

Análisis técnico-económico de las actividades de bacheo para la conservación Vial en Costa Rica



Abstract

This project responds to the necessity for the use of new materials to the tendering procedures, so actually there is a register by the CONAVI, the use of hot mix asphalt (HMA).

Actually there is not a quantitative damage records to allow determinate the best way which areas have been taken part by patching methods.

The project is divided in three principal parts: the first consists to determinate the damages on pavement surface (rigid or flexible). The second is an economic analysis for the use of new materials, and the last is about technical comparison of actual patching activities used.

The tool used to determinate of damages was based in SIECA's manuals, and was complemented with other documents of organizations to take charge of pavement maintenance. When the tool was developed, it was used to take the damage of the rigid and flexible selected sections for the 1-7, Cartago conservation zone.

The materials that analyzed as a possibility of usage for patching activities were: warm mix asphalt, cold-mix asphalt, rolled compacted concrete (RCC) and high initial resistance concrete (Fast-Track); taking as a price reference HMA patching activities. From the materials used, was found that the price of cold-mix asphalt less expensive than the HMA. But the patches made with cold-mix asphalt could have less duration than the HMA's patches according to the experts say. Another material to consider for patching is the RCC, because it presents an considerable save for the companies.

Finally was effected a comparative analysis referring to manner of execution for the patching activities with the actual manual's specifications of the country, and given satisfactory results

Resumen

El proyecto que se presenta responde a la necesidad del uso de nuevos materiales para actividades de bacheo, ya que actualmente solo se tiene registrado el uso de la mezcla asfáltica en caliente. Esto a través de las licitaciones realizadas por el CONAVI.

Igualmente, no se cuenta con un registro de daños, cuantitativo, que permita determinar de manera óptima las áreas a ser intervenidas mediante bacheo. El proyecto consta de tres partes principales que son: determinación de daños en pavimentos (rígidos y flexibles); análisis económico para el uso de los nuevos materiales y, por último, la comparación técnica de las actividades de bacheo actualmente realizadas.

La herramienta empleada para la determinación de los daños se realizó con base en los manuales del SIECA, complementándose con otros documentos de entidades encargadas de la conservación vial. Una vez desarrollada la herramienta, la misma se utilizó para el levantamiento de daños en los tramos seleccionados de pavimentos rígidos y flexibles, para la zona de conservación 1-7 Cartago.

Los materiales analizados para el posible uso en las actividades de bacheo fueron las mezclas asfálticas en tibio y frías; concreto compactado con rodillo (CCR) y concreto de alta resistencia inicial (Fast-Track), tomándose como precio de referencia el bacheo con mezcla asfáltica en caliente; el cual es utilizado por el CONAVI. Se encontró que el precio por tonelada de mezcla asfáltica en frío es bastante económico en comparación con la mezcla asfáltica en caliente. Pero las reparaciones, con mezcla asfáltica en frío, pueden llegar a presentar una menor duración según expresan los expertos. Otro material que presenta un ahorro importante es la utilización de CCR para las actividades de bacheo.

Por último, se realizó un análisis comparativo refiriéndose al modo de ejecución de las actividades de bacheo con lo especificado en los manuales vigentes del país, dando resultados satisfactorios.

Keywords:

Pavement surface distress, patching methods, hot mix asphalt, cold-mix asphalt, warm mix asphalt, rolled compacted concrete (RCC), high initial resistance concrete, comparative analysis of patching activities.

Palabras Clave:

Daños en pavimento, bacheo, mezcla asfáltica en caliente, mezcla asfáltica en frío, mezcla asfáltica en tibio, concreto compactado con rodillo (CCR), Concreto Fast-Track, análisis comparativo de las actividades de bacheo.

Análisis técnico-económico de las actividades de bacheo para la conservación vial en Costa Rica

JOSÉ RODOLFO FONSECA DUARTE

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Octubre del 2012

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen Ejecutivo.....	3
Introducción.....	5
Marco Teórico.....	7
Objetivos.....	25
Metodología.....	27
Resultados.....	43
Análisis de Resultados.....	67
Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	83
Referencias.....	85
Apéndices.....	87
Anexos.....	89

Prefacio

Las actividades de bacheo son una parte importante en el adecuado mantenimiento de las carreteras, pues permiten reparaciones tanto de manera preventiva como correctiva para que no se vea afectada la estructura subyacente. Si bien es cierto esta técnica es sencilla, los trabajos deben realizarse de manera correcta, pues en gran medida de esto depende obtener resultados buenos y duraderos; todo esto sin dejar de lado el aspecto económico. En Costa Rica las actividades de bacheo son ejecutadas en su mayor parte en buena forma, sin embargo se deja de lado la apertura hacia la utilización tanto de nuevos materiales como técnicas que pueden llegar a ser más económicas e igualmente duraderas. El Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), como institución encargada del mantenimiento de la red vial nacional, centra estas actividades en la utilización de mezclas asfálticas en caliente a través de los ítemes estipulados en sus contratos. La utilización de este tipo de mezcla asfáltica se deriva del hecho de que en nuestro país la mayor parte de la composición de la red vial, tanto a nivel nacional como cantonal, está constituida de carreteras construidas con concreto asfáltico o con un tratamiento superficial, por lo que utilizar materiales como concreto hidráulico, mezclas asfálticas en frío o en tibio es factible, aunque no se acostumbra. Sumado a la poca apertura hacia el uso de nuevos materiales, se tiene que el único proveedor en el país de cemento asfáltico y emulsión es la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE); provocando así resultados que en ocasiones no son los esperados, producto de la gran diversidad de factores que se ven involucrados en estas actividades (clima, distancias de acarreo, procedimiento de compactación, temperatura de la mezcla).

Las técnicas de bacheo, en la actualidad son las más difundidas y conocidas debido, a que toda entidad encargada ha realizado por uno u otro motivo, bacheos, bien sea por mantener un nivel de servicio adecuado o por reparaciones, producto de la instalación de redes de servicio público.

Como eje central de este estudio, está el realizar un análisis comparativo tanto, técnico como económico, del uso de nuevos materiales y técnicas en el bacheo. Así, por ejemplo, se tienen obras elaboradas con la técnica de Concreto Compactado con Rodillo (CCR), como las reparaciones en la Autopista Florencio del Castillo y el acceso a la mina de puzolana en Llano Grande de Cartago. También el uso de mezclas asfálticas en tibio y frías, que favorezcan un desarrollo sostenible y que a su vez no sean tan dañinas para la salud de los trabajadores, esto a través de la reducción en el uso de la energía necesaria para la producción y vapores tóxicos. Como parte de este estudio está el desarrollar una herramienta de clasificación de daños de los pavimentos de una manera objetiva y que permita categorizarlas con base en severidades adoptadas para cada tipo, permitiendo decidir cuáles se podrán solucionar mediante bacheo, esto por cuanto actualmente, la determinación de patologías, es competencia de los planificadores y ejecutores encargados de cada uno de los proyectos relacionados con la conservación vial, puntualmente lo relacionado con el bacheo. Dentro de las limitaciones de este proyecto se tiene que los costos asociados a las mezclas de concreto, tanto asfáltico como hidráulico, son con base en la documentación presentada para la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, por lo que los costos pueden ser variables. También no se desarrollaron diseños de mezcla en ninguno de los materiales anteriormente mencionados, sino que se basó en la documentación encontrada sobre las fórmulas de trabajo que podrían ser utilizadas. Otra de las restricciones para el desarrollo de este proyecto es la determinación del tramo piloto para pavimentos rígidos, ya que no se encontró ningún estudio que permitiese determinar un tramo para la evaluación correspondiente. Adicionalmente el proyecto solo abarca la inspección visual de los pavimentos por lo que los costos generados para el bacheo solo se limitan a la sustitución de la capa de rodamiento.

Resumen Ejecutivo

Con el presente proyecto se pretende brindar una pequeña herramienta que permita al CONAVI empezar a utilizar nuevos materiales en las actividades de bacheo, así como el desarrollo de una herramienta de inspección visual de los pavimentos que permita examinarlos de una manera más precisa, pues actualmente se centra en la experiencia de los inspectores viales.

El uso de estos nuevos materiales viene aunado al análisis y comparación de costos que permita, con criterio fundamentado, decidir cuál de las opciones es la más conveniente.

La investigación se centra en dos objetivos principales: la determinación del uso de mezclas asfálticas en frío y tibio, así como las de concreto hidráulico (Concreto Compactado con Rodillo y Fast-Track) y la clasificación de los daños de los pavimentos que requieren ser bacheados, con lo que se podrían optimizar los recursos destinados a la conservación vial.

El trabajo contó con la puesta en práctica de la herramienta desarrollada para la inspección visual de los pavimentos, la cual se basa mayormente en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, desarrollado por la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) y complementado con documentación de los distintos organismos encargados del mantenimiento de carreteras a nivel internacional. Dicha herramienta sirvió para evaluar dos tramos diferentes; uno en pavimento flexible, seleccionado a partir del informe presentado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), en el que se evaluó la red vial nacional, y otro tramo en pavimento rígido, seleccionado a partir de un recorrido por las rutas que presentaban esta superficie de ruedo, en donde se constató el estado de ellas y se eligió aquella que permitiese tener una mayor aplicabilidad para este proyecto, es decir, presentara mayores daños. Ambos tramos fueron seleccionados en la zona de conservación 1-7 Cartago.

Dentro de los daños que se evaluaron para pavimentos flexibles fueron: grietas

longitudinales, transversales, por reflexión de juntas, en forma de arco, tipo cuero de lagarto, en bloque, por desplazamiento, en juntas de construcción. También los ahuellamientos, canalización, corrugación, corrimiento, abultamiento, hundimiento, bache, peladura, desintegración de bordes, exudación, pérdida de agregado y exposición de agregado.

Para el caso de los pavimentos rígidos se evaluaron grietas longitudinales, transversales, esquina, losas subdivididas, en bloque, inducidas; también los daños de levantamiento de losas, escalonamiento, hundimiento, bache, peladura, desportillamiento, deficiencias en material de sello, pulimiento, fisuras capilares y fisuras por mal funcionamiento de juntas.

Para este proyecto se consideró que los daños únicamente se daban a nivel de superficie de ruedo, sin embargo, para determinar verdaderamente lo que produce el daño es preciso realizar diversos estudios que permitan esclarecer la afectación verdadera.

La definición de los daños que requieren bacheo se basó en documentación del Departamento de Nebraska y de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, para el caso de pavimentos flexibles y de documentación de la FHWA en el caso de pavimentos rígidos.

Dentro de las actividades de bacheo que se aplican a nivel internacional, se puede mencionar la de descargar y marcharse (throw and go), descargar y compactar (throw and roll), bacheo superficial, bacheo a profundidad parcial y bacheo a profundidad total. El análisis de las actividades de bacheo se centró únicamente en el bacheo superficial y los de profundidad parcial y total, pues los primeros son únicamente para la atención de emergencias, donde los usuarios corran peligro, pues no son técnicas duraderas.

El bacheo, cualquier tipo que sea, básicamente es la remoción del material dañado hasta una superficie con capacidad soportante suficiente. Además, se puede hacer distinción entre bacheo manual y mecanizado, dándose la diferencia en las herramientas que se utilizan,

pico y pala para el primero y cortadora de pavimentos y back-hoe para el segundo.

Los materiales que se abarcaron acá son básicamente dos: el concreto asfáltico y el concreto hidráulico. Dentro del concreto asfáltico se hizo referencia a tres tipos de mezcla asfáltica: producidas en caliente, en tibio y en frío; mientras que para concreto hidráulico se utilizó concreto compactado con rodillo (CCR), concreto de alta resistencia inicial (Fast-Track) y concreto con módulo de ruptura (MR) de 4,5 kg/cm² a 28 días. Los concretos asfálticos son mezclas que se componen de agregados y asfalto, en el caso de la fabricadas en caliente o tibio, y de emulsión (agua + asfalto) para el caso de las mezclas en frío. Los concretos hidráulicos se componen de cemento hidráulico y agregados.

La determinación de los costos para las diferentes actividades de bacheo se hizo con base en las ofertas presentadas por la empresa ganadora de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV para la zona de conservación 1-7, Cartago, así como estudios de autocontrol de la misma empresa que resultó ganadora, e información recopilada en el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC). En este apartado no se realizaron ensayos que permitiesen determinar una fórmula de trabajo, tanto para mezclas asfálticas como concreto hidráulicos, pues no era uno de los objetivos que se perseguían con este estudio.

Los objetivos planteados inicialmente verifican que es viable la utilización de nuevos materiales para las actividades, desde un punto de vista económico y técnico, aunque deberá tomarse en cuenta la durabilidad; pues únicamente se tiene certeza en este ítem de las mezclas asfálticas producidas en caliente.

COSTOS UNITARIOS POR TONELADA MÉTRICA PARA BACHEO EN PAVIMENTO RÍGIDO ^b		
MR 4.5 kg/cm ² a 28 días	CCR	Fast-Track
₡79.406	₡62.867	₡83.818

Por otro lado se tiene el análisis técnico realizado a las actividades de bacheo, actualmente desarrolladas, en donde se constató que éstas son llevadas a cabo según lo especificado en el Manual de Procedimientos de Bacheo con Mezcla Asfáltica en Caliente, el cual consiste de manera general, en demarcar el área dañada, extraer el material dañado, limpiar el bache, riego de la emulsión, colocación de la mezcla y compactación.

Sin embargo, estos procedimientos pueden ser mejorados con la utilización de equipos, tales como máquinas perfiladoras, que en principio hacen pensar, que se pueden llegar a maximizar los rendimientos de colocación y disminuir los tiempos de apertura de la vía.

COSTOS UNITARIOS POR TONELADA MÉTRICA PARA BACHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE		
Mezcla asfáltica caliente	Mezcla asfáltica tibio	Mezcla asfáltica frío
₡59.961	₡59.432	₡47.542

Introducción

Este proyecto trata de dar una nueva perspectiva con respecto de las actividades de bacheo, ya que en nuestro país se acostumbra utilizar de manera exclusiva mezclas asfálticas producidas en caliente y se han dejado de lado opciones y ventajas que brindan otros tipos de mezclas asfálticas, o bien, los concretos hidráulicos y que a su vez presentan una oferta rentable.

Este tipo de materiales no se emplean debido a que hay una falta de conocimiento, cultura y costumbre y hasta fobia por parte de los encargados de la conservación vial de carreteras en Costa Rica.

Por tal razón se ha propuesto en este proyecto utilizar nuevos materiales para las actividades de bacheo, tales como mezclas asfálticas en tibio y frías, también el uso de concretos de alta resistencia inicial, o bien CCR, que puedan ser ejecutados en el mismo o menor tiempo a un costo inferior, dadas las experiencias previas que se tienen en la reparación realizada en la autopista Florencio del Castillo.

Para cumplir con ello se fundamentó el costo de los diferentes materiales, mezclas asfálticas y concretos hidráulicos, con base en las ofertas presentadas para la zona de conservación vial 1-7 Cartago y de estudios realizados por el ICCYC.

Asimismo, se buscó una forma de categorizar los daños encontrados en los pavimentos, para que esto fuera realizado de una manera más cualitativa y permitiese, a su vez, determinar cuáles de ellos requieren ser bacheados.

El proyecto no solo abarcó la parte económica de los diferentes materiales, sino que también hace referencia a la parte técnica que es necesaria seguir, para obtener baches durables y económicos, brindando un análisis comparativo entre lo que se debe hacer y lo que se realiza actualmente.

Marco Teórico

Composición de la Red Vial de Costa Rica

Red Vial de Costa Rica

La Ley General de Caminos Públicos divide la red vial de Costa Rica en Red Nacional y Red Cantonal, tal y como se muestra en la figura 1.

De una manera práctica se establece que toda vía pública que no sea clasificada como ruta nacional, entra a formar parte de las rutas cantonales. La red vial de Costa Rica alcanza una extensión aproximada de 40000 kilómetros, contemplando la red vial nacional y la cantonal.

Red Vial Nacional

La Red Vial Nacional, en adelante RVN, es administrada por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT). A través del Consejo Nacional de Vialidad, la Dirección de Planificación mantiene un listado “actualizado” de las carreteras que componen la RVN, mientras que el Consejo Nacional de Vialidad se encarga del mantenimiento, construcción y rehabilitación de esta red.

La RVN está compuesta de tres tipos de carreteras: primarias, secundarias y terciarias.

Carreteras primarias: “red de rutas troncales, para servir de corredores, caracterizados por volúmenes de tránsito relativamente altos y con una alta proporción de viajes internacionales, interprovinciales o de larga distancia”. (Ley General de Caminos Públicos, 1972)

Carreteras secundarias: “rutas que conecten cabeceras cantonales importantes -no servidas por carreteras primarias, así como otros centros de población, producción o turismo, que generen una cantidad considerable de viajes interregionales o intercantonales”. (Ley General de Caminos Públicos, 1972)

Carreteras terciarias: “rutas que sirven de colectoras del tránsito para las carreteras primarias y secundarias, y que constituyen las vías principales para los viajes dentro de una región, o entre distritos importantes” (Ley General de Caminos Públicos, 1972). Igualmente el MOPT “... designará, dentro de la Red Vial Nacional, las carreteras de acceso restringido, en las cuales sólo se permitirá el acceso o la salida de vehículos en determinadas intersecciones con otros caminos públicos. También designará las autopistas, que serán carreteras de acceso restringido, de cuatro o más carriles, con o sin isla central divisoria” (Ley General de Caminos Públicos, 1972).

La RVN al año 2010 tenía aproximadamente una longitud de 7632 kilómetros, conformada por vías primarias, secundarias y terciarias. De los 7632 kilómetros de los que integran la red el 66% corresponde a vías pavimentadas (5019 kilómetros), mientras que el restante 34% (2613 kilómetros) se encuentran en lastre y tierra.

Red Vial Cantonal

La Red Vial Cantonal, en adelante RVC, es atendida por las municipalidades y se constituye por las vías públicas no incluidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes en la RVN, alcanzando una extensión al año 2010 de aproximadamente 32489,31 kilómetros. Dentro de este apartado se pueden mencionar las siguientes vías: caminos vecinales, calles locales y caminos no clasificados

Caminos vecinales: “son caminos públicos que suministran acceso directo a fincas y a otras actividades económicas, que permiten la comunicación de poblados con la RVN, caracterizados por tener un flujo vehicular bajo y proporciones altas de viajes con distancias cortas”. (Ley General de Caminos Públicos, 1972)

Calles locales: “se refiere a vías incluidas dentro del cuadrante de un área urbana, no

clasificadas como travesías urbanas de la RVN.” (Ley General de Camino Públicos, 1972)

Caminos no clasificados: “son caminos no enunciados en las clasificaciones anteriores y son aquellos que proporcionan acceso a pocos usuarios, quienes son los que sufragan los costos de mantenimiento y mejoramiento”. (Ley General de Camino Públicos, 1972).

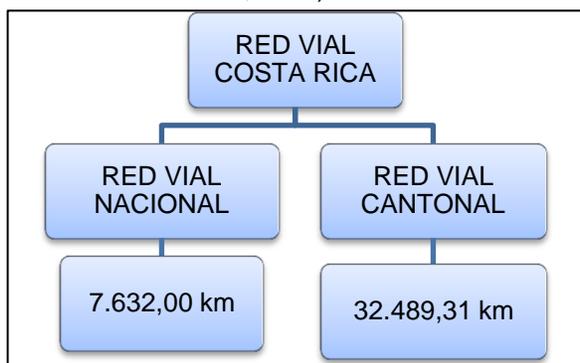


Figura 1. Composición Red Vial Costa Rica (Autor, 2012).

Situación de la Red Vial Nacional

Según datos de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, al año 1998 la mitad de las carreteras se encontraban, en un estado regular, mientras una cuarta parte de ellas se encontraban en condiciones malas. Para el año 2001 se reduce el porcentaje de las vías que se encontraban en mal estado, aumentándose a un estado bueno mayoritariamente. Estos datos, según se muestra en la figura 2, están basados en el índice superficial (IS). (Adaptado Muñoz, 2002).

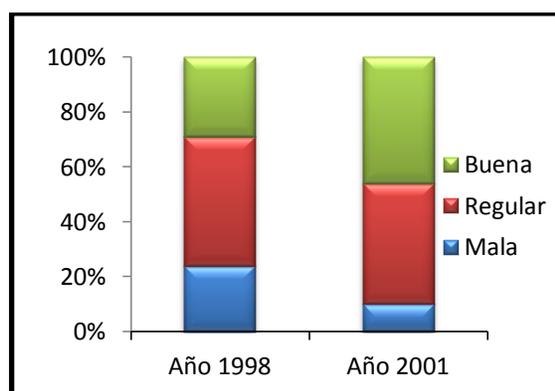


Figura 2. Estado de la superficie de la Red Vial Nacional (Autor, 2012).

Con la finalidad de aclarar bien estos conceptos, a continuación se brinda una pequeña definición de ellos. Una superficie en buena condición es aquella que presenta una superficie generalmente lisa con pocos o ningún deterioro en general que afecte de manera importante la velocidad promedio de operación de los vehículos.

Una condición regular presenta baches o irregularidades con frecuencia, lo que hace que la velocidad de los vehículos se vea reducida para viajar con seguridad y comodidad.

Una condición mala se da cuando la superficie de ruedo es muy irregular y presenta baches frecuentes y muy extensos, no permitiendo mantener la velocidad promedio de diseño. (Adaptado Arguedas, 2001)

Pavimentos

Un pavimento se define como “aquella estructura que permite la transferencia de esfuerzos por las cargas de tránsito y el ambiente al terreno natural (sub-rasante), de manera que no se exceda su capacidad de soporte”. (Castro, 2011)

Actualmente, se cuenta con una gran variedad de pavimentos que se adaptan a las diferentes exigencias del entorno, mostrándose en el cuadro 1 algunas de las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de pavimentos. No obstante, y atendiendo la composición de sus capas y, por tanto, a la forma que tienen de resistir y transmitir los esfuerzos, se conocen tres tipos de pavimentos: flexibles, rígidos y semi-rígidos. “Se pueden diferenciar con base en la rigidez y espesores de las capas aplicadas”. (Castro, 2011).

Pavimentos flexibles

Están constituidos por capas en donde los materiales presentan una resistencia a la deformación que decrece conforme la profundidad, esto sucede con la finalidad de mantener una función homogénea en todas las capas que componen el pavimento, como se observa en la figura 3. (Adaptado Bañón y Baviá, 2000).

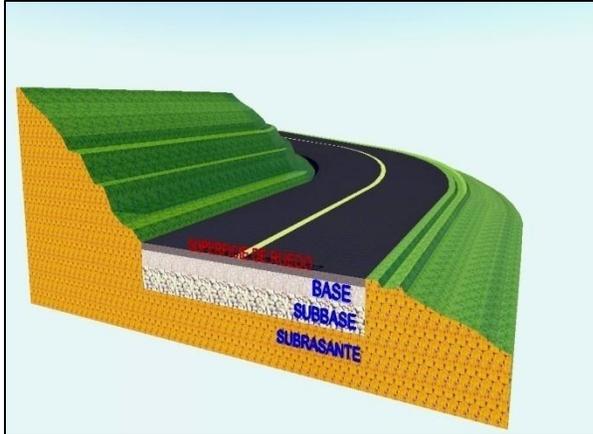


Figura 3. Estructura pavimento flexible (Autor, 2012).

Pavimentos rígidos

Se conforman de una losa de concreto apoyada sobre capas, algunas de estas estabilizadas. Debido a la rigidez que se presenta en la superficie de rodadura, no requiere capas con elevada capacidad de soporte, pero sí es necesario brindar un apoyo continuo que no permita la desestabilización (Adaptado Bañón y Baviá, 2000). Ver figura 4.

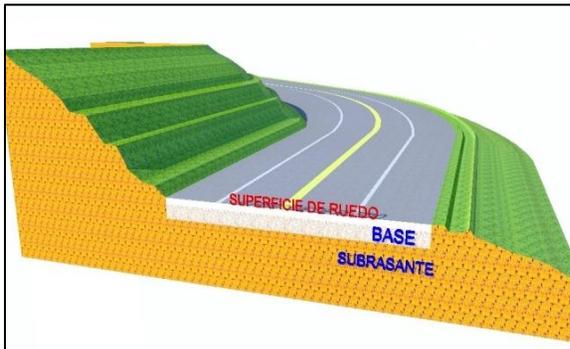


Figura 4. Estructura pavimento rígido (Autor, 2012)

Pavimentos semi-rígidos

Este tipo de pavimentos surge debido al aumento de las cargas, y son producto de la estabilización de las capas inferiores con cemento o bien el aumento de espesores de la capa de rodadura, como se muestra en la figura 5. Se permite que el pavimento tenga una mayor rigidez y un comportamiento estructuralmente diferente, debido al aumento de la capacidad soportante de las capas que aumenta con la profundidad. (Adaptado Bañón y Baviá, 2000)

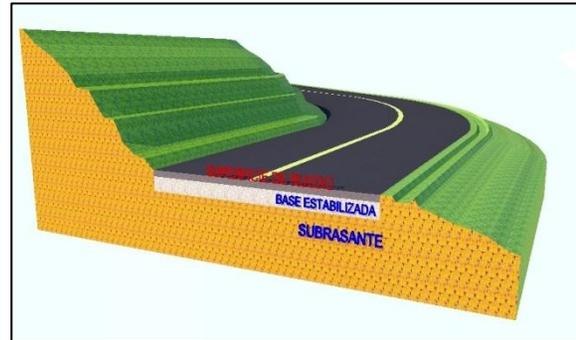


Figura 5. Estructura pavimento semi-rígido (Autor, 2012)

CUADRO 1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES PAVIMENTOS		
Estructura	Ventajas	Desventajas
Flexible	<ul style="list-style-type: none"> • Menor inversión. • Mayor facilidad para trabajos diferidos. • Mayor facilidad rehabilitación/ reconstrucción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo mantenimiento. • Mayores espesores en capas de soporte. • Menos factible desde el punto de vista de costos para tránsitos altos.
Rígida	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo mantenimiento. • Menor espesor en capas de soporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor inversión. • Menor facilidad para trabajos diferidos. • Mayor dificultad de rehabilitación/ reconstrucción.
Semi-rígida	<ul style="list-style-type: none"> • Más factible desde el punto de vista de costos para tránsitos altos, que el pavimento flexible. • Menores espesores en capas de soporte que el pavimento flexible. • Resistente al agrietamiento por fatiga en la capa asfáltica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptible al agrietamiento por contracción en la base estabilizada con cemento. • Problemas constructivos frecuentes en la compactación de bases estabilizadas con cemento en el sitio de las obras (se prefieren las bases estabilizadas en planta y acarreadas)

(Castro, 2011)

Administración de pavimentos

En Costa Rica, “a través de la entidad encargada de la Red Vial Nacional, se simulan cinco operaciones a la red vial acorde con el modelo HDM, dichas operaciones son: mantenimiento rutinario, bacheo, sello, refuerzo y reconstrucción” (Muñoz, 2002).

Cada una de estas operaciones, según expone Arguedas (2001) tiene características particulares. Para efectos del proyecto sólo se hace necesario definir lo concerniente al bacheo, el cual consiste en reparar un tramo de carretera en el que el pavimento se encuentra deteriorado de manera que lo recomendable es remplazarlo.

El material empleado debe ser, prioritariamente lo más parecido al pavimento original, particularmente en cuanto módulo de rigidez.

La cantidad de bacheo aplicada se define por porcentaje de bacheo anual, dado que existe un porcentaje máximo, o por $m^2/km/año$. El bacheo se utiliza cuando el índice de rugosidad (IRI) no ha excedido cierto valor, además usualmente no se aplica en el año en que se ha empleado alguna otra operación de conservación, llámese sobrecapas o recarpeteos. Aunque puede darse un bacheo, como preparación del sello, dependiendo de las fisuras y baches que existían antes de sellar.

Los principales inconvenientes de las instituciones encargadas del mantenimiento de las carreteras, se concentran de una manera general, en las partidas presupuestarias que reciben, ya que mayormente son insuficientes para la adecuada atención de los requerimientos de las vías. (Adaptado Garber & Hoel, 2004)

Dicho problema se acrecienta debido a que muchas veces a las carreteras no se les ha dado un mantenimiento adecuado y llegan a tener una condición mala, aunque suelen ser transitables, por lo que las estrategias de mantenimiento son retrasadas hasta que las vías alcancen un estado inaceptable para su uso.

El deterioro de las carreteras, según exponen Garber y Hoel en su libro, no se origina en las malas prácticas de diseño o construcción, sino que más bien se debe al uso y daños que suceden durante varios años. El gradual deterioro de los pavimentos se debe a muchos factores, dentro de los cuales se pueden incluir variaciones del clima, drenaje, condiciones del suelo y el flujo vehicular.

La administración de pavimentos es un término que se emplea para la descripción de las diversas estrategias que se pueden emplear para decidir sobre políticas de restauración, rehabilitación y mantenimiento del pavimento. La administración de pavimentos busca desarrollar planes donde se cumplan estándares del estado del pavimento y se trata de establecer el tipo de

tratamiento requerido y los tiempos de ejecución del proyecto. (Adaptado Garber & Hoel, 2004).

“De manera general, la administración del pavimento no se limita sólo a acciones de rehabilitación, sino que también abarca el diseño, y la construcción. En muchas de estas áreas se requieren análisis técnicos en cuanto a economía, planeación y construcción.” (Garber & Hoel, 2004)

Antes de decidir sobre las acciones a ejecutar en un pavimento, es necesario asegurarse de que se cuenta con toda la información necesaria sobre el estado de cada tramo de pavimento en la red vial.

Los datos sobre el estado de los pavimentos permiten determinar el tipo, extensión y gravedad de los daños, esto mediante inspecciones visuales, complementadas con el uso de equipos normalizados. La información que se obtiene se utiliza para priorizar las intervenciones sobre la red vial, estableciendo las opciones de intervención y el pronóstico del funcionamiento, esto con la finalidad de retroalimentar los planes establecidos y mejorar gradualmente los presupuestos y estado de la red (adaptado Garber & Hoel, 2004).

Antes de conocer las actividades correspondientes a la conservación vial, relacionadas con el bacheo, se hace necesario definir las patologías en el pavimento, tanto rígido como flexible.

Daño en el pavimento

El término daño en el pavimento se refiere al estado de la superficie de un pavimento con relación a su apariencia en general. Un pavimento en buen estado presenta una superficie sin roturas; en contraste, un pavimento dañado puede estar fracturado, distorsionado o desintegrado. Cada una de estas categorías se puede subdividir; así por ejemplo, las fracturas se pueden considerar como grietas longitudinales, en bloque y transversales.

Las distorsiones se pueden evidenciar por los baches que se presentan en el pavimento, o bien, por el corrugado de la superficie. Por su parte, el desmoronamiento y pulido de la superficie, se pueden considerar como desintegraciones.

Cada ente encargado de dar mantenimiento a las redes viales, tiene sus propios procedimientos para determinar los daños presentes en el pavimento y, en consecuencia, el tipo de

intervención por realizar para solventar dicho daño.

Patologías de pavimentos flexibles

Grietas longitudinales

Según se enuncia en el catálogo centroamericano de daños en pavimentos, éstas se definen como: “fracturaciones que se extienden a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento” (SIECA, 2010).

Asimismo, representa “indicios de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, superándose la resistencia del material afectado” (INVIAS, 2006).

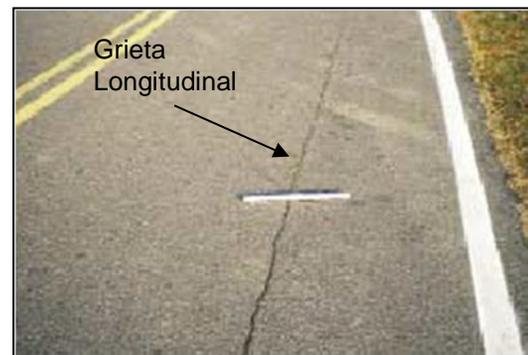


Figura 6. Grieta longitudinal, en huellas de tránsito (SIECA, 2010).



Figura 7. Grieta longitudinal, en centro de la superficie de ruedo. (SIECA, 2010)

Grietas transversales

Corresponde a una “fracturación de longitud variable que, formando un ángulo de aproximadamente noventa grados con respecto del eje de la carretera, se extiende a través de la superficie el pavimento”. (SIECA ,2010).

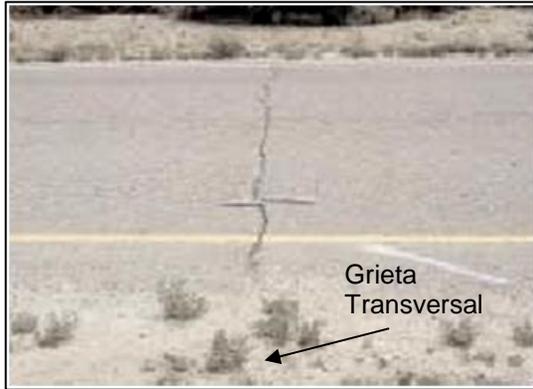


Figura 8. Grieta transversal.(SIECA ,2010)

Grietas por reflexión de juntas

Este tipo de agrietamiento se presenta cuando se colocan carpetas asfálticas sobre, ya sea, algún pavimento rígido o cuando se estabiliza alguna de las superficies adyacentes a la carpeta con cemento, lo cual produce que las juntas de construcción sean proyectadas hacia la superficie del concreto asfáltico. (Adaptado SIECA ,2010)

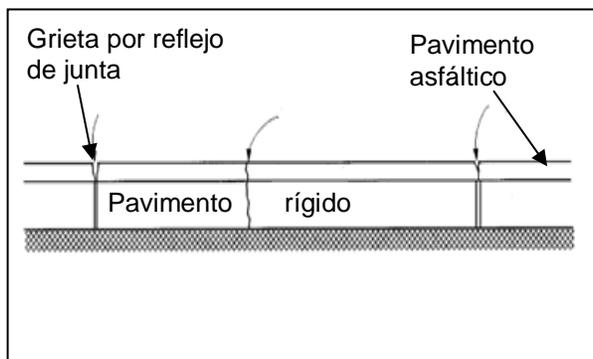


Figura 9. Grieta por reflexión de juntas (Autor,2012)

Grietas en forma de arco

Es el “fisuramiento que toma la forma de media luna y que apunta en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento, este tipo de fisuras no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito” (SIECA, 2010).

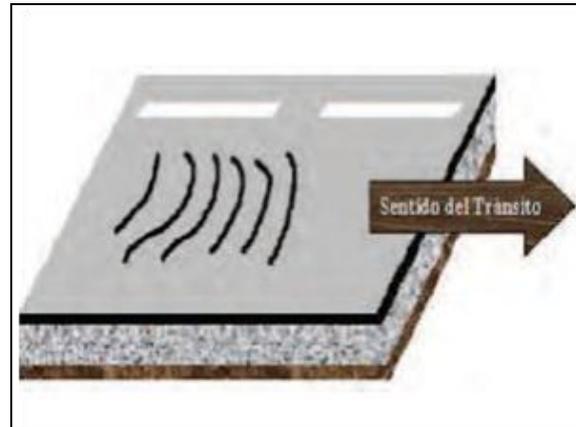


Figura 10. Grieta en forma de arco (INVIAS, 2006)

Grietas tipo cuero de lagarto

Las grietas tipo cuero de lagarto corresponden a “una serie de fisuras interconectadas que forman pequeños polígonos irregulares con ángulos agudos” (SIECA, 2010). La presencia de este tipo de agrietamientos es de ocurrencia en áreas sometidas a cargas, aunque de igual forma se presentan en otras zonas fuera de la huella de los vehículos debido a “problemas de drenaje que afectan los materiales granulares, falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y sub rasantes con materiales expansivos” (INVIAS, 2006).



Figura 11. Grieta tipo cuero de lagarto(INVIAS, 2006)

Grietas en bloque

Se presentan cuando “el fisuramiento comienza a formar bloques, aproximadamente rectangulares. Básicamente este tipo de fisuramiento difiere del cuero de lagarto debido a que ocurre en áreas de pavimento que no se ven sometidas a cargas” (SIECA, 2010). Aunque es posible que a causa de la falta de acciones de mantenimiento adecuado y oportuno, esta patología evolucione en un cuero de lagarto, afectándose así una mayor área.



Figura 12. Grieta en bloque. (DIRCAIBEA, 2002)

Grietas por desplazamiento

Se trata de “fisuras con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Se generan debido a las acciones de arranque y frenado de los vehículos provocando que la

superficie del pavimento se deslice y deforme.” (INVIAS, 2006)



Figura 13. Grieta por desplazamiento. (INVIAS, 2006)

Grietas en juntas de construcción

Este tipo de grietas corresponde a “fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción en la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación” (INVIAS, 2006). Este tipo de grietas se pueden dar tanto de manera longitudinal como transversal e igualmente ocurren cuando se construyen los espaldones.



Figura 14. Grieta longitudinal en junta de construcción. (Autor, 2012)



Figura 15. Grieta transversal en junta de construcción.(INVIAS,2006)

Ahuellamiento

Esta patología se define como “una depresión localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos.” (INVIAS, 2006) .Se presenta por la aplicación cíclica de cargas vehiculares. “Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante.” (SIECA, 2010).

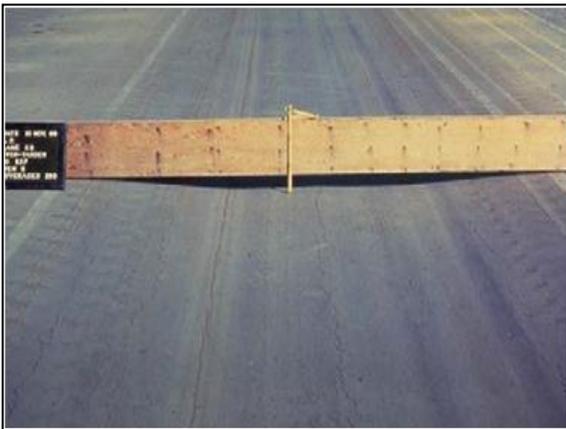


Figura 16. Ahuellamiento (Castro, 2011)

Canalización

Constituye una variante del ahuellamiento, diferenciado en que esta patología presenta una configuración de amplitud mayor. Presenta una serie de “ondulaciones, constituidas por crestas y

depresiones, paralelas a la dirección del flujo vehicular.” (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 17. Canalización (DIRCAIBEA,2002)

Corrugación

Esta tipología se caracteriza por la presencia de “ondulaciones en la superficie, perpendiculares a la dirección del tránsito. Se generan de manera muy próxima unas de otras, en intervalos aproximadamente regulares (usualmente menores a 1m).” (SIECA, 2010).

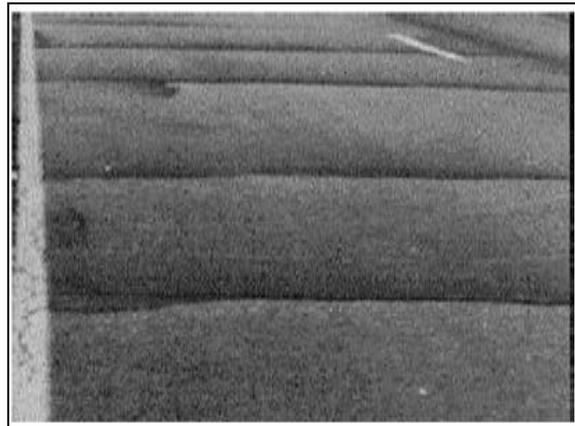


Figura 18. Corrugación (INVIAS,2006)

Corrimiento

Esta patología hace referencia a las “distorsiones presentes en la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material; por lo general laterales, o bien, por un desplazamiento de la carpeta asfáltica sobre la

superficie subyacente.” De manera general se puede identificar por la señalización realizada sobre el pavimento.

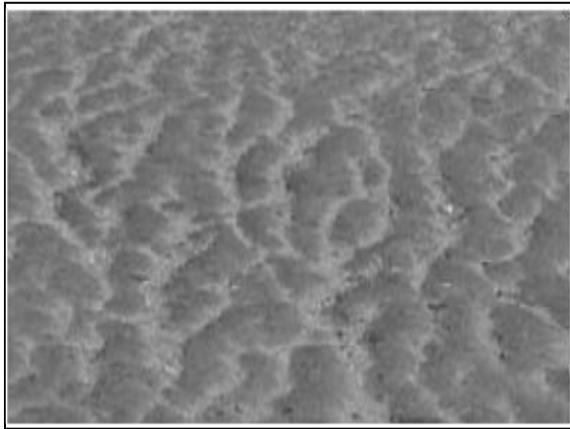


Figura 19. Corrimiento (SIECA 2000)

Abultamiento

Está definida como “el hinchamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera” (SIECA XXIII, 2002). Puede suscitarse de manera brusca, ocupando pequeñas áreas, que pueden volverse de manera gradual en mayores áreas. (Adaptado INVIAS, 2006).



Figura 20. Abultamiento (INVIAS,2006)

Hundimiento

Corresponde a “depresiones localizadas en el pavimento con respecto del nivel de la rasante.

Estas pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal con respecto del eje de la vía”. (INVIAS ,2006)



Figura 21. Hundimiento (INVIAS,2006)

Bache

El término bache se aplica cuando se presenta una “desintegración de la carpeta asfáltica que permite dejar expuestos los materiales granulares, y que se ve afectado por la acción del tránsito, causando que se dé una mayor profundidad”.



Figura 22. Bache (SIECA 2000)

Peladura

Es también conocida como descascaramiento y corresponde a una “desintegración superficial de la carpeta asfáltica debido a la pérdida de ligante y el desprendimiento del agregado, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima”. (SIECA, 2010)

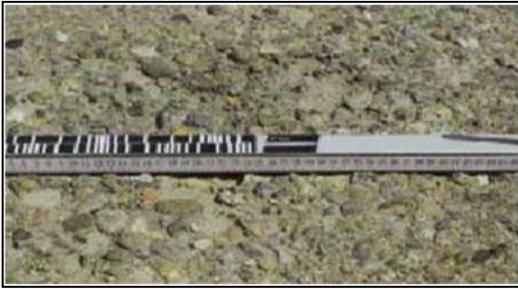


Figura 23. Peladura (SIECA,2000)

Desintegración de bordes

Esta tipología consiste, según se enuncia en el catálogo de daños centroamericanos, en la “destrucción progresiva de los bordes, debido a la acción del tránsito; de manera particular se manifiestan en carreteras que no poseen espaldones pavimentados” (SIECA, 2010)



Figura 24. Desintegración de bordes (INVIAS,2006)

Exudación

Esta tipología corresponde a un “afloramiento del ligante asfáltico de la mezcla hacia la superficie del pavimento, que puede llegar a formar una película continua, y que crea una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa”. (SIECA, 2010).



Figura 25. Exudación. (INVIAS, 2006)

Pérdida de agregado

Es conocida también como una desintegración de los agregados que conforman el concreto asfáltico, y que producen de una manera paulatina, que la superficie del pavimento se vuelva más rugosa y expone a los agregados a la acción del flujo vehicular y el clima. (Adaptado INVIAS, 2006)



Figura 26. Pérdida de agregado (INVIAS,2006)

Exposición de agregados

La exposición de agregados se puede definir como la “presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto y que puede provocar un ruido excesivo para el conductor” (DIRCAIBEA, 2002).



Figura 27. Exposición de agregados (DIRCAIBEA,2002)

Patologías de pavimentos rígidos

Grietas longitudinales

Este tipo de patología ocurre cuando la losa queda dividida en dos planos producto del fracturamiento que ocurre aproximadamente de manera paralela al eje de la carretera. (Adaptado DIRCAIBEA, 2002). También ocurre cuando el fracturamiento de la losa se da desde la "junta transversal hasta el borde de la losa, en donde la intersección con dicha junta se produce a una distancia mayor que la mitad del ancho de la losa." (DIRCAIBEA, 2002)



Figura 28. Grieta longitudinal (INVIAS,2006)

Grietas transversales

Este tipo de grietas son conocidas también como grietas en diagonal. Se presentan cuando se da un "fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos" (SIECA, 2010). También esta grieta puede extenderse de la junta transversal hacia la longitudinal, siempre que se dé a una distancia del borde mayor al ancho de la losa y que interseque la junta longitudinal a una distancia menor a la mitad del largo de la losa. (Adaptado de DIRCAIBEA, 2002).



Figura 29. Grietas transversales (INVIAS,2006)

Grietas de esquina

Este tipo de fisura ocurre cuando se da una intersección con la junta o borde de la losa a una distancia menor a 1,30 metros, medida a cada lado desde la esquina, extendiéndose a través del espesor de la losa.(SIECA, 2010). Debido a las distancias anteriormente consideradas, se puede decir que este tipo de falla, forma bloques triangulares con ángulos ligeramente mayores a 45°. (Adaptado INVIAS, 2006).



Figura 30. Grietas de esquina (INVIAS,2006)

Grietas en losas subdivididas

Esta patología se evidencia debido a que la losa sufre un fracturamiento que combina grietas longitudinales y transversales, haciendo que la

losa sea subdividida en cuatro o más planos, es decir, se forman bloques. (Adaptado SIECA, 2010)



Figura 31. Grietas en losas subdivididas (INVIAS, 2006)

Grietas en bloque

Puede decirse que es una variante de las losas subdivididas, con la diferencia de que los bloques que se forman en este tipo de daño, por lo general tienen una área menor a un metro cuadrado. (Adaptado SIECA, 2010)



Figura 32. Grietas en bloque. (INVIAS, 2006)

Grietas inducidas

Esta patología abarca a un grupo de fisuras “erráticas cuyo desarrollo en el pavimento es indicado por factores relativos a una inadecuada distribución de juntas o inapropiada inserción de estructuras u otros elementos dentro de las losas”. (SIECA, 2010)



Figura 33. Grietas inducidas (SIECA, 2000)

Levantamiento de losas

El levantamiento de las losas ocurre de manera “abrupta, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal”, lo cual puede provocar que el concreto afectado se quiebre, producto de la pérdida de soporte. (SIECA, 2010).



Figura 34. Levantamiento de losas. (INVIAS, 2006)

Escalonamiento

Esta patología se evidencia en el pavimento cuando, por acción del tránsito, se produce un desnivel de una losa con respecto de otra vecina, a un lado de la junta. Igualmente puede presentarse en zonas fisuradas. (SIECA, 2010)



Figura 35. Escalonamiento (SIECA, 2010)

Hundimiento

Este daño, que se presenta en los pavimentos rígidos al igual que en los pavimentos flexibles, se refiere a “una depresión o descenso de la superficie del pavimento en una área localizada” (SIECA, 2010), con la salvedad de que al ser concreto puede presentarse un agrietamiento significativo producto del asentamiento de las losas. (Adaptado SIECA, 2010).



Figura 36. Hundimiento (SIECA 2010)

Bache

Los baches corresponden, según se explica en el catálogo de daños de la SIECA 2010, a la “descomposición o desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que puede dejar expuestos el material utilizado para la base”.



Figura 37. Bache (SIECA,2010)

Peladura

Corresponde a una “desintegración superficial de la superficie de rueda debido a la pérdida de material fino de la matriz arena-cemento, provocando una superficie rugosa y pequeñas cavidades.”(SIECA, 2010)



Figura 38. Peladura (SIECA,2010)

Desportillamiento

Es la “fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 60 centímetros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia”. (SIECA, 2010)



Figura 39. Desportillamiento (INVIAS, 2006)

Deficiencias en material de sello

Esta falla permite determinar la condición del material empleado para el sello de las juntas. Si el sello presenta deficiencias es posible que permita la acumulación de material en las juntas o bien filtraciones de agua, dándose la contaminación del material empleado en la base. Además se pueden llegar a dar fallas, como levantamientos o hundimientos, por la falta de soporte de las losas producto del bombeo de finos por el agua que se filtró en las juntas. (Adaptado SIECA, 2010).



Figura 40. Deficiencia en material de sello (INVIAS, 2006)

Descascaramiento

Esta, patología es “la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad entre, aproximadamente, 5 y 15 milímetros, por

desprendimiento de pequeños trozos de concreto.” (SIECA, 2010).



Figura 41. Descascaramiento (INVIAS, 2006)

Pulimiento

El pulimiento se refiere a la “carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos de los vehículos” (INVIAS, 2006), es decir, provee una superficie lisa en la superficie de rueda del pavimento.



Figura 42. Pulimiento (SIECA, 2010)

Fisuras capilares

Esta patología hace referencia a una “malla o red de fisuras superficiales, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas tienden a intersecarse en ángulos de 120°”. (SIECA, 2010).

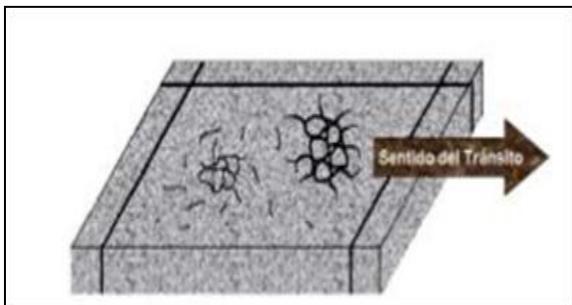


Figura 43. Fisuras capilares (SIECA, 2010)

Fisuras por mal funcionamiento de juntas

Este tipo de patología se refiere a una serie de “fisuras sinuosas, paralelas aproximadamente a la junta, que en algunos casos son transversales y en forma de arcos erráticos, localizados muy próximas a las mismas”. (SIECA, 2010).



Figura 44. Fisuras por mal funcionamiento de juntas (SIECA,2010)

Conservación vial

Todos los pavimentos a lo largo de su vida útil requieren de mantenimiento debido a cambios de temperatura, tránsito vehicular y a pequeños movimientos del terreno. El desgaste del pavimento se evidencia con las fallas antes mencionadas (grietas, huecos, depresiones, etc.).

El evidenciado desgaste se inicia una vez finalizada la etapa de construcción y ante la necesidad, en pavimentos urbanos, de realizar excavaciones para instalar redes de servicio público, que es otra causa por la que se debe dar mantenimiento a los pavimentos. (Adaptado Instituto del Asfalto, 1970).

La conservación vial es el conjunto de actividades destinadas a preservar, en forma continua y sostenida, el buen estado de las vías, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario.

Las actuaciones de conservación sobre el pavimento se dirigen a tres objetivos:

- Mantener una resistencia adecuada al deslizamiento a fin de que el pavimento proporcione una suficiente seguridad a los vehículos que transitan por él. (Adaptado, Proyectos de conservación vial, Red Vial Nacional pavimentada, licitación pública N°. 2009LN-000003-CV)

- Regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades normales de recorrido, de manera que la conducción sea cómoda.

- Resistencia estructural suficiente para el tráfico que debe soportar la carretera. (Adaptado Bañón& Beviá, 2000)

La conservación vial comprende actividades como el mantenimiento rutinario y periódico, la rehabilitación y el refuerzo de la superficie de ruedo, así como el mantenimiento y rehabilitación de las estructuras de puentes.

Es importante recalcar que la conservación vial no comprende la construcción de vías nuevas ni parte de ellas; tampoco la reconstrucción ni el mejoramiento de vía.

Dentro de la conservación vial, como se mencionó anteriormente, existen dos grupos diferentes de mantenimiento: el periódico y el rutinario.

El mantenimiento periódico es el conjunto de actividades programables cada cierto período, con la intención de renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de tratamientos superficiales o sobre-capas asfálticas o de secciones de concreto, sin la alteración de las capas del pavimento subyacente.

El mantenimiento rutinario hace referencia a las “labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, reparaciones menores y localizadas del pavimento y a la restitución de la demarcación, las cuales deben efectuarse de manera continua y sostenida a través del tiempo, para preservar la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías.” (Proyectos de conservación vial, Red Vial Nacional pavimentada, licitación pública N°. 2009LN-000003-CV)

La detección y reparación oportuna de pequeños defectos es, sin duda alguna, el trabajo más importante que deben realizar las cuadrillas de mantenimiento. Los daños de la superficie, que en su primera etapa son casi imperceptibles, pueden llegar a desencadenar deterioros severos si no son intervenidos de manera rápida. (Adaptado Instituto del Asfalto, 1975).

Por esta razón, el pavimento debe ser inspeccionado de manera frecuente y minuciosa por personas expertas, esto con la finalidad de mejorar el empleo del dinero destinado a actividades de mantenimiento. En muchas ocasiones las inspecciones se realizan desde un vehículo, y no son lo suficientemente cercanas al pavimento para poder determinar las áreas donde los daños están iniciándose, por lo que es necesaria una inspección visual detallada.

Tan pronto se determinen las fallas, deben realizarse investigaciones detalladas para determinar el tipo de reparación requerida.

Además, las reparaciones deben hacerse de manera que retarden o eviten la recurrencia de los daños. Como se observa en la figura 45, para que el mantenimiento sea adecuado debe darse una supervisión adecuada, emplear trabajadores con un adiestramiento adecuado y la utilización de buenos métodos de trabajo.

Los procedimientos de mantenimiento incluyen actividades como bacheo, sellado de grietas y superficies, recubrimiento de la superficie y la limpieza de drenajes.

Este informe abarca las actividades de conservación relacionadas con el bacheo, tanto en pavimentos asfálticos como de concreto hidráulico.

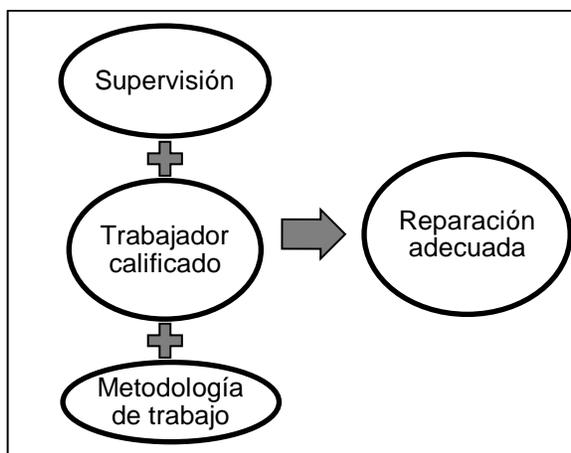


Figura 45. Requisitos para un adecuado mantenimiento (Autor, 2012)

Bacheo

Las técnicas de bacheo se pueden catalogar como acciones de mantenimiento rutinario, esto por cuanto “previenen y solucionan los problemas que se presentan en las carreteras por su debido uso y así brindar al usuario el nivel de servicio para el que la carretera fue diseñada y manteniendo la seguridad” (Proyecto MOPT/GTZ). Dichas acciones no solo involucran el bacheo sino que también se refieren a trabajos como descuaje, desmonte, limpieza y chapea, entre otros.

Las acciones rutinarias correspondientes al bacheo pueden dividirse en mantenimiento mecanizado y manual. Se entiende por bacheo mecanizado cuando la acción se realiza con maquinaria, como cortadora para concreto, back-hoe; mientras que un bacheo de manera manual se refiere a la utilización de herramientas como picos y palas para la remoción del material dañado en la carretera.

El método de bacheo es tal vez el más difundido y conocido por las agencias encargadas de velar por el mantenimiento de las vías, ya que toda carretera necesitará al menos una reparación de este tipo, ya sea por acciones naturales, o bien, por las zanjas que se producen producto de la instalación de servicios públicos.

El uso del bacheo permite solucionar problemas como áreas agrietadas, abrasiones superficiales e inclusive la sustitución del material empleado como base o sub-base.

Dentro de los tipos para realizar bacheo se distinguen el de descargar y marcharse, descargar y compactar, bacheo superficial y bacheo profundo.

Descargar y marcharse

(Throw-and-go)

Este consiste en descargar el material, como se muestra en la figura 46, en la zona de reparación; que además no implica una limpieza de material suelto ni la eliminación de agua; tampoco se realiza la demarcación del área a sustituir y, una vez descargado el material, se procede a la apertura del tramo al tráfico, el cual se encarga de realizar la compactación del área reparada.

Este tipo genera una alta productividad en la reparación de daños, pero sin duda alguna es una solución temporal, ya que el área afectada no

es tratada de una forma adecuada que permita una mayor duración de la reparación, además el paso de los vehículos puede hacer que el material sea desplazado quedando descubierto nuevamente el hueco.

Descargar y compactar (throw-and-roll)

Esta forma de bacheo consiste básicamente en la colocación de material en el área dañada, seguidamente se realiza la compactación (Ver figura 47), utilizando las llantas del camión en el que se lleva el material. De igual manera que la anterior de descargar y marcharse, no es importante la realización de una demarcación del área afectada y tampoco si se encuentra llena de agua o material suelto. Luego de ello, se verifica que la compactación que se hizo esté por encima del nivel de la superficie adyacente, entre 3 y 6 mm, esto con la finalidad de que una vez reabierto el paso vehicular, el tránsito termine de realizar la compactación en los baches. Esta técnica genera un poco más de durabilidad y seguridad en las reparaciones hechas debido a la compactación. (Adaptado FHWA ,1999)



Figura 46. Colocado de material (FHWA, 1999)



Figura 47. Procedimiento de compactación, utilizando vagoneta de volteo. (FHWA, 1999)

Bacheo superficial

Este tipo de bacheo consiste básicamente en la sustitución de la capa de rodadura, eliminando dicha capa hasta llegar a la capa de base.

Bacheo a profundidad parcial

Este tipo de reparaciones se realiza en pavimentos de concreto hidráulico. Se considera así, cuando los deterioros llegan a tener una profundidad menor a la mitad del espesor de la losa, o a 100 milímetros (adaptado CR-2010).

Usualmente se utiliza cuando se dan daños localizados como desportillamiento, levantamiento de losas, entre otros. (Adaptado CR-2010)

Bacheo a profundidad total

El bacheo profundo se refiere a aquel, en el cual el daño ya se presenta a nivel de capas inferiores (base, sub-base) del pavimento o a una profundidad mayor. (Adaptado Instituto Costarricense del Concreto y del Cemento, 2009)

Materiales utilizados para bacheo

Dentro de los materiales empleados para realizar trabajos de bacheo, se pueden citar las mezclas asfálticas producidas en caliente, en tibio y en frío, así como también el uso del concreto hidráulico a través de hormigón compactado con

rodillo o concretos de alta resistencia inicial, conocidos como “Fast-Track”.

Mezcla asfáltica en caliente

Es la combinación de cemento asfáltico, agregados minerales y eventualmente relleno mineral o aditivo, íntimamente combinados en las proporciones y temperaturas de diseño. El mezclado debe ser tal que todas las partículas de los agregados queden cubiertas en su totalidad por una película de ligante. Se le llama así puesto que tanto los agregados como el asfalto se llegan a calentar a temperaturas de entre 150° y 180° celsius.

Mezcla asfáltica tibia

El concepto de mezcla tibia surge ante la necesidad de usar una mezcla bituminosa que ofrezca economía de energía y que a su vez mantuviese el mismo desempeño de las mezclas producidas en caliente.

Las mezclas asfálticas tibias se describen como aquellas que se producen a temperaturas menores que las mezclas en caliente, es decir entre 100°C y 135°C. Su producción involucra nuevas tecnologías a partir de las cuales es posible producir y colocar los concretos asfálticos a temperaturas sensiblemente inferiores a las técnicas convencionales.

El desarrollo de esta tecnología, con enfoque en la reducción de temperatura de mezcla y compactación, empezó en 1997, para cumplir con el Protocolo de Kyoto. La alternativa también facilita el trabajo de pavimentación en los países en los que el invierno es muy riguroso, una vez que la mezcla tibia enfría más lentamente que la mezcla en caliente.

Mezcla asfáltica en frío

La mezcla asfáltica en frío, según el documento publicado por la revista *Infraestructura Vial*, “es una mezcla de agregado mineral con o sin relleno mineral, con asfalto emulsionado o rebajado, todo el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente” (Jiménez & otros, 2009).

Concreto Compactado con Rodillo

El concreto compactado con rodillo (CCR), es más una técnica que un material, y está constituido por agregados, cemento, agua (en menor cantidad que un concreto convencional) y aditivos; aunque estos últimos son de manera opcional (Adaptado Carrillo y Orellana, 2003), el empleo de CCR es mayormente utilizado para la construcción de represas y pavimentos.

Concreto Fast-Track

El concreto Fast-Track, que adopta su denominación del idioma inglés, es un concreto de alta resistencia inicial, que se aplica principalmente en pavimentos de zonas urbanas y comerciales para reparaciones de tramos significativos, de manera que no interrumpan el tránsito por más de 24 horas. También se emplean en la pavimentación de tramos carreteros donde existe similar requerimiento y en aeropuertos” (Huaycho). Dentro de sus características están, principalmente, la utilización de aditivos reductores de agua y los aceleradores de resistencia.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis técnico-económico de actividades de bacheo para la conservación vial en Costa Rica.

Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca de las técnicas de bacheo actualmente empleadas por el CONAVI.
- Investigar acerca de las diferentes patologías que se presentan en pavimentos rígidos y flexibles.
- Indagar las distintas técnicas de bacheo empleadas en pavimentos rígidos y flexibles.
- Establecer una herramienta que permita la clasificación y evaluación de las diferentes patologías presentes en los pavimentos.
- Definir un tramo de la zona de conservación vial 1-7 debidamente georeferenciado que permita establecer un plan piloto de bacheo.
- Realizar un inventario georeferenciado de las diferentes patologías presentes en el pavimento del tramo establecido.
- Definir y diseñar un plan de bacheo para el tramo.
- Realizar un análisis comparativo técnico-económico entre las diferentes técnicas empleadas por el CONAVI y las propuestas.

Metodología

El proyecto está constituido por la determinación de un tramo piloto, el desarrollo de la herramienta de inspección de patologías para pavimentos flexibles y rígidos, criterios de severidad para las distintas patologías encontradas y, por último, las técnicas de bacheo para la corrección de aquellas patologías a las cuales se les pueda asociar con esta forma de mantenimiento vial.

A continuación se procede a describir cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

Tramo de estudio

El establecimiento de la sección piloto que se evaluó, la cual pertenece a la zona de conservación vial 1-7 Cartago, se basó en el informe desarrollado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMMEUCR) publicado en mayo del 2011.

Igualmente, se revisaron los programas de trabajo dispuestos para el segundo y tercer trimestre (ver anexos 1 y 2 respectivamente) del año 2012 para la zona de Cartago (1-7), puesto que en ciertas rutas se pretendía realizar trabajos de mantenimiento rutinario. Se tomaron en cuenta únicamente las rutas en las que se fuesen a realizar trabajos de bacheo.

En el informe del LANAMME se presentan diversos parámetros para definir las “estrategias de intervención”, para las diferentes carreteras que componen la red vial nacional.

Con base en la revisión de esa documentación, es que se determinaron las rutas en las que se podía llevar a cabo la inspección de patologías, mientras que para la selección del tramo en pavimento rígido, al tener la zona de Cartago únicamente tres vías con superficie de ruedo de concreto hidráulico, se basó principalmente en el estado de la capa de rodamiento; dado que el informe desarrollado por

el LANAMME especifica el mismo tipo de intervención y clasificación para las tres rutas.

Herramienta de inspección visual, parámetros y severidades

Para la obtención de la herramienta se procedió a realizar una recopilación bibliográfica, de diferentes agencias encargadas de la administración de las vías y de organismos internacionales que han llevado a cabo estudios para la determinación de las patologías presentes en los pavimentos flexibles y rígidos. La revisión bibliográfica abarcó entidades como el INVIAS (Instituto Nacional de Vías de Colombia), FHWA (Administración Federal de Autopistas, Departamento de Transportes de Estados Unidos), SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana), DIRCAIBEA (Consejo de Directores de Iberia e Iberoamérica) e información recopilada en el CONAVI (Consejo Nacional de Vialidad).

Con base en la documentación recopilada se pudo establecer las patologías y los parámetros que deben ser medidos para la categorización de cada una de ellas, considerándose principalmente cuatro: abertura, desnivel respecto a superficie de ruedo adyacente, largo y ancho (ver apéndices 1 y 2).

La medición de estos parámetros sirve tanto para pavimentos rígidos como flexibles, que permiten catalogar, dependiendo de las medidas umbrales establecidas, si la severidad es baja, media o alta. La comparación de las diferentes severidades, para las patologías, de las distintas organizaciones se muestra en los cuadros 2 a 5.

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES									
Patología	INVIAS			SIECA			DIRCAIBEA		
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
Longitudinales	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<3 mm	3 a 6 mm	>6 mm	< 20 % área afectada respecto al área total, tramos 100 m	20% a 100% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	> 100% área afectada respecto al área total, tramos 100 m
Transversales	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<3 mm	3 a 6 mm	>6 mm	< 2 grietas	2 a 15 grietas	> 15 grietas
Por reflexión de juntas	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<5 mm	5 a 15 mm	> 15 mm	-	-	-
En forma de arco	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<3 mm	3 a 6 mm	>6 mm	-	-	-
Cuero lagarto	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<2 mm	2 a 5 mm	>5 mm	< 10% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	10% a 50% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	> 50% área afectada respecto al área total, tramos 100 m
Bloque	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	<2 mm	2 a 5 mm	>5 mm	< 10% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	10% a 50% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	> 50% área afectada respecto al área total, tramos 100 m
Desplazamiento	<1 mm	1 a 3 mm	>3mm	-	-	-	-	-	-

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CONTINUACIÓN)

Patología	INVIAS			SIECA			DIRCAIBEA		
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
Ahuellamiento	<10 mm	10-25mm	>25 mm	<10 mm	10 -25 mm	>25 mm	< 20 mm	20 -40 mm	> 40 mm
Canalización	-	-	-	-	-	-	< 20 mm	20 a 40 mm	> 40 mm
Corrugación	<10 mm	10-20 mm	>20 mm	Causa cierta vibración	Vibración significativa	Vibración excesiva	< 10 mm	10 a 20 mm	> 20 mm
Corrimiento	-	-	-	Causa cierta vibración	Significativa vibración	Excesivo balanceo	-	-	-
Abultamiento	<10 mm	10-20 mm	>20 mm	Baja incidencia en conducción	Moderada incidencia en conducción	Alta incidencia en conducción	-	-	-
Hundimiento	<20 mm	20-40 mm	>40 mm				-	-	-
Bache	<25 mm	25-50 mm	>50 mm	$\Phi < 70$ cm < 5 cm	$\Phi > 100$ cm < 25 cm, $70 < \Phi < 100$ cm < 5 cm	$\Phi > 100$ cm > 25 cm	< 1% (tramos de 100 m con hundimientos mayores a 20 mm)	1 a 10% área afectada respecto al área total, tramos 100 m	> 10 % área afectada respecto al área total, tramos 100 m
Peladura	<10 mm	10-25 mm	>25 mm	Ligante y agregados desprendidos en ciertas zonas	Extensivos desprendimientos de agregados pétreos finos y ligante	Extensivo desprendimiento de agregados pétreos gruesos y finos con profundidad de 10 a 15 mm	-	-	-

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CONTINUACIÓN)									
Patología	INVIAS			SIECA			DIRCAIBECA		
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
Desintegración de bordes	-	-	-	<3 mm	3 a 6 mm	>6 mm	-	-	-
Exudación	Se hace visible, coloración brillante	Apariencia de asfalto libre	Excesiva coloración negra recubriendo agregados	Se hace visible, coloración brillante	Apariencia de asfalto libre	Excesiva coloración negra recubriendo agregados	<10% Proporción del área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	10% a 50% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	>50% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m
Pérdida de agregado	>15 cm	5 a 15 cm	< 5 cm	-	-	-	<5% afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	5% a 10% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	>10% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m
Exposición de agregado	-	-	-	-	-	-	<20% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	20% a 50% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m	>50% área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m

CUADRO 3. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Patología	NWPMA			FHWA		
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
Longitudinales	< 6 mm	> 6 mm	Desprendimientos	< 6mm	6 a 19 mm	> 19 mm
Transversales	< 6 mm	> 6 mm	Desprendimientos	< 6mm	6 a 19 mm	> 19 mm
Por reflexión de juntas	-	-	-	< 6mm	6 a 19 mm	> 19 mm
En forma de arco	-	-	-	-	-	-
Cuero lagarto	Grietas comienzan a interconectar	Grieta interconectada con abertura mayor a 6,3 mm	Grietas interconectadas con abertura mayor a 6,3 mm y pérdida de bloques	-	-	-
Bloque	< 6mm o bloques de 2,75 m lado	> 6mm o bloques de 1,5 a 2,5 m lado	Presenta desprendimiento y bloques menores a 1,2 m lado	< 6mm	6 a 19 mm	> 19 mm
Desplazamiento	-	-	-	-	-	-
En juntas de construcción	-	-	-	-	-	-
Ahuellamiento	< 12,7 mm	12,7 mm a 19 mm	> 19 mm	Se definen con base en los problemas para la conducción		
Canalización	< 50 mm por 100 m	50 a 10 mm por 100 m	> 10 mm por 100 m	-	-	-
Corrugación	< 50 mm por 100m	50 a 10 mm por 100m	> 10 mm por 100	-	-	-
Corrimiento	-	-	-	-	-	-
Abultamiento	< 50 mm por 100m	50 a 10 mm por 100m	> 10 mm por 100	-	-	-

CUADRO 3. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CONTINUACIÓN)

Patología	NWPMA			FHWA		
	BAJA	MEDIA	ALTA	BAJA	MEDIA	ALTA
Hundimiento	< 50 mm por 100m	50 a 10 mm por 100m	> 10 mm por 100	-	-	-
Bache	-	-	-	< 25 mm	25-50 mm	> 50 mm
Peladura	-	-	-	-	-	-
Desintegración de bordes	-	-	-	-	-	-
Exudación	-	-	-	-	-	-
Pérdida de agregado	-	-	-	-	-	-
Exposición de agregado	-	-	-	-	-	-

CUADRO 4. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

Patología	INVIAS			SIECA			DIRCAIBEA		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Grietas Longitudinales	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm
Grietas Transversales	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	<3 mm	3 a 6 mm	> 6 mm
Grietas de esquina	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	Saltaduras < 10% longitud	Saltaduras con > 10% longitud y abertura < 15 mm	Saltaduras con > 10% longitud y abertura > 15 mm
Grietas en bloque	Considerado severidad alta			<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	Considerado severidad alta		
Grietas en losas subdividas	-	-	-	< 5 paños	5 a 8 paños	> 8 paños	Considerado severidad alta		
Grietas inducidas	-	-	-	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	-	-	-
Levantamiento de losas	< 5 mm	5 a 10 mm	> 10 mm	Baja incidencia en el manejo	Genera incomodidad	Causa excesivo salto del vehículo	< 5 mm	5 a 10 mm	> 10 mm
Hundimiento	< 20 mm	20 a 40 mm	> 40 mm	Salto característico, no genera incomodidad	Salto significativo, genera cierta incomodidad	Salto excesivo, genera incomodidad	-	-	-
Baches abiertos	< 25 mm	25 a 50 mm	> 50 mm	-	-	-	no presenta niveles de severidad		
Peladura	-	-	-	Superficiales, puntuales, áreas pequeñas	Se extienden en la superficie, dan una textura abierta	Superficie muy rugosa formando bache o cavidad	-	-	-

CUADRO 4. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS (CONTINUACIÓN)

Patología	INVIAS			SIECA			DIRCAIBEA		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Despostillamiento	< 80 mm en ambos lados de la junta	> 80 mm en ambos lados de la junta y profundidad < 25 mm	> 80 mm en ambos lados de la junta y profundidad menor a 25 mm	< 80 mm en ambos lados de la junta	> 80 mm en ambos lados de la junta y profundidad < 25 mm	> 80 mm en ambos lados de la junta y profundidad menor a 25 mm	-	-	-
Deficiencias en material de sello	< 5% long junta	5 a 25% long junta	>25% long junta	Buena condición en la mayoría de la junta, no existe infiltración	Condición regular, puede presentar endurecimiento, pérdida de adherencia, levantamiento	Condición pobre, o no existe	< 5% long junta	5 a 25% long junta	>25% long junta
Descascaramiento	<5 mm	5 a 15 mm	> 15 mm	-	-	-	-	-	-
Pulimiento	-	-	-	No hay niveles de severidad definidos			-	-	-
Fisuras capilares									
Fisuras mal funcionamiento juntas	-	-	-	<3 mm	3 a 10 mm	>10 mm	-	-	-

CUADRO 5. COMPARACIÓN DE SEVERIDADES EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS						
Patología	FHWA			ODOT		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Grietas Longitudinales	< 3mm	3 a 13 mm resquebrajadas menor a 75 mm	>13 mm resquebrajadas a mayora 75 mm	< 3 mm	3 a 12 mm	>12 mm
Grietas Transversales	< 3mm	3 a 6 mm resquebrajadas menor a 75 mm	>6 mm resquebrajadas a mayora 75 mm	< 3 mm	3 a 12 mm	>12 mm
Grietas de esquina	Grietas resquebrajadas en menos del 10% de la longitud	Grietas resquebrajadas mayor del 10% de la longitud y abertura menor 13 mm	Grietas resquebrajadas mayor del 10% de la longitud y abertura mayor 13 mm	< 3 mm	3 a 12 mm	>12 mm
Grietas en bloque	-	-	-	-	-	-
Grietas en losas subdividas	-	-	-	dividido en 3	dividido en 4	dividido en más 5
Grietas Inducidas	-	-	-	-	-	-
Levantamiento de losas	No aplicable, pero definidos con el manejo y seguridad			-	-	-
Escalonamiento	No aplicable, pero definidos con el manejo y seguridad			-	-	-
Hundimiento	-	-	-	-	-	-
Baches abiertos	-	-	-	-	-	-
Peladura	-	-	-	-	-	-
Despostillamiento	>75 mm	75 a 150 mm	> 150 mm	-	-	-
Deficiencias en material de sello	< 10%	10 -50%	>50%	-	-	-
Descascaramiento	No aplica niveles de severidad			-	-	-
Pulimiento	No aplica niveles de severidad			-	-	-
Fisuras capilares	-	-	-	-	-	-
Fisuras mal funcionamiento juntas	-	-	-	-	-	-

Recolección de datos en campo

Antes del inicio de la inspección visual, es de importancia obtener de manera anticipada la información básica de la ruta por evaluar; los datos mínimos requeridos serán la caracterización física de la ruta, que comprende el número de ruta, sección de control, longitud de dicho sector, punto inicial y final que contempla el sector de la ruta en estudio.

Igualmente debe caracterizarse de manera geográfica; por tal motivo se debe documentar cuál es la provincia, cantón, región y zona de conservación propias de la sección de ruta en estudio, permitiendo así conocer la ubicación del proyecto y facilitar el proceso de inspección.

Una vez determinado el sitio donde se va a realizar la auscultación, es importante preparar el equipo que permita obtener las diversas medidas en campo. A continuación se dará una breve descripción del equipo por utilizar para la recolección de datos de los daños presentes en el pavimento:

- Odómetro manual: para la medición de las longitudes y áreas de los daños que se pueden encontrar en el pavimento.
- Odómetro externo (digital) que se adhiera al vehículo para obtener los estacionamientos (ubicación con kilometraje) de los daños.
- Codal de al menos tres metros de largo y cinta métrica que permita establecer las profundidades de las patologías que presenten depresiones o levantamientos.
- Regla pequeña para medir las aberturas de las grietas.
- Lápiz, borrador y formularios establecidos para la recolección de datos en el campo.
- Chalecos y conos reflectivos para garantizar la seguridad del personal que realiza la inspección.
- Cámara fotográfica para llevar un registro de las fallas encontradas.
- Equipo de posicionamiento global (GPS), para la georeferenciación de los daños, cuando esto sea posible.

Luego de establecido el equipo mínimo requerido, es vital determinar cuáles son los parámetros que permiten comprobar la severidad para cada una de las fallas que se van encontrando en la vía:

Grietas: la severidad está determinada con base a la abertura, como se observa en la figura 48.

Deformaciones y desintegraciones: la severidad se obtiene con la medición de la diferencia de nivel respecto a la carpeta adyacente o con respecto de la losa adyacente, en el caso de pavimentos rígidos, como se evidencia en la figura 49.

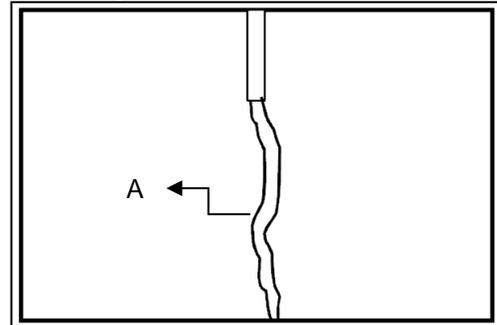


Figura 48. Medición para grietas

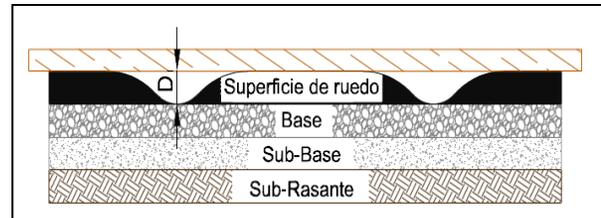


Figura 49. Medición deformaciones y desintegraciones

Los parámetros a ser medidos para las diferentes patologías se presentan en los cuadros 6 y 7 para pavimentos flexibles y rígidos, respectivamente. Estos permiten cuantificar los requerimientos de material para su reparación.

CUADRO 6. PARÁMETROS POR MEDIR EN PATOLOGÍAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES				
Patología \ Parámetro	Abertura	Desnivel respecto a carpeta adyacente	Longitud	Ancho
Ahuellamiento		x	x	x
Corrimiento		x	x	x
Hundimiento		x	x	x
Baches abiertos/ Huecos		x	x	x
Peladura		x	x	x
Exposición de agregados			x	x
Exudación			x	x
Grieta longitudinal	x		x	
Grieta transversal	x		x	
Grieta en bloque	x		x	x
Grieta en forma de arco	x		x	x
Grieta por reflexión de juntas	x		x	
Grieta por desplazamiento	x		x	
Grieta en junta de construcción	x		x	
Grieta tipo cuero lagarto	x		x	x
Desintegración de borde		x	x	x
Pérdida de agregado			x	x
Abultamiento		x	x	x
Canalización		x	x	x
Corrimiento		x	x	x

CUADRO 7. PARÁMETROS POR MEDIR EN PATOLOGÍAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS				
Patología \ Parámetro	Abertura	Desnivel respecto a losa adyacente	Longitud	Ancho
Grieta Longitudinal	X		X	
Grieta Transversal	X		X	
Grieta de esquina	X		X	
Grieta en bloque	X		X	X
Grieta en losas subdivididas	X		X	X
Grietas inducidas	X		X	
Levantamiento de losas		X	X	
Escalonamiento		X	X	
Fisuras por mal funcionamiento de juntas	X		X	
Baches abiertos/huecos		X	X	X
Peladura		X	X	X
Desportillamiento		X		X
Deficiencias en material de sello			X	
Descascaramiento			X	X
Pulimiento			X	X
Fisuras Capilares			X	
Hundimiento		X	X	X

Vinculación de datos

Después de realizar el levantamiento de datos en el campo, estos deben ser vinculados entre sí. Para ello se hizo uso de una hoja electrónica desarrollada mediante el software Microsoft Excel 2007, cuya finalidad es el registro y análisis de los datos recabados en campo, que permita determinar las severidades para cada uno de los daños reportados.

Cada uno de estos procesos fue desarrollado mediante el uso del editor de Visual Basic, incorporado en el software antes mencionado.

Para la construcción del modelo se optó por desarrollar ocho hojas electrónicas (ver apéndices 3 a 8), dispuestas de la siguiente forma: en la primera hoja el usuario selecciona, ya sea la impresión de los formatos o bien la escogencia de la introducción de las características de la ruta.

La segunda se compone de la caracterización de la vía, el usuario establece, los datos generales del tramo seleccionado y la escogencia del tipo de pavimento sobre el cual se realizó la evaluación.

En la tercera hoja se tiene el formulario para el registro de los datos de las patologías de los pavimentos flexibles; igualmente la hoja cuatro permite el registro para daños presentes en pavimentos rígidos.

En las hojas cinco y seis se presenta el informe de cada una de las patologías encontradas, así como si es necesario la utilización del bacheo para la reparación de ellas, asignándose un costo que varía dependiendo del material a emplear.

Las hojas siete y ocho presentan los formatos desarrollados para el levantamiento de las patologías.

Determinación de solución

Una vez clasificadas las patologías bajo los criterios establecidos, se procedió a determinar cuáles de los daños encontrados son solucionables mediante el bacheo. Para ello se realizaron consultas a los inspectores encargados de la supervisión de las actividades de conservación vial, sobre los criterios que se manejan para la determinación del requerimiento o no de bacheo. Igualmente se revisó el Manual de mantenimiento del pavimento (Departamento de Transportes de Nebraska) y la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV en donde se establecen los criterios para atender los daños empleando el bacheo como medida de solución en los pavimentos flexibles, tal y como se muestra en los cuadros 8 y 9 (ver anexos 3 y 4). Para pavimentos de concreto hidráulico, al no encontrarse documentación nacional, se tomó como punto de partida lo establecido en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial (SIECA, 2010), sin embargo, este documento no especifica las acciones de bacheo por realizar para el tipo y categorización de patología como se puede ver en los cuadros 10 a 12 (ver anexos 5 y 6).

La FHWA, en su documentación, sí presenta mayor información, en cuanto a criterios para la aplicación de bacheo en diferentes patologías que se generan sobre pavimentos rígidos; por lo que se decidió emplear este criterio para tomar decisiones sobre las patologías por bachear (ver cuadros 13 y 14).

Asimismo, para determinar cuál es la mejor intervención, se investigó lo relacionado con los métodos empleados para la realización de dicha reparación, tanto a nivel nacional como internacional, contemplando aspectos técnicos tanto para pavimentos rígidos como flexibles.

CUADRO 8. PATOLOGÍAS A BACHEAR EN PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DE NEBRASKA

Ahuellamiento
Ondulaciones
Baches/huecos abiertos
Corrugaciones
Hundimientos

CUADRO 9. PATOLOGÍAS A BACHEAR EN PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN licitación pública N°. 2009LN-000003-CV

Cuero Lagarto
Baches destapados
Deformación plástica(Ahuellamientos)
Desprendimiento de agregados
Agrietamiento por flujo plástico en condiciones de pobre adherencia (Grietas por desplazamiento)
Baches deteriorados

CUADRO 10. PATOLOGÍAS A BACHEAR EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN SIECA

Patología	Severidad	Tipo de bacheo
Fracturamientos	Alta	Parcial o Total
Fisuramientos	Alta	Parcial o total
Deformaciones	Alta	Parcial o total

CUADRO 11. PATOLOGÍAS A REPARAR CON BACHEO A PROFUNDIDAD TOTAL EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN SIECA

Patología
Grietas en bloque
Grietas de esquina

CUADRO 12. PATOLOGÍAS A REPARAR CON BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN SIECA	
Patología	
Grieta en losas subdividas	
Desportillamiento	
Desintegración	

CUADRO 13. PATOLOGÍAS A REPARAR CON BACHEO A PROFUNDIDAD TOTAL EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN FHWA	
Patología	Nivel de severidad requerido
Grietas de esquina con severidad baja mínimo	Bajo
Levantamiento de losa	Bajo
Deterioro en reparaciones existentes	Medio
Deterioro de juntas	Medio con desportillamiento de 6mm
Descascaramiento	Medio
Grieta longitudinal	Alta con desportillamiento de 12 mm
Grieta transversal	Medio con desportillamiento de 6 mm

CUADRO 14. PATOLOGÍAS A REPARAR CON BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL EN PAVIMENTOS RÍGIDOS SEGÚN FHWA	
Patología	Nivel de severidad requerido
Deterioro en reparaciones existentes	Baja
Deterioro de juntas	Baja con desportillamiento menor a 6mm
Descascaramiento	Medio
Grieta longitudinal	Medio con desportillamiento de 12 mm
Grieta transversal	Baja con desportillamiento de 6 mm
Desportillamiento	Baja

Determinación de costos de reparación

Para obtener los costos asociados al bacheo se partió de los precios unitarios manejados por la Administración a través del cartel de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, y ofertados por la empresa adjudicada para la zona de conservación 1-7 Cartago. En este cartel se establecen los costos de bacheo utilizando mezcla asfáltica en caliente (ver anexo 7) y utilizando como unidad de pago la tonelada métrica.

Los cálculos realizados para determinar los costos asociados al uso de mezclas asfálticas en frío y tibio, surgen a partir de la fórmula de trabajo de diseño de la mezcla asfáltica de la empresa encargada de los trabajos de conservación en la zona 1-7, Cartago (ver anexo 8)

Los trabajos incluidos en la actividad de bacheo comprenden: colocación de los dispositivos de prevención y control del tránsito; identificación y demarcación del área a remover (al menos 30 cm dentro del pavimento que no se encuentra dañado); corte a través del perímetro

marcado; remoción del material del área dañada; aplicación de riego de liga; suministro y colocación de la mezcla asfáltica.

Se asumió un espesor de carpeta de 7,5 centímetros, esto a partir de recomendaciones de la AASHTO y del estudio tránsito promedio diario (TPD) para la ruta nacional que fuese seleccionada, brindado por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT (ver anexos 9 y 10). Dicho estudio de TPD, sirvió para el cálculo de ejes equivalentes iniciales EEq_0 , a partir de la utilización de factores camión (FC) tal y como se muestra en la ecuación 1.

Dicho factor camión se obtuvo a partir de un estudio realizado por el LANAMME. (Ver anexo 17)

$$EEq = \sum_1^i FC_i \times TPD \times \%i \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

EEq= los ejes equivalentes

FC_i = factor camión para el tipo de vehículo i

TPD= tránsito promedio diario

$\%i$ = porcentaje de tipo de vehículo i

A partir del TPD se determinaron los ejes equivalentes (EEQ) para el año 2012 según la ecuación 2, que permitieron adoptar el espesor mencionado según recomendaciones de la AASHTO considerándose seis veces el tamaño máximo de agregado utilizado en la fórmula de trabajo (Ver anexo 8).

$$EEq = EEq_0 \left[\frac{\left(1 + \frac{\% \text{ crec}}{100}\right)^n}{\left(\frac{\% \text{ crec}}{100}\right)} - 1 \right] \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

EEq= los ejes equivalentes de diseño

EEq_0 = Ejes equivalentes iniciales

n=años de diseño

$\% \text{ crec}$ = tasa de crecimiento anual para los vehículos

El bacheo en pavimento rígido, no está contemplado dentro de los renglones de pago del cartel, pero sí en la normativa del CR-2010 aunque en unidades de área, lo cual deja de lado la profundidad de reparación.

Se optó por unificar los ítemes referentes a reparaciones en concreto establecidos en el cartel antes mencionado, los cuales son: demolición de losas, suministro y colocación de concreto (ver anexos 11 y 12). El primero de ellos tiene como unidad de pago el m^2 , mientras que el

segundo se paga por volumen (m^3) colocado en obra. Para poder realizar una comparación de costos se procedió a mantener, tanto en el bacheo usando mezcla asfáltica, como concreto una misma unidad de pago, para este caso se adoptó como unidad base la tonelada métrica, y una cantidad fija de trabajo a realizar (tomada de las cantidades mínimas que se presentan en la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV para bacheo con mezcla asfáltica en caliente).

La transformación de los costos para la parte de bacheo empleando concreto, parte del supuesto de colocar 1 tonelada considerando una densidad aproximada para el concreto de 2,5 ton/m^3 (Castro, 2011). El volumen que representa esa cantidad de masa fue determinado por:

$$V = m/\gamma_c \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

V= volumen (m^3)

M=masa (ton)

γ_c =densidad del concreto (ton/m^3)

En cuanto al suministro y colocación del concreto, como se decidió trabajar para el desarrollo de este proyecto con CCR y Fast-Track, se debieron utilizar costos aproximados para estos materiales.

En el caso de CCR se partió del presupuesto aproximado de materiales facilitado por el Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC); y evidenciado en el anexo 13.

Mientras que para el caso de Fast-Track se tomó como punto de partida la comparación, realizada por el CONAVI, de costos entre concreto MR 45 kg/cm^2 y concreto Fast-Track (ver anexo 14).

Para el caso de la demolición, partiendo del volumen que resulta de la ecuación 3 y adoptando un espesor de losa de 22 centímetros, producto de la auscultación realizada para la sustitución de losas en ruta 2 a la altura de Ochomogo (ver anexo 15), se determinó el área equivalente a demoler mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$A = V/e \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

A= área a demoler (m^2)

V= volumen (m^3)

e= espesor de losa (m).

Una vez que se obtuvieron los costos de demolición de la losa y del suministro del

concreto (incluida su colocación), se combinaron dichos costos para la obtención del precio unitario, que ejemplificaría el costo de realizar bacheo en pavimento rígido.

Dentro de los precios generados están la utilización de diversos materiales para realizar actividades de bacheo los cuales se ejemplifican en el cuadro 15.

CUADRO 15. ACTIVIDADES DE BACHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO EMPLEANDO DIFERENTES MATERIALES				
Bacheo con Mezcla asfáltica en caliente	Bacheo con mezcla asfáltica en tibio	Bacheo con mezcla asfáltica en frío	Bacheo utilizando concreto compactado con rodillo	Bacheo utilizando Concreto Fast-Track

Para el caso de bacheo en pavimentos flexibles con la utilización de las mezclas asfálticas, se mantuvieron los mismos costos de personal, colocación, corte y remoción del área dañada y lo que únicamente se cambia es el costo del material (ver apéndices 9 a 13); Para el caso de bacheo en pavimentos rígidos el costo asignado a la demolición del área dañada se mantiene fijo y lo que varía es el costo asociado al personal y material empleado para la reparación con bacheo (Ver apéndices 14 a 18).

Resultados

Tramo piloto para realización de inspección visual

puesta en práctica de la inspección visual de los pavimentos.

Dichos tramos seleccionados corresponde a rutas que se localizan en la zona de conservación vial 1-7 Cartago.

Las figuras que se muestran a continuación, hacen alusión a los tramos seleccionados para la



Figura 50. Tramo de ruta nacional 2 seleccionado para inspección de pavimentos rígidos, sentido Cartago-San José. (Software Google Earth, 2012)

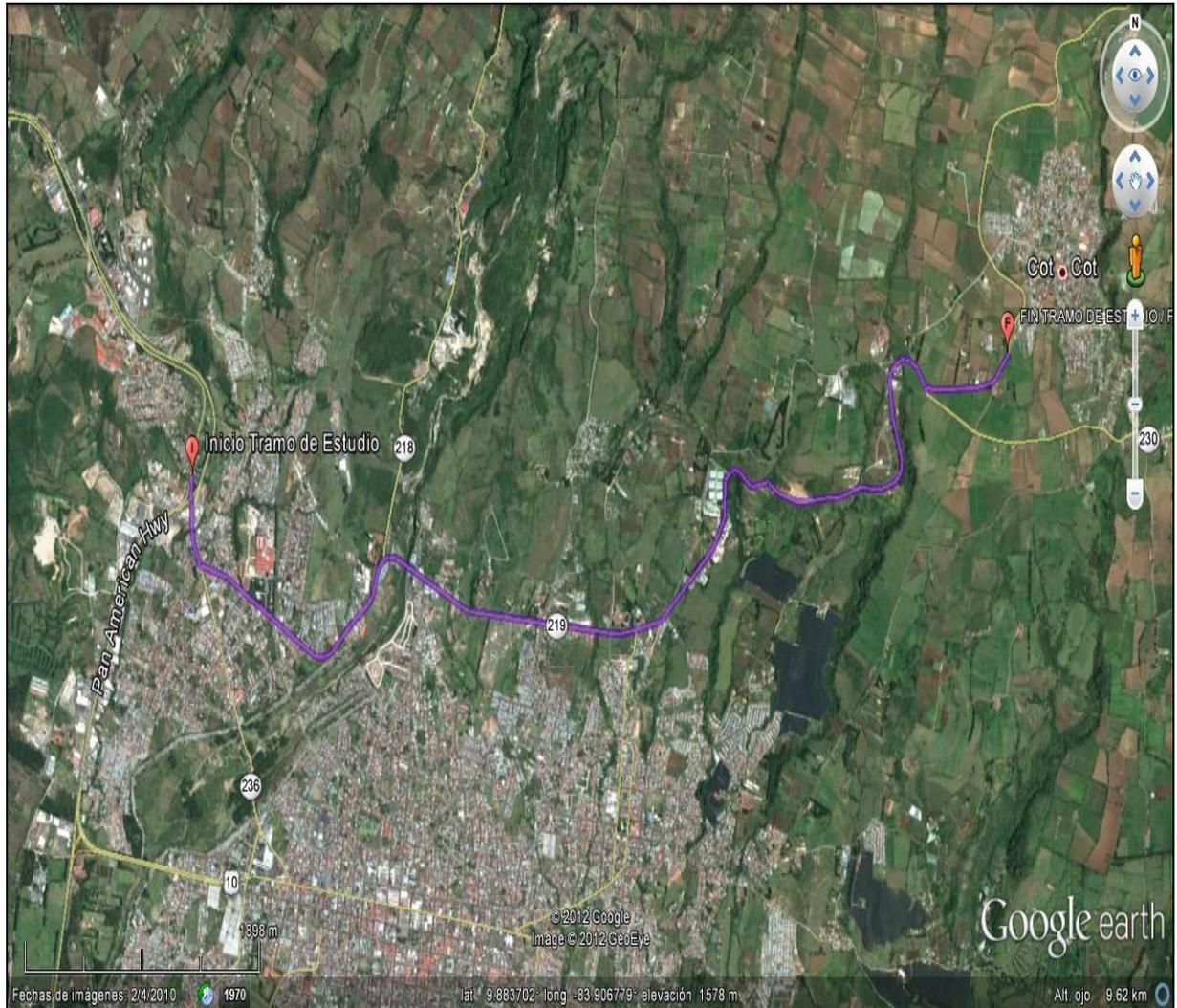


Figura 51. Tramo seleccionado de ruta nacional 219 para la inspección visual de pavimentos flexibles (Software Google Earth, 2012)

Cálculo del espesor de capa asfáltica para tramo de pavimento flexible

Se presentan, los cuadros 16 a 18, los cálculos realizados para la determinación del espesor en el tramo de pavimento flexible

CUADRO 16. CÁLCULO EJES EQUIVALANTES PARA ESTACIÓN 567 (ENTRADA A CARTAGO, RÍO TARAS)							
Cálculo EEQ's (Año 2008)					% crecimiento supuesto	4%	
TPD	Tipo vehículo	%	Factor Camión	EEQ	EEQ Año 2012	Espesor recomendado según AAHSTO	Espesor máximo según TNM
16309	Pasaj	58,98	0,39	3.751,43	93.784,96	6,5 cm	7,5 cm
	C. Liv.	19,58	0,39	1.245,39	31.133,78		
	Buses	6,92	1	1.128,58	28.213,64		
	2 Ejes	9,87	1	1.609,70	40.241,56		
	3 Ejes	2,41	1,15	452,00	11.299,13		
	5 Ejes	2,24	2,7	986,37	24.658,27		
	Total	100		9.173,47	229.331,34		

(Autor, 2012)

CUADRO 17. CÁLCULO EJES EQUIVALANTES PARA ESTACIÓN 566 (CRUCE DEL FERROCARRIL)							
Cálculo EEQ's (Año 2007)					% crecimiento supuesto	4%	
TPD	Tipo vehículo	%	Factor Camión	EEQ	EEQ Año 2012	Espesor recomendado según AAHSTO	Espesor máximo según TNM
11578	Pasaj	56,73	0,39	2.561,60	64.038,95	6,5 cm	7,5 cm
	C. Liv.	23,03	0,39	1.039,90	25.996,53		
	Buses	1,84	1	213,04	5.324,88		
	2 Ejes	12,01	1	1.390,52	34.761,95		
	3 Ejes	4,44	1,15	591,17	14.778,32		
	5 Ejes	1,95	2,7	609,58	15.238,54		
		100		6.405,81	160.139,18		

(Autor, 2012)

CUADRO 18. CÁLCULO EJES EQUIVALANTES PARA ESTACIÓN 737 (PUENTE RÍO TOYOGRES)

Cálculo EEQ's (Año 2006)					% crecimiento supuesto	4%	
TPD	Tipo vehículo	%	Factor Camión	EEQ	EEQ Año 2012	Espesor recomendado según AAHSTO	Espesor máximo según TNM
9210	Pasaj	72,61	0,39	2.608,08	65.200,97	5,0 cm	7,5 cm
	C. Liv.	19,05	0,39	684,26	17.105,42		
	Buses	4,63	1	426,42	10.659,58		
	2 Ejes	3,23	1	297,48	7.436,08		
	3 Ejes	0,43	1,15	45,54	1.137,59		
	5 Ejes	0,05	2,7	12,43	309,84		
		100		4.074,22	101.849,46		

Cuadros de severidades utilizadas para categorizar patologías

Se muestran a continuación las severidades utilizadas para la categorización de las patologías, encontradas en los tramos donde se realizó la inspección.

CUADRO 19. SEVERIDADES PARA DEFORMACIONES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES			
Daño	Desnivel (mm)		
	Baja	Media	Alta
Ahuellamiento	desnivel <10	10≤desnivel<25	desnivel≥25
Canalización	desnivel <20	20≤desnivel<40	desnivel≥40
Corrugación	desnivel <10	10≤desnivel<20	desnivel≥20
Desintegración de borde	desnivel <3	3≤desnivel<6	desnivel≥6
Abultamiento	desnivel <10	10≤desnivel<20	desnivel≥20
Hundimiento	desnivel <20	20≤desnivel<40	desnivel≥40
Peladura	desnivel <10	10≤desnivel<25	desnivel≥25

CUADRO 20. SEVERIDADES PARA GRIETAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES			
Daño	Abertura (mm)		
	Bajo	Media	Alto
Longitudinal	abertura <3	3≤abertura<6	abertura ≥6
Transversal	abertura <3	3≤ abertura <6	abertura ≥6
Por reflexión de junta	abertura <5	5≤abertura <15	abertura ≥15
Forma en arco	abertura <3	3≤ abertura <6	abertura≥6
Cuero Lagarto	abertura <2	2≤ abertura <5	abertura≥5
En bloques	abertura <2	2≤ abertura <5	abertura ≥5
Por desplazamiento	abertura <1	1≤ abertura <3	abertura ≥3
En juntas de construcción	abertura <1	1≤ abertura <3	abertura ≥3

CUADRO 21. SEVERIDADES PARA BACHES/HUECOS ABIERTOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES			
Profundidad (mm)	Dimensión mayor (cm)		
	0,7	0,7-1	1
25	Baja	Baja	Media
25-50	Baja	Media	Alta
50	Media	Media	Alta

CUADRO 22. SEVERIDADES PARA GRIETAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS			
Daño	Abertura (mm)		
	Baja	Media	Alto
Grieta Longitudinal	abertura <3	3≤abertura<10	abertura ≥10
Grieta Transversal	abertura <3	3≤abertura<6	abertura ≥6
Grieta de esquina	abertura <3	3≤abertura<10	abertura ≥10
Grieta en bloque	abertura <3	3≤abertura<10	abertura ≥10
Grieta en losa subdivida	abertura <6	3≤abertura<8	abertura ≥8
Grieta Inducida	abertura <3	3≤abertura<10	abertura ≥10
Fisuras por mal funcionamiento de junta	abertura <3	3≤abertura<10	abertura ≥10

CUADRO 23. SEVERIDADES PARA DESPORTILLAMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS			
Ancho (mm)	Desnivel (mm)		
	0	< 25	≥ 25
< 80 mm	Baja	Media	Alta
≥ 80 mm	Media	Media	Alta

CUADRO 24. SEVERIDADES PARA DEFICIENCIAS EN MATERIAL DE SELLO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS			
Daño	% Longitud de junta		
	Baja	Media	Alta
Deficiencias en material de sello	<5%	5%≤% Longitud de junta<25%	≥ 25%

CUADRO 25. SEVERIDADES PARA DAÑO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS RÍGIDOS			
Daño	Desnivel respecto a losa adyacente (mm)		
	Baja	Media	Alta
Levantamiento de losas	desnivel<5	5≤desnivel<10	desnivel ≥10
Baches abiertos	desnivel<25	25≤desnivel<50	desnivel ≥50
Peladura	desnivel<3	3≤desnivel<10	desnivel ≥10
Hundimiento	desnivel<20	20≤desnivel<40	desnivel ≥40
Descascaramiento	denivel<5	5≤desnivel<15	desnivel ≥15

Patologías

Al utilizar las herramientas de inspección visual (pavimento flexible y rígido) en los tramos seleccionados, en las figuras 54 y 55, se muestran parte de los inventarios de las patologías encontradas. El resto del inventario de

patologías se encuentra tabulado en los apéndices 19 y 20.

conavi		INVENTARIO DE PATOLOGÍAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES										mopt									
REGIÓN 1 Central		ZONA 1-7 Cartago		CODIFICACIÓN DE FALLAS						CODIFICACIÓN PARÁMETROS		DÍA 04	MES 04	AÑO 2012	HOJA 1	DE 1					
PROVINCIA 3 Cartago	CANTÓN D1 Cartago	COD	PATOLOGÍA	COD	PATOLOGÍA	COD	PARAMETROS	Diferencia de nivel respecto a carpeta adyacente (mm)		EMPRESA:	Crosi										
N(NAC)/O(Cant) N	RUTA 219	SECCIÓN CONTROL 30240	COR	Contriesto	GTR	Grieta Transversal	D	Longitud (m)		ING. ZONA:	Pablo Carracho										
DE Taras (RZ)	A Lte Cant Cartago/Oreamuno	Km inicio 0,000	AB	Abultamiento	GRJ	Grieta por reflexión de juntas	W	Ancho (m)		LEVANTO:	José Fonseca										
Km fin 4,080			HUN	Hundimiento	GRD	Grietas por deslucamiento	AC	Ancho Calzada		COD:	113520395										
			BAC	Bache	GJC	Grietas en juntas de construcción	COORD	Coordenadas		FIRMA:											
			PEL	Peladura	CL	Grietas tipo cuero de lagarto	LAT	Latitud		SENTIDO:	ASCENDENTE										
			EAG	Exposición agregado	DB	Desintegración de borde	LONG	Longitud													
			EXU	Exudación	PAG	Férida de agregado	EST	Estacionamiento													
PARÁMETROS A MEDIR EN PATOLOGÍAS																					
PATOLOGÍA	AHU	COR	HUN	BAC	PEL	EAG	EXU	GLO	GTR	GBL	GFA	GRJ	GRD	GJC	CL	DB	PAG	CAN	AB	CO	
A		X						X	X	X	X	X	X	X							
D	X	X	X	X	X	X	X									X					
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
W			X	X						X					X	X	X				
ESQUEMA DE LA VÍA																					
PATOLOGÍA	A	D	L	W	AC	ESPEZOR CARPETA	EST	COORD		OBSERVACIONES											
GLO	22,00	0,00	2,30	0,00	6,50	7,00	0,450	9,87817	-83,90527	se ubica sobre las huellas de calzada, sentido ascendente											
BAC	0,00	50,00	0,50	0,50	6,50	7,00	0,700	9,87899	-83,92358	se presenta en centro de la vía											
CL	25,00	0,00	3,30	4,60	6,50	7,00	1,800	9,87902	-83,93067	se presenta en ambos sentidos de la vía											
CL	15,00	0,00	7,40	3,40	6,50	7,00	2,300	9,87902	-83,93067	se presenta en ambos sentidos de la vía											
GTR	40,00	0,00	5,50	0,00	6,50	7,00	2,500	9,88120	-83,93616												
GLO	50,00	0,00	11,50	0,00	6,50	7,00	2,650	9,88135	-83,93566	se presenta sobre las huellas de calzada, sentido descendente											
GBL	45,00	0,00	13,20	0,90	6,50	7,00	2,700	9,87908	-83,93066												
GTR	15,00	0,00	6,00	0,00	6,50	7,00	2,750	9,87908	-83,93068	presenta resquebrajamiento											
GLO	20,00	0,00	11,30	0,00	6,50	7,00	2,800	9,87885	-83,93030	inicia en huellas de tránsito y continúa hacia el centro de la vía											
GTR	35,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	3,000	9,87867	-83,93026												
CL	20,00	0,00	1,60	3,70	6,50	7,00	3,100	9,87847	-83,90841												
GBL	10,00	0,00	30,50	3,25	6,50	7,00	3,150	9,87839	-83,90844												
GTR	30,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	3,200	9,87832	-83,90796												
GTR	35,00	0,00	6,40	0,00	6,50	7,00	3,700	9,88511	-83,89596												

Figura 54. Inventario de patologías en tramo de pavimento flexible (Autor, 2012)

conavi		INSPECCIÓN VISUAL PAVIMENTOS RÍGIDOS										mopt							
REGIÓN		ZONA		CODIFICACIÓN DE FALLAS										CODIFICACIÓN PARÁMETROS		DÍA MES AÑO		HOJA DE	
1	CENTRAL	1-7	CARTAGO	GLO	Gratas Longitudinales	BAC	Bachos abiertos/fuacos	A	Abertura (m)	28	05	2012	01	09					
PROVINCIA		CANTÓN		GTR	Gratas Transversales	PEL	Fisuras	D	Diferencia de nivel respecto a los adyacentes (mm)			EMPRESA		GRUPO OROSI					
3	CARTAGO	1	CARTAGO	GES	Gratas de seguridad	DESP	Desplazamiento	L	Longitud (m)			ING. ZONA:		ING. PABLO CAMACHO					
N		2		GBL	Gratas en bloques	DEF	Deficiencias en material de sello	W	Ancho (m)			LEVANTO:		JOSÉ FONBECA					
N(Nac)/C(Cant)		RUTA		GLS	Gratas en losas subdividas	DESC	Desencastamiento	ANLOS	Ancho Losa (m)			COD:		113520365					
DE		Lte Cent. La Unión/Cartago (Queb. Quilazú)		GRI	Gratas inducidas	PUL	Pulimento	LONGI	Longitud Losa (m)			FIRMA							
A		Tales. San Nicolás (R219)		LEV	Levantamiento de losas	FIJ	Fisuras capilares	COORD	Coordenadas			CARRIL		AMBOS					
Km Inicio		17.785		ESC	Escalonamiento	HUN	Hundimiento	LAT	Latitud			SENTIDO		2-1					
Km fin		20.860		FMJ	Fisuras mal funcionamiento juntas			LONG	Longitud			EST		Estateamiento					
PARÁMETROS A MEDIR EN PATOLOGÍAS																			
PATOLOGÍA		ESQUEMA DE LA VÍA																	
PARAMETRO	GLO	GTR	GES	GBL	GLS	GRI	LEV	ESC	FMJ	BAC	PEL	DESP	DEF	DESC	PUL	HUN			
A	X	X	X	X	X	X	X		X										
D							X	X		X	X	X					X		
L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
W				X	X					X	X	X		X	X	X			
LOSAS DAÑADAS	X	X	X			X	X	X	X				X	X					
PATOLOGÍA	A	D	L	W	ANLOS	LONGI	ESPEJOR LOSA	EST	LOSAS DAÑADAS	COORD		OBSERVACIONES							
GTR	10		7.3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88481	-83.93541	abercos ambos carriles							
GTR	10		7.3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88480	-83.93545	abercos ambos carriles							
GES	8		0.5	0.5	3.65	3.65	0.22	20.780		0.88405	-83.93545	se presenta en un ángulo aprox de 45°							
GTR	10		7.3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88407	-83.93543	abercos ambos carriles							
DEF			0.25		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88403	-83.93543								
GBL	15		3	2	3.65	3.65	0.22	20.780		0.88504	-83.93530	divide a la losa en 3, continuando en los adyacentes							
GBL	20		4	3	3.65	3.65	0.22	20.780		0.88514	-83.93535	divide a la losa en 4							
ESC		3	3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88527	-83.93528								
LEV		10			3.65	3.65	0.22	20.780		0.88527	-83.93528								
GBL	18		4	4	3.65	3.65	0.22	20.780		0.88542	-83.93518								
GTR	15		7.3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88552	-83.93513	abercos ambos carriles							
GTR	8		7.3		3.65	3.65	0.22	20.780		0.88552	-83.93513	abercos ambos carriles							
DEF			2		3.65	3.65	0.22	20.660		0.88552	-83.93513								
DEF			2.5		3.65	3.65	0.22	20.660		0.88552	-83.93513								
GES	3		3	3	3.65	3.65	0.22	20.660		0.88552	-83.93513								
GTR	10		7.3		3.65	3.65	0.22	20.660		0.88567	-83.93526	abercos ambos carriles							

Figura 55. Inventario de patologías en tramo de pavimento rígido (Autor, 2012)

CUADRO 26. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL TRAMO SELECCIONADO

Patología	Abertura	Desnivel	Longitud	Ancho	Ancho Calzada	Espesor carpeta	Estacionamiento	Severidad			Área Afectada (m ²)
								B	M	A	
GLO	1,00	0,00	2,30	0,00	6,50	7,00	0,450		X		1,38
BAC	0,00	50,00	0,50	0,50	6,50	7,00	0,700			X	0,25
CL	25,00	0,00	3,30	4,60	6,50	7,00	1,800			X	15,18
CL	15,00	0,00	7,40	3,40	6,50	7,00	2,300			X	25,16
GTR	40,00	0,00	5,50	0,00	6,50	7,00	2,500			X	3,30
GLO	50,00	0,00	11,50	0,00	6,50	7,00	2,650			X	6,90
GBL	45,00	0,00	13,20	0,90	6,50	7,00	2,700			X	11,88
GTR	15,00	0,00	6,00	0,00	6,50	7,00	2,750			X	3,60
GLO	20,00	0,00	11,30	0,00	6,50	7,00	2,800			X	6,78
GTR	35,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	3,000			X	3,90
CL	20,00	0,00	1,60	3,70	6,50	7,00	3,100			X	5,92
GBL	10,00	0,00	30,50	3,25	6,50	7,00	3,150			X	99,12
GTR	30,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	3,200			X	3,90
GTR	35,00	0,00	6,40	0,00	6,50	7,00	3,700			X	3,84
CL	30,00	0,00	2,00	1,00	6,50	7,00	3,800			X	2,00
CL	25,00	0,00	4,30	1,50	6,50	7,00	4,900			X	6,45
GLO	10,00	0,00	2,00	0,00	6,50	7,00	5,700			X	1,20
CL	35,00	0,00	11,00	4,20	6,50	7,00	5,700			X	46,20
CL	35,00	0,00	14,00	4,20	6,50	7,00	5,700			X	58,80
GTR	40,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	5,800			X	3,90
BAC	0,00	0,00	10,00	2,00	6,50	7,00	5,800	X			20,00
CL	20,00	0,00	9,00	2,00	6,50	7,00	5,900			X	18,00
GTR	20,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	5,900			X	3,90
GTR	30,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	6,000			X	3,90
GLO	30,00	0,00	34,00	0,00	6,50	7,00	6,000			X	20,40
GTR	15,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	6,000			X	3,90
GLO	3,00	0,00	21,00	0,00	6,50	7,00	6,000			X	12,60
GTR	20,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	6,100			X	3,90
CL	35,00	0,00	14,00	4,20	6,50	7,00	6,100			X	58,80
GLO	25,00	0,00	23,00	0,00	6,50	7,00	6,200			X	13,80
GTR	30,00	0,00	5,50	0,00	6,50	7,00	6,500			X	3,30
GTR	25,00	0,00	6,50	0,00	6,50	7,00	7,000		X		3,90
CL	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	7,00	7,100			X	0,00
GLO	25,00	0,00	30,00	0,00	6,50	7,00	7,300			X	18,00

CUADRO 26. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACION)

Patología	Abertura	Desnivel	Longitud	Ancho	Ancho Calzada	Espesor carpeta	Estacionamiento	Severidad			Área Afectada (m ²)
								B	M	A	
BAC	0,00	20,00	0,30	0,30	6,50	7,00	7,350	X			0,09
GTR	80,00	0,00	6,00	0,00	6,50	10,00	8,000			X	3,60
PAG	0,00	0,00	4,00	4,00	6,50	10,00	8,100				16,00
CL	20,00	0,00	7,00	3,00	6,50	10,00	8,100			X	21,00
GTR	80,00	0,00	4,20	0,00	6,50	10,00	8,300			X	2,52
CL	30,00	0,00	4,00	2,00	6,50	10,00	8,300				8,00
BAC	0,00	0,00	1,00	2,90	6,50	10,00	8,400			X	2,90
CL	35,00	0,00	1,30	2,00	6,50	10,00	8,400			X	2,60
GTR	15,00	0,00	4,20	0,00	6,50	10,00	8,400			X	2,52
GLO	3,00	0,00	8,00	0,00	6,50	10,00	8,400			X	4,80
GTR	10,00	0,00	4,20	0,00	6,50	10,00	8,400		X		2,52
BAC	0,00	0,00	15,00	4,20	6,50	10,00	8,400			X	63,00
BAC	0,00	0,00	4,20	1,00	6,50	10,00	8,400			X	4,20
CL	35,00	0,00	2,50	0,70	6,50	10,00	8,400			X	1,75
GLO	4,00	0,00	10,00	0,00	6,50	10,00	8,400			X	6,00
BAC	0,00	0,00	5,20	4,20	6,50	10,00	8,500			X	21,84
GTR	40,00	0,00	4,20	0,00	6,50	10,00	8,500			X	2,52
CL	30,00	0,00	4,80	1,00	6,50	10,00	8,500			X	4,80
TOTAL ÁREA AFECTADA (m ²)											664,73

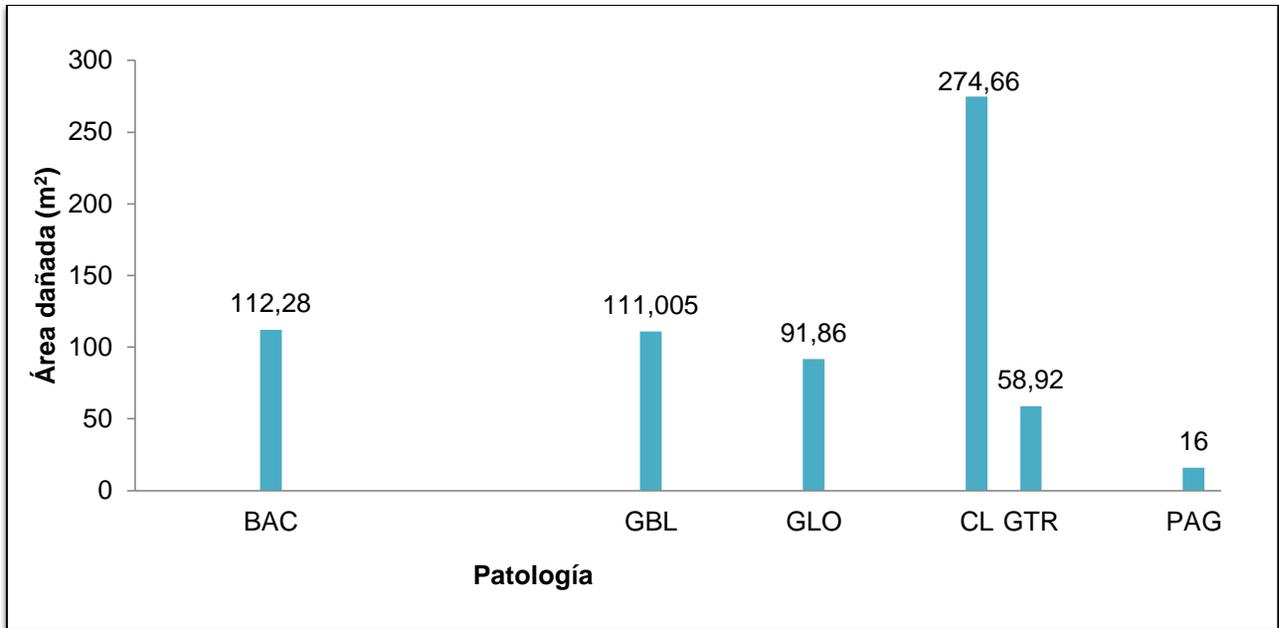


Figura 56. Patología vs Área dañada en pavimentos flexibles.

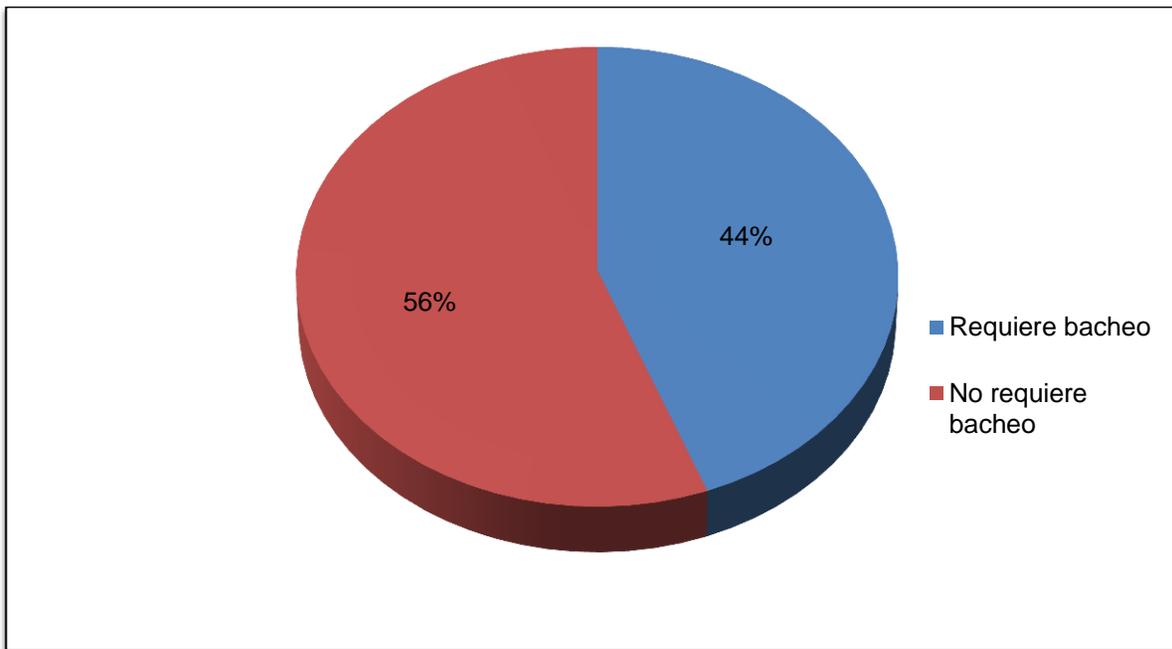


Figura 57. Porcentaje de patología de pavimentos flexibles a bachear a criterio del Departamento de Transportes de Nebraska

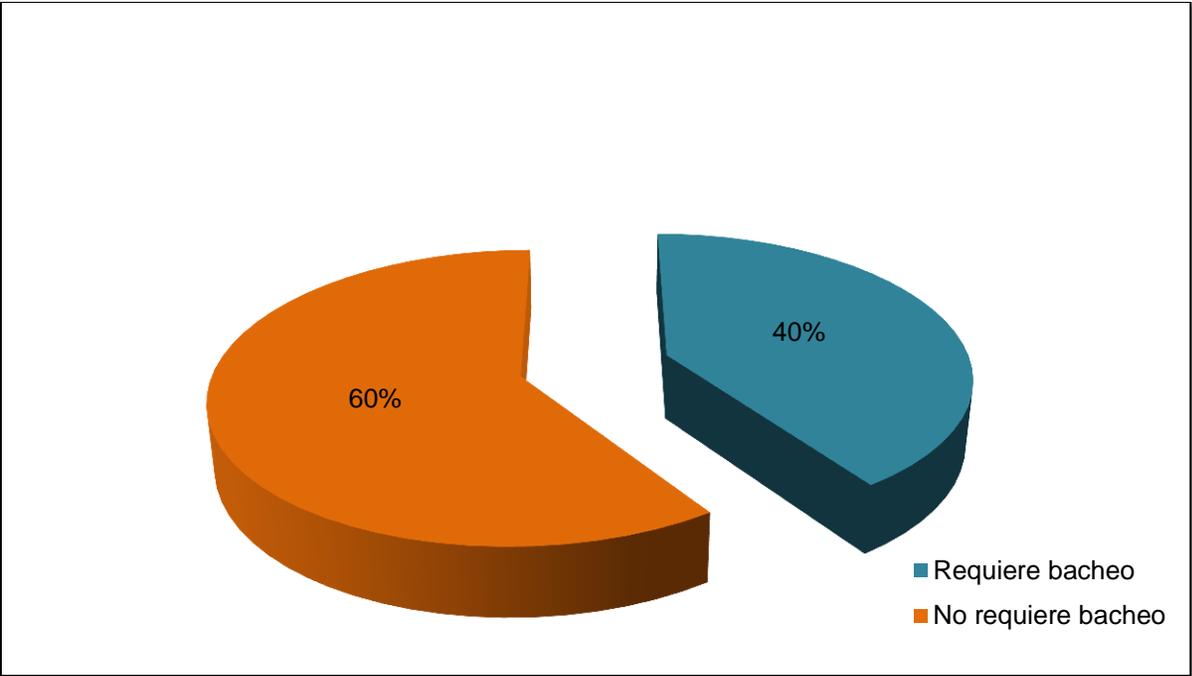


Figura 58. Porcentaje de patología de pavimentos flexibles a bachear a criterio de la Licitación Pública N°. 2009LN-000003-CV

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO												
Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor losa (m)	Ancho losa (m)	Largo losa (m)	Estaciona -miento	Severidad			Área Afectada
									B	M	A	
GTR	10		7,30		0,22	3,65	3,65	0,100			X	4,38
GTR	10		7,30		0,22	3,65	3,65	0,100			X	4,38
GES	8		0,50	0,50	0,22	3,65	3,65	0,100		X		0,25
GTR	10		7,30		0,22	3,65	3,65	0,100			X	4,38
DEF			0,25		0,22	3,65	3,65	0,100			X	-
GBL	15		3,00	2,00	0,22	3,65	3,65	0,100			X	6,00
GBL	20		4,00	3,00	0,22	3,65	3,65	0,100			X	12,00
ESC		3	3,00		0,22	3,65	3,65	0,100		X		-
LEVL		10			0,22	3,65	3,65	0,200			X	-
GBL	18		4,00	4,00	0,22	3,65	3,65	0,200			X	16,00
GTR	15		7,30		0,22	3,65	3,65	0,200			X	4,38
GTR	8		7,30		0,22	3,65	3,65	0,200			X	4,38
DEF			2,00		0,22	3,65	3,65	0,200			X	-
DEF			2,50		0,22	3,65	3,65	0,200			X	-
GES	3		3,00	3,00	0,22	3,65	3,65	0,200		X		9,00
GTR	10		7,30		0,22	3,65	3,65	0,200			X	4,38
DEF			1,00		0,22	3,65	3,65	0,300			X	-
LEVL		10	2,50		0,22	3,65	3,65	0,300			X	-
GBL	12		1,00	2,00	0,22	3,65	3,65	0,300			X	2,00
GBL	25		2,00	2,00	0,22	3,65	3,65	0,300			X	4,00
DEF			0,30		0,22	3,65	3,65	0,300			X	-
GBL	15		3,00	4,00	0,22	3,65	3,65	0,300			X	12,00
ESC		3			0,22	3,65	3,65	0,300		X		-
DEF			0,35		0,22	3,65	3,65	0,300			X	-
GLO	10				0,22	3,65	3,65	4,000			X	-
GBL	15		2,00	2,00	0,22	3,65	3,65	4,000			X	4,00
GT	18		7,30		0,22	3,65	3,65	4,000			X	-
GBL	20		2,30	2,70	0,22	3,65	3,65	4,000			X	6,21
GBL	30		3,00	3,00	0,22	3,65	3,65	4,000			X	9,00
GTR	12		7,30		0,22	3,65	3,65	4,000			X	4,38
GBL	18		2,00	1,50	0,22	3,65	3,65	4,000			X	3,00
DEF			0,35		0,22	3,65	3,65	4,000			X	-
GES	12		0,50	0,50	0,22	3,65	3,65	0,500			X	0,25
GTR	4		7,30		0,22	3,65	3,65	0,500		X		4,38
GTR	3		7,30		0,22	3,65	3,65	0,500		X		4,38

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACIÓN)

Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor losa (m)	Ancho losa (m)	Largo losa (m)	Estacionamiento	Severidad			Área Afectada (m ²)
									B	M	A	
GES	8		0,65	0,70	0,22	3,65	3,65	0,500		X		0,42
GBL	11		3,00	1,50	0,22	3,65	3,65	0,500			X	4,50
GTR	4		7,30		0,22	3,65	3,65	0,500		X		4,38
GES	9		0,65	0,70	0,22	3,65	3,65	0,500		X		0,42
GBL	12		3,00	1,00	0,22	3,65	3,65	0,500			X	3,00
DEF			1,90		0,22	3,65	3,65	0,600			X	-
BAC		45	0,50	0,50	0,22	3,65	3,65	0,600		X		0,25
GES	12		0,30	0,90	0,22	3,65	3,65	0,600			X	0,27
GTR	25		7,30		0,22	3,65	3,65	0,600			X	4,38
GTR	18		7,30		0,22	3,65	3,65	0,600			X	4,38
GTR	30		7,30		0,22	3,65	3,65	0,600			X	4,38
GES	15		1,00	0,70	0,22	3,65	3,65	0,600			X	0,65
GBL	17		3,65	3,00	0,22	3,65	3,65	0,600			X	10,95
DEF			0,35		0,22	3,65	3,65	0,700			X	-
GES	18		0,65	0,80	0,22	3,65	3,65	0,700			X	0,48
GTR	22		7,30		0,22	3,65	3,65	0,700			X	4,38
GTR	35		7,30		0,22	3,65	3,65	0,700			X	4,38
GES	14		0,75	1,00	0,22	3,65	3,65	0,700			X	0,75
GBL	15		2,50	2,50	0,22	3,65	3,65	0,700			X	6,25
GTR	25		7,30		0,22	3,65	3,65	0,800			X	4,38
GES	22		1,00	0,60	0,22	3,65	3,65	0,800			X	0,55
GBL	20		3,00	1,80	0,22	3,65	3,65	0,800			X	5,25
DEF			2,75		0,22	3,65	3,65	0,800			X	-
GES	8		0,65	0,70	0,22	3,65	3,65	0,800		X		0,42
BAC		30	0,75	0,60	0,22	3,65	3,65	0,800		X		0,41
GTR	12		7,30		0,22	3,65	3,65	0,800			X	4,38
GTR	25		7,30		0,22	3,65	3,65	0,800			X	4,38
GTR	30		7,30		0,22	3,65	3,65	0,900			X	4,38
GES	60		0,55	0,60	0,22	3,65	3,65	0,900			X	0,30
BAC		50	0,30	0,30	0,22	3,65	3,65	0,900			X	0,09
GLO	25		10,00		0,22	3,65	3,65	0,900			X	6,00
ESC		3			0,22	3,65	3,65	0,900		X		-
GES	60		0,75	0,70	0,22	3,65	3,65	0,900			X	0,48
GTR	30		7,30		0,22	3,65	3,65	0,900			X	4,38
GBL	75		3,00	2,00	0,22	3,65	3,65	0,900			X	6,00

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACIÓN)

Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor losa (m)	Ancho losa (m)	Largo losa (m)	Estacionamiento	Severidad			Área afectada (m ²)
									B	M	A	
GLS	50		2,00	2,00	0,22	3,65	3,65	1,000			X	4,00
GTR	45		7,30		0,22	3,65	3,65	1,000			X	4,38
GBL	35		0,75	3,00	0,22	3,65	3,65	1,000			X	2,25
DEF			1,65		0,22	3,65	3,65	1,000			X	-
GTR	35		7,30		0,22	3,65	3,65	1,000			X	4,38
DESP			2,00	0,50	0,22	3,65	3,65	1,000	X			-
GTR	30		7,30		0,22	3,65	3,65	1,000			X	4,38
GES	25		0,75	0,60	0,22	3,65	3,65	1,000			X	0,41
GTR	15		7,30		0,22	3,65	3,65	1,100			X	4,38
DESP				35,00	0,22	3,65	3,65	1,100	X			-
GTR	20		7,30		0,22	3,65	3,65	1,100			X	4,38
GTR	15		7,30		0,22	3,65	3,65	1,100			X	4,38
GES	18		0,75	0,50	0,22	3,65	3,65	1,100			X	0,33
GBL	35		1,85	3,00	0,22	3,65	3,65	1,100			X	5,55
GTR	10		7,30		0,22	3,65	3,65	1,100			X	4,38
GES	15		0,50	0,50	0,22	3,65	3,65	1,100			X	0,25
GLS	25		1,00	3,70	0,22	3,65	3,65	1,200			X	3,65
GBL	12		1,00	2,80	0,22	3,65	3,65	1,200			X	2,75
GTR	22		7,30	12,00	0,22	3,65	3,65	1,200			X	7,20
DEF			1,00		0,22	3,65	3,65	1,200			X	-
BAC		25	0,75	0,80	0,22	3,65	3,65	1,200		X		0,56
GES	15		0,35	0,40	0,22	3,65	3,65	1,200			X	0,12
GBL	30		3,00	3,00	0,22	3,65	3,65	1,200			X	9,00
GES	25		0,35	0,40	0,22	3,65	3,65	1,200			X	0,12
LEVL		7			0,22	3,65	3,65	1,300			X	-
DESP				0,00	0,22	3,65	3,65	1,300	X			-
DEF			0,55		0,22	3,65	3,65	1,300			X	-
ESC		3			0,22	3,65	3,65	1,300		X		-
GBL	15		0,35	0,60	0,22	3,65	3,65	1,300			X	0,19
GTR	22		7,30		0,22	3,65	3,65	1,300			X	4,38
GBL	25		3,00	1,00	0,22	3,65	3,65	1,300			X	3,00
GTR	13		7,30		0,22	3,65	3,65	1,300			X	4,38

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACIÓN)

Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (mm)	Ancho (m)	Espesor losa (m)	Ancho losa (m)	Longitud losa (m)	Estacionamiento	Severidad			Área dañada (m ²)
									B	M	A	
GTR	13		7,30		0,22	3,65	3,65	1,300			X	4,38
GES	7		0,55	0,70	0,22	3,65	3,65	1,400		X		0,35
GLO	10		12,00		0,22	3,65	3,65	1,400			X	7,20
GBL	3		3,00	2,00	0,22	3,65	3,65	1,400		X		6,00
GTR	9		7,30		0,22	3,65	3,65	1,400			X	4,38
GTR	10		3,70		0,22	3,65	3,65	1,400			X	2,19
GBL	25				0,22	3,65	3,65	1,400			X	-
GTR	12		3,70		0,22	3,65	3,65	1,400			X	2,19
GBL	20				0,22	3,65	3,65	1,400			X	-
ESC		5			0,22	3,65	3,65	1,500		X		-
DEF			1,10		0,22	3,65	3,65	1,500			X	-
GTR	15		7,30		0,22	3,65	3,65	1,500			X	4,38
GBL	30	0,3	0,30		0,22	3,65	3,65	1,500			X	-
ESC		5			0,22	3,65	3,65	1,500		X		-
DEF			1,10		0,22	3,65	3,65	1,500			X	-
DESP			1,50	0,10	0,22	3,65	3,65	1,500		X		-
PEL		4	2,50	3,00	0,22	3,65	3,65	1,500		X		7,50
GES	15		0,55	0,50	0,22	3,65	3,65	1,600			X	0,24
GTR	25		7,30		0,22	3,65	3,65	1,600			X	4,38
GBL	25		3,00	2,50	0,22	3,65	3,65	1,600			X	7,50
GBL	30		2,50	1,50	0,22	3,65	3,65	1,600			X	3,75
LEVL		3	1,50		0,22	3,65	3,65	1,600	X			-
ESC		3	1,50		0,22	3,65	3,65	1,600		X		-
GBL	15		1,50	2,00	0,22	3,65	3,65	1,600			X	3,00
GLS	20		2,30	1,00	0,22	3,65	3,65	1,600			X	2,30
GES	25		0,45	1,50	0,22	3,65	3,65	1,700			X	0,67
DESP			1,65		0,22	3,65	3,65	1,700			X	-
GLS	45		1,50	1,50	0,22	3,65	3,65	1,700			X	2,25
GES	35		0,50	3,00	0,22	3,65	3,65	1,700			X	1,50
ESC		10	1,70		0,22	3,65	3,65	1,700			X	-

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACIÓN)

Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor de losa (m)	Ancho de losa (m)	Longitud de losa (m)	Estacionamiento	Severidad			Área afectada (m ²)
									B	M	A	
GES	25		0,45	0,50	0,22	3,65	3,65	1,700			X	0,20
DESP			1,00		0,22	3,65	3,65	1,700			X	-
GES	25		0,45	0,50	0,22	3,65	3,65	1,700			X	0,20
GTR	30			7,30	0,22	3,65	3,65	1,800			X	4,38
DESP			1,00		0,22	3,65	3,65	1,800			X	-
GBL	25		3,00	2,00	0,22	3,65	3,65	1,800			X	6,00
DESP			0,75		0,22	3,65	3,65	1,800		X		-
GES	45		3,00	1,50	0,22	3,65	3,65	1,800			X	4,50
ESC		5	1,50		0,22	3,65	3,65	1,800		X		-
GTR	15			3,70	0,22	3,65	3,65	1,800			X	2,19
GTR	25			3,70	0,22	3,65	3,65	1,800			X	2,19
GBL	15		1,50	3,00	0,22	3,65	3,65	1,900			X	4,50
GTR	25			7,30	0,22	3,65	3,65	1,900			X	4,38
DESP			2,65		0,22	3,65	3,65	1,900			X	-
GBL	35		3,00	2,50	0,22	3,65	3,65	1,900			X	7,50
GBL	25		2,50	1,80	0,22	3,65	3,65	1,900			X	4,37
DESP			2,35		0,22	3,65	3,65	1,900			X	-
GBL	35		2,00	2,50	0,22	3,65	3,65	1,900			X	5,00
DESP			0,55		0,22	3,65	3,65	2,000			X	-
GBL	25		2,50	3,00	0,22	3,65	3,65	2,000			X	7,50
DESP			0,40		0,22	3,65	3,65	2,000			X	-
GES	25		2,50	3,00	0,22	3,65	3,65	2,000			X	7,50
DEF			0,45		0,22	3,65	3,65	2,000			X	-
GTR	3			7,60	0,22	3,65	3,65	2,000		X		4,56
GTR	50			3,70	0,22	3,65	3,65	2,000			X	2,19
ESC		2	1,50		0,22	3,65	3,65	2,000	X			-
GES	30		0,45	0,50	0,22	3,65	3,65	2,100			X	0,20
DEF			1,65		0,22	3,65	3,65	2,100			X	-
GTR	35			7,60	0,22	3,65	3,65	2,100			X	4,56
GBL	25		2,50	1,50	0,22	3,65	3,65	2,100			X	3,75
GBL	15		2,00	1,80	0,22	3,65	3,65	2,100			X	3,50
DEF			1,00		0,22	3,65	3,65	2,100			X	-
DESP				0,10	0,22	3,65	3,65	2,100	X			-
GTR	3			7,60	0,22	3,65	3,65	2,100		X		4,56

CUADRO 27. PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL TRAMO SELECCIONADO (CONTINUACIÓN)

Patología	Abertura (mm)	Desnivel (mm)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor los (m)	Ancho losa (m)	Longitud losa (m)	Estacionamiento	Severidad			Área afectada
									B	M	A	
GBL	25		2,00	1,00	0,22	3,65	3,65	2,200			X	2,00
ESC		5		1,50	0,22	3,65	3,65	2,200		X		-
GBL	35		2,00	1,50	0,22	3,65	3,65	2,200			X	3,00
DESP				0,10	0,22	3,65	3,65	2,200		X		-
GBL	3		1,00	1,00	0,22	3,65	3,65	2,200		X		1,00
ESC		10		1,50	0,22	3,65	3,65	2,200			X	-
GLS	15		2,00	2,50	0,22	3,65	3,65	2,200			X	5,00
TOTAL ÁREA AFECTADA											452,12	

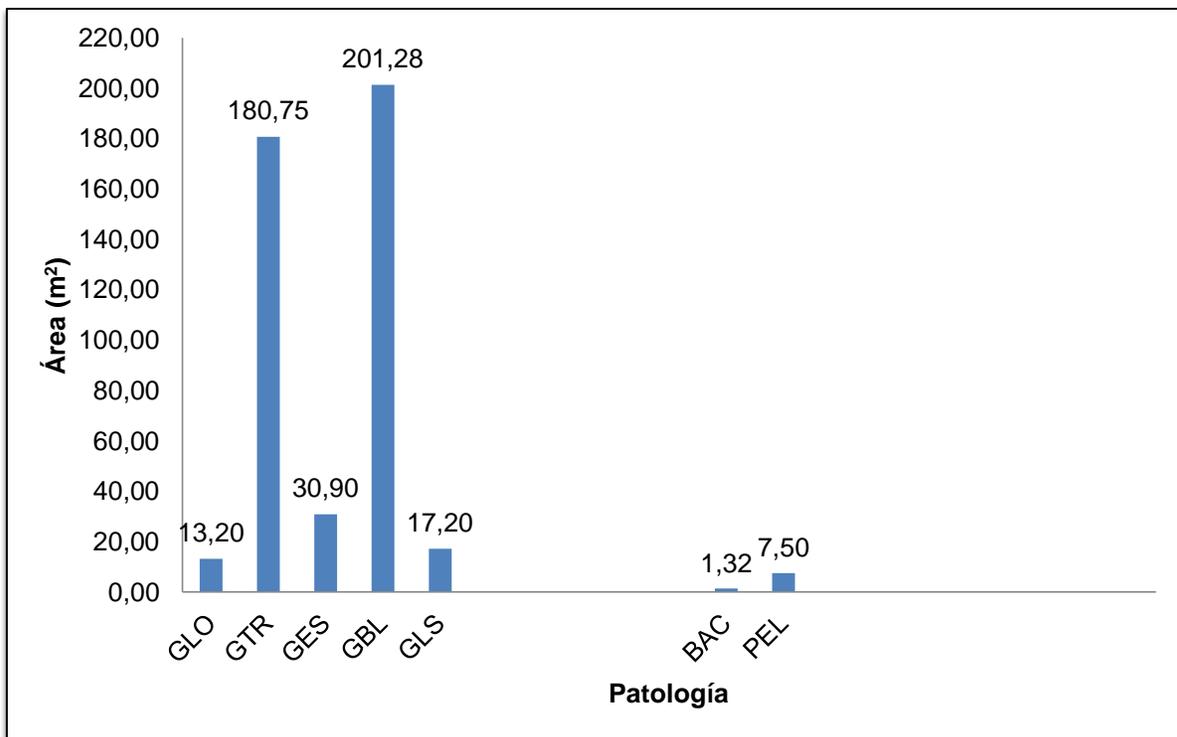


Figura 59. Patología vs Área dañada en pavimento rígido

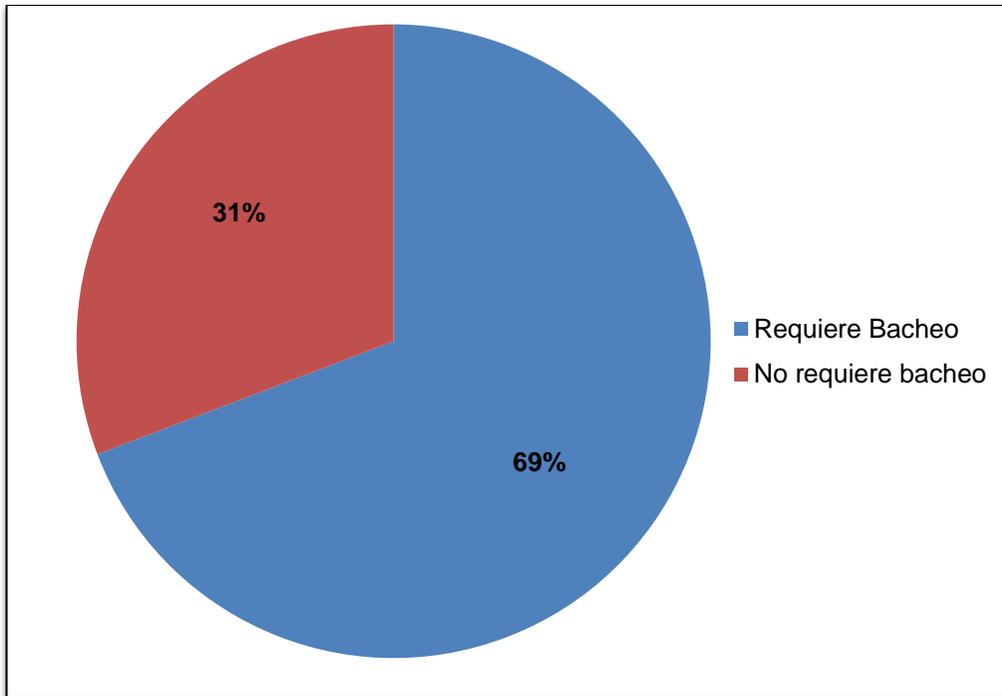


Figura 60. Porcentaje de patologías de pavimentos rígidos a bachear a criterio de FHWA

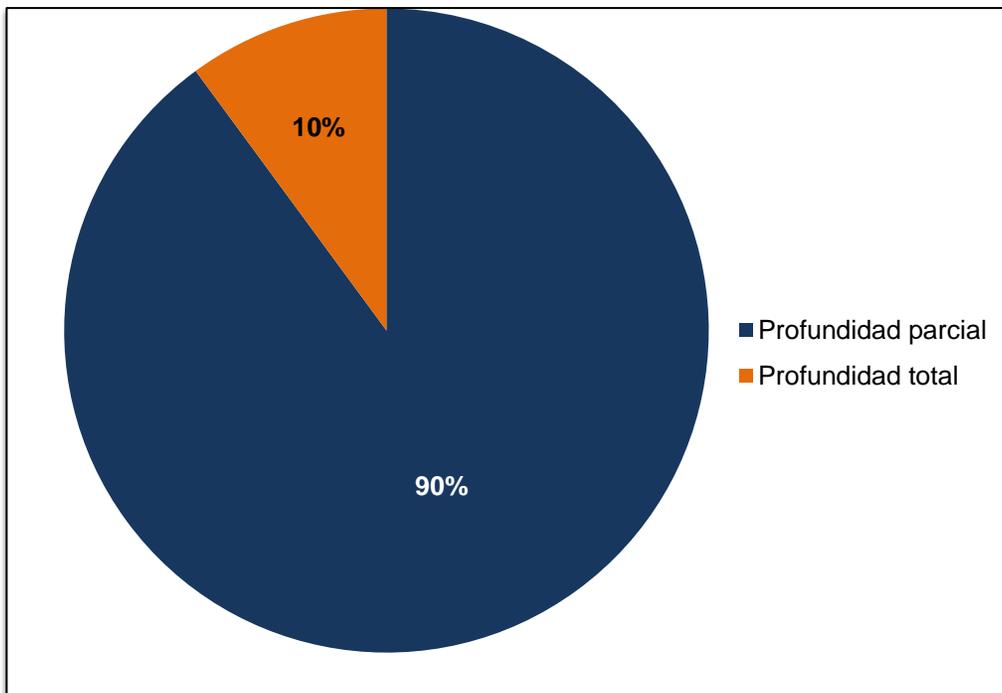


Figura 61. Tipo de bacheo a realizar para el tramo seleccionado de pavimento rígido

Costos de bacheo

Una vez realizado el levantamiento de patologías y registradas con los formatos establecidos, se procedió a la asignación de costos de reparación asociados a diferentes materiales empleados,

utilizando la técnica de bacheo para aquellas patologías que así lo requerían.

CUADRO 28. COSTOS UNITARIOS POR TONELADA MÉTRICA PARA BACHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO DIFERENTES MATERIALES

Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	Bacheo con mezcla asfáltica en tibio	Bacheo con mezcla asfáltica en frío
₡59.961,76	₡ 59.432,02	₡ 48.906,16

CUADRO 29. COSTOS UNITARIOS POR TONELADA MÉTRICA PARA BACHEO EN PAVIMENTO RÍGIDO EMPLEANDO DIFERENTES MATERIALES

Concreto MR 45 kg/cm ² a 28 días	Bacheo con CCR	Bacheo con concreto Fast-Track
₡79.403,36	₡62.867,75	₡83.818,76

CUADRO 30. COSTOS DE REPARACION DE BACHEO PARA TRAMO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN CRITERIO DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES DE NEBRASKA

Material Patología	Mezcla asfáltica en caliente	Mezcla asfáltica en tibio	Mezcla asfáltica en frío
	Bache	₡1.768.501,84	₡1.752.877,78
Grieta en bloque	₡1.281.392,82	₡1.270.072,19	₡1.015.988,60
Grieta tipo cuero de lagarto	₡3.270.624,15	₡3.241.729,40	₡2.593.207,01
TOTAL	₡6.320.518,81	₡6.264.679,36	₡5.011.402,39

CUADRO 31. COSTOS DE REPARACION DE BACHEO PARA TRAMO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN CRITERIO LICITACIÓN PÚBLICA N°. 2009LN-000003-CV

Material Patología	Mezcla asfáltica en caliente	Mezcla asfáltica en tibio	Mezcla asfáltica en frío
	Bache	₡1.696.255,95	₡1.681.270,16
Grieta tipo cuero de lagarto	₡3.134.831,63	₡3.107.136,55	₡2.485.540,06
TOTAL	₡4.831.087,58	₡4.788.406,71	₡3.830.464,64

CUADRO 32. COSTOS DE REPARACION DE BACHEO PARA TRAMO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN CRITERIO FHWA PARA BACHEO A PROFUNDIDAD PARCIAL

Material	Concreto MR 45 kg/cm ² a 28 días	CCR	Fast-Track
Patología			
Grieta Longitudinal	¢444.142,69	¢351.650,76	¢468.840,23
Grieta Transversal	¢6.173.779,98	¢4.888.101,16	¢6.517.086,70
Grieta de esquina	¢547.317,43	¢433.339,54	¢577.752,24
Grieta en bloque	¢5.373.220,41	¢4.254.256,71	¢5.672.010,25
Grieta en losas subdivididas	¢512.816,67	¢406.023,50	¢541.332,98
Baches/huecos	¢7.860,94	¢6.223,91	¢8.298,06
Total	¢13.059.138,12	¢10.339.595,58	¢13.785.320,47

CUADRO 33. COSTOS DE REPARACION DE BACHEO PARA TRAMO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN CRITERIO FHWA PARA BACHEO A PROFUNDIDAD TOTAL

Material	Concreto MR 45 kg/cm ² a 28 días	CCR	Fast-Track
Patología			
Grieta de esquina	¢310.506,84	¢245.844,34	¢327.773,26
Grieta en bloque	¢405.274,75	¢320.877,00	¢427.810,95
Baches/huecos	¢115.075,32	¢91.111,09	¢121.474,34
Peladura	¢403.527,88	¢319.493,91	¢425.966,94
Total	¢1.234.384,78	¢977.326,32	¢1.303.025,49

CUADRO 34. COSTOS TOTALES DE REPARACION DE BACHEO PARA TRAMO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN CRITERIO FHWA

Material	Concreto MR 45 kg/cm ² a 28 días	CCR	Fast-Track
Patología			
Grieta Longitudinal	¢444.142,69	¢351.650,76	¢468.840,23
Grieta Transversal	¢6.173.779,98	¢4.888.101,16	¢6.517.086,70
Grieta de esquina	¢857.824,28	¢679.183,88	¢905.525,50
Grieta en bloque	¢5.778.495,16	¢4.575.133,71	¢6.099.821,20
Grieta en losas subdivididas	¢512.816,67	¢406.023,50	¢541.332,98
Baches/huecos	¢122.936,26	¢97.335,00	¢129.772,40
Peladura	¢403.527,88	¢319.493,91	¢425.966,94

Análisis de Resultados

Selección de tramo piloto

La selección del tramo de pavimento flexible para realizar la inspección visual partió de las estrategias de intervención propuestas por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, en su Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica años 2010-2011, en donde se definen diversas políticas de intervención, las cuáles surgen, como lo explica el mismo informe, “de la combinación de IRI y valores de FWD”, que permiten establecer las notas de calidad para el pavimento de las diferentes rutas que componen la Red Vial Nacional. Esta nota de calidad viene en sociedad con una política de intervención, que según los autores de dicho informe, debe ser adaptada para una toma de decisiones adecuada por parte de la Administración (CONAVI). Debe tenerse en cuenta que para escoger el tipo de intervención apropiada hay que basarse en el contenido presupuestario que maneje la Administración, condición topográfica e importancia de la ruta.

Este informe a su vez brinda los límites entre los distintos tipos de intervención: mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción, para cada tramo de la Red Vial Nacional.

Con base en dicho informe y la explicación brindada, se optó por escoger la ruta 219 en las secciones de control 30240 y 30491 (ver figura 50), ya que la calificación dada corresponde a un Q4.

Dicha calificación define que la “superficie asfáltica se ha deteriorado hasta el punto en donde se puede ver afectada la velocidad de operación y pueden llegar a tener grandes baches, grietas, pérdida de agregado, agrietamientos y ahuellamientos, sin embargo, la capacidad estructural de las capas subyacentes no se ha perdido” (LANAMME, 2011). Básicamente se ha perdido la capacidad funcional de vía por lo que su estrategia de intervención radica en el mantenimiento, que a su vez, representa el estado de la mayor parte de

las vías del país pavimentadas con concreto asfáltico. A su vez en el anexo 16, se muestran las rutas que componen la Zona 1-7 Cartago y las políticas de intervención para dichas rutas.

Basándose en las notas de calidad y tipo de intervención requerida es que, como se mencionó, se escogió trabajar sobre la ruta 219.

Sumado a lo presentado en este informe, también se consideró para la escogencia de este tramo, la programación que realizó la Administración para la intervención sobre esta ruta.

Para seleccionar el tramo de estudio para pavimentos rígidos (ver figura 50), el criterio de escogencia varió, ya que en la zona asignada para el proyecto solo se cuenta con tres rutas que poseen, por sectores, superficie de ruedo con concreto hidráulico, las cuales son 2,10, 231 (ver figuras 62 a 64). Al basarse en el estado de la superficie de ruedo se escogió el tramo en la ruta 2, sección de control 30730, tal y como se evidencia en la figura 62. Si bien es cierto el tipo de escogencia puede no ser el más adecuado, pues no responde a criterios técnicos, pero permitió cumplir con los objetivos perseguidos en este proyecto.



Figura 62. Estado superficie de rodamiento en ruta 2 (Autor,2012).



Figura 63. Estado superficie de rodamiento en ruta 10 (Autor,2012).



Figura 64. Estado superficie de rodamiento en ruta 231 (Autor,2012).

Determinación de espesor de capa asfáltica

Se optó por usar un espesor de carpeta de 7,5 centímetros con base en los estudios de TPD y recomendaciones de la AASHTO (anexos 9 y 10), y como se muestra, en los cuadros 16 a 18, los cálculos realizados para determinar los ejes equivalentes que permitieron utilizar el espesor mencionado. Se tiene que para el tramo comprendido entre la entrada a Cartago y el cruce del ferrocarril los ejes equivalentes están por encima de los 7.000.000 de ejes dispuestos y que determinar un espesor de 10 cm, mientras que para el tramo comprendido entre las estaciones del cruce del ferrocarril y el puente sobre el río Toyogres se tiene que es 2.500.000 de ejes aproximadamente. Este último dato permite utilizar un espesor de carpeta de 9 cm. Comparando estos espesores con lo que,

igualmente, dispone la AASHTO de una carpeta con espesor máximo de 6 veces el tamaño nominal máximo y según el anexo 8, el espesor que se debe colocar es de 7,5 centímetros pues el tamaño del agregado es de 12,5 milímetros.

Herramientas de inspección y escogencia de severidades

Las herramientas de inspección, tanto para pavimentos flexibles como para rígidos, tienen cuatro aspectos fundamentales, los cuales son: ubicación de la ruta, persona encargada por parte de la administración, empresa que tiene a cargo la realización de los trabajos de conservación para dicha zona y fecha de realización de la inspección; esto por cuanto permite al ente administrador, en este caso CONAVI, manejar de una manera adecuada los fondos y revisar el registro histórico de los trabajos de inspección realizados. A su vez estas herramientas, ejemplificadas en las figuras 52 y 53, permiten establecer criterios cuantitativos para el estado de la vía, ya que actualmente se cuenta con criterios cualitativos, es decir, con la experiencia de los inspectores. Estos formatos pretenden establecer diversos rangos de clasificación para severidades, con base en los parámetros adoptados para cada tipo de patología descrita en la metodología. Lo que se presenta en las figuras mencionadas, son los formatos que se establecieron para la recolección de datos en el campo, y su configuración corresponde únicamente para la medición de parámetros de las diferentes patologías, es decir, no permite una categorización de las mismas.

Estos formatos representan únicamente una pequeña parte de la herramienta, ya que está complementada con una hoja electrónica en donde se establecen las severidades, alimentada con base en los datos tomados en campo según los formatos establecidos, y se estipula cuáles de las patologías encontradas es necesario intervenirlas mediante el bacheo. A su vez estos datos están vinculados con los costos que generaría la intervención de bacheo, permitiendo a la Administración una programación adecuada para atender los requerimientos de las diferentes rutas, de acuerdo con lo establecido en la

licitación pública N°. 2009LN-000003-CV sobre la priorización de las rutas a intervenir.

En dicha licitación se enuncia que se debe priorizar con base en el tipo de ruta y tránsito promedio diario; es decir, se atenderán primero las rutas primarias, seguido de las rutas secundarias y, por último, las terciarias.

Es importante que los criterios de severidad adoptados para las diferentes patologías está basado en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, y es complementado con otra documentación utilizada por entes encargados del mantenimiento de carreteras, como se ejemplificó en los cuadros comparativos 2 a 5.

Muchos criterios para la determinación de las severidades se expresan con base en la percepción del inspector; por ejemplo, para una patología del tipo corrugación, el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras especifica las severidades con respecto del tipo de vibración que se genera al momento de la conducción, quedando como se mencionó, a la experiencia de los inspectores e ingenieros que atienden el mantenimiento de las vías. En casos como éste, se debieron usar otros documentos que permitiesen dar la clasificación de una manera más objetiva. Así es como se obtuvieron los resultados para establecer los rangos de severidades, presentados en los cuadros 19 a 25, tanto en pavimentos flexibles como en rígidos. Las dimensiones planteadas en dichos cuadros representan los umbrales adoptados para la severidad de cada patología, dependiendo de las mediciones tomadas en el campo y que son necesarias para su determinación.

La única limitante que se tiene para la puesta en funcionamiento de estos formatos es el gran requerimiento de personal y tiempo para la evaluación de la red vial nacional, ya que por ser el bacheo un mantenimiento de tipo rutinario, es necesario mantener el estado de los inventarios actualizado, tanto en daños como intervenciones realizadas a lo largo del tiempo. Si esto no se mantiene al día se puede llegar a incurrir en gastos innecesarios a la hora de hacer reparaciones.

Determinación de valores de criterios para bacheo de patologías

Una vez planteadas las dimensiones umbrales que separan las diferentes categorizaciones de severidad, se tiene con base en dos documentos que se indican más adelante, las políticas de intervención de esas patologías mediante bacheo para pavimentos flexibles. Uno de ellos es el Pavement Maintenance Manual del Departamento de Transportes de Nebraska, que se puede observar en el cuadro 8, en donde según el documento, se deberían realizar actividades de bacheo para ahuellamientos con profundidad mayor a 18 milímetros; dicho de otra forma, este rango, casi podría categorizarse como una severidad media para la realización de bacheo en este tipo de daño. Asimismo, el documento contempla el bacheo como método de reparación para ondulaciones, baches/huecos abiertos, corrugaciones y hundimientos.

El otro documento es el que utiliza la Administración a través de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, en la cual, en el anexo III de la misma (ver anexo 4), se establecen las estrategias de intervención para los diferentes deterioros que se pueden llegar a encontrar, tal y como se muestran en el cuadro 9. La licitación sí considera una mayor cantidad de deterioros, difiriendo principalmente en agrietamiento por flujo plástico en condiciones de pobre adherencia entre capas; es decir, en grietas por desplazamiento según lo mencionado en el marco teórico.

Dentro de este documento, que es vigente del año 2009 al 2012, las políticas de intervención se especifican por extensión del deterioro, por lo cual fue necesario dividir el tramo de estudio en 17 secciones, con una longitud aproximada de 500 metros cada una, para establecer así los requerimientos del bacheo.

Por otra parte, para la atención de deterioros de pavimentos rígidos, al no encontrarse documentación nacional que vinculará los tipos de intervención mediante bacheo, como sí lo especifica la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV para los pavimentos flexibles, y no tener documentación a nivel centroamericano, que detalle cuáles patologías pueden bachearse según sean categorizadas,

como los muestra los cuadros 11 y 12 con criterios tomados del manual de la SIECA; se tuvo que adoptar lo que estipula la FHWA tanto para bacheo a profundidad parcial como total (técnicas de bacheo para pavimentos rígidos), lo cual se ejemplifica en los cuadros 13 y 14, en donde, dependiendo del grado de severidad se procede a la escogencia de uno u otro tipo de bacheo.

Patologías encontradas en tramos inspección

El total de las patologías encontradas para el tramo seleccionado de la ruta 219 se exponen en el cuadro 26. En dicho cuadro se observa cómo el área afectada total asciende a 664,73 m² de un área evaluada de 58500m², representando un 1,13% del total del tramo evaluado. Además, como se observa en la figura 56, la patología que mayormente fue encontrada es el cuero de lagarto, con un área afectada de 274,66 m². Este tipo de patología puede darse por diferentes causas, las cuales se mencionan en el Manual de la SIECA, y que son, por ejemplo: deformaciones de la subrasante, oxidación o envejecimiento del asfalto, compactación deficiente de las capas granulares, problemas de fabricación de la mezcla como por ejemplo exceso de mortero (cemento asfáltico + agregado fino). Dichas causas no se dan como un resultado directo de la inspección visual realizada sino que, son asunciones derivadas de los documentos que relacionan esta patología.

Otro de los deterioros que posee un peso importante en el tramo evaluado son las grietas en bloque, con un área afectada de 112 m² aproximadamente, las cuales son causadas por la contracción del concreto asfáltico, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo-deformación. También se tienen los baches/huecos, con un área de afectación similar a las grietas en bloque, y que son derivaciones de otro tipo de deterioros, principalmente el cuero de lagarto.

En cuanto a grietas, principalmente se encuentran las que son transversales (60m²) y longitudinales (95m²), que son consecuencia de grietas reflejadas producto de capas inferiores estabilizadas, rigidización de la mezcla, interfaces entre relleno y corte. Por último, y para completar los 664,73 m² afectados, se tiene la pérdida de

agregado, lo cual puede deberse a contaminación de la superficie de ruedo con productos derivados del petróleo, ya que con estos productos el asfalto puede ser disuelto y se ve afectada la matriz de agregado-cemento asfáltico.

El cuadro 27 muestra las patologías que se encontraron para el tramo seleccionado para la evaluación de pavimento rígido y se observa que el área afectada es de 452,12m² de 16060m² que componen el tramo de evaluación, de esta área afectada el mayor deterioro que se tiene es el de grietas bloque, esto se puede denotar en la figura 59. Las causas de este deterioro pueden ser la repetición de cargas, es decir, una fatiga del concreto, o bien una deficiencia en la base de apoyo. Las grietas transversales, con un área de 180 m², son uno de los deterioros que más se encontraron en el tramo de estudio y dentro de sus posibles causas están el asentamiento de la base, longitud de losa excesiva o bien un aserrado tardío de la junta. Luego se tienen las grietas de esquina, que se originan por asentamientos de la base o por pérdida de apoyo en la base.

La mayoría de las fallas en los pavimentos rígidos ocurren por la fatiga del concreto ante la repetición de cargas, o bien, por un sub diseño en los espesores de la losa que funciona como superficie de ruedo.

Determinación de patologías a bachear y costos asociados

Luego de caracterizados los deterioros de pavimentos flexibles según los cuadros 26 y 27, y estudiadas sus posibles causas; se procedió a establecer cuáles de las patologías encontradas en el pavimento flexible, según criterio del Departamento de Transportes de Nebraska requieren bacheo. Esto se ejemplifica mediante la figura 57: del total de las patologías encontradas, el 44% es necesario intervenirlas mediante bacheo, mientras que al 56% restante debería de aplicársele el tipo de intervención más conveniente, dependiendo del tipo de deterioro y severidad. Ver apéndice 21

Utilizando lo establecido en la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, se tiene que el porcentaje de las patologías que deben ser bacheadas alcanza el 40% (ver figura 58), con lo

cual se puede establecer en cierta medida que algunos de los deterioros encontrados, según el criterio del Departamento de Transporte de Nebraska, no se encuentran contemplados dentro de la documentación que rige para la Administración(ver apéndice 22)

La figura 60 muestra como para pavimentos rígidos, según criterio de FHWA (ver apéndice 23), el 69% de las fallas encontradas necesita de bacheo. Dependiendo del tipo de fallas los requerimientos de bacheo varían; para pavimentos rígidos se tiene, como se especifica en los cuadros 13 y 14, dos tipos: el bacheo a profundidad parcial y el de profundidad total. De las fallas que requieren bacheo se tiene que un 90% deberán repararse a una profundidad parcial, mientras que el restante 10% deberá de bachearse a profundidad total (ver figura 61). Esto implica un mayor incremento en los costos de reparación puesto que las reparaciones a profundidad total implican la colocación de una mayor cantidad de material.

Análisis de costos

Hay que tomar en cuenta que para la valoración de los costos unitarios, tal y como lo establece la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV para la zona 1-7, se parte de la estructura de costos brindada en las ofertas por la compañía encargada de las labores de conservación para la zona de Cartago (ver anexo 7 y apéndice 9).

Sumado a esto se tiene como precio de referencia, el que actualmente emplea el CONAVI para las labores de bacheo, se basa en la utilización de mezcla asfáltica en caliente (MAC), el mismo tiene un precio por tonelada métrica colocada de ₡59.961,76.

Se utilizó como cantidad de referencia, 23090 toneladas; a partir de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV dado que es la mínima cantidad que fue sacada a licitación por el CONAVI para la zona de Cartago. De igual forma se decidió tomar como unidad de medición para el colocado de materiales la tonelada métrica, ya que adoptando una unidad de medición y una cantidad fija, se pudieron realizar los cálculos de los costos unitarios para el uso de los diferentes materiales para realizar actividades de bacheo y poder así brindar una comparación de costos (ver apéndices 9 a 13).

Analizando los costos que derivan de la utilización de otros materiales, para bacheo en pavimento flexible, los cuales se ejemplifican en el cuadro 28, se tiene que al utilizar un concreto asfáltico en frío el costo de la actividad disminuiría en un porcentaje cercano al 20% (aproximadamente ₡12.000 por tonelada). Este ahorro se deriva, principalmente, porque este tipo de mezcla asfáltica se fabrica a una temperatura de entre los 20 y 30 grados Celsius, no asíndose necesario el calentamiento de los agregados.

Las ventajas que este tipo de mezcla ofrece es que se da una reducción de los contaminantes, permite un confort a los trabajadores por la baja temperatura de colocación, además de que puede ser utilizada en sitios donde las temperaturas son relativamente bajas (20°C y 30°C), en vez de la utilización de MAC pues esta podría llegar a perder temperatura de manera rápida, afectando la compactación. Si bien es cierto que el costo de las mezclas asfálticas en frío denotan un ahorro importante, se debe considerar que éstas no deberían usarse en vías sometidas a alto flujo vehicular y por donde transiten muchos vehículos pesados; ya que la durabilidad de este tipo de mezcla es significativamente menor, con lo cual se generarían mayores costos de inversión, pues las reparaciones son más continuas y periódicas. El costo por la utilización de mezclas asfálticas en tibio es muy similar al de utilizar MAC, esto debido más que todo a que el ahorro se da cuando la producción es importante, es decir, la planta tiene una producción alta. El ahorro que este tipo de mezcla provee es básicamente por su forma de fabricación, ya que estas mezclas se realizan a temperaturas relativamente menores a la producción de mezclas en caliente, diferencia que ronda entre los 20°C y 55°C. Una de las formas de producción es mediante el uso de agua que permite que el asfalto se expanda y pueda recubrir de una mejor forma los agregados. La otra forma de fabricar mezcla asfáltica en tibio es mediante el uso de aditivos, con lo cual, en principio, el ahorro por calentamiento del agregado es inferior a que si se estuviese utilizando agua, pero el precio de los aditivos hace que se incremente el precio unitario, ya que el ahorro es apenas un 50% del costo de los aditivos (ver apéndice 11). El uso de estas nuevas tecnologías nace a partir de una necesidad de brindar soluciones ambientales y a

la búsqueda de procesos de pavimentación más efectivos.

Dentro de las ventajas que las mezclas asfálticas en tibio ofrecen están: una mayor trabajabilidad de la mezcla, pues permite flexibilidad en la colocación y la compactación; menores velocidades de enfriamiento, permitiendo distancias más largas de acarreo; reducción de las temperaturas de colocación y compactación en comparación con las temperaturas convencionales. Otra de las ventajas que se ofrecen con el uso de este tipo de mezclas asfálticas es el confort que brinda a los trabajadores, en la colocación y compactación, producto de las temperaturas, relativamente más bajas, con las que se trabaja

Según se puede observar en los cuadros 30 y 31, el costo total de reparación para las patologías encontradas varía según el material utilizado. Las diferencias en el total a invertir en actividades de bacheo según criterio del Departamento de Transportes de Nebraska y la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV ronda en promedio ₡1.500.000,00. Esto debido a una mayor cantidad de patologías que se deberían de bachear según el último criterio mencionado.

Dentro de estos costos generados, se tiene el uso de emulsión de rompimiento rápido del tipo catiónica. Esto debido es para llenar espacios capilares, permitir la adherencia entre capas. El uso de emulsiones de rompimiento rápido es básicamente por el tipo de proyecto que es realizar un bacheo, ya que la vía debe permanecer interrumpida lo menos posible.

Por otra parte se tiene el costo de reparación en pavimentos rígidos, mostrados en el cuadro 29, los cuales se obtuvieron a partir de la unificación de dos criterios. Dicha unificación busca estandarizar un procedimiento similar al del bacheo con MAC, en donde se tiene una actividad que abarca dos procesos distintos.

Para ello se unió lo establecido en los ítems de pago generados a través de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV, los cuales son: demolición de losas (pagada por m²) y el suministro y colocación de concreto (pagada por m³); a partir de estos dos ítems y adoptando la misma cantidad a colocar para bacheo con mezcla asfáltica en caliente (23090 toneladas) se procedió a la transformación de los costos de cada una de estas actividades (ver apéndices 17 y 18), derivando en los costos que se ejemplifican en el cuadro 29.

Estos costos tienden a incrementarse debido al procedimiento de remoción del concreto, pues es un trabajo con cierto grado de complejidad, que si no es realizado adecuadamente puede llegar a dañar las capas subyacentes que dan soporte a la losa. Otra variación importante en cuanto a costos, se da por la cantidad de cemento que se utiliza entre uno y otro tipo de concreto.

Así por ejemplo, se tiene que el costo utilizando CCR es menor puesto que la cantidad de cemento varía en un 3% respecto a un concreto convencional

Otra variación importante en cuanto a costos, se da por la cantidad de cemento que debe ser añadido al tipo Fast-Track. La diferencia de precio entre concreto Fast-Track y CCR ronda el 33%, mientras que utilizando en concreto convencional esta diferencia es de 4% más baja.

Es importante tomar en cuenta que la vía debe ser reabierto lo más pronto posible, y es ahí donde se vuelve más atractivo el uso de concreto Fast-Track o CCR, ya que permiten esa reapertura; mientras que un concreto convencional impide esta facilidad. Este impedimento que genera el uso de concreto convencional se puede ver traducido en afectación económica a una zona en particular, por lo que no solo es conveniente establecer el costo asociado de reparación.

Los cuadros 32, 33 y 34 muestran los costos en que se incurriría eventualmente, al aplicar estos precios, para la reparación del tramo en estudio. Se puede notar que el costo de utilizar concreto convencional (MR 45 kg/cm²) es muy similar al uso de Fast-Track; con la limitante de que no permite la pronta apertura al tránsito.

Análisis técnico

Como el bacheo es la práctica más conocida y común para la reparación de pavimentos, dicha técnica requiere de un gran cuidado y habilidad a la hora de la construcción para que ésta sea duradera. Se analizaron los procedimientos para el bacheo con mezcla asfáltica en caliente, ya que en el país solo se tienen especificaciones para este procedimiento.

En cuanto a la parte técnica, se consideran cinco pasos esenciales para la ejecución del bacheo de una forma correcta, establecidos en Manual de Procedimientos de

Bacheo con Mezcla Asfáltica en Caliente. Los pasos son:

- Delimitación del área dañada.
- Eliminación del área dañada.
- Imprimación con ligante asfáltico.
- Colocación de la mezcla.
- Compactación y acabado final.

La delimitación del área dañada se realiza de acuerdo con lo establecido en el manual, tal y como se observa en la figura 65, ya que se marcan los límites del bache por fuera del área dañada (aproximadamente 30 centímetros) permitiendo asegurar que los materiales adyacentes se encuentran en buen estado.

En caso contrario, el bacheo sería poco duradero y posiblemente se darían filtraciones

hacia la zona de reparación produciendo agrietamiento o desprendimientos en forma prematura. Asimismo la demarcación es rectangular, según lo muestra la figura 65, mientras que la figura 66 revela que los baches no poseen cambios bruscos en su forma, siendo consecuentes con lo que dice el manual consultado y así se hace notar en la figura 67.

El hecho de que los baches no presenten cambios bruscos, es importante para realizar una compactación correcta.



Figura 65. Delimitación del área de bacheo (Autor, 2012)



Figura 66. Forma del área a bachear (Autor, 2012).

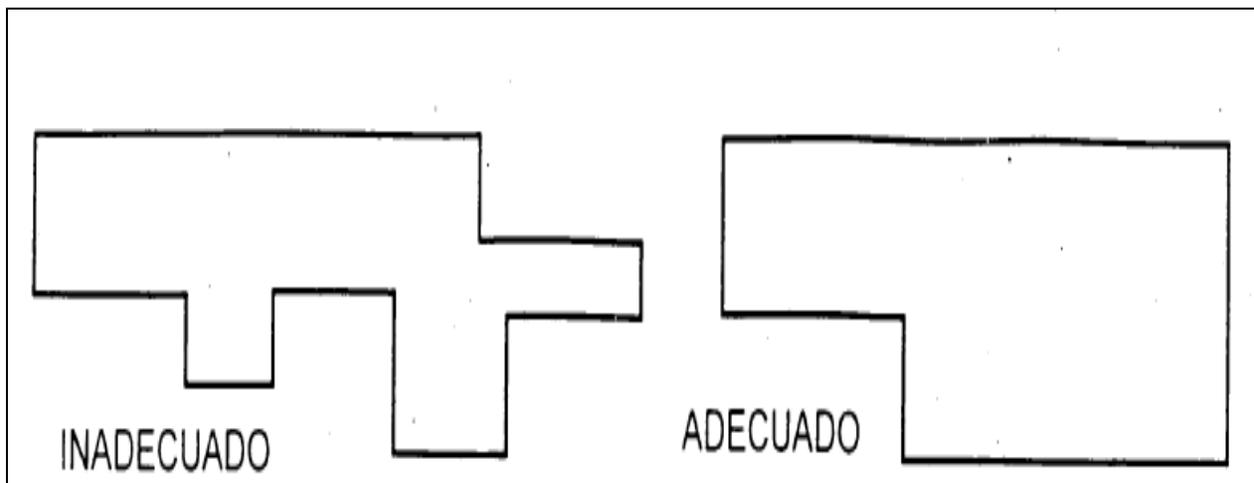


Figura 67. Forma del bache (LANAMME, 1988).

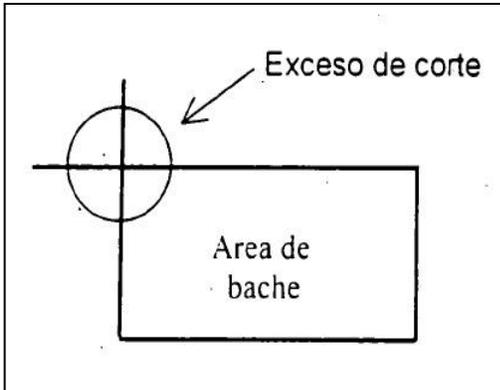


Figura 68. Cortes en área a bachear (LANAMME, 1988).



Figura 69. Cortes en área a bachear (Autor, 2012)

Los cortes que se realizan previos a la extracción del material dañado, se hacen con una sierra (ver figura 69), tratando de no sobrepasar los límites demarcados, puesto que esto hace que la humedad entre a la estructura de sustitución del pavimento que se está reparando. En ocasiones estos cortes, principalmente en las esquinas, son excedidos (ver figura 68), por lo que sucede lo anteriormente mencionado. Se encontró, como se observa en la figura 70, que en ocasiones los bordes son irregulares producto de que el bacheo se realiza en los bordes de la calzada y en rutas con sobrecapas, dificultando así el confinamiento de la mezcla y su posterior compactación.

Estos cortes realizados con sierra únicamente pretenden delimitar el área a remover y provocar una separación entre el pavimento en buen estado y el pavimento que se encuentra dañado, por lo que para remover el área dañada se utiliza un back-hoe (Ver figura 71). Si bien no está del todo erróneo, este procedimiento de remoción puede llegar a dañar los bordes o el fondo del bache.

Otro de los procedimientos para realizar el corte y remoción del área dañada es utilizando perfiladora, lo cual permite quitar el pavimento

dañado hasta una profundidad deseada de manera controlada y uniforme a lo largo del bache (ver figura 72); esta máquina permite tener cortes rectos en los bordes y se evita dañar superficies subyacentes como se puede apreciar en la figura 73. Esta forma de realizar la extracción del material dañado está catalogada dentro de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV como opcional, ya que las especificaciones de la licitación solo hacen referencia a utilizar el back-hoe.



Figura 70. Bordes irregulares en área a bachear (Autor, 2012)



Figura 71. Remoción material dañado utilizando back-hoe (Autor, 2012)



Figura 72.Remoción material dañado utilizando perfiladora (Autor, 2012).

Otra de las situaciones observadas en el procedimiento de bacheo es que, una vez removido el pavimento dañado, el fondo del bache queda con espesores muy variables (ver figura 74) producto de la utilización del back-hoe y con material suelto. En cuanto a la limpieza del bache, ésta se realiza con cepillos y permite eliminar todo el material suelto que dificulte la adherencia entre la capa inferior y la nueva capa de mezcla asfáltica, tal y como se muestra en la figura 75. Otro posibilidad para realizar la limpieza es utilizando una barredora; este tipo de maquinaria permite una mayor eliminación del polvo, pero este procedimiento debe realizarse únicamente si el espesor es uniforme. (Ver figura 76)



Figura 73.Espesores uniformes (Autor, 2012).



Figura 74. Variación de espesores en baches (Autor,2012)



Figura 75.Limpieza manual del bache (Autor,2012).



Figura 76. Limpieza mecanizada de bache.(Autor,2012)

En lo que respecta al ligante o riego de imprimación hay dos maneras de realizarlo: manual y mecanizado. Para el caso manual los trabajadores lo realizan imprimando o pintando el fondo del bache y luego los bordes (Ver figura 77), lo cual es un procedimiento incorrecto, pues causa empozamientos en el fondo del bache (ver figura 78). El procedimiento correcto debe ser

imprimando los bordes primero y luego el fondo para evitar los empozamientos. También el riego de liga debe ser uniforme, tratando de recubrir toda el área del bache, sin dejar espacios sin ligante, puesto que de esto depende la buena adherencia entre la nueva carpeta y la capa subyacente.

Mientras que el mecanizado permite hacer el riego de liga de manera uniforme e imprimir adecuadamente el fondo del bache (ver figura 79), sí se debe tener en cuenta que los bordes deben ser pintados de manera manual

Como se muestra en la figura 80, en caso de darse excesos estos deberán de ser eliminados y las partes sin ligante deberán ser recubiertas.

Esta imprimación del ligante debe hacerse, con la emulsión a una temperatura de al menos 65°C. Esto en uno de los trabajos observados no se cumplía, tal y como lo establece el manual. Se observa en la figura 81, la temperatura del ligante en la tanqueta.



Figura 77. Riego manual de emulsión asfáltica (Autor,2012)



Figura 78. Exceso de emulsión asfáltica (Autor,2012)



Figura 79. Riego mecanizado de emulsión asfáltica (Autor, 2012)



Figura 80. Remoción de exceso de emulsión (Autor,2012)

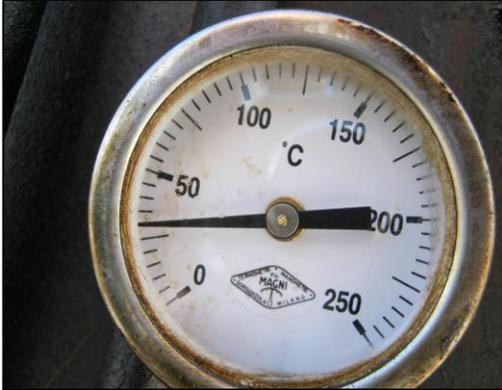


Figura 81. Temperatura del ligante (Autor,2012)

Una consideración importante que debe tenerse en cuenta es que, una vez hecho el riego de emulsión, ésta debe dejarse un tiempo prudencial para que “rompa”, es decir, se evapore el agua que posee dicho ligante. Una característica con la que puede medirse que el agua ha sido evaporada es con el cambio de color que se presenta, pues la emulsión pasa de ser color café a negro, tal y como se observa en la figura 82. El tiempo que debe darse es variable pues en gran medida depende de las condiciones climáticas imperantes el día en que se hacen los trabajos de bacheo y de la hora del día.

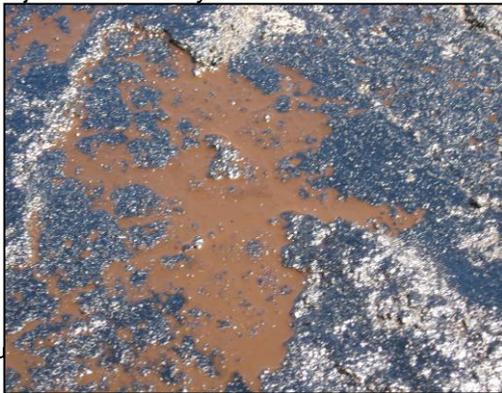


Figura 82. Emulsión de ligante (Autor,2012)

El transporte se realiza en vagonetas con manta, como se observa en la figura 83, lo cual no permite que la temperatura descienda en forma abrupta. Si bien se da cierta pérdida de temperatura en la mezcla, ésta no debe descender por debajo del límite inferior que permite la compactación (110°C), ya que la se volvería difícil. En cuanto a la colocación de la mezcla se debe tener el cuidado de no lanzar la mezcla o dejarla caer por gravedad con alturas superiores a 1 metro, ya que la mezcla puede segregarse ocasionando que se presenten vacíos

por la separación entre los agregados gruesos y los finos al momento de ser compactada.



Figura 83. Vagoneta para transportar la mezcla asfáltica (Autor,2012)

El máximo espesor por colocar, según licitación pública N°. 2009LN-00003-CV, es de tres veces el tamaño máximo del agregado pero no menor a cuatro centímetros; esto básicamente debido a los equipos de compactación con que se cuentan para la actividad de bacheo. Dicha colocación debe ser uniforme y sin dejar zonas con espesores menores, para ello se utilizan rastrillos para no dejar estas zonas con poco espesor, como se muestra en la figura 84.



Figura 84. Colocación de mezcla asfáltica (Autor,2012)

Es importante rescatar que cuando se tienen baches de longitud considerable, lo primero que debe hacerse es esparcir un poco de la mezcla a fin de que la vagoneta, cuando entra en el bache, no contamine o desprenda la emulsión colocada con anterioridad. Uno de los cuidados importantes que se deben tener es la limpieza de los equipos, ya que por ser la mezcla

asfáltica fabricada con un producto derivado el petróleo, se debe usar algún producto similar capaz de disolver el asfalto, puesto que la mezcla tiende a quedarse adherida a los equipos; por ello la limpieza de los equipos debe realizarse fuera de la zona de bacheo ya que podría contaminarse la mezcla. Algo que fue observado es que la limpieza de las herramientas se realiza fuera de la zona del bacheo, pero los equipos no son secados por lo que podría darse una pequeña contaminación.

Para la compactación de la mezcla se constató que la primera pasada se realizó sin la vibración del tambor y luego se compactó en los bordes, tanto longitudinales como transversales (ver figura 85); a una temperatura que rondó los 90°C y 100°C.

Igualmente se definió un tramo de prueba para que sirviese para el cálculo del número de pasadas necesarias para alcanzar la densidad especificada (92%-93% de la densidad máxima teórica). La densidad es revisada cada dos pasadas del compactador como se observa en la figura 86; el peso del compactador vibratorio de rodillo debe ser mínimo de tres toneladas, según la especificación de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV



Figura 85. Procedimiento de compactación (Autor, 2012)



Figura 86. Medición de la compactación utilizando densímetro nuclear (Autor, 2012)

En general, se tiene que los procedimientos realizados son bien ejecutados, sin embargo, pueden mejorarse mediante la actualización en cuanto a los materiales por utilizar y sus ventajas, así como los equipos para disminuir los tiempos de espera para la habilitación de la vía.

Para el caso que se realicen reparaciones en pavimentos rígidos, los procedimientos de remoción del material, transporte y colocación varían con respecto de los de pavimentos asfálticos.

En la parte de la remoción debe, idealmente y cuando se pueda, tratar de remover la losa dañada en una sola pieza, como se muestra en la figura 87. Otra forma de realizar la remoción del material dañado es por medio del uso de un martillo neumático, pero esto no es lo más recomendable pues, se pueden dañar las capas subyacentes de la estructura, este procedimiento se ejemplifica en la figura 88.



Figura 87. Remoción de material en pavimentos rígidos. (FHWA, 2012)



Figura 88. Remoción de material en pavimentos rígidos.



Figura 89. Camión mezclador

El transporte del material depende del tipo de concreto que se quiera utilizar pues si es un concreto de alta resistencia inicial (Fast-Track) debe ser transportado en camiones mezcladores (“chompipas”), como se muestra en la figura 89.

Para el caso de usar CCR el transporte debe realizarse en vagonetas de volteo según se puede observar en la figura 90, debido a que este tipo de concreto es muy similar a un suelo.

La colocación y compactación cuando se utiliza concreto varía un poco, según el tipo de material que se use. El vibrador debe ser usado para el concreto tipo Fast-Track, para reducir los vacíos en la mezcla. Para CCR se utiliza compactador de rodillo vibratorio, como se observa en la figura 91, al igual que en mezcla asfáltica en caliente, pues su comportamiento se asemeja al de un suelo más que un concreto.

El acabado de este tipo de superficies es otra de las consideraciones que se deben tener en cuenta, pues este tipo de material tiende a sufrir de contracciones y dilataciones por efecto de la temperatura, por lo cual deben realizarse juntas expansibles que permitan estos movimientos, así como el texturizado de la superficie, a fin de que no sufra agrietamientos.

Otro aspecto importante de considerar en el uso de concreto Fast-Track, es que dependiendo del tiempo de fraguado, el curado debe darse en las primeras horas de colocado, pues pueden llegar a darse microfisuras producto de las contracciones del concreto. Otra de las formas de controlar las microfisuras, es mediante el uso de microfibras.



Figura 90. Vagoneta de Volteo



Figura 91. Compactación de concreto tipo CCR (ICCYC, 1995)

Conviene rescatar que, aparte de estos procedimientos que varían en las actividades de bacheo, es importante tomar en cuenta los siguientes factores: tiempo de trabajabilidad que varía entre 3 y 4 horas (dependiendo si se tiene o no tráfico vehicular), temperatura interna del concreto (debe ser entre 12°C y 32°C) y por supuesto las condiciones climáticas de la zona al

momento de la colocación, ya que al igual que en el concreto convencional hay que cuidar la evaporación del agua, para que no se produzca una fragua acelerada, una vez colocado, y por ende fisuramientos por contracción. Otro aspecto por considerar es el tipo de pavimentos rígidos que se tiene, pues éste puede necesitar de barras de transferencia o bien de acero de refuerzo en toda su extensión.

Conclusiones

Para el tramo seleccionado de pavimento flexible el cuero de lagarto es la mayor patología encontrada con un porcentaje de 0,49%, seguido de huecos/baches abiertos y grietas en bloque con 0,20%; grietas longitudinales y grietas transversales con 0,16% y 0,11% respectivamente.

Que la patología del tipo cuero de lagarto sea la de mayor peso porcentual, para el tramo de pavimento flexible, implica que a patologías como grietas no se les realizan trabajos correctivos a tiempo, desencadenando en esta patología y por ende en mayores gastos en cuanto a bacheo.

Las grietas en bloque son las que más afectan al tramo de pavimento rígido con un porcentaje de 1,25% seguidas por las grietas transversales (1,13%), producto de no realizar trabajos de mantenimiento ante las primeras muestras de patologías.

El uso de mezcla asfáltica en frío para bacheo en pavimento asfáltico representa un ahorro aproximado del 20%, en comparación con las mezclas asfálticas en caliente, pero su uso debe ser valorado, pues las reparaciones tienden a ser poco durables y puede llegar a significar un costo económico mayor.

La herramienta desarrollada permite una inspección visual de los pavimentos logrando determinar y categorizar las patologías encontradas con base en los diferentes parámetros establecidos, de manera cuantitativa

La herramienta ayuda con la determinación de las patologías que necesitan ser bacheadas y asocia un costo de reparación con base en la utilización de diferentes materiales (mezclas asfálticas en caliente, en tibio, frías, CCR y concreto Fast-Track), tanto en pavimento rígidos como flexibles.

El uso de la herramienta debe de complementarse con estudios que permitan

conocer si el daño se da en algunas de las capas por debajo de la superficie de ruedo o solo se da en esta; para determinar la mejor forma de intervención.

Las técnicas empleadas para el bacheo pueden mejorar con la utilización de equipos, tales como perfiladoras y compactadoras de oscilación-vibración, que permitan realizar los trabajos de una forma más eficiente, siempre que las áreas a reparar sean de un tamaño considerable que valide la utilización de estos equipos.

Realizar inspecciones detalladas del estado de pavimento en cuanto a patologías, a fin de conocer los requerimientos de intervención a nivel de proyecto para las vías del país y poder realizar programas de trabajo adecuando los presupuestos.

El bacheo no debe tomarse con una solución técnica a todos los problemas (patologías y otros)

Recomendaciones

Realizar especificaciones para las ejecuciones trabajos de bacheo en donde se utilicen concretos hidráulicos, para pavimentos rígidos.

Realizar tramos de prueba en diferentes zonas del país, en donde se pueda estudiar la durabilidad de las reparaciones de bacheo realizadas con diferentes materiales.

Hacer uso de sistemas de información que permitan planear y clasificar la programación de las actividades de conservación vial, a fin de que se de una mejora continua y se puede enriquecer la inversión en las vías del país.

Realizar un plan de administración de pavimentos (gestión), donde se establezca la periodicidad de la inspección visual de pavimentos, que permita la retroalimentación continúa de las patologías y sus respectivas obras de mantenimiento.

Valorar el uso de asfaltos reciclados, no solo para actividades de bacheo, sino también para construcciones, rehabilitaciones y reconstrucciones de vías.

Establecer estrategias de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción para pavimentos rígidos.

Para preservar el pavimento debe realizarse un mantenimiento rutinario, no solo del pavimento, sino de todos los elementos que componen la vía (cunetas, alcantarillas, puentes, etc.).

Utilizar el índice de condición del pavimento (PCI), en conjunto con IRI (índice de rugosidad internacional), FWD (deflexiones), GRIP (resistencia al deslizamiento) para determinar el estado del pavimento.

En caso de realizar reparaciones urgentes o temporales (bacheos) utilizar mezclas asfálticas en frío; pues representaría un ahorro significativo para la administración en vez de usar mezclas

asfálticas en caliente, siempre que exista una programación adecuada para una pronta reparación que permita una mayor durabilidad.

Cuando se utilice concreto Fast-Track para bacheo, debe de tenerse especial cuidado en la reparación a fin de que no se den fisuramientos por el rápido fraguado que presenta este tipo de material.

A partir de la herramienta desarrollada se puede plantear el proyecto que permita vincular otros tipos de mantenimiento preventivo que permita ahorrar recursos al CONAVI.

A partir de la hoja electrónica desarrollada tipos software de mantenimiento de pavimentos que permita consultas a través de la red.

La herramienta desarrollada para este proyecto debe ser utilizada por personal con conocimiento técnico, para garantizar que la inspección visual se realiza de manera cuantitativa.

Realizar estudios que permitan estimar los costos de fabricación, no solo de las técnicas de bacheo que no se utilizan en el país sino que se abarque todos los métodos desarrollados en este proyecto, a fin de tener una mejor aproximación de los precios que vayan a ser ofertados.

Referencias

Arce, M.; Castro, P. y Rodríguez, M.1998. **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE BACHEO CON MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**. San José. LANAMME., Contratista de Obras, S.A, 327p.

Bañón, L. y Beviá, J. 2000. **MANUAL DE CARRETERAS TOMO II: CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO**. Alicante. Editorial Enrique Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A, 327p.

Castro, P. 2012. **MEZCLAS ASFALTICAS EN FRÍO**. Cartago ITCR. Comunicación personal.

Federal Highway Administration (FHWA). 2010. **DISTRESS IDENTIFICATION MANUAL FOR THE LONG-TERM PAVEMEN PERFORMANCE PROGRAM**. 165p.

Federal Highway Administration (FHWA). 1999. **MANUAL OF PRACTICE: MATERIAL AND PROCEDURES FOR REPAIR OF POTHLOES IN ASPHALT-SURFACED PAVEMENTS**. 73p.

Fernández, S. 2012. **MEZCLAS ASFÁLTICAS EN TIBIO**. Cartago ITCR. Comunicación personal.

Garber, N. y Hoel, L. 2005. **INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y CARRETERAS, 3ra edición**. México. Cengage Learning Editores, S.A, 1170p.

González, C. 1997. **MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO**. Informe de trabajo de graduación. Escuela de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. 66p.

Instituto del Asfalto. 1973. **MANUAL DEL ASFALTO**. España. Ediciones Urmo, 477p.

Instituto del Asfalto. 1970. **EL ASFALTO EN EL MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS**. San José. 151p.

Jiménez, M; Sibaja, D y Molina, D. 2009. **MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EN COSTA RICA, CONCEPTOS, ENSAYOS Y ESPECIFICACIONES**. Infraestructura Vial N° 21 LANAMME. Costa Rica No 18-29p.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1980. **MANUAL PARA ADIESTRAMIENTO DE INSPECTORES DE OBRAS VIALES**. San José. 124p.

Monge, J; Uloa, A y Badilla, G. 2008. **DETERMINACIÓN DE FACTORES CAMIÓN EN PAVIMENTOS DE COSTA RICA**. Infraestructura Vial N° 19 LANAMME. Costa Rica No 28-37p.

Muñoz, T. 2002. **APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA GESTIÓN Y CONTROL DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN EN LA RED VIAL DE COSTA RICA**. Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería, Universidad de Costa Rica. 108p.

North Carolina Department of Transportation (NCDOT). 2010. **PAVEMENT CONDITION SURVEY MANUAL**.

Northwest Pavement Management Association **PAVEMENT SURFACE CONDITION FIELD RATING MANUAL FOR ASPHALT PAVEMENTS**.

Oregon Department of Transportation (ODOT). 2010. **PAVEMENT DISTRESS SURVEY MANUAL**.

Proyecto MOPT/GTZ 1998. **CONSERVACIÓN DE CAMINOS: UN MODELO PARTICIPATIVO**. San José Litografía e Imprenta LIL, S.A.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). 2010. **MANUAL**

CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial.

Solano, J. 2010. **BACHEO DE VÍAS UTILIZANDO CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.** Ingenieros y arquitectos Ed. 240. CFIA. Costa Rica No 26-27p.

Solano, L. 2012. **BACHEO CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.** San José ICCYC. Comunicación personal.

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2006. **MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2006. **MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.**

Visita a la página web, el día 16 de mayo del 2012. <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/full1.cfm#table1>.

Apéndices

La sección de apéndice se encuentra compuesta por los siguientes documentos:

1. Herramienta para el levantamiento de patologías en pavimentos flexibles.
2. Herramienta para el levantamiento de patologías en pavimentos rígidos.
3. Portada hoja electrónica desarrollada para registro de patologías.
4. Caracterización de vía hoja electrónica desarrollada para registro de patologías.
5. Registro de patologías de pavimentos flexibles de hoja electrónica desarrollada.
6. Registro de patologías de pavimentos rígidos de hoja electrónica desarrollada.
7. Informe de patologías de pavimentos flexibles de hoja electrónica desarrollada.
8. Informe de patologías de pavimentos rígidos de hoja electrónica desarrollada.
9. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento flexible usando mezcla asfáltica en caliente.
10. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento flexible usando mezcla asfáltica en tibio.
11. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento flexible usando mezcla asfáltica en frío.
12. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento flexible usando concreto compactado con rodillo.
13. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento flexible usando concreto Fast-Track.
14. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento rígido usando concreto Fast-Track.
15. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento rígido usando concreto compactado con rodillo.
16. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento rígido usando mezcla asfáltica en caliente.
17. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento rígido usando mezcla asfáltica en tibio.
18. Estructura de costos para actividad de bacheo en pavimento rígido usando mezcla asfáltica en frío.
19. Inventario patologías de pavimentos flexibles.
20. Inventario patologías de pavimentos rígidos.
21. Categorización y costos de bacheo asociados a pavimentos flexibles a criterio del Departamento de Nebraska.
22. Categorización y costos de bacheo asociados a pavimentos flexibles a criterio de la licitación pública N°. 2009LN-000003-CV.
23. Categorización y costos de bacheo asociados a pavimentos rígidos a criterio FHWA.

Anexos

La sección de anexos se encuentra compuesta por el siguiente documento, el cual ayudó a la realización del proyecto:

1. Programa de trabajo de I Trimestre 2012 (Enero-Marzo).
2. Programa de trabajo de II Trimestre 2012 (Abril-Junio).
3. Corrective Maintenance, Pavement Maintenance Manual (NDOR).
4. Matriz para asignación de estrategias de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción vrs. tipo, nivel y severidad del deterioro.
5. Reparaciones en losas de concreto hidráulico. (SIECA)
6. Full-Depth Repairs (FHWA).
7. Memoria de cálculo Oferta Económica para Bacheo con mezcla asfáltica en caliente, para la zona 1-7 Cartago licitación pública N°. 2009LN-00003-CV.
8. Fórmula de trabajo de diseño de mezcla asfáltica tamaño máximo nominal de 12,5 mm designación 401 (2) Planta de mezcla asfáltica Grupo Orosí Siglo XXI No Informe 361-2011.
9. Recomendación de la AASHTO, en función de las cargas de diseño.
10. TPD para ruta 219, MOPT.
11. Memoria de cálculo Oferta Económica para Demolición de losas, para la zona 1-7 Cartago licitación pública N°.2009LN-00003-CV.
12. Memoria de cálculo Oferta Económica para Suministro y colocación de concreto de MR 45kg/cm², para la zona 1-7 Cartago licitación pública N°.2009LN-00003-CV.
13. Presupuesto aproximado de materiales para CCR.
14. Comparación de Costos entre concreto MR-45 kg/cm² y concreto Fast-Track.
15. Diseño de pavimento con losas cortas.
16. Mapa estrategias de intervención para la zona 1-7, Cartago.

17. Determinación de los factores camión para pavimentos de Costa Rica.