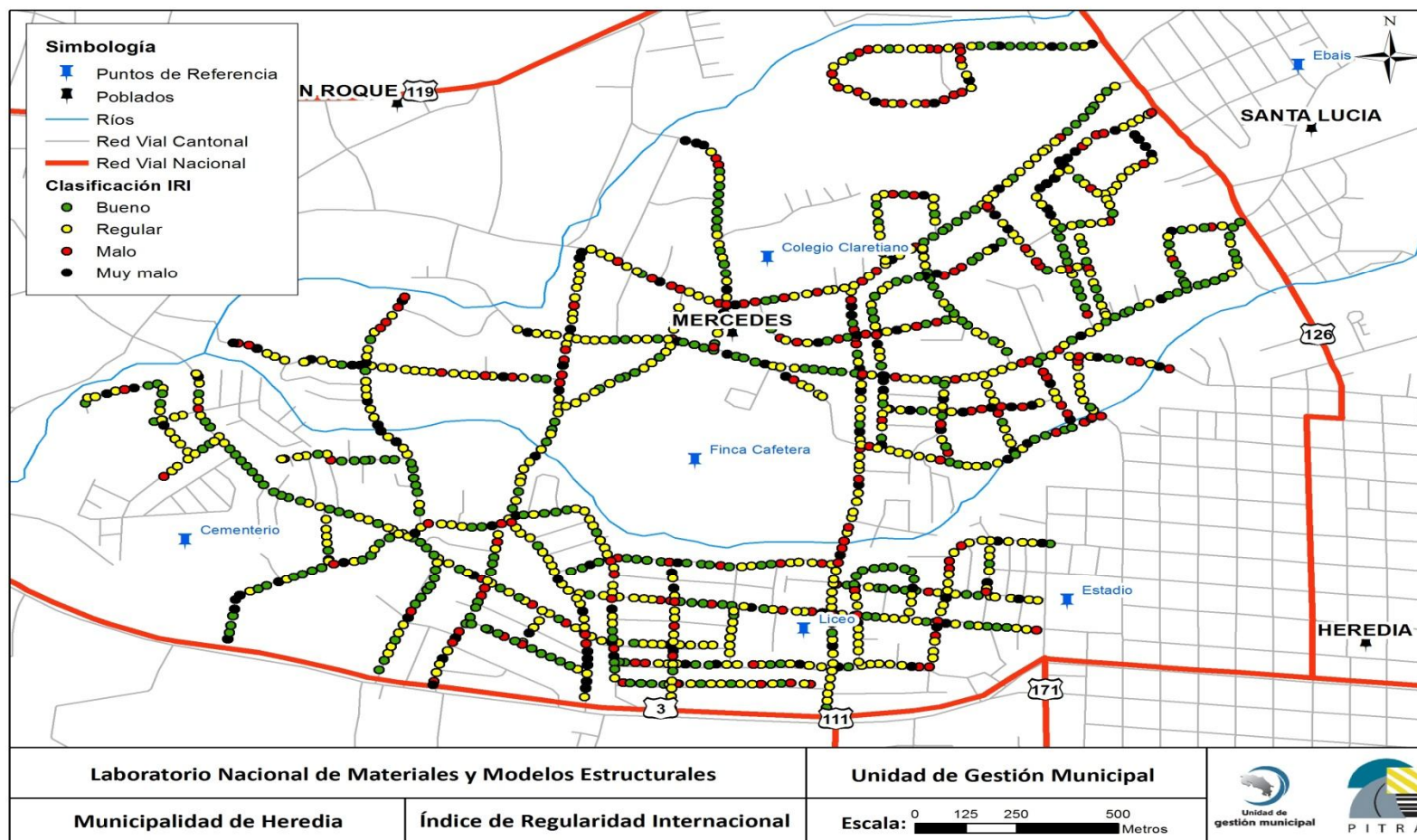


Figura 9. Resultados del IRI para las mediciones realizadas en el distrito de Mercedes.
Fuente: LanammeUCR, 2016.

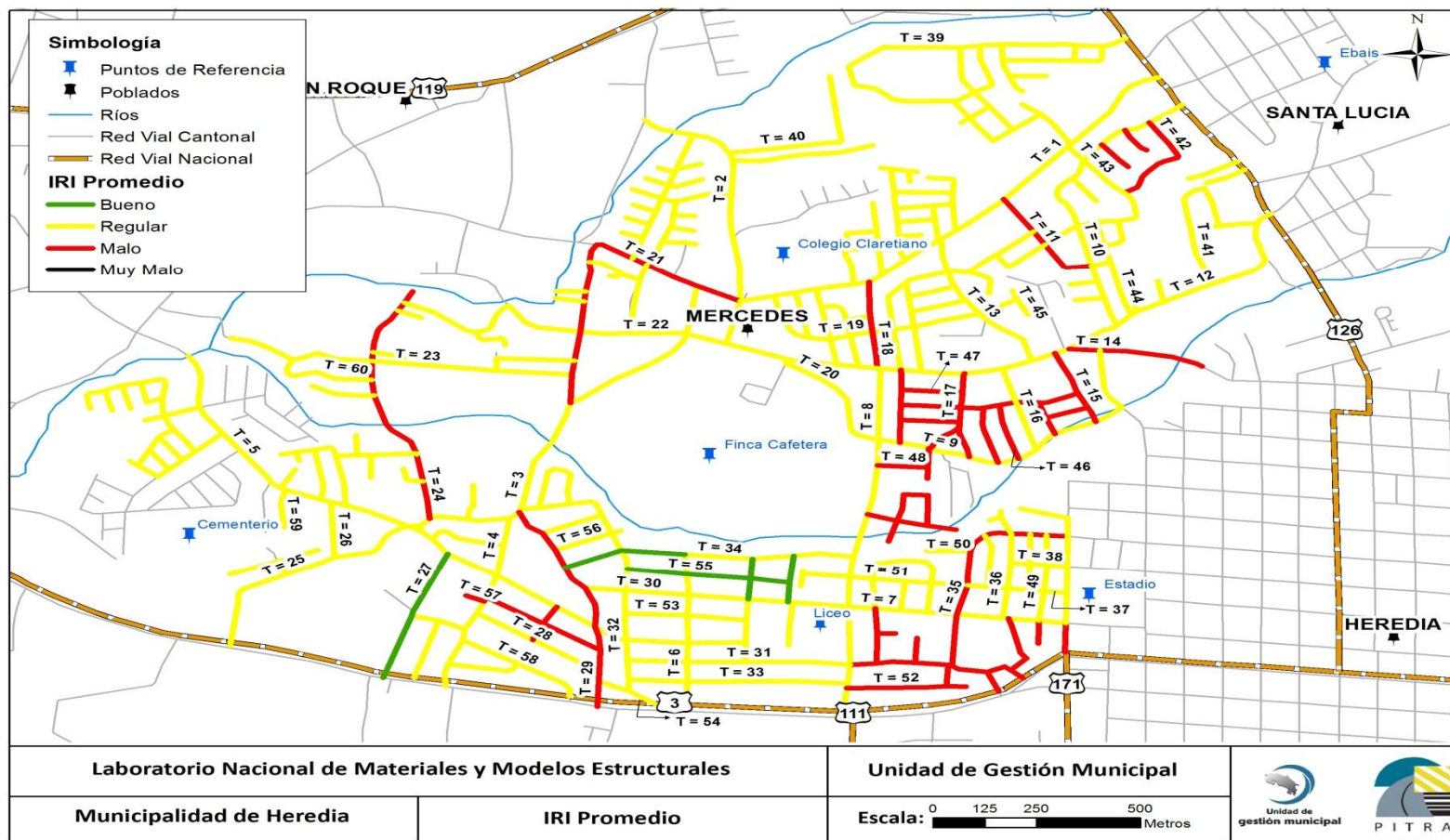


Figura 10. Resultados del IRI promedio para las mediciones realizadas en el distrito de Mercedes.
Fuente: LanammeUCR, 2016.

En la Figura 11 se presenta la distribución porcentual de cada una de las mediciones de IRI en las cuatro categorías definidas. Se determinó que un 3% de las estimaciones de IRI a cada 25 metros se encuentran en la categoría "Bueno", además, un 79% y 18% se pueden clasificar en las categorías de "Regular" y "Malo" respectivamente, esto caracteriza una superficie con condiciones aceptables de operación en su mayor parte (82%) que favorece menores costos de operación a los usuarios. Las vías con condición mala a nivel de regularidad se ubican principalmente en calles vecinales terciarias según se observa en la figura 10.

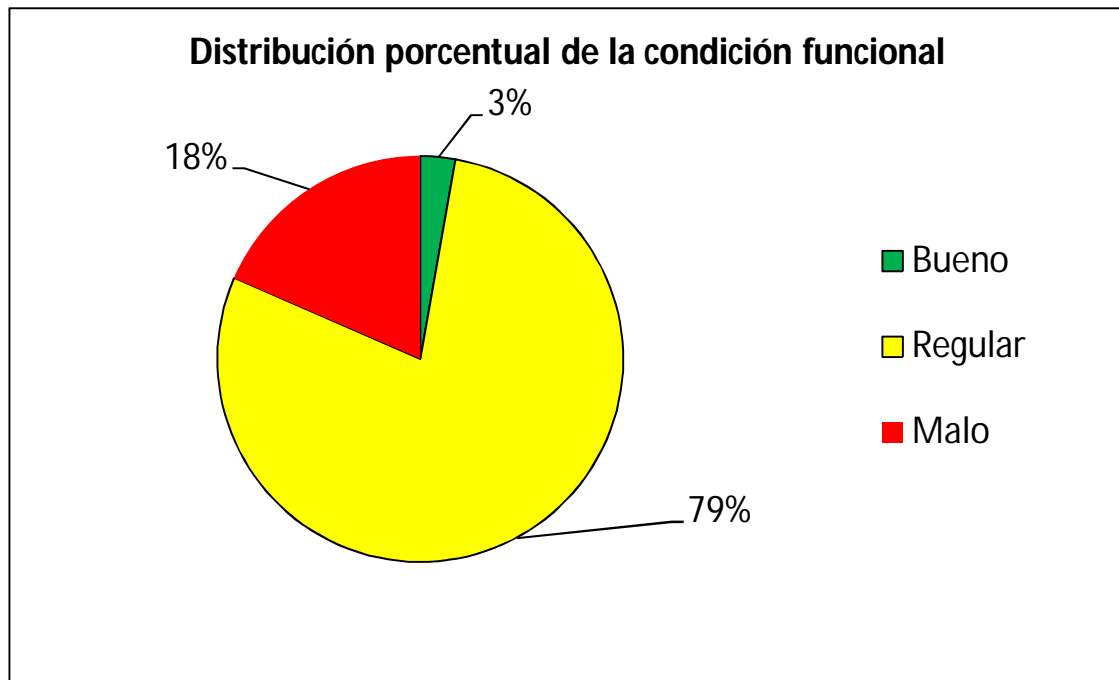


Figura 11. Distribución porcentual de la condición según el IRI.

Fuente: Lanamme 2016



5.4 Condición estructural a partir de deflectometría

Conocer la capacidad estructural de un pavimento permite determinar la respuesta que éste tendrá ante las cargas de tránsito a las que se encuentra expuesto, y es posible determinarla mediante la utilización de equipos como el Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés).

El procedimiento para la aplicación de este equipo consiste en dejar caer una carga de impacto estándar sobre el pavimento y medir las deflexiones en nueve puntos a diferentes distancias respecto al punto exacto donde se aplicó la carga. A continuación en la Figura 12 se muestra el equipo de medición y los puntos donde se miden las deflexiones.

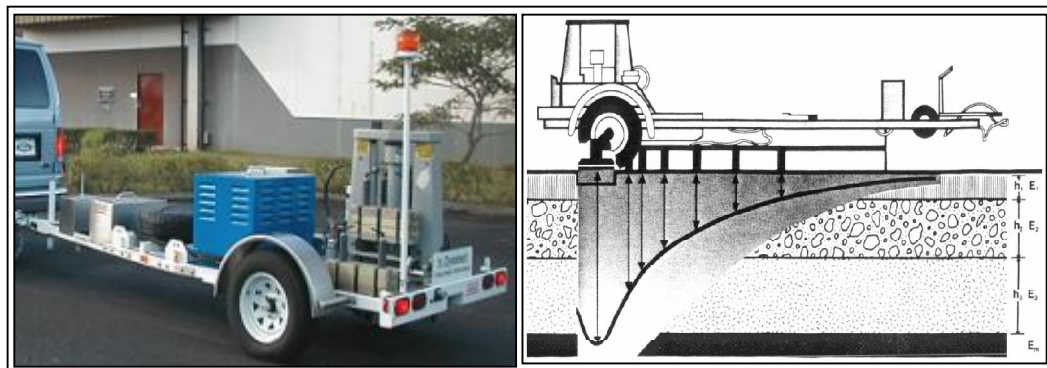


Figura 12. Equipo de deflectometría de impacto.

Fuente: LanammeUCR, 2008.

La clasificación utilizada para los valores de deflectometría para una estructura con base granular son tomados a partir de un estudio realizado por el LanammeUCR (Proyecto LM-PI-GM-03-2014, LanammeUCR), en el cual se determinaron rangos según las distintas categorías de TPD, de acuerdo con parámetros observados en la RVC. En la Figura 13 se presenta la clasificación de deflectometría para una estructura de pavimento con base granular. Además, en la Figura 14 se muestra la clasificación para estructuras con base estabilizada, obtenida del Proyecto N° UI-PC-04-08 del Lanamme UCR. En las Figuras 15 y 16 se muestran los resultados de la prueba de deflectometría en el distrito Mercedes.

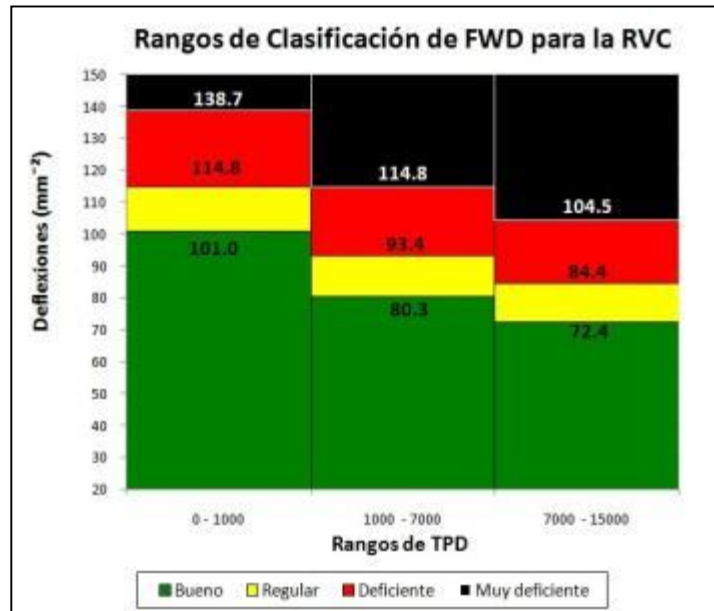


Figura 13. Condición del pavimento para una estructura con base granular.
Fuente: LanammeUCR, 2014.

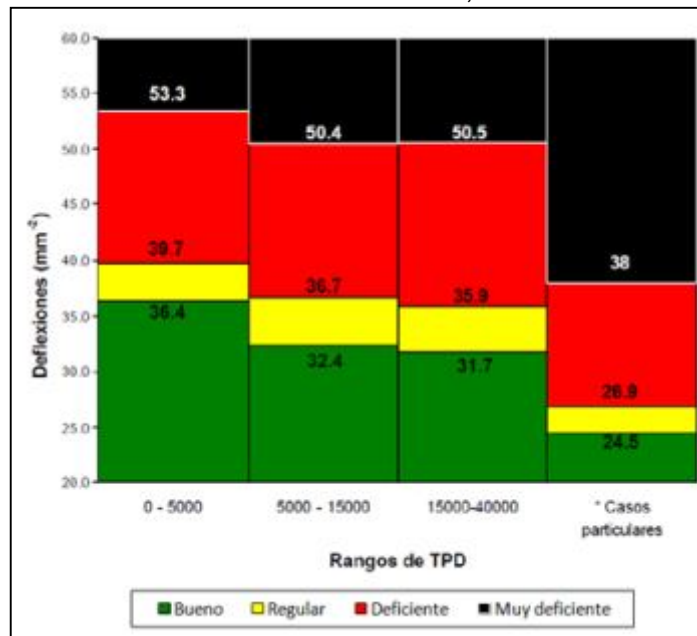


Figura 14. Condición del pavimento a partir de deflectometría y TPD, para una estructura con base estabilizada.
Fuente: LanammeUCR, 2008.

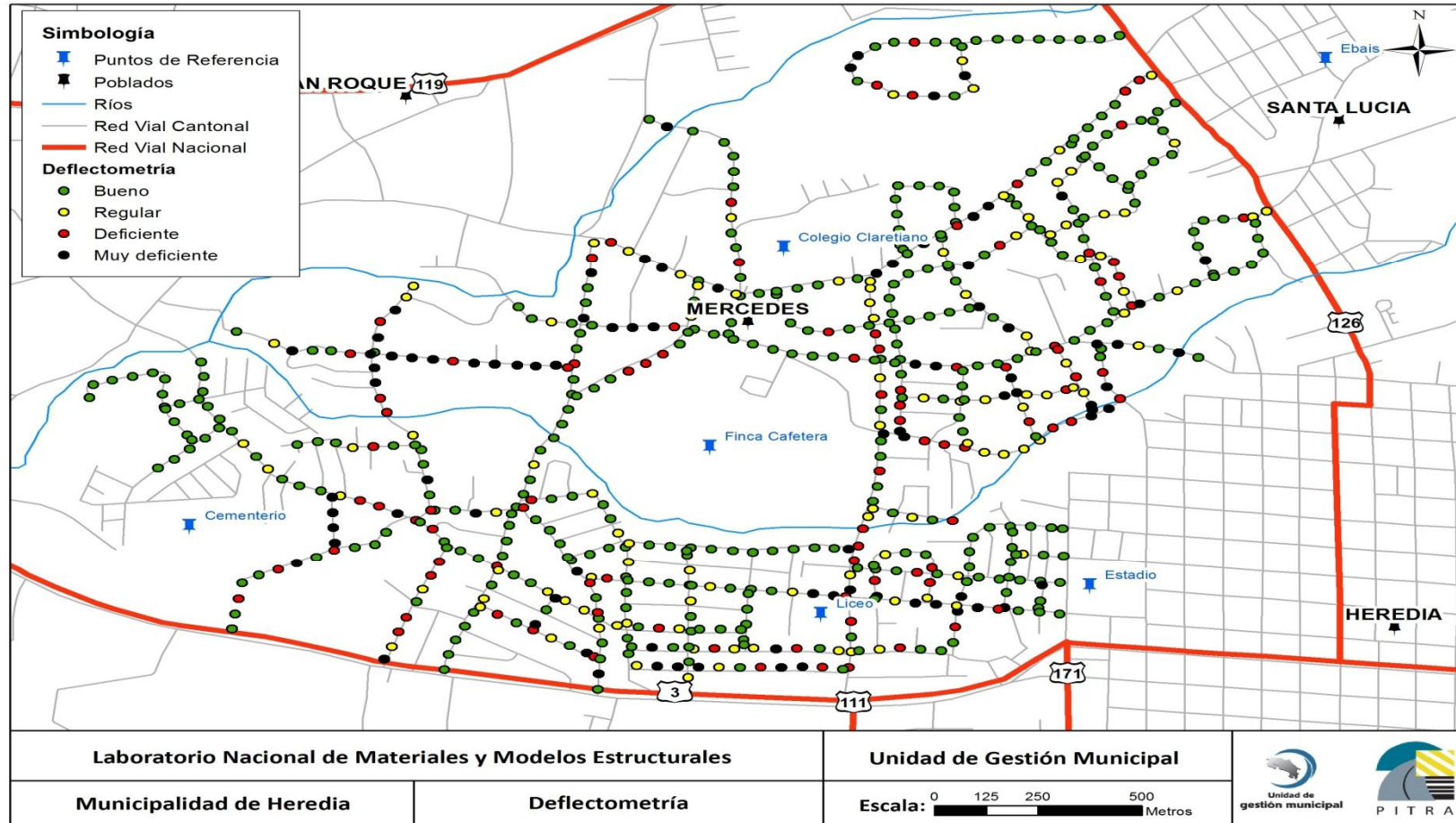


Figura 15. Resultados del FWD para las mediciones realizadas en Mercedes. Fuente: LanammeUCR, 2016.

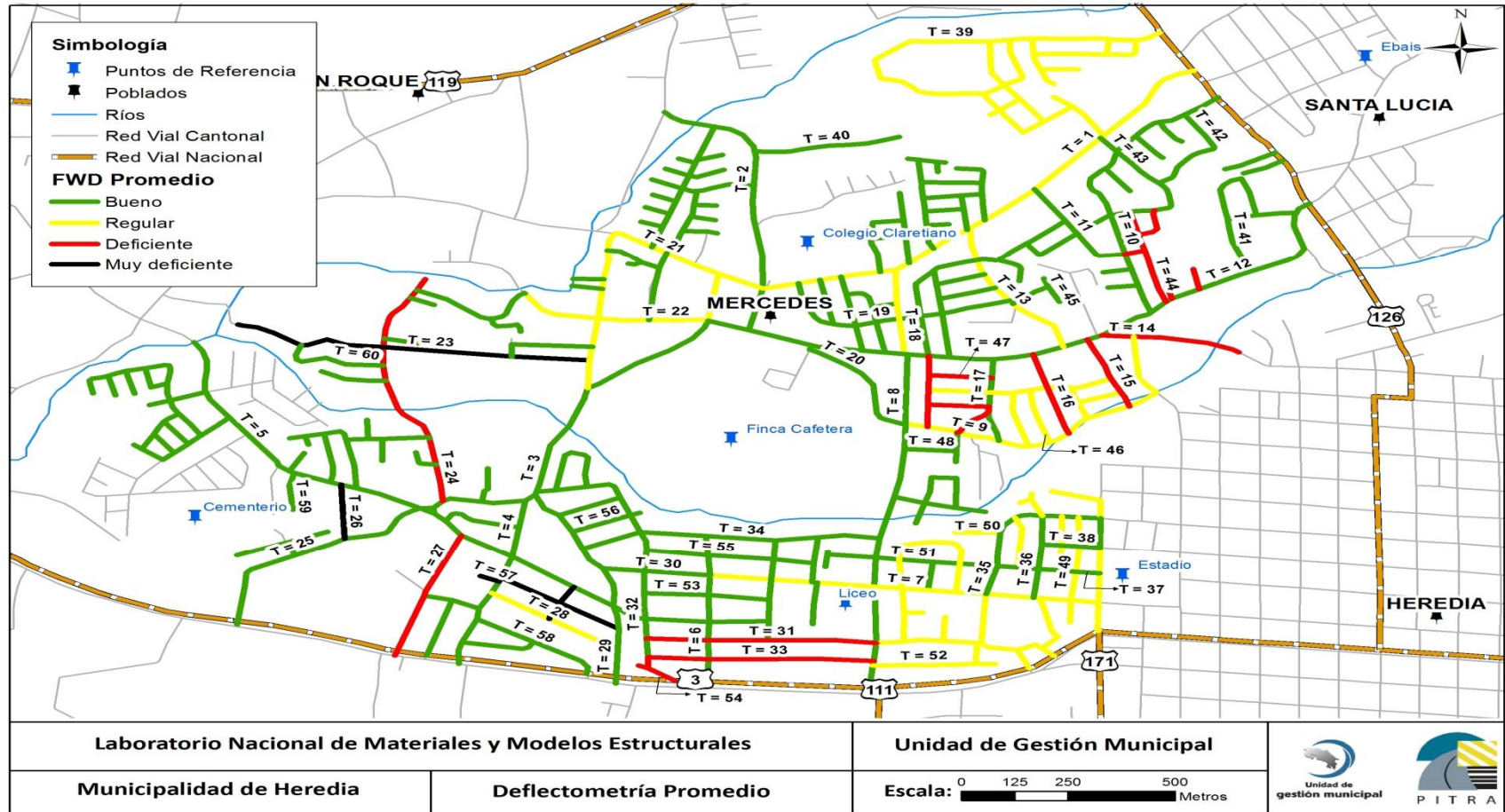


Figura 16. Resultados del FWD promedio para las mediciones realizadas en Mercedes.
Fuente: LanammeUCR, 2016.

Para la red vial de Mercedes estas mediciones se realizaron con el equipo Deflectómetro de Impacto a cada 50 metros a lo largo de la red. A continuación en la Figura 17, se muestra gráficamente la evaluación realizada, es de apreciar que existe una gran cantidad de mediciones en la categoría de "Bueno" y en la mayoría de los casos son predominantes en secciones continuas de los diferentes caminos evaluados.

En el gráfico de la Figura 17 se muestra que un 88% de todas las mediciones realizadas presentan una buena o regular condición estructural, es decir, soportan adecuadamente las cargas que le generan los vehículos. Sin embargo, un 12% de las mediciones del pavimento presentan un desempeño "Deficiente" o "Muy deficiente", por lo podrían requerir acciones de refuerzo o reconstrucción para que puedan trabajar de manera óptima.

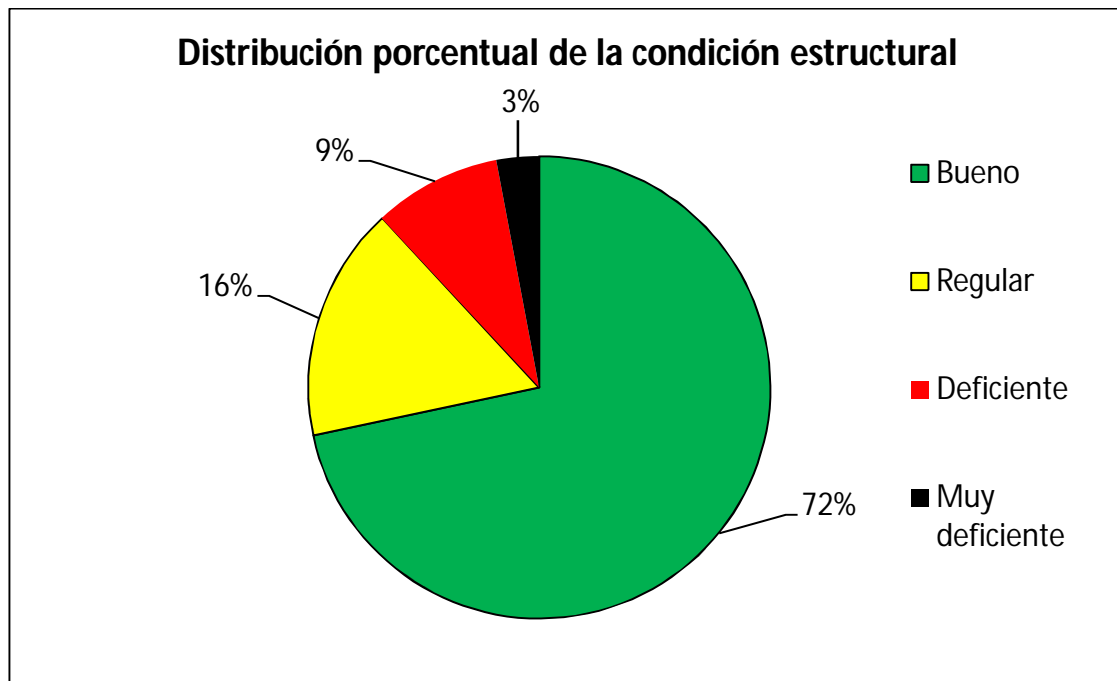


Figura 17. Distribución porcentual de la condición según FWD.

Fuente: Lanamme 2016

Es importante mencionar que con la información disponible a este punto es posible para la Municipalidad de Heredia determinar labores básicas de intervención basados en los datos de tránsito, IRI y Deflectometría usando el método de notas de calidad que no se ha incluido en este informe al encontrarse fuera del alcance establecido.

5.5 Tramos homogéneos propuestos

Una vez que se han considerado los resultados mostrados anteriormente es posible iniciar una segmentación de la red vial basada en criterios de tránsito, respuesta del pavimento y regularidad superficial (ver figura 18). Con esto se busca optimizar la inversión de recursos pues el diagnóstico ahora permite establecer cuales zonas de la red vial comparten características similares.

Considerando esta distribución la Municipalidad puede gestionar de una forma más eficiente los recursos a invertir en estas vías, pues el diagnostico permite diseñar las intervenciones conociendo las características de la vía en términos de respuesta estructural, demanda de tránsito y condición superficial. La tabla completa con los datos de cada tramo se adjunta como anexo.

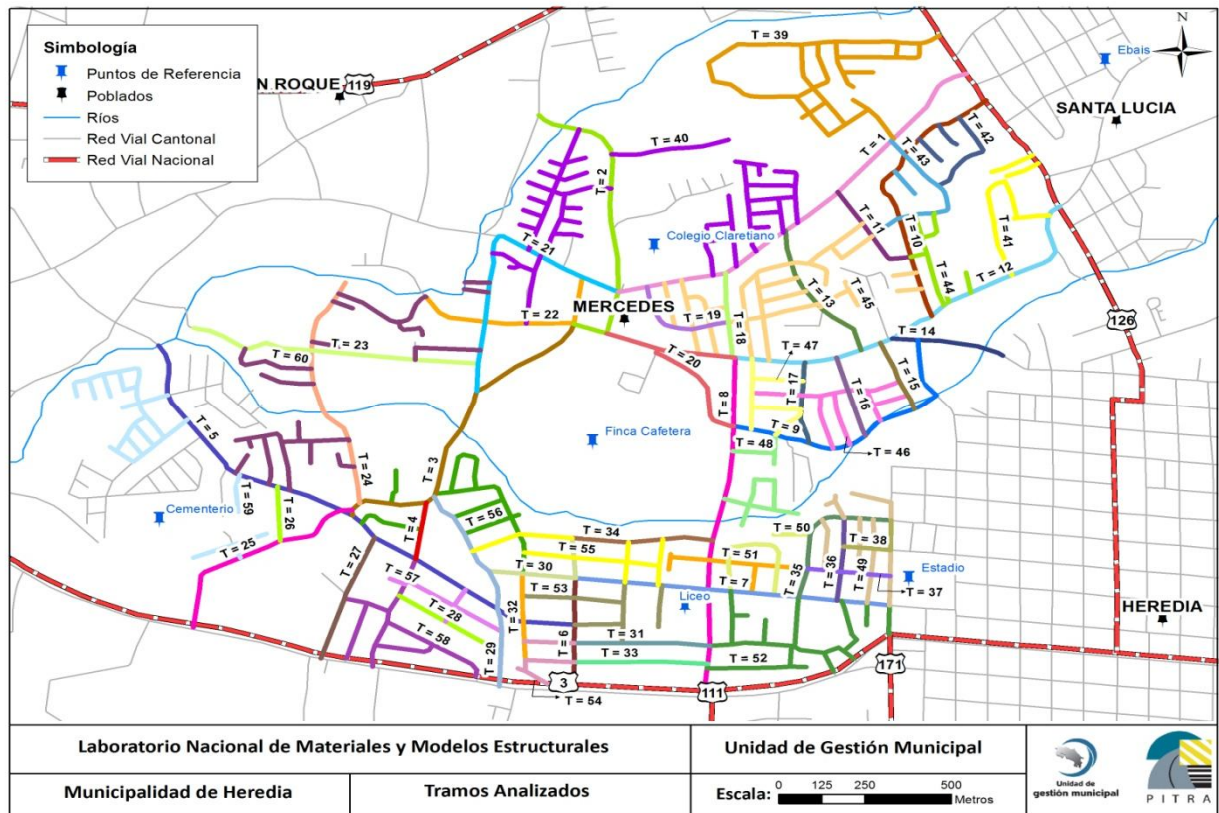


Figura 18. Tramos homogéneos propuestos.
Fuente: Lanamme 2016



5.6 Evaluación por medio del Índice de Condición del Pavimento (PCI)

El índice de condición de pavimentos (PCI) es una de las metodologías de evaluación de vías más ampliamente utilizada en el mundo, tanto para pavimentos flexibles como rígidos y consiste básicamente en una calificación en una escala del 0-100 donde a partir de los deterioros que son visibles y medibles en la superficie de pavimento se asignan puntos que se restan al índice total de acuerdo a la severidad, extensión y tipo de daño observable. De esta manera una vía con un PCI de 100 es una vía en excelente condición y una con PCI de 0 es una vía considerada como fallada completamente. Este es un diagnóstico que se hace de forma visual en toda la extensión de la red analizada.

Para el caso de la red vial de Mercedes se ha empleado esta metodología a través del aprovechamiento de las capacidades del equipo Geo3D, el cual consiste en un vehículo con 6 cámaras de alta definición que logran captar imágenes de forma consecutiva abarcando la totalidad de la vía. Usando estas imágenes, el programa de manejo de imágenes y las plantillas creadas para el cálculo de PCI es que se logra sustituir la presencia de inspectores y el cálculo se realiza en oficina. En la siguiente figura se muestra una ventana del programa utilizado.



Figura 19. Visualización del procesamiento de datos para el cálculo de PCI.



La escala utilizada para la clasificación de vías se desprende de la norma ASTM-6433-11 la cual se utilizó para definir los rangos en los cuales se clasifican las vías con base en el resultado de PCI. En la siguiente tabla se muestran los rangos:

Tabla 2. Categorización del Índice de Condición de Pavimento (PCI).

Condición	PCI
Excelente	>85
Muy bueno	70-85
Bueno	55-70
Regular	40-55
Malo	25-40
Muy malo	10-25
Fallado	<10

Fuente: Norma ASTM-6433-11

En las Figuras 20 y 21 se muestra el resultado del cálculo de PCI para el distrito de Mercedes dividido por las calles evaluadas. En el siguiente gráfico se muestra el resultado de la evaluación. Como puede verse la totalidad de la red analizada se encuentra en una condición “Excelente” y “Muy Buena”.

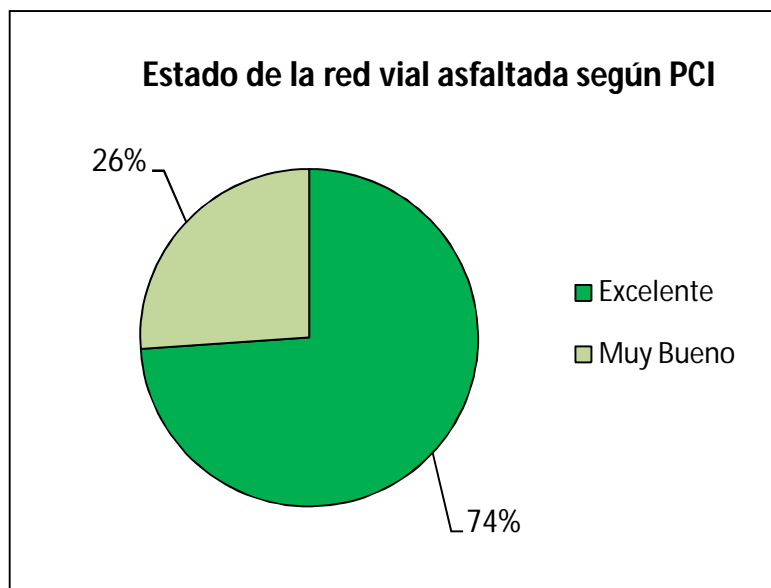


Figura 20. Distribución porcentual de la condición según FWD.

Fuente: LanammeUCR, 2016.

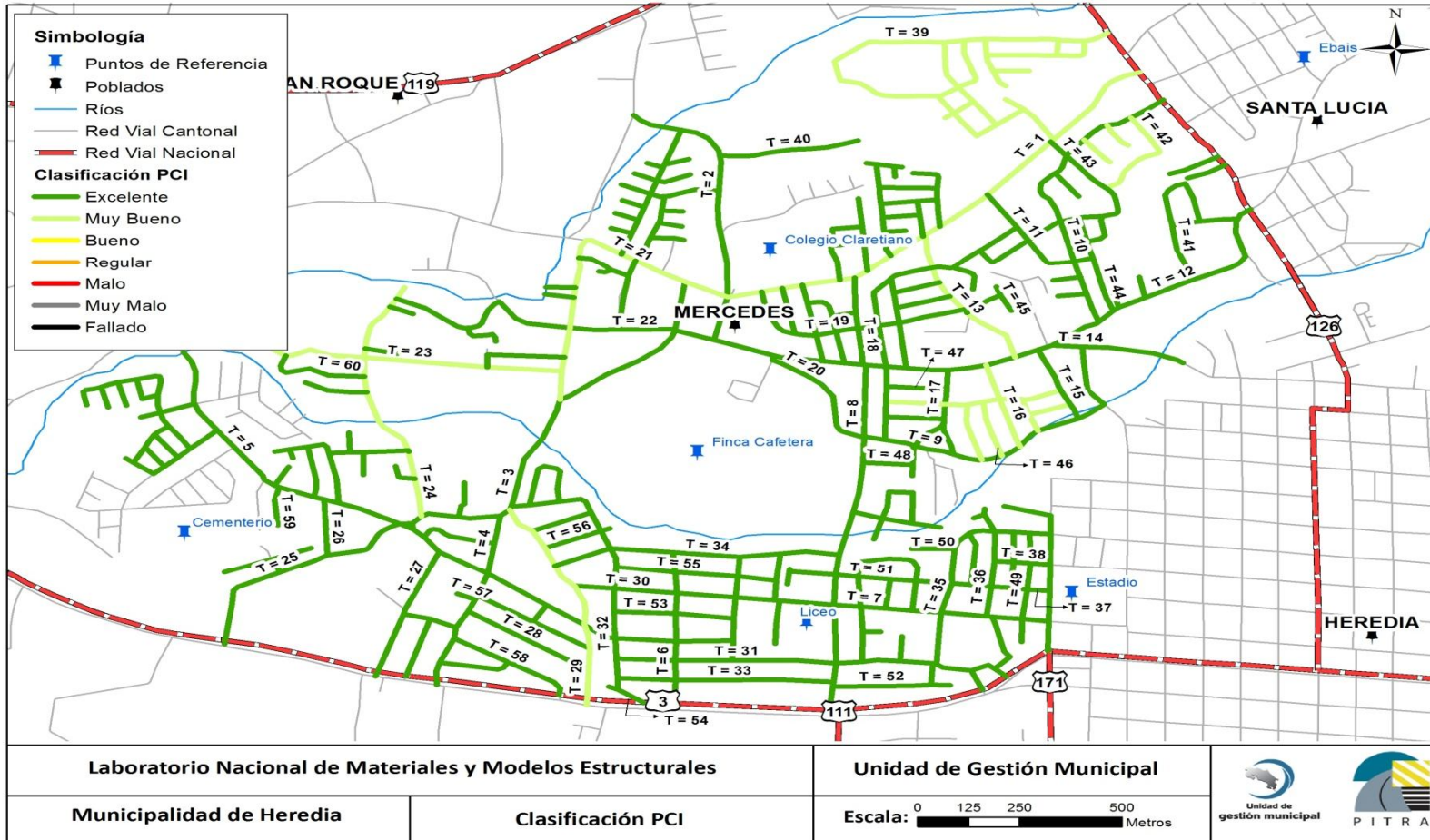


Figura 21. Resultados de PCI para distrito Mercedes
Fuente: LanammeUCR, 2016.



5.7 Inventario de aceras, cordones de caño y señales de tránsito

En conjunto con los pavimentos existen dentro del derecho de vía otros elementos que son parte del patrimonio vial de la Municipalidad. Los más importantes son las aceras, estructuras de evacuación de aguas pluviales (cordón y caño) y las señales de tránsito verticales y horizontales. Aprovechando la capacidad de fotografiar y medir elementos por áreas y longitudes que posee el equipo Geo3D utilizado para el análisis de condición de pavimento y cálculo de PCI se realizó el inventario de estos elementos.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos para aceras y cordones de caño, el detalle de los datos se muestran en los anexos.

Tabla 3. Inventario de aceras y cordones de caño

Elemento medido	Unidades	Total
Aceras peatonales	Metros cuadrados	104 842
Cordón y caño	Metros lineales	45 824

Como parte de los productos de este informe se adjunta de forma digital archivos en formato .kml (Google Earth) donde se detallan las ubicaciones de las aceras y cordones de caño identificados y medidos en este distrito. En la siguiente figura se muestra una imagen de cómo se visualizan estos archivos.



Figura 22. Muestra de archivos .kml de aceras en Mercedes



Las señales de tránsito fueron inventariadas de forma individual con recorridos independientes a los realizados con el Geo3D, en las siguientes tablas se resumen los resultados separados por señales horizontales y verticales.

Tabla 4. Inventario de señales viales horizontales

Tipo de señal	Cantidad
Señales de Escuela / Cruce peatonal	11
Señales de velocidad máxima	19
Señales de Alto y líneas de parada	374
Señales de Ceda	22

Tabla 5. Inventario de señales viales verticales

Tipo de señal	Cantidad
Señales de Escuela / Cruce peatonal	25
Señales de velocidad máxima	21
Señales de parada de autobuses	1
Señales de Ceda	5
Señales de Alto	235
Señales de Alto-flecha	8
Señales reglamentarias	42
Señales de prevención	73

Tanto en el caso de aceras, cordones de caño y señales no se ha establecido un parámetro de condición tal como se hace en el caso de los pavimentos y puentes. En este caso se considera únicamente su existencia para fines de estimación del patrimonio vial.



5.8 Evaluación de puentes

Dentro de los componentes del patrimonio vial que fueron evaluados durante este proceso están los puentes vehiculares ubicados en la red vial del distrito Mercedes. Dentro de este distrito se tienen dos cuerpos de agua principales: el Río Burío y la Quebrada Seca; en total se evaluaron 11 puentes ubicados tanto en zonas límite definidas por estos cuerpos de agua como en ubicaciones a lo interno del distrito sobre las vías municipales (ver figura 23).

La metodología que se utilizó para la evaluación de los puentes fue la establecida en el Manual para Inspección de Puentes del MOPT (2007) tanto para la parte de inventariado como para la de inspección de los elementos. Los formularios completos de la evaluación se adjuntan como anexos.

Para la evaluación de la condición de los puentes se han utilizado los lineamientos del informe LM-PI-UP-05-2015 denominado “Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes”, este documento constituye una herramienta de definición sobre la condición estructural y funcional de los puentes adaptado a las condiciones del país. Las categorías de clasificación y descripción de las condiciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Categorías y descripción de condiciones para evaluación de puentes vehiculares

Categoría	Condición	Descripción	
		Integridad Estructural y Seguridad Vial	Necesidad de Atención
1	SATISFACTORIA	Estado bueno. Sin daño o daños son leves. La estabilidad estructural, seguridad vial y durabilidad están asegurados	Mantenimiento rutinario (Debe estar programado para todos los puentes de la Red Vial Nacional)
2	REGULAR	Deterioros ligeros que deben ser tratados por aspectos de durabilidad o progresión del daño. Deficiencias en aspectos de seguridad vial	Reparaciones se programan en conjunto con el siguiente mantenimiento rutinario del puente
3	DEFICIENTE	Deficiencia importante pero los componentes del puente funcionan aún de forma adecuada. Daño o defecto en seguridad vial peligroso	Es necesario programar la reparación previo al próximo mantenimiento rutinario
4	SERIA	Puente estable pero con deterioro significativo en uno o varios elementos estructurales primarios, o falla en secundarios. Si no se trata la proliferación del deterioro, este podría conducir a una situación inestable a futuro. Deficiencia en seguridad vial muy riesgosa para los usuarios	Atención pronta. Se debe atender pronto el puente para detener la progresión del daño. Se debe atender una situación peligrosa en la seguridad vial de forma prioritaria incluyendo el señalamiento de la situación vial riesgosa
5	ALARMANTE	Situación crítica. La estabilidad del puente puede estar comprometida en un periodo de tiempo corto gracias a la progresión del daño. Procurar reparación o tratamiento inmediato para asegurar estabilidad y evitar daños irreversibles en los elementos	Atención prioritaria. Se debe señalar la condición estructural peligrosa del puente y los trabajos de reparación son prioritarios. Evaluar la capacidad estructural residual del puente para juzgar si es necesario restringir la carga permitida
6	RIESGO INACEPTABLE o FALLA INMINENTE	Condición de deterioro inaceptable en puentes de importancia muy alta o situación de puente inestable con riesgo alto de colapso de la estructura. Daño severo en un elemento crítico o daños severos extendidos sobre varios elementos principales. Daño irreversible que posiblemente requiera el cambio del puente o la sustitución de elementos dañados	Atención inmediata. Cerrar el puente o restringir el paso de vehículos pesados (según criterio de la Administración). Evaluar necesidad de colocación de soportes temporales o un puente temporal. Estudio estructural del puente y propuesta de reparación o cambio del puente

Fuente: Informe LM-PI-UP-05-2015

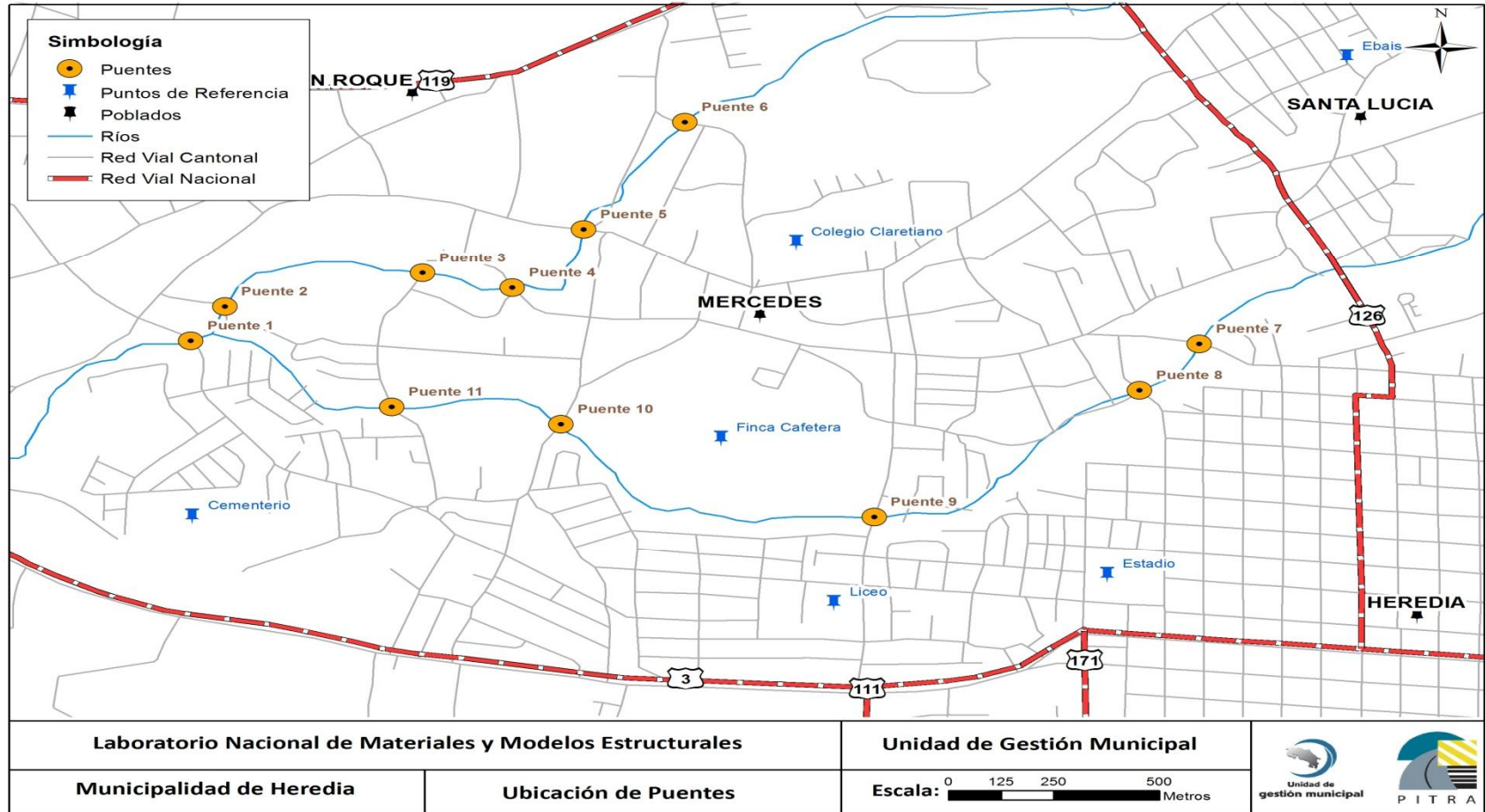


Figura 23. Ubicación de puentes inspeccionados
Fuente: LanammeUCR, 2016.



En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos durante la evaluación de los puentes en el distrito Mercedes.

Tabla 7. Resumen de resultados de evaluación en puentes

Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
1. Río Burío-La Virgen	12.6m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamiento menor en el terreno cercano al aletón aguas abajo en margen derecha. • Socavación local en sector aguas abajo en margen izquierda causado por caída de agua constante. 	Regular
2. Quebrada Seca-Calle El Progreso	6.9m	Superestructura de vigas de acero y bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamiento generado por junta fría coincidente con los paños de colado del concreto de la losa, se extienden a todo lo ancho del puente y en toda la sección transversal. • Agrietamientos menores en otros sectores de la losa. • Se observa inicio de socavación causada por la contracción del cauce en el sector de aguas abajo en margen izquierda. 	Regular
3. Quebrada Seca-Jardines	12.6m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamientos causados por fatiga y flexión en parte superior de la losa. • Inicios de socavación en bastión margen izquierda 	Regular
4. Quebrada Seca - Avenida 17	8.6m	Superestructura de vigas de acero y bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> • La longitud de asiento se considera insuficiente considerando el tipo de apoyo y la longitud del puente, se recomienda construir ménsulas que aumenten esta longitud. • El sistema de arriostamiento esta desalineado. • Mal manejo de las aguas de la cuneta del sector aguas abajo en margen izquierda, se está causando oxidación en vigas cercanas. • Leves agrietamientos en losa. 	Regular



Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
5. Quebrada Seca– Calle El Tanque	8.8m	Superestructura de vigas de acero y bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamiento en la losa causado por juntas frías entre paños de colado de concreto, existe filtración de agua en estos agrietamientos lo que indica que las grietas atraviesan toda la sección. • Existe un agrietamiento en una columna del bastión. • Agrietamiento moderado causado por fatiga, sin ramificaciones. 	Regular
6. Quebrada Seca– Calle 30	8.2m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna 	Satisfactoria
7. Río Burío– Avenida 15	8.5m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede presentar socavación en la margen izquierda a causa del material erosionable que ahí existe, algunos taludes tanto aguas arriba como aguas abajo son susceptibles a fallar por efecto del agua de escorrentía y tuberías cercanas. • Marcas de golpes en la superficie de ruedo en el acceso sureste. 	Regular
8. Río Burío– Calle 12	12.1m	Superestructura de vigas de acero y bastiones prefabricados.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamientos menores en la cara inferior de la losa a causa de juntas frías durante el proceso de colado de la losa. No hay evidencia de filtraciones de agua. • Es necesario extender los tubos de drenaje de la losa. • Inicios de socavación identificados. 	Regular
9. Río Burío– Calle 26	12.5m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamientos por fatiga en zona superior de la losa posiblemente causado por fatiga. • Inicios de socavación en bastión. • Vegetación está creciendo a través de las grietas de las baldosas de los aletones. 	Regular



Nombre del puente	Longitud	Tipo de estructura	Principales deficiencias	Condición
10.Río Burío– Calle 38	10.4m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación inicial en bastión de margen izquierda podría comprometer estabilidad de relleno de aproximación. • Algunas vigas principales presentan daños leves (descascamientos sin refuerzo expuesto) • Existe un deslizamiento en el sector del aletón de margen izquierda aguas arriba. 	Regular
11.Río Burío– Calle 46	9.4m	Superestructura y bastiones de concreto presforzado con vigas tipo canaleta.	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamientos longitudinales en la parte superior de la losa, posiblemente causados por fatiga, gravedad leve. • Los bastiones podrían sufrir de socavación en un corto plazo debido a la alineación del río en relación con los bastiones. 	Regular

Con base en los resultados anteriores y la documentación adjunta en forma digital (formularios, hojas de evaluación y fotografías) se tiene un inventario completo y actualizado de los puentes en este distrito. Es importante mencionar que la condición en general de los puentes es favorable y las deficiencias observadas no atentan contra la estabilidad estructural o la seguridad funcional de estos puentes. Además los trabajos necesarios para llevar los puentes a una condición satisfactoria son relativamente de bajo costo y fáciles de ejecutar, por lo que se insta a la Municipalidad a aplicar un programa de mantenimiento preventivo para conservar los puentes en este distrito.



6 ESTIMACIÓN DE COSTOS

La metodología propuesta para la estimación del valor patrimonial vial contempla la comparación de los elementos actuales (pavimentos, aceras, señales, cordones de caño y puentes) con relación a los valores máximos de sustitución de los mismos; es decir, en caso de que no existieran estos elementos cuánto costaría construir esta infraestructura de forma tal que cumpla con los requisitos de demanda de tránsito. Se necesita entonces dar un valor monetario a las estructuras modelo que serán la referencia de condición óptima contra el que se comparan las existentes. A continuación se muestran los costos unitarios calculados para la zona de Heredia de las principales estructuras.

6.1 Costo de materiales para caminos y estructuras de pavimento

Los materiales que se han considerado corresponden a los típicos para la construcción de vías en rutas cantonales: subbase, base granular y mezcla asfáltica (sin modificantes ni polímeros). Las estructuras de pavimento modelo serán diseñadas a partir de los datos de tránsito medidos en diversos puntos. Se ha considerado para el cálculo de los precios el esquema de contratación a un tercero (empresa privada) sin la existencia de donaciones o trabajos por parte de la Administración que evidentemente reduciría el costo a la Municipalidad.

Para los materiales granulares se ha considerado en el cálculo el proceso completo de extracción, trituración, transporte, suministro y colocación según los esquemas constructivos tradicionales. En el caso de la mezcla asfáltica se ha calculado el costo de producción completo desde la extracción y trituración de los agregados hasta la producción de la mezcla con su debido acarreo y colocación utilizando equipos mecanizados.

En el caso de los concretos en aceras y cordones de caño se ha calculado el costo con base en procesos de producción en planta y no en sitio (mejor control de calidad) así como producciones mayores a las que se obtienen de trabajos enteramente manuales.

Para el caso de las señales se ha calculado el costo con base en los valores de los suministros y horas de trabajo necesarias para cada tipo de señal, tanto vertical como



horizontal. Para la estimación de valor patrimonial se consideraran los costos de sustitución de estas señales.

Los precios finalmente han sido comparados con los actuales para labores de conservación vial para la zona 1-9 (Heredia) por parte del CONAVI en la licitación 2014CD-000140-0CV00 los cuales rigen actualmente para esta zona del país. Es importante aclarar que los costos finales contemplan solamente los materiales y su colocación, no así procesos de diseño o estudios básicos.

En la siguiente tabla se muestran los precios calculados para las estructuras modelo y su comparación con los precios actuales de conservación vial. Las memorias de cálculo se adjuntan como anexo.

Tabla 8. Costos de los materiales calculados

Ítem CR-2010	Material	Unidad	Costo Unitario	Costo Unitario zona 1-9 (Conavi)
301.06	Subbase Granular graduación B	m ³	¢15.436.30	¢12.463.59
301.03	Base Granular graduación D	m ³	¢16.859.59	-----
402.01	Mezcla asfáltica en caliente, tamaño máximo 19mm.	t	¢59.165.55	¢53.539.33
615.01	Concreto hidráulico clase X de 180kg/cm ²	m ³	¢187.334.66	¢176.953.27
615.01	Aceras peatonales, espesor 0.10m	m ²	¢11.587.93	¢17.804.24 (0.15m espesor)
609.01	Cordón y cuneta de concreto	m	¢21.397.37	¢20.835.00
107 (3)	Señal horizontal Escuela/Cruce peatonal	u	¢57.769.70	¢51.574.78
107 (3)	Señal horizontal velocidad máxima	u	¢57.769.70	¢40.577.77
107 (3)	Señal horizontal Alto	u	¢38.933.78	¢39.935.50

Informe LM-PI-GM-INF-03-16	Fecha de emisión: Junio, 2016	Página 40 de 80
----------------------------	-------------------------------	-----------------



107 (3)	Señal horizontal Ceda	u	¢38.933.78	¢39.935.50
107 (4)	Señal vertical Escuela	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Velocidad máxima	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical parada de autobuses	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Ceda	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical Alto-flecha	u	¢105.332.63	-----
107 (4)	Señal vertical reglamentaria	u	¢95.332.63	¢100.658.42
107 (4)	Señal vertical prevención	u	¢95.332.63	¢100.658.42

6.2 Costo de puentes vehiculares

La estimación de costo de un puente se puede abordar desde dos perspectivas: por el costo individual de sus partes o por un monto global comparando un puente de características similares de reciente ejecución. En el caso de la Municipalidad de Heredia existe información actualizada sobre la construcción de puentes en la zona del distrito Mercedes; adicionalmente el tipo de puente para el cual se tiene información disponible es similar en su forma y componentes a la mayoría de los puentes evaluados.

Por esta razón, es que se ha elegido realizar la estimación de costos basado en los costos globales de construcción del puente sobre el Río Burío en Barrio Fátima. Esto representa una ventaja pues no solo es información actualizada (año 2015) sino que contempla labores adicionales (estudios preliminares y diseños) a solamente los elementos componentes.



Para poder extrapolar la información de este puente se ha realizado el cálculo del costo global por metro cuadrado de puente, de esta manera se podrá llevar el costo real a otros puentes de mayor longitud. La siguiente tabla resume el cálculo del costo:

Tabla 9. Calculo del costo por metro cuadrado de puente vehicular típico

Dimensión	Medida	Área	Costo total	Costo por metro cuadrado
Largo	8m	96m ²	¢137.316.389.96	¢1.430.379 ó \$2.650*
Ancho	12m			

*Tipo de cambio utilizado ¢540/\$

7 ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO MODELO

Para la estimación del valor patrimonial es necesario establecer estructuras de pavimento modelo que cumplan con las condiciones de vida útil, desempeño y capacidad soportante acordes a las demandas de tránsito ya medidas en este distrito. Con esto lo que se pretende es establecer que características en cuanto a material y espesores es la ideal para las condiciones actuales de operación de la red vial en Mercedes; de paso constituyen alternativas de diseño para la Municipalidad de Heredia en caso de querer reconstruir alguna de las vías de este distrito.

Se utilizará la metodología establecida por la ecuación AASHTO 93 para la determinación de las estructuras de pavimento. Considerando la configuración tradicional de carpeta asfáltica, base granular y subbase granular, cabe mencionar que los datos de deflectometría no muestran que en ninguna de las calles evaluadas se cuente con bases estabilizadas o estructuras de concreto y acorde a lo visto en campo. Las estructuras que se presentan a continuación estarán ligadas al valor máximo de la curva de deterioro y a partir de este se establecerá el valor de las vías actuales considerando el valor de PCI obtenido en cada tramo propuesto. Se muestran los parámetros de diseño y las estructuras obtenidas, las memorias de cálculo se adjuntan como anexos.

Tabla 10. Variables de diseño para pavimento flexible

Variable de diseño		Rutas primarias	Rutas secundarias	Rutas terciarias
Ejes equivalentes	$W18$	792.961	369.580	217.237
Periodo de análisis	$años$	20	20	20
Confiabilidad	R	80%	75%	70%
Índice de servicio inicial	po	4,2	4,2	4,2
Índice de servicio final	pt	2,5	2,5	2,5
Desviación normal estándar	Zr	-0.842	-0.674	-0.524
Desviación estándar general	So	0,45	0,45	0,45
Módulo de resiliencia de la subrasante (psi)	$Mref$	7500	7500	7500
Módulo de resiliencia de la base (psi)	Ebs	28000	28000	28000
Módulo de resiliencia de la subbase (psi)	Esb	14500	14500	14500
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1.7	1.7	1.7
Coeficiente estructural de carpeta asfáltica	$a1$	0,44	0,44	0,44
Coeficiente estructural de base (BG)	$a2$	0,135	0,135	0,135
Coeficiente de drenaje de base (BG ó BE)	$m2$	1	1	1
Coeficiente estructural de subbase granular	$a3$	0,11	0,11	0,11
Coeficiente de drenaje de subbase granular	$m3$	1	1	1

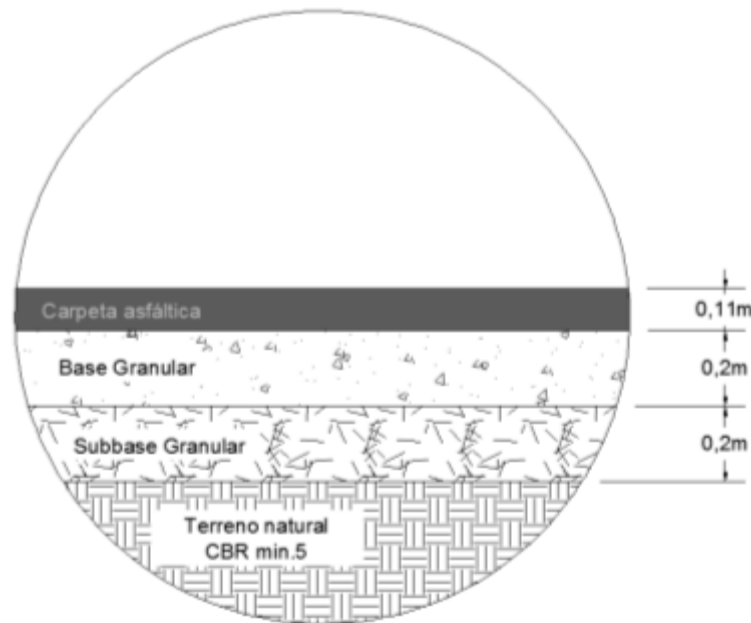


Figura 24. Estructura de pavimento modelo para vías primarias
Fuente: LanammeUCR, 2016

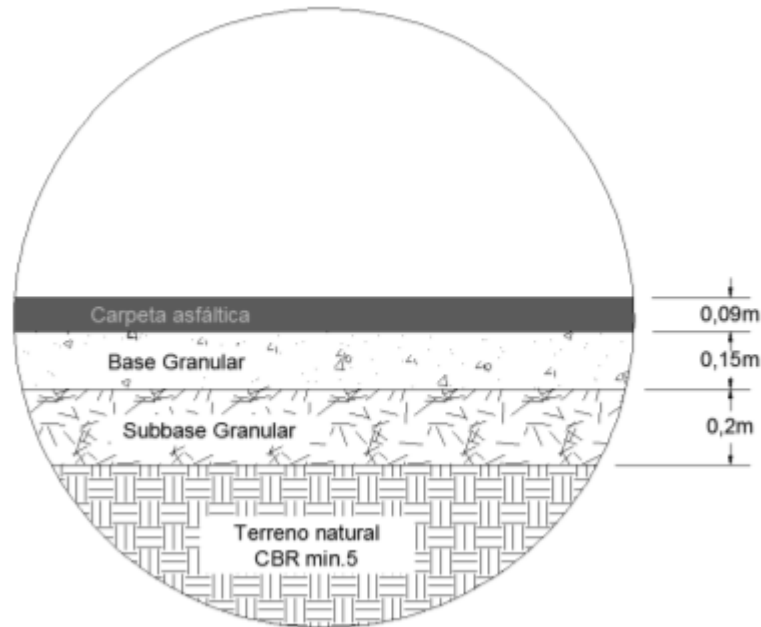


Figura 25. Estructura de pavimento modelo para vías secundarias
Fuente: LanammeUCR, 2016

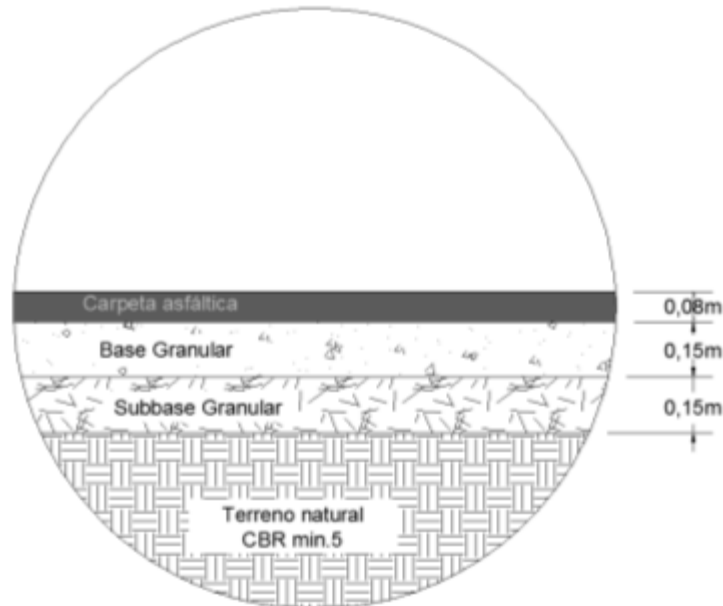


Figura 26. Estructura de pavimento modelo para vías terciarias
Fuente: LanammeUCR, 2016



8 CURVAS TEÓRICAS DE DETERIORO DE VÍAS Y PUENTES

Las obras de infraestructura vial al estar al servicio permanente de los usuarios (vehículos, transporte público, camiones de carga, peatones, entre otros) constituyen elementos que sufren un desgaste constante con el paso de los años. El concepto de curva de deterioro relaciona la capacidad funcional y estructural de un elemento determinado con relación a la edad del mismo; las vías en general (por ende las pavimentadas incluidas) y los puentes no son ajenos a estos procesos de deterioro progresivo con el paso del tiempo.

A partir de indicadores visibles y medibles es posible establecer ventanas de operación y de condición para estos elementos viales, de tal manera que se pueden establecer límites por sobre los cuales se considera que un elemento está en una condición determinada (bueno, regular, malo, etc.).

Para el caso de los pavimentos el comportamiento es el mostrado en la figura 27, donde se puede ver que el deterioro es progresivo, siendo que a partir del cambio de condición de Muy Bueno a Bueno el deterioro de los pavimentos es acelerado, pasando en pocos años hacia condiciones de Malo o Muy Malo.

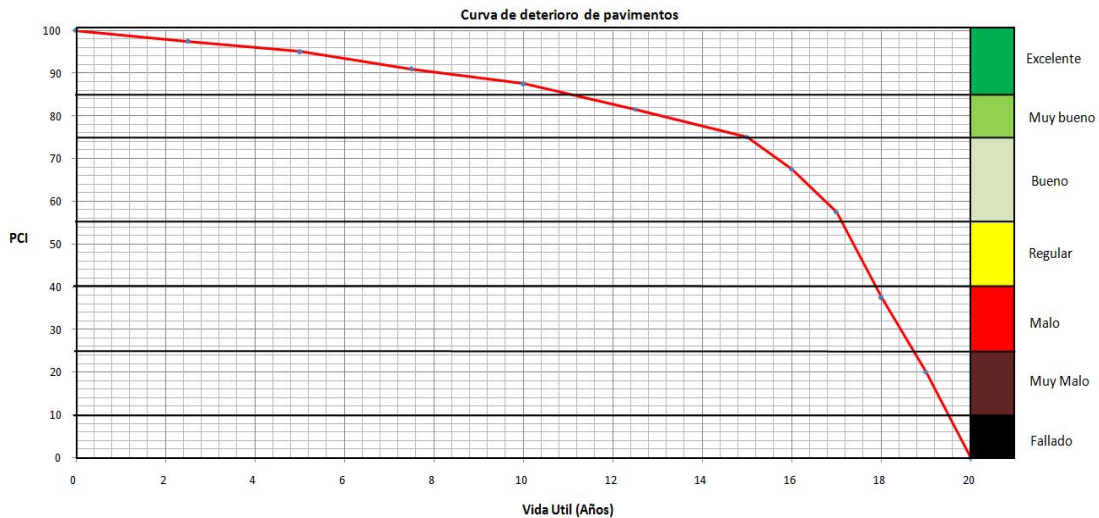


Figura 27. Curva de deterioro para pavimentos (vida útil 20 años)
Fuente: Adaptado de Salomón, D. 2008



A partir del concepto de curva de deterioro es posible valorar económicamente un pavimento; un alto valor de PCI (Índice de condición de pavimento) indicará que el pavimento está más cerca de la condición ideal y por lo tanto de su máximo valor teórico, un pavimento con un bajo PCI indicará un activo vial de menor valor patrimonial. Este concepto es en el que se fundamenta la estimación de valor patrimonial tanto de pavimentos como de puentes.

En el caso de los puentes, el deterioro que sufren los mismos es distinto al de los pavimentos, según Lidon (2014) para el caso de los puentes la curva de deterioro es más constante con paso del tiempo, teniéndose un periodo en el cual el puente mantiene sus condiciones ideales y posteriormente el deterioro se vuelve progresivo. El hecho de que un puente sea un conjunto de componentes individuales dificulta una valoración única de comportamiento como se tiene el caso de los pavimentos, por lo que las curvas de deterioro de puentes varían considerablemente si se trata de estructuras de acero o de concreto. El periodo de vida útil mínimo que se espera de un puente es de 50 años, por lo que la curva de deterioro se ha limitado a esta edad.

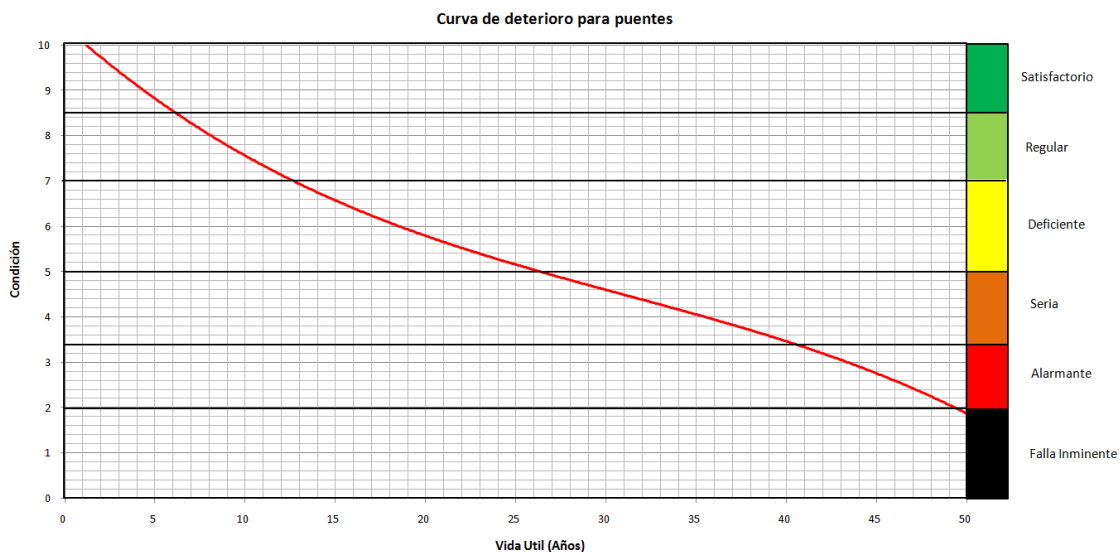


Figura 28. Curva de deterioro para puentes (vida útil 50 años)
Fuente: Adaptado de Lidon, M. 2014



9 ESTIMACIÓN DEL VALOR PATRIMONIAL VIAL

Hasta este punto se ha colectado la información mínima necesaria para poder realizar una estimación del valor patrimonial de los activos contenidos en el derecho de vía dentro de la red del distrito de Mercedes (exceptuando los sistemas pluviales y de manejo de aguas residuales que puedan existir). Se ha hecho una aproximación a las estructuras de pavimento que son requeridas para que en un periodo de 20 años se logren mantener niveles aceptables de regularidad y capacidad de soporte; evidentemente podría haber diferencias con las estructuras reales en cuanto a los espesores de los materiales por lo que el valor estimado debe considerarse como un máximo. Por medio del cálculo de PCI en cada vía es posible aproximar la condición de las estructuras reales en relación a las modelo, de tal forma que se reduzca de forma considerable el error asociado a la estimación.

En cuanto a los puentes, el valor estimado se considera representativo por la calidad de la información disponible (costos directos de un proyecto similar actualizado) y por la semejanza entre los puentes. De esta manera el valor estimado para los puentes se considera adecuado y con poco error asociado.

En el caso de las aceras y cordones de caño, se han estimado espesores mínimos utilizados normalmente en la construcción de estos elementos. Es importante considerar que el equipo con el que se realizó el inventario (Geo3D) no tuvo acceso a algunas calles (la minoría) por lo tanto el valor mostrado debe ser considerado como un mínimo y es posible que el área de aceras y longitud de cordón de caño sea incluso mayor.

Para la estimación de las señales de tránsito verticales y horizontales se ha considerado únicamente su presencia (inventario) por lo que el valor estimado en realidad constituye un valor de sustitución de estos activos y no un valor relacionado con la condición actual.

A partir de estas consideraciones sobre la metodología utilizada en cada caso se presenta a continuación la estimación económica del valor patrimonial en el distrito Mercedes.



Tabla 11. Estimación de valor patrimonial componente pavimento

Tramo	Jerarquía	TPD	PCI	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor (¢)
				Subbase (m)	Base (m)	Carpeta (m)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
1	Primaria	11069	77,4	0,2	0,2	0,11	2062,1	2062,1	2722,0	¢176.117.685.80
2	Primaria	7275	90,5	0,2	0,2	0,11	1156,1	1156,1	1526,1	¢115.448.402.83
3	Primaria	10623	94,9	0,2	0,2	0,11	1424,0	1424,0	1879,7	¢149.143.178.64
4	Primaria	5111	93,5	0,2	0,2	0,11	226,8	226,8	299,3	¢23.407.541.82
5	Primaria	11361	89,6	0,2	0,2	0,11	3260,9	3260,9	4304,4	¢322.600.099.14
6	Primaria	8566	91,3	0,2	0,2	0,11	554,7	554,7	732,1	¢55.894.986.66
7	Primaria	11771	87,4	0,2	0,2	0,11	1371,2	1371,2	1809,9	¢132.321.698.69
8	Primaria	16028	89,9	0,2	0,2	0,11	2720,1	2720,1	3590,5	¢269.853.896.90
9	Primaria	15309	89,8	0,2	0,2	0,11	1199,7	1199,7	1583,6	¢118.955.560.77
10	Secundaria	3186	98,2	0,2	0,15	0,09	1155,1	866,3	1247,5	¢104.285.743.74
11	Secundaria	3186	99,3	0,2	0,15	0,09	461,4	346,0	498,3	¢42.126.805.10
12	Secundaria	5219	94,7	0,2	0,15	0,09	1920,9	1440,7	2074,6	¢167.307.175.48
13	Secundaria	4737	83,6	0,2	0,15	0,09	567,2	425,4	612,6	¢43.600.303.07
14	Secundaria	5468	85,1	0,2	0,15	0,09	394,7	296,0	426,3	¢30.902.573.04
15	Secundaria	1374	93,4	0,2	0,15	0,09	265,4	199,0	286,6	¢22.803.216.34
16	Secundaria	1374	82,6	0,2	0,15	0,09	382,2	286,6	412,8	¢29.026.653.58
17	Secundaria	1374	94,0	0,2	0,15	0,09	383,0	287,2	413,6	¢33.111.968.91
18	Secundaria	4737	89,9	0,2	0,15	0,09	363,2	272,4	392,3	¢30.023.463.05
19	Secundaria	4737	99,1	0,2	0,15	0,09	327,0	245,3	353,2	¢29.810.947.23
20	Secundaria	5274	94,7	0,2	0,15	0,09	837,3	628,0	904,3	¢72.926.799.05
21	Secundaria	5274	77,4	0,2	0,15	0,09	915,1	686,3	988,3	¢65.117.516.30
22	Secundaria	5274	94,7	0,2	0,15	0,09	620,8	465,6	670,4	¢54.068.561.39
23	Secundaria	1921	71,7	0,2	0,15	0,09	1442,8	1082,1	1558,2	¢95.139.959.80
24	Secundaria	3579	81,3	0,2	0,15	0,09	1114,0	835,5	1203,1	¢83.335.001.27
25	Secundaria	6233	95,9	0,2	0,15	0,09	746,6	560,0	806,4	¢65.852.097.06
26	Secundaria	6233	100,0	0,2	0,15	0,09	196,4	147,3	212,1	¢18.062.254.63
27	Secundaria	6233	91,2	0,2	0,15	0,09	497,6	373,2	537,5	¢41.723.686.79
28	Secundaria	6233	98,6	0,2	0,15	0,09	490,0	367,5	529,2	¢44.436.574.67
29	Secundaria	6233	81,4	0,2	0,15	0,09	1033,6	775,2	1116,3	¢77.362.714.10
30	Secundaria	6233	87,4	0,2	0,15	0,09	568,4	426,3	613,9	¢45.703.286.63



Tramo	Jerarquía	TPD	PCI	Estructura modelo			Cantidades de material			Valor (₡)
				Subbase (m)	Base (m)	Carpeta (m)	Subbase (m3)	Base (m3)	Carpeta (t)	
31	Secundaria	6233	89,6	0,2	0,15	0,09	567,5	425,6	612,9	₡46.793.769.78
32	Secundaria	1343	95,9	0,2	0,15	0,09	440,8	330,6	476,0	₡38.875.982.83
33	Secundaria	6233	95,9	0,2	0,15	0,09	464,0	348,0	501,1	₡40.925.466.58
34	Secundaria	1343	87,9	0,2	0,15	0,09	606,0	454,5	654,5	₡49.005.792.26
35	Secundaria	6233	89,6	0,2	0,15	0,09	756,0	567,0	816,5	₡62.338.659.07
36	Secundaria	7000	89,2	0,2	0,15	0,09	395,2	296,4	426,8	₡32.420.497.69
37	Secundaria	7000	99,6	0,2	0,15	0,09	365,5	274,1	394,7	₡33.489.683.16
38	Secundaria	7000	89,2	0,2	0,15	0,09	348,1	261,1	376,0	₡28.563.516.66
39	Terciaria	7000	76,2	0,15	0,15	0,08	3245,7	3245,7	4154,5	₡267.016.027.88
40	Terciaria	1208	95,4	0,15	0,15	0,08	3684,0	3684,0	4715,6	₡379.671.373.87
41	Terciaria	4737	97,4	0,15	0,15	0,08	691,0	691,0	884,4	₡72.676.525.49
42	Terciaria	5219	82,9	0,15	0,15	0,08	369,6	369,6	473,1	₡33.097.121.61
43	Terciaria	3186	97,6	0,15	0,15	0,08	515,8	515,8	660,3	₡54.370.812.15
44	Terciaria	3186	98,5	0,15	0,15	0,08	440,4	440,4	563,8	₡46.865.799.15
45	Terciaria	3186	94,3	0,15	0,15	0,08	2068,4	2068,4	2647,5	₡210.720.435.96
46	Terciaria	4737	76,0	0,15	0,15	0,08	758,0	758,0	970,2	₡62.231.009.55
47	Terciaria	1374	94,3	0,15	0,15	0,08	464,2	464,2	594,2	₡47.290.164.78
48	Terciaria	1374	89,9	0,15	0,15	0,08	629,3	629,3	805,4	₡61.088.438.11
49	Terciaria	7000	89,6	0,15	0,15	0,08	1233,1	1233,1	1578,3	₡119.410.360.98
50	Terciaria	7000	91,4	0,15	0,15	0,08	571,4	571,4	731,4	₡56.443.862.86
51	Terciaria	7000	99,6	0,15	0,15	0,08	612,2	612,2	783,6	₡65.886.879.74
52	Terciaria	7000	89,6	0,15	0,15	0,08	1266,7	1266,7	1621,3	₡122.661.616.11
53	Terciaria	1343	99,0	0,15	0,15	0,08	948,0	948,0	1213,5	₡101.389.967.00
54	Terciaria	11361	95,9	0,15	0,15	0,08	479,2	479,2	613,4	₡49.643.343.30
55	Terciaria	1343	87,9	0,15	0,15	0,08	776,8	776,8	994,4	₡73.780.149.46
56	Terciaria	6233	95,9	0,15	0,15	0,08	1209,3	1209,3	1547,9	₡125.269.139.89
57	Terciaria	6233	87,3	0,15	0,15	0,08	551,1	551,1	705,4	₡51.989.237.38
58	Terciaria	5111	93,5	0,15	0,15	0,08	1278,4	1278,4	1636,4	₡129.128.831.94
59	Terciaria	1160	95,9	0,15	0,15	0,08	1442,3	1442,3	1846,1	₡149.403.068.69
60	Terciaria	3579	99,7	0,15	0,15	0,08	1966,0	1966,0	2516,5	₡211.744.935.02
VALOR TOTAL									₡5.384.662.821,41	
VALOR/M2									₡106.668,98	



Tabla 12. Estimación de valor patrimonial componente puentes

	Puente	Condición según diagnóstico	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Valor estimado (₡)
1	Río Burío - La Virgen	Regular	12,6	8,6	108,4	₡125.988.817,50
2	Quebrada Seca-Calle El Progreso	Regular	6,9	8,68	59,9	₡69.635.679,75
3	Quebrada Seca- Calle Los Jardines	Regular	12,6	10,1	127,3	₡147.963.611,25
4	Quebrada Seca-Avenida 17	Regular	8,6	8,74	75,2	₡87.392.243,25
5	Quebrada Seca - El Tanque	Regular	8,8	12,2	107,4	₡124.826.130,00
6	Quebrada Seca - Calle 30	Satisfactoria	8,2	10,22	83,8	₡112.428.303,75
7	Río Burío - Avenida 15	Regular	8	12	96,0	₡111.618.000,00
8	Río Burío - Calle 12	Regular	12,1	11,5	139,2	₡161.787.965,63
9	Río Burío - Calle 26	Regular	12,5	9,9	123,8	₡143.882.578,13
10	Río Burío - Calle 38	Regular	10,4	11,4	118,6	₡137.848.230,00
11	Río Burío - Calle 46	Regular	9,4	9,1	85,5	₡99.456.288,75
Valor estimado total						₡1.322.827.848,00



Tabla 13. Estimación de valor patrimonial componente aceras y cordón de caño

Elemento	Cantidad	Unidad de medición	Costo unitario (¢)	Valor estimado(¢)
Aceras peatonales de 0,10cm espesor	104.842,00	m ²	¢11.587,93	¢1.214.901.757,06
Cordón y caño 0,15cm altura	45.824,00	m	¢21.397,37	¢980.513.082,88
			Valor estimado total	¢2.195.414.839,94

Tabla 14. Estimación de valor patrimonial componente señales de tránsito

Elemento	Cantidad	Costo unitario (¢)	Valor estimado (¢)	
Señal horizontal Escuela/Cruce peatonal	11	¢57.769,70	¢635.466,70	
Señal horizontal velocidad máxima	19	¢57.769,70	¢1.097.624,30	
Señal horizontal Alto	374	¢38.933,70	¢14.561.203,80	
Señal horizontal Ceda	22	¢38.933,70	¢856.541,40	
Señal vertical Escuela	25	¢95.332,63	¢2.383.315,75	
Señal vertical Velocidad máxima	21	¢95.332,63	¢2.001.985,23	
Señal vertical parada de autobuses	1	¢95.332,63	¢95.332,63	
Señal vertical Ceda	5	¢95.332,63	¢476.663,15	
Señal vertical Alto	235	¢95.332,63	¢22.403.168,05	
Señal vertical Alto-flecha	8	¢105.332,63	¢842.661,04	
Señal vertical reglamentaria	42	¢95.332,63	¢4.003.970,46	
Señal vertical prevención	73	¢95.332,63	¢6.959.281,99	
			Valor estimado total	¢56.317.214,50

Tabla 15. Estimación de valor patrimonial total

Componente	Valor Patrimonial (₡)
Vías	₡5.384.662.821,41
Aceras y cordón de caño	₡2.195.414.839,94
Señales de tránsito	₡56.317.214,50
Puentes vehiculares	₡1.322.827.848,00
Total	₡8.959.222.723,85
Total	\$16.591.153,19

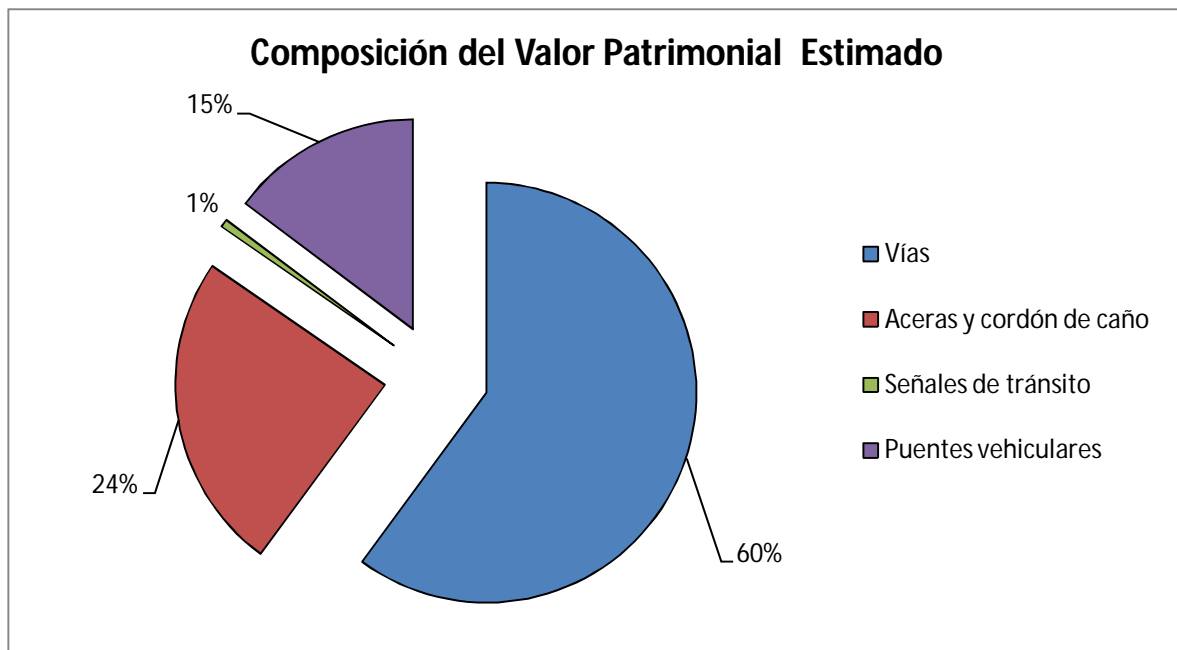


Figura 29. Composición del valor patrimonial estimado en el distrito Mercedes
Fuente: Lanamme, 2016.



10 CONCLUSIONES

- El valor patrimonial estimado para los activos viales en el distrito Mercedes es de **₡8.959.222.723,88**, considerando la incorporación de los componentes: pavimento, puentes, aceras, cordones de caño y señales de tránsito. No se incluye en este monto el valor de otros posibles componentes como tuberías de aguas pluviales y alcantarillados.
- Aproximadamente un 60% del valor patrimonial corresponde a las vías pavimentadas, un 24% aceras y cordones de caño y un 15% a los puentes vehiculares.
- La mayoría de la red vial muestra comportamientos favorables, reflejados en valores altos de PCI, pocas zonas con valores de deflectometría altos e índices de regularidad en condición regular.
- A través de la utilización de herramientas de diagnóstico no invasivas es posible conocer la condición tanto a nivel funcional como a nivel estructural de los pavimentos y los puentes. Así como hacer inventarios viales de forma sencilla y automatizada en lo relativo al trabajo de campo.
- Se propone una clasificación interna basada en los patrones de tránsito y conteos vehiculares medidos en sitio. Con base en los resultados de deflectometría y regularidad se propone una segmentación en 60 tramos con características similares. Esto constituye un aporte a la Municipalidad de Heredia en materia de gestión vial.
- Los resultados obtenidos en este informe complementados con los archivos en formato digital adjuntos constituyen un diagnóstico vial completo de las vías en este distrito.
- Las estructuras de pavimento modelo propuestas sirven además de guía hacia futuras intervenciones en la red vial de Mercedes.



- Se recomienda realizar verificaciones periódicas de condición mediante muestreos de PCI en el caso de pavimentos y mediante inspecciones visuales a puentes para validar las curvas de deterioro teóricas utilizadas.

-----UL-----



11 REFERENCIAS

- Arias-Barrantes, E., & Allen-Monge, J. (2014). Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica: Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR
- ASTM D-6433-11, Standard practices for roads and parking lots Pavement Condition Index Surveys. American Society for Testing and Materials. Pennsylvania, USA.
- Consejo Nacional de Vialidad. (2014). Licitación Pública 2014CD-000140-0CV00. San José, Costa Rica.
- Hass, R.; Hudson, W.R.; Zaniewski, J. (1993). Modern Pavement Management. R.E. Krieger Publishing Company, Florida.
- Informe LM-PI-UP-05-2015, Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes. Unidad de Puentes, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Noviembre, 2015.
- Informe LM-PI-PM-04-09, Informe de Avance: Desarrollo de un sistema para la conservación vial en la municipalidad de La Unión. Proyecto Municipal, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José, Costa Rica. Agosto, 2009.
- Lidon, M. (2014). Modelos de deterioro de infraestructura de transporte: Puentes y pavimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- López Ramírez, Sharline. Sistema piloto de administración de pavimentos en la Municipalidad de La Unión, Heredia. Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica – San José, Costa Rica. Febrero, 2009.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2007). Manual para Inspección de Puentes del MOPT. San José.



- Proyecto N° UI-PC-04-08, Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Noviembre, 2008.
- Proyecto N° UI-PC-03-08, Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Unidad de Investigación en Infraestructura Vial (UIIVI), Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), UCR, San José Costa Rica. Agosto, 2008.
- Salomón, D. (2008). Conservación de Pavimentos: Conservando la inversión del patrimonio vial.



12 ANEXOS

Tabla datos de tramos

Tramo	Jerarquía	TPD	FWD Promedio	Class_FWD	IRI Promedio	IRI Clasif	Longitud (m)	Ancho (m)	PCI
1	Primaria	11069	78,00	Regular	4,96	Regular	1288,84	8	77,4
2	Primaria	7275	65,10	Bueno	5,58	Regular	963,45	6	90,5
3	Primaria	10623	66,90	Bueno	4,62	Regular	1017,13	7	94,9
4	Primaria	5111	52,29	Bueno	4,54	Regular	188,98	6	93,5
5	Primaria	11361	68,00	Bueno	4,68	Regular	1630,44	10	89,6
6	Primaria	8566	55,15	Bueno	5,72	Regular	369,77	7,5	91,3
7	Primaria	11771	83,58	Regular	5,09	Regular	914,11	7,5	87,4
8	Primaria	16028	72,64	Bueno	6,16	Regular	1133,37	12	89,9
9	Primaria	15309	79,34	Regular	5,84	Regular	856,93	7	89,8
10	Secundaria	3186	66,39	Bueno	6,18	Regular	888,55	6,5	98,2
11	Secundaria	3186	55,96	Bueno	7,60	Malo	329,54	7	99,3
12	Secundaria	5219	68,33	Bueno	4,22	Regular	1200,57	8	94,7
13	Secundaria	4737	87,68	Regular	3,64	Regular	472,67	6	83,6
14	Secundaria	5468	96,64	Deficiente	7,01	Malo	328,9	6	85,1
15	Secundaria	1374	108,96	Deficiente	6,75	Malo	241,23	5,5	93,4
16	Secundaria	1374	107,33	Deficiente	5,48	Regular	272,99	7	82,6
17	Secundaria	1374	72,93	Bueno	6,94	Malo	273,55	7	94,0
18	Secundaria	4737	85,10	Regular	7,88	Malo	279,4	6,5	89,9
19	Secundaria	4737	51,14	Bueno	5,61	Regular	327,01	5	99,1
20	Secundaria	5274	60,46	Bueno	4,78	Regular	761,18	5,5	94,7
21	Secundaria	5274	84,21	Regular	7,09	Malo	915,1	5	77,4
22	Secundaria	5274	77,31	Regular	5,29	Regular	620,78	5	94,7
23	Secundaria	1921	120,93	Muy deficiente	6,15	Regular	848,69	8,5	71,7
24	Secundaria	3579	109,68	Deficiente	6,54	Malo	795,68	7	81,3
25	Secundaria	6233	63,28	Bueno	5,31	Regular	678,76	5,5	95,9
26	Secundaria	6233	126,87	Muy deficiente	4,38	Regular	178,52	5,5	100,0
27	Secundaria	6233	89,99	Deficiente	3,41	Bueno	429	5,8	91,2
28	Secundaria	6233	81,63	Regular	3,91	Regular	349,98	7	98,6
29	Secundaria	6233	71,36	Bueno	6,67	Malo	689,06	7,5	81,4
30	Secundaria	6233	63,70	Bueno	6,23	Regular	384,06	7,4	87,4
31	Secundaria	6233	95,24	Deficiente	5,71	Regular	394,11	7,2	89,6
32	Secundaria	1343	63,91	Bueno	6,23	Regular	286,22	7,7	95,9
33	Secundaria	6233	100,05	Deficiente	5,26	Regular	386,68	6	95,9
34	Secundaria	1343	58,68	Bueno	4,78	Regular	409,47	7,4	87,9
35	Secundaria	6233	54,31	Bueno	6,44	Malo	472,53	8	89,6
36	Secundaria	7000	68,69	Bueno	6,00	Regular	274,41	7,2	89,2
37	Secundaria	7000	58,20	Bueno	4,35	Regular	240,44	7,6	99,6
38	Secundaria	7000	63,92	Bueno	6,00	Regular	235,23	7,4	89,2
39	Terciaria	7000	78,14	Regular	6,28	Regular	2704,76	8	76,2
40	Terciaria	1208	41,24	Bueno	4,97	Regular	3961,33	6,2	95,4
41	Terciaria	4737	65,85	Bueno	4,00	Regular	869,15	5,3	97,4
42	Terciaria	5219	57,07	Bueno	6,72	Malo	492,83	5	82,9
43	Terciaria	3186	66,90	Bueno	4,82	Regular	625,25	5,5	97,6
44	Terciaria	3186	96,63	Deficiente	4,11	Regular	587,25	5	98,5
45	Terciaria	3186	56,74	Bueno	6,35	Regular	2757,8	5	94,3
46	Terciaria	4737	81,44	Regular	8,48	Malo	1010,64	5	76,0
47	Terciaria	1374	100,71	Deficiente	7,34	Malo	631,54	4,9	94,3
48	Terciaria	1374	70,11	Bueno	7,34	Malo	749,11	5,6	89,9
49	Terciaria	7000	78,17	Regular	6,00	Regular	1096,07	7,5	89,6
50	Terciaria	7000	84,33	Regular	4,16	Regular	544,17	7	91,4
51	Terciaria	7000	63,91	Bueno	4,37	Regular	544,18	7,5	99,6
52	Terciaria	7000	74,35	Regular	6,50	Malo	1688,87	5	89,6
53	Terciaria	1343	57,70	Bueno	4,52	Regular	770,76	8,2	99,0
54	Terciaria	11361	104,14	Deficiente	4,42	Regular	420,39	7,6	95,9
55	Terciaria	1343	58,85	Bueno	3,60	Bueno	977,16	5,3	87,9
56	Terciaria	6233	59,00	Bueno	4,83	Regular	1390,02	5,8	95,9
57	Terciaria	6233	116,20	Muy deficiente	6,40	Malo	489,83	7,5	87,3
58	Terciaria	5111	62,96	Bueno	6,19	Regular	1217,55	7	93,5
59	Terciaria	1160	35,39	Bueno	5,14	Regular	1885,36	5,1	95,9
60	Terciaria	3579	69,67	Bueno	3,91	Regular	2340,47	5,6	99,7
AREA TOTAL							50480,12		



Tabla de aceras y cordón de caño

Calle	Area en m ²		
	Lado Derecho	Lado Izquierdo	Total
1	2.995,51	2.413,52	5.409,03
2	1.352,54	1.399,80	2.752,34
3	838,23	831,04	1.669,27
4	2.842,53	3.013,78	5.856,31
5	3.318,48	3.449,16	6.767,64
6	72,87	71,14	144,01
7	583,84	746,06	1.329,90
8	390,43	263,88	654,31
9	409,46	416,26	825,72
10	3.253,61	3.422,23	6.675,84
11	1.000,69	1.086,86	2.087,55
12	308,72	330,71	639,43
13	1.031,88	731,82	1.763,70
14	993,02	928,04	1.921,06
15	923,54	968,27	1.891,81
16	690,92	538,80	1.229,72
17	182,31	223,05	405,36
18	763,03	689,95	1.452,98
19	383,52	410,15	793,67
20	2.420,26	1.927,84	4.348,10
21	4.076,35	3.779,90	7.856,25
22	3.342,07	2.744,57	6.086,64
23	791,94	148,17	940,11
24	1.196,31	1.299,22	2.495,53
25	815,06	645,85	1.460,91
26	924,98	1.274,32	2.199,30
27	4.251,19	3.533,78	7.784,97
28	694,89	541,10	1.235,99
29	1.797,49	1.445,96	3.243,45
30	434,89	378,27	813,16
31	464,01	421,40	885,41
32	459,85	407,90	867,75
33	589,06	547,22	1.136,28
34	556,79	773,59	1.330,38
35	1.750,11	1.016,26	2.766,37
36	885,94	755,70	1.641,64
37	748,56	737,98	1.486,54
38	1.400,26	1.146,52	2.546,78
39	511,99	435,41	947,40
40	802,04	587,73	1.389,77
41	311,57	321,99	633,56
42	1.567,83	1.990,45	3.558,28
43	491,84	389,85	881,69
44	298,90	513,46	812,36
45	659,55	564,34	1.223,89
Total general	54.578,86	50.263,30	104.842,16



Calle	Longitud en m		
	Lado Derecho	Lado Izquierdo	Total
1	828,04	921,33	1.749,37
2	631,38	576,39	1.207,77
3	436,00	422,97	858,97
4	1.247,25	1.182,39	2.429,64
5	1.228,43	1.102,70	2.331,13
6	35,36		35,36
7	418,94	457,72	876,66
8	192,04	137,85	329,89
9	94,88	6,97	101,85
10	1.799,04	1.696,62	3.495,66
11	515,72	540,81	1.056,53
12	168,65	148,02	316,67
13	410,62	349,74	760,36
14	431,79	330,33	762,12
15	333,40	359,38	692,78
16	339,01	315,72	654,73
17	82,86	83,40	166,26
18	279,97	280,16	560,13
19	158,00	166,52	324,52
20	1.195,03	1.077,49	2.272,52
21	1.838,87	1.338,45	3.177,32
22	1.082,53	955,45	2.037,98
23	464,03	357,73	821,76
24	418,89	476,28	895,17
25	318,19	247,71	565,90
26	287,62	484,83	772,45
27	1.554,04	1.157,44	2.711,48
28	340,84	322,02	662,86
29	796,23	756,28	1.552,51
30	290,05	283,50	573,55
31	364,95	294,62	659,57
32	287,57	281,06	568,63
33	319,74	266,30	586,04
34	356,78	446,24	803,02
35	407,94	446,73	854,67
36	534,41	512,88	1.047,29
37	269,90	299,03	568,93
38	824,19	770,14	1.594,33
39	217,20	203,99	421,19
40	248,41	213,93	462,34
41	203,23	176,17	379,40
42	897,47	752,98	1.650,45
43	204,25	117,64	321,89
44	192,76	212,40	405,16
45	385,98	361,93	747,91
Total general	23.932,48	21.892,24	45.824,72



Estructuras de precios unitarios

204(1) SUBBASE GRADUACIÓN D					
EXTRACCIÓN					
		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
Mano de Obra	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18
	Viaticos		349,80	40	13.992,00
					187.219,27
Equipo		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	0	40.189,15	0	0,00
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL M	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	3	33.333,26	10	999.997,73
				1.751.506,64	
Materiales		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Canon	700	1.770,00	1	1.239.000,00
	Dinamita	0	590,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				1.239.000,00	
Subtotal		3.177.725,92			
Produccion		650,00			
Costo		4.888,81			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18
	Viaticos		349,80	40	13.992,00
					187.219,27
Equipo		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (s	1	82.215,56	10	822.155,55
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts	1	4.170,40	10	41.704,03
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts	1	4.170,40	10	41.704,03
	-----	0	0,00	0	0,00
				2.412.828,82	
Materiales		Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		2.600.048,09			
Produccion		600,00			
Costo		4.333,41			



COLOCACIÓN					
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Peon		3	1.513,64	10	45.409,09
Encargado		1	3.700,00	10	37.000,00
Topografía		0	1.984,55	0	0,00
Operario 1		0	1.885,32	0	0,00
Operador 2		9	3.027,27	10	272.454,55
Viaticos			349,80	100	34.980,00
					389.843,64
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Tanque Almacenamiento De		1	9.129,25	10	91.292,52
Compactador Vibratorio CS-		1	16.394,44	10	163.944,41
-----		0	0,00	0	0,00
-----		0	0,00	0	0,00
Vagoneta CV713 GRANITE		7	21.982,30	8	1.231.009,04
					1.486.245,97
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
Extraccion		600	4.888,81	1	2.933.285,46
Trituración		600	4.333,41	1	2.600.048,09
-----		0	0,00	0	0,00
-----		0	0,00	0	0,00
-----		0	0,00	0	0,00
					5.533.333,55
Subtotal			7.409.423,16		
Produccion			600,00		
Costo			12.349,04		
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%		617,45		
Imprevisto	5%		617,45		
Administracion oficina central	5%		617,45		
Utilidad	10,0%		1.234,90		
		¢/m3	15.436,30		

Costo Fijo	20,34%
Repuestos	15,20%
Combustible	17,08%
Lubricantes	4,13%
Llantas	2,81%
Mano de Obra	8,10%
Materiales	12,35%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
Total	100%

ESTRUCTURA MATERIALES			
Extracción		Colocación	
Canon	100,00%	-----	0,00%
Dinamita	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%	-----	0,00%
-----	0,00%		
-----	0,00%		
Trituración		TOTAL	100,000%
Canon	0,00%		
-----	0,00%		
-----	0,00%		
-----	0,00%		
-----	0,00%		



304(4) BASE AGREGADOS TRITURADOS					
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	6	3.363,64	11	222.000,00
	Viaticos		349,80	77	26.934,60
				339.584,60	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	4	33.333,26	10	1.333.330,31
				2.486.730,69	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Canon	700	1.770,00	1	1.239.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				1.239.000,00	
Subtotal		4.065.315,29			
Produccion		750,00			
Costo		5.420,42			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	4	3.363,64	11	148.000,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				257.889,00	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (secundario)	1	82.215,56	8	657.724,44
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	4.170,40	10	41.704,03
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Generador eléctrico 20 kW	1	6.960,81	10	69.608,08
Bamac	0	41.787,18	0	0,00	
				2.276.301,75	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (₡)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (₡)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		2.534.190,75			
Produccion		700,00			
Costo		3.620,27			



COLOCACIÓN					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		4	1.513,64	10	60.545,45
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	3	1.984,55	10	59.536,36
	Operador 3	1	3.363,64	10	33.636,36
	Operador 2	17	3.027,27	10	514.636,36
	Viaticos		349,80	220	76.956,00
				782.310,55	
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Tanque Almacenamiento De Agua	3	9.129,25	11	301.265,30
	Compactador Vibratorio CS-533E	2	16.394,44	4	131.155,53
	Recuperadora RM350	0	81.422,35	0	0,00
	Niveladora 140H	1	37.469,41	4	149.877,65
	Vagoneta CV713 GRANITE	12	21.982,30	8	2.110.301,21
				2.692.599,69	
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
	Extraccion	700	5.420,42	1	3.794.294,27
	Trituración	600	3.620,27	1	2.172.163,50
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				5.966.457,78	
Subtotal		9.441.368,01			
Produccion		700,00			
Costo		13.487,67			
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	674,38			
Imprevisto	5%	674,38			
Administracion oficina central	5%	674,38			
Utilidad	10,0%	1.348,77			
		¢/m3	16.859,59		
ESTRUCTURA MATERIALES					
Extracción			Colocación		
Canon	100,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
Trituración			TOTAL		
Canon	0,00%			100,00%	
-----	0,00%				
-----	0,00%				
-----	0,00%				
-----	0,00%				



403(1) PAVIMENTO BITUMINOSO EN CALIENTE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 19.10 MM				Tipo de cambio	1,00
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	2	1.513,64	10	30.272,73
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	5	3.363,64	10	168.181,82
	Viaticos		349,80	60	20.988,00
					256.442,55
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	4	33.333,26	10	1.333.330,31
					2.486.730,69
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	550	1.770,00	1	973.500,00
	Dinamita	0	590,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					973.500,00
Subtotal		3.716.673,24			
Produccion		550,00			
Costo		6.757,59			
TRITURACIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 3	4	3.363,64	10	134.545,45
	Viaticos		349,80	50	17.490,00
					234.444,55
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Triturador De Finos B8100 (secund)	1	82.215,56	10	822.155,55
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	4	4.170,40	10	166.816,14
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Generador eléctrico 250 kW	1	56.465,88	10	564.658,80
Barmac	1	41.787,18	10	417.871,84	
					3.478.767,52
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		3.713.212,07			
Produccion		450,00			
Costo		8.251,58			



PRODUCCION DE LA MEZCLA						
		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
Mano de Obra	Peon	2	1.513,64	10	30.272,73	
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00	
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00	
	Operario 2	2	2.083,77	10	41.675,45	
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18	
	Viaticos		349,80	60	20.988,00	
					220.754,36	
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
	Generador eléctrico 1000 kW	1	191.344,57	10	1.913.445,68	
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18	
	Planta De Asfalto RM-40 A	1	108.622,07	10	1.086.220,72	
	Back Hoe 416 E	1	22.038,07	10	220.380,68	
	Diesel caldera	1	348,00	420	146.160,00	
	Diesel planta electrica	1	348,00	420	146.160,00	
	Vagoneta CV713 GRANITE	2	21.982,30	8	351.716,87	
				4.314.770,13		
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
	Canon	450	1.770,00	1	796.500,00	
	AC 30 (Cemento asfáltico)	450	270,00	27	3.280.500,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
				4.077.000,00		
Subtotal		8.612.524,49				
Produccion		450,00				
Costo		19.138,94				
COLOCACION						
Mano de Obra		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
	Peon	4	1.513,64	10	60.545,45	
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00	
	Topografía	3	1.984,55	10	59.536,36	
	Operador 2	3	3.027,27	10	90.818,18	
	Operador 3	7	3.363,64	10	235.454,55	
	Viaticos		349,80	140	48.972,00	
				532.326,55		
Equipo		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
	Tanque Almacenamiento De Agua	1	9.129,25	10	91.292,52	
	Compactadora 2 Bolillos CB-534C	2	10.880,74	10	217.614,86	
	Compactador (Llantas De Hule) C	2	16.731,75	10	334.635,03	
	Distribuidor De Asfalto F75	1	19.793,63	10	197.936,30	
	Finisher AP-1050	1	85.729,30	10	857.293,01	
	Vagoneta CV713 GRANITE	3	21.982,30	10	659.469,13	
				2.358.240,84		
Materiales		Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)	
	Extracción	550	6.757,59	1	3.716.673,24	
	Trituración	450	8.251,58	1	3.713.212,07	
	Producción de la mezcla	450	19.138,94	1	8.612.524,49	
	-----	0	0,00	0	0,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
	-----	0	0,00	0	0,00	
				16.042.409,79		
Subtotal		18.932.977,18				
Produccion		400,00				
Costo		47.332,44				
					Costo Fijo	16,59%
					Repuestos	13,42%
					Combustible	17,65%
					Lubricantes	3,14%
					Llantas	1,36%
					Mano de Obra	5,26%
					Materiales	21,34%
					Administración	8,00%
					Imprevisto	4,00%
					Utilidad	8,00%
					Total	100,00%
Factor produccion						
Administracion del proyecto	5%	2.366,62				
Imprevisto	5%	2.366,62				
Administracion oficina central	5%	2.366,62				
Utilidad	10,0%	4.733,24				
	c/ton	59.165,55				
ESTRUCTURA MATERIALES						
Extracción			Producción de la mezcla			
Canon	19,28%		Canon	15,77%		
Dinamita	0,00%		AC 30 (Cemento asfáltico)	64,95%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
Trituración			Colocación			
Canon	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
-----	0,00%		-----	0,00%		
TOTAL			100,00%			



602(A)5 HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE X DE 180 kg/cm2				Tipo de cambio	1,00
EXTRACCIÓN					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	10	121.090,91
	Viaticos		349,80	50	17.490,00
					220.990,00
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322 CL	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330CL ME	1	75.150,89	10	751.508,91
	Vagoneta-roquera R685SX	2	33.333,26	10	666.665,16
					1.820.065,54
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Canon	500	1.770,00	1	885.000,00
	Dinamita	500	590,00	1	295.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					1.180.000,00
Subtotal		3.221.055,54			
Produccion		600,00			
Costo		5.368,43			
TRITURACION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Peon	3	1.513,64	10	45.409,09
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	10	121.090,91
	Viaticos		349,80	50	17.490,00
					220.990,00
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Cargador 980H	1	55.488,06	10	554.880,57
	Quebrador 30X42 (primario)	1	37.642,17	10	376.421,70
	Combeyer (faja 30 X 14 Mts)	1	4.170,40	10	41.704,03
	Faja transportadora 628 tph (conveyors)	1	7.824,01	10	78.240,14
	Criba	1	12.527,67	10	125.276,74
	Triturador De Finos B8100 (secundario)	1	82.215,56	10	822.155,55
-----	0	0,00	0	0,00	
					2.449.364,93
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (\$)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (\$)</i>
	Canon	400	1.770,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		2.670.354,93			
Produccion		550,00			
Costo		4.855,19			



602(A)5 HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE X DE 180 kg/cm2					
PRODUCCION DEL HORMIGON					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	2	1.513,64	10	30.272,73
	Topografía	0	3.700,00	0	0,00
	Operario 2	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 1	2	2.522,73	10	50.454,55
	Viaticos		349,80	20	6.996,00
				87.723,27	
Equipo	Planta de Concreto	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cargador 966H	1	108.622,07	4	434.488,29
	Vagoneta CV713 GRANITE	1	45.068,62	4	180.274,47
	Camion-tandem R 686 ST	3	21.982,30	8	527.575,30
	-----	1	18.689,02	6	112.134,14
	-----	0	0,00	0	0,00
				1.254.472,20	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Cemento Portland Saco	468	1.770,00	5	8.850,00
	-----	0	6.400,00	1	2.995.200,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				3.004.050,00	
Subtotal		4.346.245,47			
Produccion		72,00			
Costo		60.364,52			
COLOCACION					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Encargado	0	1.513,64	0	0,00
	Topografía	0	3.700,00	0	0,00
	Operario 2	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 1	2	2.522,73	8	40.363,64
	Viaticos		349,80	16	5.596,80
				45.960,44	
Equipo	Vibrador de concreto de cuello flexible (long	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Bomba de concreto TK40 Putzmeister	0	1.239,00	4	0,00
	Mezcladora (chompipa) CT713	1	81.418,89	4	325.675,58
	-----	1	45.830,28	4	183.321,14
				508.996,72	
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (₡)	Horas	Costo total (₡)
	Trituracion	7	5.368,43	1	37.578,98
	Producción del hormigón	7	4.855,19	1	33.986,34
	-----	7	60.364,52	1	422.551,64
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				494.116,96	
Subtotal		1.049.074,11			
Produccion		7,00			
Costo		149.867,73			
Factor produccion	1				
Administracion del proyecto	5%	7.493,39			
Imprevisto	5%	7.493,39			
Administracion oficina central	5%	7.493,39			
Utilidad	10,0%	14.986,77			
		₡/m3	187.334,66		
ESTRUCTURA MATERIALES					
Extracción		Producción del hormigón			
Canon	21,15%	Canon		0,21%	
Dinamita	7,05%	Cemento Portland Saco		71,59%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
Trituración		Colocación			
Canon	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	
-----	0,00%	-----		0,00%	

Costo Fijo	13,36%
Repuestos	13,47%
Combustible	20,83%
Lubricantes	2,17%
Llantas	2,28%
Mano de Obra	4,57%
Materiales	23,32%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
Total	100,00%



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
EXTRACCION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	11	99.900,00
	Viaticos		349,80	44	15.391,20
				205.941,20	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	75.150,89	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	33.333,26	10	666.665,16
				1.068.556,63	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	429	1.770,00	1	758.571,43
	Dinamita	429	590,00	1	252.857,14
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				1.011.428,57	
Factor de produccion		1,40			
Subtotal		2.285.926,40			
Produccion		428,57			
Costo		5.333,83			
TRITURACION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	11	133.200,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
				243.089,00	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	7	315.480,33
	Cargador 980H	1	55.488,06	7	388.416,40
	Quebrador 30X42 (prim)	1	37.642,17	7	263.495,19
	Triturador De Finos B8	1	82.215,56	7	575.508,89
	Combeyer (faja 30 X 14	4	4.170,40	7	116.771,30
	Criba	1	12.527,67	7	87.693,72
	Generador eléctrico 100	1	191.344,57	7	1.339.411,97
Barmac	0	41.787,18	0	0,00	
				3.086.777,79	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		3.329.866,79			
Produccion		428,57			
Costo		7.769,69			



608(1) ACERA DE HORMIGON DE CEMENTO PORTLAND CLASE X DE 180 KG/CM2					
PRODUCCION DEL HORMIGON					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		1	1.513,64	6	9.081,82
	Encargado	0	3.700,00	0	0,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 2	1	3.027,27	8	24.218,18
	Viaticos		349,80	8	2.798,40
				36.098,40	
Equipo	Generador eléctrico 100	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		1	191.344,57	10	1.913.445,68
	Cargador 966H	1	45.068,62	10	450.686,18
	Planta de concreto	1	108.622,07	10	1.086.220,72
	Vagoneta CV713 GRAH	1	21.982,30	10	219.823,04
	Tanque Almacenamiento	1	9.129,25	10	91.292,52
				3.761.468,13	
Materiales	Canon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	0	6.400,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		3.797.566,53			
Produccion		60,00			
Costo		63.292,78			
COLOCACION					
Mano de Obra	Peon	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		6	1.513,64	11	99.900,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	3	1.984,55	1	5.953,64
	Operario 1	2	1.885,32	11	41.477,00
	Operador 2	1	3.027,27	11	33.300,00
	Viaticos		349,80	47	16.440,60
				237.771,24	
Equipo	Vibrador de concreto de	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		0	1.239,00	0	0,00
	Mezcladora (chompipa)	0	45.830,28	0	0,00
				0,00	
Materiales	Extraccion	Cantidad	Costo (¢)	Horas	Costo total (¢)
		24,0	5.333,83	1	128.011,88
	Trituración	24,0	7.769,69	1	186.472,54
	Producción del hormigón	24,0	63.292,78	1	1.519.026,61
	Cemento Portland Saco	24,0	6.400,00	1	153.600,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
	Formaleta	0	1.000,00	0	0,00
				1.987.111,03	
Subtotal		2.224.882,27			
Produccion		24,00			
Costo		92.703,43			
Espesor (m)		0,1			
Factor produccion		1			
Administracion del proyecto	5%	4.635,17			
Imprevisto	5%	4.635,17			
Administracion oficina central	5%	4.635,17			
Utilidad	10,0%	9.270,34			
	¢/m3	115.879,28			
	¢/m2	11.587,93			
ESTRUCTURA MATERIALES					
Extracción			Producción del hormigón		
Canon	65,11%		Canon	0,00%	
Dinamita	21,70%		Cemento Portland S	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
Trituración			Colocación		
-----	0,00%		Cemento Portland S	13,18%	
-----	0,00%		Cemento Aditivos	0,00%	
-----	0,00%		Formaleta	0,00%	
-----	0,00%				
-----	0,00%				
-----	0,00%				

Costo Fijo	17,03%
Repuestos	12,43%
Combustible	28,23%
Lubricantes	3,62%
Llantas	1,17%
Mano de Obra	9,97%
Materiales	7,56%
Administración	8,00%
Imprevisto	4,00%
Utilidad	8,00%
Total	100%



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA				Tipo de cambio	1,00
EXTRACCION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	3	3.027,27	11	99.900,00
	Viaticos		349,80	44	15.391,20
					205.941,20
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Track Drill	0	109.369,39	0	0,00
	Compresor 185	0	7.976,84	0	0,00
	Excavadora (pala) 322	1	40.189,15	10	401.891,47
	Tractor D8T	0	70.714,24	0	0,00
	Excavadora (pala) 330C	0	75.150,89	0	0,00
	Vagoneta-roquera R685	2	33.333,26	10	666.665,16
					1.068.556,63
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	420	1.770,00	1	743.400,00
	Dinamita	420	590,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					743.400,00
Factor de produccion		1,40			
Subtotal		2.017.897,83			
Produccion		588,00			
Costo		3.431,80			
TRITURACION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	3	1.513,64	11	49.950,00
	Encargado	1	3.700,00	11	40.700,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 2	4	3.027,27	11	133.200,00
	Viaticos		349,80	55	19.239,00
					243.089,00
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Cargador 966H	1	45.068,62	7	315.480,33
	Cargador 980H	1	55.488,06	7	388.416,40
	Quebrador 30X42 (prim)	1	37.642,17	7	263.495,19
	Triturador De Finos B8	1	82.215,56	7	575.508,89
	Combeyer (faja 30 X 14	4	4.170,40	7	116.771,30
	Criba	1	12.527,67	7	87.693,72
	Generador eléctrico 20	1	6.960,81	7	48.725,66
Barmac	0	41.787,18	0	0,00	
					1.796.091,48
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					0,00
Subtotal		2.039.180,48			
Produccion		588,00			
Costo		3.467,99			



609(1) CORDON DE HORMIGON DE 15 CM DE ALTURA					
PRODUCCION DEL HORMIGON					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	2	1.513,64	10,0	30.272,73
	Encargado	1	3.700,00	10	37.000,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 2	0	2.083,77	0	0,00
	Operador 2	1	3.027,27	3,0	9.081,82
	Viaticos		349,80	13	4.547,40
				80.901,95	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Generador eléctrico 250	0	56.465,88	0	0,00
	Cargador 966H	0	45.068,62	0	0,00
	Mezcladora de concreto	1	1.867,28	8	14.938,25
	Vagoneta CV713 GRAH	1	21.982,30	2,0	43.964,61
	Pick Up Hilux DX	1	8.818,21	6	52.909,28
				111.812,15	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Canon	0	1.770,00	0	0,00
	Cemento Portland Saco	0	6.400,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
				0,00	
Subtotal		192.714,09			
Produccion		1,00			
Costo		192.714,09			
COLOCACION					
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	6	1.513,64	11	99.900,00
	Encargado	1	3.700,00	3	11.100,00
	Topografía	3	1.984,55	1	5.953,64
	Operario 1	2	1.885,32	11	41.477,00
	Operador 2	0	3.027,27	0	0,00
	Viaticos		349,80	28	9.794,40
				168.225,04	
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Vibrador de concreto de	1	1.239,00	4	4.956,01
	Mezcladora (chompipa)	0	45.830,28	0	0,00
				4.956,01	
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Extraccion	6,0	3.431,80	1	20.590,79
	Trituración	6,0	3.467,99	1	20.807,96
	Producción del hormigón	6,0	192.714,09	1	1.156.284,55
	Cemento Portland Saco	1,0	6.400,00	1	6.400,00
	Cemento Aditivos	0	1.000,00	0	0,00
	Formaleta	6	1.000,00	1	6.000,00
				1.210.083,30	
Subtotal		1.383.264,36			
Produccion		6,00			
Costo		230.544,06			
Volumen de cordón		0,07425			
Factor produccion		1,2			
Administracion del proyecto	5%	11.527,20			
Imprevisto	5%	11.527,20			
Administracion oficina central	5%	11.527,20			
Utilidad	10,0%	23.054,41			
	¢/m3	288.180,07			
	¢/m	21.397,37			
ESTRUCTURA MATERIALES					
Extracción			Producción del hormigón		
Canon	98,36%		Canon	0,00%	
Dinamita	0,00%		Cemento Portland S	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
-----	0,00%		-----	0,00%	
Trituración			Colocación		
-----	0,00%		Cemento Portland S	0,85%	
-----	0,00%		Cemento Aditivos	0,00%	
-----	0,00%		Formaleta	0,79%	
-----	0,00%				
-----	0,00%				
-----	0,00%				



601(06)/601(07) LETRERO DE ALTO / LETRERO DE CEDA				Tipo de cambio	1,00
		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
Mano de Obra	Peon	6	1.513,64	4	36.327,27
	Encargado	1	3.700,00	4	14.800,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 1	1	2.522,73	3	7.568,18
	Viaticos		349,80	7	2.448,60
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Equipo menor 1 (herramie	1	15.000,00	1	15.000,00
	Demarcadora de vías	1	18.000,00	1,0	18.000,00
	Pick Up Hilux DX	1	8.818,21	5	44.091,07
					77.091,07
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pintura blanca (cubeta)	1	95.000,00	0,10	9.500,00
	Solvente	1	32.000,00	0,10	3.200,00
	Esferas (saco 50kg)	1	32.000,00	0,15	4.800,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					17.500,00
Subtotal		155.735,12			
Produccion		5,00			
Costo		31.147,02			
Administracion del proyecto	5%	1.557,35			
Imprevisto	5%	1.557,35			
Administracion oficina central	5%	1.557,35			
Utilidad	10,0%	3.114,70			
		¢/unidad	38.933,78		
		Costo Fijo		9,74%	
		Repuestos		4,54%	
		Combustible		12,83%	
		Lubricantes		2,33%	
		Llantas		0,91%	
		Mano de Obra		31,41%	
		Materiales		8,99%	
		Administración		8,00%	
		Imprevisto		4,00%	
		Utilidad		8,00%	
		Total		91%	
		ESTRUCTURA MATERIALES			
		Pintura blanca (cu		54,29%	
		Solvente		18,29%	
		Esferas (saco 50k		27,43%	
		-----		0,00%	
		-----		0,00%	
		Total		100,00%	



107(3)E EQUIPO MATERIALES Y MANO DE OBRA PARA MARCAR LETREROS DE ALTO				Tipo de cambio	1,00
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	4	1.513,64	8	48.436,36
	Encargado	1	3.700,00	8	29.600,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 1	1	2.522,73	8	20.181,82
	Viaticos		349,80	16	5.596,80
					103.814,98
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Equipo menor 1 (herramie	1	15.000,00	8	120.000,00
	Camion DYNA (7 ton)	1	13.413,72	10	134.137,24
					254.137,24
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pintura blanca (cubeta)	1	95.000,00	2,5	237.500,00
	Solvente	1	32.000,00	1,50	48.000,00
	Esferas (saco 50kg)	1	32.000,00	3	96.000,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					381.500,00
Subtotal		739.452,22			
Produccion		16,00			
Costo		46.215,76			
Administracion del proyecto	5%	2.310,79			
Imprevisto	5%	2.310,79			
Administracion oficina central	5%	2.310,79			
Utilidad	10,0%	4.621,58			
	¢/unidad	57.769,70			
Costo Fijo		11,53%			
Repuestos		3,84%			
Combustible		6,83%			
Lubricantes		4,39%			
Llantas		0,90%			
Mano de Obra		11,23%			
Materiales		41,27%			
Administración		8,00%			
Imprevisto		4,00%			
Utilidad		8,00%			
Total		100%			
ESTRUCTURA MATERIALES					
Pintura blanca (cu		62,25%			
Solvente		12,58%			
Esferas (saco 50k		25,16%			
-----		0,00%			
-----		0,00%			
Total		100,00%			



R-1-2 LETRERO DE CEDA				Tipo de cambio	1,00
Mano de Obra		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Peon	4	1.513,64	8	48.436,36
	Encargado	1	3.700,00	4	14.800,00
	Topografía	0	1.984,55	0	0,00
	Operario 1	0	1.885,32	0	0,00
	Operador 1	0	2.522,73	0	0,00
	Viaticos		349,80	4	1.399,20
					64.635,56
Equipo		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Pick Up Hilux DX	1	8.818,21	8	70.545,71
					70.545,71
Materiales		<i>Cantidad</i>	<i>Costo (¢)</i>	<i>Horas</i>	<i>Costo total (¢)</i>
	Señales verticales	12	65.000,00	1	780.000,00
	Concreto	12	1,00	1	12,00
	-----	0	0,00	0	0,00
	-----	0	0,00	0	0,00
					780.012,00
Subtotal		915.193,28			
Produccion		12,00			
Costo		76.266,11			
Administracion del proyecto	5%	3.813,31			
Imprevisto	5%	3.813,31			
Administracion oficina central	5%	3.813,31			
Utilidad	10,0%	7.626,61			
	¢/unidad	95.332,63			
Costo Fijo			1,39%		
Repuestos			0,82%		
Combustible			3,49%		
Lubricantes			0,22%		
Llantas			0,25%		
Mano de Obra			5,65%		
Materiales			68,18%		
Administración			8,00%		
Imprevisto			4,00%		
Utilidad			8,00%		
Total			100%		
ESTRUCTURA MATERIALES					
Señales verticales			100,00%		
Concreto			0,00%		
-----			0,00%		
-----			0,00%		
Total			100,00%		



Memorias de cálculo pavimentos

HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Mercedes-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Mercedes-Heredia (CALLES PRIMARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
Paso 1 Cálculo del SN			
Parámetros de entrada			
Ejes equivalentes	W_{18}	792.961,00	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiabilidad	R	80%	De Tabla 2.2 Sección 2.1.3 (Pag II-9) o recomendación MOPT
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10)
Índice de servicio al final	p_t	2,5	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10) o recomendación MOPT
Desviación normal estándar	Z_R	-0,841621234	De acuerdo con tabla 4.1 Sección 4.2.3 (Pag I-62)
Desviación estándar general	S_0	0,45	De acuerdo con Sección 2.1.3 (Pag II-9 y II-10)
Módulo de resiliencia de la subrasante	M_{reff}	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas μ_f
Módulo de resiliencia de la base	E_{BS}	28000,00 psi	De memoria de cálculo de E_B o nomograma en Fig 2.6 (Pag II-1)
Módulo de resiliencia de la subbase	E_{SB}	14500,00 psi	De memoria de cálculo de E_{SB} o nomograma en Fig 2.7 (Pag II-)
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		-0,000106255	
Cálculo de SN requerido		3,106	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0

Página 1



Paso 2 Diseño de espesores de capa			
	$D^*_{1} \geq \frac{SN_1}{a_1}$ (3)	$SN^*_{2} = a_2 m_2 D^*_{2}$ (6)	
$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$ (2)	$SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1$ (4)	$SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2$ (7)	
	$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2}$ (5)	$D^*_{3} \geq \frac{SN_3 - (SN^*_{1} + SN^*_{2})}{a_3 m_3}$ (8)	
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_B) - 8.07$ (9)			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_2 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_{SB}) - 8.07$ (10)			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_3 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$ (11)			
Valor de precisión solver al igualar a 0	0,000125068		
Cálculo de SN1 (CARPETA)	1,859	De (9)	De nomograma
a1	0,440		
D1 min de ec (4)	4,225 "	10,73 cm	
D1* (utilizado)	4,331 "	11 cm	CARPETA ASFÁLTICA
SN1* de ec (5)	1,906		
Valor de precisión solver al igualar a 0	3,3247E-08		
Cálculo de SN2 (BASE)	2,406	De (10)	Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)
a2	0,135		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m2	1,00		
D2 min de ec (6)	3,704 "	9,41 cm	
D2* (utilizado)	7,874 "	20 cm	BASE GRANULAR
SN2* de ec (7)	1,063		
SN1*+SN2* de ec (8)	2,97 >	2,406	Ok
SN3 (SUBBASE)	3,106	De (11) o (1)	
a3	0,110		De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
m3	1,00		De Tabla 2.4 (Pag II-25)
D3 min de ec (8)	1,250	3,17 cm	
D3* utilizado	7,874	20 cm	SUBBASE GRANULAR



HOJA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Mercedes-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Mercedes-Heredia (CALLES SECUNDARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
Paso 1 Cálculo del SN			
<u>Parámetros de entrada</u>			
Ejes equivalentes	W_{18}	369.580,00	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiability	R	75%	De Tabla 2.2 Sección 2.1.3 (Pag II-9) o recomendación MOPT
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10)
Índice de servicio al final	p_t	2,5	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10) o recomendación MOPT
Desviación normal estándar	Z_R	-0,67448975	De acuerdo con tabla 4.1 Sección 4.2.3 (Pag I-62)
Desviación estándar general	S_0	0,45	De acuerdo con Sección 2.1.3 (Pag II-9 y II-10)
Módulo de resiliencia de la subrasante	M_{reft}	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas μ_f
Módulo de resiliencia de la base	E_{BS}	28000,00 psi	De memoria de cálculo de E_B o nomograma en Fig 2.6 (Pag II-1)
Módulo de resiliencia de la subbase	E_{SB}	14500,00 psi	De memoria de cálculo de E_{SB} o nomograma en Fig 2.7 (Pag II-2)
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		9,5141E-05	
Cálculo de SN requerido		2,659	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0



Paso 2 Diseño de espesores de capa

$$D^*_{1} \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (3) \quad SN^*_{2} = a_2 m_2 D^*_{2} \quad (6)$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2) \quad SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1 \quad (4) \quad SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2 \quad (7)$$

$$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2} \quad (5) \quad D^*_{3} \geq \frac{SN_3 - (SN^*_{1} + SN^*_{2})}{a_3 m_3} \quad (8)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_B) - 8.07 \quad (9)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_2 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_{SB}) - 8.07 \quad (10)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_3 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (11)$$

Valor de precisión solver al igualar a 0	0,000407709			
Cálculo de SN1 (CARPETA)	1,577		De (9)	De nomograma
a1	0,440		9,10 cm	
D1 min de ec (4)	3,584 "			
D1* (utilizado)	3,543 "		9 cm	CARPETA ASFÁLTICA
SN1* de ec (5)	1,559			
Valor de precisión solver al igualar a 0	4,60854E-08			
Cálculo de SN2 (BASE)	2,056		De (10)	Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)
a2	0,135			De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m2	1,00		9,35 cm	
D2 min de ec (6)	3,680 "			
D2* (utilizado)	5,906 "		15 cm	BASE GRANULAR
SN2* de ec (7)	0,797			
SN1*+SN2* de ec (8)	2,36 >		2,056	Ok
SN3 (SUBBASE)	2,659		De (11) o (1)	De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)
a3	0,110			De Tabla 2.4 (Pag II-25)
m3	1,00			
D3 min de ec (8)	2,752 "		6,99 cm	
D3* utilizado	7,874	Ok	20 cm	SUBBASE GRANULAR



HOJA DE CÁLCULO DE ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
NOMBRE PROYECTO	Valor Patrimonial Distrito Mercedes-Heredia		
UBICACIÓN PROYECTO	Mercedes-Heredia (CALLES TERCARIAS)		
Ecuación de Diseño AASHTO 93 pavimentos flexibles			
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1)$			
Paso 1 Cálculo del SN			
<u>Parámetros de entrada</u>			
Ejes equivalentes	W_{18}	217.237,00	Del cálculo de tránsito
CBR subrasante	CBR	5,00%	De estudio de suelos
Confiability	R	70%	De Tabla 2.2 Sección 2.1.3 (Pag II-9) o recomendación MOPT
Índice de servicio inicial	p_0	4,2	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10)
Índice de servicio al final	p_t	2,5	Ver Sección 2.2.1 (Pag II-10) o recomendación MOPT
Desviación normal estándar	Z_R	-0,524400513	De acuerdo con tabla 4.1 Sección 4.2.3 (Pag I-62)
Desviación estándar general	S_0	0,45	De acuerdo con Sección 2.1.3 (Pag II-9 y II-10)
Módulo de resiliencia de la subrasante	M_{reft}	7470,59 psi	Calculado con Ec. 1.5.1 Sección 1.5 (Pag I-14) y tablas μ_f
Módulo de resiliencia de la base	E_{BS}	28000,00 psi	De memoria de cálculo de E_B o nomograma en Fig 2.6 (Pag II-1)
Módulo de resiliencia de la subbase	E_{SB}	14500,00 psi	De memoria de cálculo de E_{SB} o nomograma en Fig 2.7 (Pag II-2)
Diferencia de índices de servicio	ΔPSI	1,7	
Valor de precisión solver al igualar a 0		0,000300433	
Cálculo de SN requerido		2,372	Valor de solver con ecuación (1) igualada a 0



Paso 2 Diseño de espesores de capa

$$D^*_{1} \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad (3) \quad SN^*_{2} = a_2 m_2 D^*_{2} \quad (6)$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (2) \quad SN^*_{1} = a_1 D^*_{1} \geq SN_1 \quad (4) \quad SN^*_{1} + SN^*_{2} \geq SN_2 \quad (7)$$

$$D^*_{2} \geq \frac{SN_2 - SN^*_{1}}{a_2 m_2} \quad (5) \quad D^*_{3} \geq \frac{SN_3 - (SN^*_{1} + SN^*_{2})}{a_3 m_3} \quad (8)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_B) - 8.07 \quad (9)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_2 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_2 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(E_{SB}) - 8.07 \quad (10)$$

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN_3 + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN_3 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (11)$$

Valor de precisión solver al igualar a 0	-5,26805E-05			
Cálculo de SN1 (CARPETA)	1,390		De (9)	
a1	0,440		→ De nomograma	
D1 min de ec (4)	3,159 "		8,02 cm	
D1* (utilizado)	3,150 "		8 cm	CARPETA ASFÁLTICA
SN1* de ec (5)	1,386			
Valor de precisión solver al igualar a 0	-1,20775E-08			
Cálculo de SN2 (BASE)	1,828		De (10)	
a2	0,135		→ Para BG de Figura 2.6 (Pag II-19) para BE Figura 2.8 (Pag II-23)	
m2	1,00		→ De Tabla 2.4 (Pag II-25)	
D2 min de ec (6)	3,276 "		8,32 cm	
D2* (utilizado)	5,906 "		15 cm	BASE GRANULAR
SN2* de ec (7)	0,797			
SN1*+SN2* de ec (8)	2,18 >		1,828	Ok
SN3 (SUBBASE)	2,372		De (11) o (1)	
a3	0,110		→ De ecuación o de Figura 2.7 (Pag II-21)	
m3	1,00		→ De Tabla 2.4 (Pag II-25)	
D3 min de ec (8)	1,718		4,36 cm	
D3* utilizado	5,906	Ok	15 cm	SUBBASE GRANULAR