

Propuesta de análisis del trabajo de conservación vial CONAVI – ICE con base en el empleo de una herramienta de evaluación aplicada en las rutas nacionales 224 y 225

Ing. Sebastián Arias Chacón (Costa Rica)
sach_cr@yahoo.com

Ing. William Pérez Porras (Costa Rica)
willypp18@gmail.com

Resumen

El presente artículo versa sobre la propuesta de proyecto de conservación vial conjunta a nivel interinstitucional desarrollado para el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) aplicado a las rutas nacionales 224 (tramo 0+000 – 9+600, en sentido Paraíso – Represa de Cachí) y 225 (tramo 0+000 – 11+500, en dirección Represa de Cachí – El Congo). Con el fin de agilizar la gestión entre ambas instituciones, se desarrolló una herramienta para el inventariado, evaluación y generación de propuestas de intervención. Dicha herramienta logró mejorar significativamente la implementación de criterios técnicos para la elaboración de un plan de conservación vial de acuerdo a los términos negociados entre CONAVI e ICE, de manera que se vislumbra la posibilidad de su implementación en futuros proyectos similares.

Palabras claves: CONSERVACION VIAL, INVENTARIO, EVALUACION

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de ingeniería de carreteras involucran múltiples fases: planeamiento, diseño, construcción, operación. Cada fase presenta una gran complejidad e interdisciplinariedad, pero es la etapa de operación aquella que se prolonga durante un mayor tiempo (su duración corresponde a la vida útil del proyecto). Para garantizar el buen funcionamiento de una carretera a lo largo del tiempo, existe una serie de labores de mantenimiento y reparación de las estructuras englobadas bajo el nombre de “conservación vial”. Para el caso específico de Costa Rica, la conservación de las vías nacionales está a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Dicha instancia cuenta con una gran cantidad de proyectos, los cuales absorben más del 50% del presupuesto de la institución. Al tener una participación tan acentuada en cuanto a la inversión de toda la entidad, es de suma importancia la investigación e implementación de nuevas metodologías que colaboren en la administración de los recursos destinados a la conservación vial.

En algunas ocasiones, los proyectos de otras instituciones públicas (no necesariamente involucradas en el ámbito de las carreteras) abarcan intervenciones en vías nacionales, por lo cual se recurre al CONAVI para adquirir convenios o gestionar labores conjuntas que permitan maximizar los recursos con el fin de que se logren alcanzar los objetivos en común. Este es el caso de las rutas nacionales 224 y 225 (ver Figura 1), las cuales están comprendidas dentro de la zona de influencia del Proyecto de Modernización y Ampliación de Planta Hidroeléctrica Cachí (PMAC) del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Dichas rutas, utilizadas principalmente para fines de turismo rural y actividades agrícolas de bajo volumen, se encuentran actualmente bajo el constante tránsito de maquinaria pesada proveniente del PMAC (vagonetas con material de acarreo, piezas electromecánicas de la central eléctrica, entre otros); razón por la cual el ICE adquirió un compromiso con las comunidades aledañas y con el CONAVI para llevar a cabo intervenciones que subsanen el deterioro vial que implica su proyecto.



Figura 1. Rutas Nacionales enmarcadas dentro del área de influencia del PMAC (224 en verde y 225 en rojo)(Fuente: Google Earth)

Con el fin de mejorar la gestión conjunta entre ambas partes, se planteó como objetivo la elaboración de un sistema que permita evaluar el estado actual de la vía y, a partir de ello, decidir cuáles acciones de intervención son necesarias, así como los costos asociados a las mismas.

Es importante recalcar que el período de este estudio fue entre enero a junio del 2012, por lo tanto no contempla la modificación del tramo (ni ningún hecho que aconteció) comprendido sobre las cercanías del punto conocido como: “Salto de la Novia” en el que ocurrió una serie de derrumbes que obligaron por decisión conjunta entre la Municipalidad de Paraíso, Comisión Nacional de Emergencia (CNE), y el CONAVI al cierre del mismo en el pasado mes de agosto del 2012 aproximadamente; debido a que existía un peligro latente para los usuarios de la ruta por caída de material, además de que no existía forma de ampliar la ruta sin que eso considerara un impacto para la población aledaña.

DESARROLLO

En materia de inventariado vial en Costa Rica, la referencia con que se cuenta es la “Hoja de inventarios para caminos” y la “Hoja de inventario para puentes”, las cuales forman parte del “Proyecto de asistencia técnica para la planificación del transporte” (1979) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). En la primera hoja se reporta: pasos de alcantarilla, ubicación de puentes, intersecciones con otras rutas, puntos de referencia (parques, escuelas, iglesias, entre otros), límites cantonales, cambios en superficie de ruedo, deslizamientos adyacentes a la vía y demás información que el inspector considere pertinente para el inventario.

La principal debilidad de este sistema radica en que abarca una cantidad excesiva de elementos, lo cual deja poco espacio para el detalle de la información propia de cada estructura. En segunda instancia se determinó que hay una confusión entre las labores de inventariado, inspección y propuestas de intervención para las estructuras, además de que éstas están sujetas mayoritariamente a un criterio subjetivo por parte del inspector.

Siendo este mecanismo el que se emplea actualmente a nivel nacional, se dictaminó de inmediato la necesidad de crear una nueva herramienta para la gestión de la conservación vial. El diseño del sistema se hizo apegado a las siguientes consignas:

- Especialización de los formularios para cada tipo de estructuras¹.
- Separación de tres fases principales: inventario, inspección y propuestas de intervención.
- Preferencia de criterios técnicos y objetivos para la obtención de resultados.
- Implementación de tecnologías de georeferenciación.

A partir del primer punto se desarrolló una serie de formularios que atendieran la descripción detallada de la configuración geométrica de las estructuras, así como a una medición detallada de los daños encontrados en las mismas (naturalmente, ambos rubros son específicos para cada tipo de estructura inspeccionada). Para evitar la elaboración de cálculos durante las inspecciones de campo, las mediciones se planearon de la forma más sencilla posible, de manera que el inspector tenga que reportar únicamente longitudes y áreas.

Los nuevos formularios propuestos se diseñaron para que todos los datos se ingresaran en un sistema integrado, que se encargara de llevar a cabo todos los cálculos necesarios para la obtención de los resultados de forma expedita durante las giras. Dado que la definición de rangos cuantitativos de severidad escapa a los alcances de la investigación, se planteó adicionalmente la posibilidad de predeterminedar los criterios de evaluación de las estructuras, de manera que a los resultados mencionados anteriormente se les asigne una severidad: “nula”, “baja”, “media” o “alta”, según sea el caso acorde a lo estipulado previamente por autores como: Coronado (2000), Durán (2000), y Patiño et al (2006). Esto permite al ingeniero encargado del proyecto priorizar las intervenciones en las estructuras, tomando como criterio que en aquellas con mayor severidad sean las que las labores de reparación o mantenimiento se vean más urgentes.

Finalmente, se definió que el ingeniero de proyecto contará con la información suficiente para tomar decisiones correspondientes al tipo de intervención sobre las estructuras que comprende el proyecto. En general, se

¹ Las estructuras contempladas fueron: alcantarillas, cunetas, obras de retención, pavimentos y señalización vertical y horizontal

presentan en el sistema tres posibilidades: dejar la estructura tal y como está, repararla con labores de mantenimiento, o bien, sustituirla por una nueva. Es importante mencionar que, en el caso de que se decida intervenir la estructura con tareas de mantenimiento, el sistema de cálculo llevará a cabo una vinculación directa entre los resultados provenientes de la información de campo y los volúmenes de trabajo necesarios para reparar los daños reportados (obstrucciones, revestimientos, sellados de grietas, entre otros). Asimismo, en caso de planear una sustitución de la estructura, el sistema calculará los materiales necesarios para construir una nueva.

Todas las cantidades de trabajo y materiales fueron vinculadas a los renglones de pago que se manejan en los contratos de conservación vial que celebra el CONAVI con las empresas privadas; de esta forma se logra la elaboración de un presupuesto de acuerdo con el listado de precios unitarios de los contratos vigentes. Con la definición previa de cuáles renglones de pago se encargará cada una de las partes involucradas, se hará posible lograr la repartición del presupuesto que se lleva a cabo también de forma inmediata.

RESULTADOS

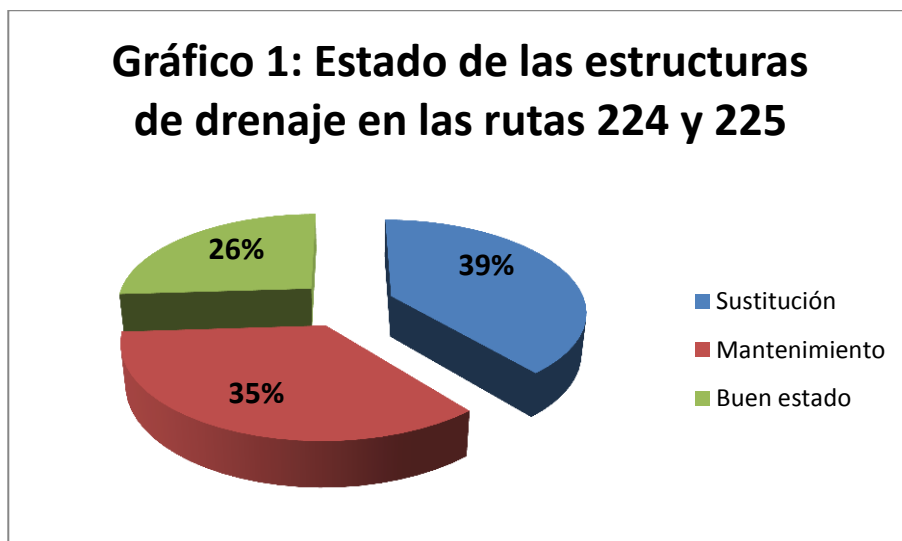
Como bien se mencionó al inicio, el sistema se implementó en las rutas nacionales 224 y 225 para la gestión interinstitucional entre el CONAVI y el ICE. Como parte del inventario, se registra en el Cuadro 1 para ambas rutas la siguiente cantidad de estructuras (se estudió una longitud total de aproximadamente 20 km; lo cual corresponde a las rutas de acarreo y transporte de maquinaria del proyecto):

Cuadro 1. Tipos y cantidad de estructuras inventariadas

Estructura	Cantidad
Alcantarillas	22
Cunetas	52
Daños en pavimento*	25
Estructuras de retención	8
Señales verticales	29

*Los daños en pavimentos registrados corresponden únicamente a la ruta 224, pues en la 225 estaba ya propuesto una intervención mayor, fuera del ámbito de ésta evaluación.

A las estructuras de drenaje menor se les efectuó una revisión de la capacidad hidráulica, pues se quiso comprobar si su funcionamiento se adapta a las condiciones actuales de escorrentía. Para ello se ubicó (mediante las coordenadas geográficas de cada estructura) su localización exacta, utilizando el software Google Earth. Se aprovechó también la información topográfica del software y, en combinación con las funciones de análisis hidrológico del AutoCAD Civil 3D, se determinó el área tributaria de cada estructura; con lo cual se obtuvo finalmente el caudal de escorrentía de acuerdo con el Método Racional. Para aquellas estructuras con una capacidad menor a la requerida se propuso llevar a cabo una sustitución, mientras que para el resto se planteó que fuesen intervenidas con labores de mantenimiento (limpieza y/o reparaciones). Asimismo, se propuso la construcción de nuevas cunetas y alcantarillas donde se considerase necesario. Lo anterior se resume en el Gráfico 1:



La mayor deficiencia hallada en materia de drenaje fue en la ruta nacional 224 debido a la falta de drenaje longitudinal, pues apenas un 12% de su longitud cuenta con cunetas. En cuanto al drenaje transversal, se notó una tendencia a la acumulación de daños por obstrucción con severidades altas en la sección más plana de su longitud (entre los estacionamientos 7+850 y 9+550); con ello se tiene claro que este tramo requeriría de limpiezas con mayor periodicidad que el resto.



Figura 2. Áreas provistas y carentes de drenaje longitudinal en la ruta 224
(Fuente: Google Earth, con intervenciones del autor)

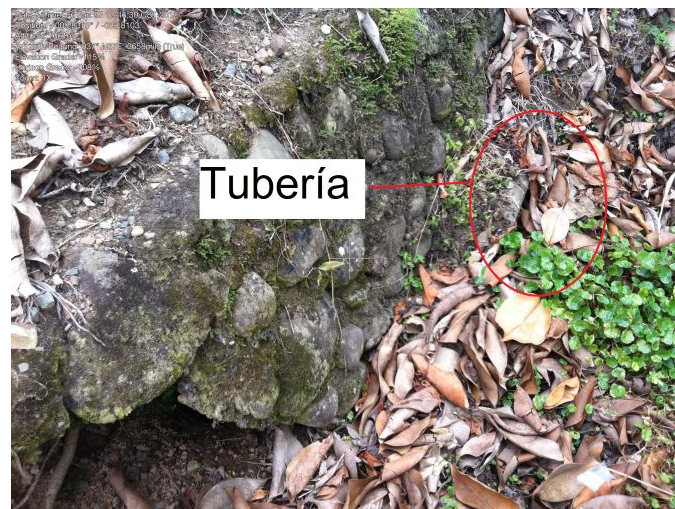


Figura 3. Ejemplo de alcantarilla con obstrucción de severidad alta en la ruta 224
(Fuente: Autor)

Por su parte, la ruta 225 presenta mucha más cobertura en cuanto a drenaje longitudinal se refiere, pues el 78% de su longitud se encuentra cubierto con cunetas. La situación es así de favorable para esta ruta debido a que es en ella donde la mayor parte de las intervenciones por parte del ICE han sido ejecutadas. Todas las cunetas nuevas que se han construido hasta la fecha como parte del acuerdo cumplen satisfactoriamente con las condiciones hidrológicas y estructurales esperadas. A diferencia del drenaje longitudinal, el transversal sí presenta bastantes deficiencias; esto debido a que, tras llevar a cabo el estudio de escorrentía a través de la vía, se evidenció una seria deficiencia en cuanto al número de alcantarillas necesarias. En total, se requiere de la construcción de 24 estructuras nuevas.



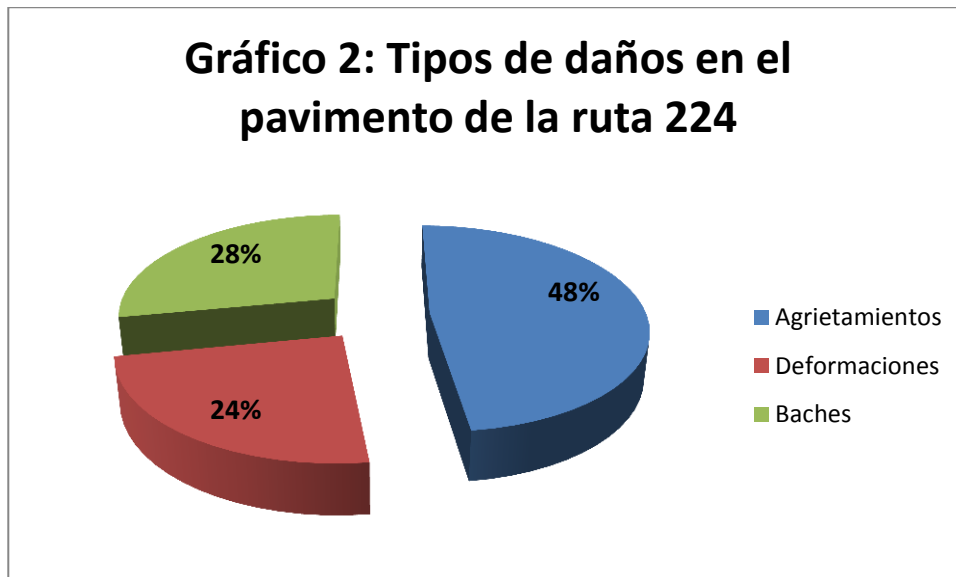
Figura 4. Cuneta recientemente construida por el ICE en buen estado y con capacidad hidráulica adecuada en la ruta 225 (Fuente: Autor)

Como bien se detalla en el Cuadro 1, el estudio de fallas en pavimentos se llevó a cabo únicamente para la ruta 224; esto debido a que en la ruta 225 ya se tenía planteado la posibilidad de efectuar un recarpeteo, el cual consistiría en un perfilado de 3 cm y en el colocado de una capa asfáltica de 6 cm de espesor. Siendo así, se encontró que en la ruta 224 el 61% de los daños en pavimentos se clasifican en severidad alta y el 39% restante en severidad media. Los daños más representativos son cuero de lagarto, grietas transversales, hundimientos y baches. El cuero de lagarto ocurre principalmente por fatiga producto de constantes esfuerzos de tensión y una consecuente deformación en la subrasante; lo cual parece coincidir con la situación actual de la ruta, pues el proyecto del ICE implica un alto y constante flujo de vehículos pesados. Por otra parte, las grietas transversales y longitudinales ocurren ya sea por defectos constructivos (mala compactación en las juntas) o por un mal confinamiento del paquete estructural. Recuérdese que las cunetas funcionan como elementos confinantes de las capas de la estructura de pavimento y, si se recurre nuevamente a la Figura 2, es posible

comprobar la relación directa entre la carencia de drenajes longitudinales en la ruta y la aparición de grietas lineales.



Figura 5. Ejemplos de cuero de lagarto (izquierda) y deformación por hundimiento (derecha) en la superficie de rodamiento de la ruta 224.
(Fuente: Autor)



Con respecto al estado de las estructuras de retención, debe mencionarse que se encuentran en buen estado. El único daño encontrado fue la presencia de corrosión en la malla metálica de uno de los muros de gaviones (precisamente era el único que no contaba con protección de PVC en su malla); sin embargo, no se notó que aún comprometiera la integridad de la estructura.



Figura 6. Daño por corrosión en la malla metálica de un muro de gaviones en la ruta 225.
(Fuente: Autor)

La señalización vertical de ambas rutas cumple a cabalidad con el criterio de uniformidad, es decir, sus colores corresponden al tipo de mensaje que emiten (colores anaranjado y negro para prevención de obras, amarillo y negro para prevención, etcétera). A pesar de ello, la gran mayoría requiere de una reubicación, pues el claro horizontal (distancia medida desde el borde de la calzada hasta el extremo de la señal) es menor al mínimo permitido.

En cuanto a la señalización horizontal, la ruta 224 presenta un serio faltante en este aspecto. Se encontró que únicamente un tramo de 1 km de longitud cuenta con una línea de centro, mientras que las líneas de borde son inexistentes. La ruta 225 posee una mejor situación, pues se encuentra totalmente cubierta por demarcación horizontal y con grosores de línea dentro del rango establecido por SIECA. La mayor falencia encontrada en la ruta 225 se refiere a la colocación de los elementos tipo captaluz, cuyas separaciones son bastante azarosas, y al parecer, sin un patrón definido (se encontraron separaciones desde un metro hasta pocos centímetros).



Figura 7. Captaluces colocados de forma adyacente en la ruta 225

Como última etapa se procedió a elaborar una propuesta que contemplara el presupuesto de todas las intervenciones recomendadas a raíz de los resultados anteriormente descritos. Tal y como se indicó al inicio, los resultados se relacionaron directamente con los ítems de pago de los contratos de conservación vial administrados por CONAVI. Con el listado de costos completo, se procedió a repartir los aportes según lo expuesto entre ambas instituciones durante las reuniones de trabajo, en el cual el ICE estaría a cargo de intervenir estructuras de drenaje (cunetas y alcantarillas) y CONAVI el resto. El capital necesario para intervenir las rutas es de \$1440 millones, de los cuales el ICE aportará un 23% y el CONAVI un 77%.

Conclusiones

Con respecto a la ruta 224 se enuncian las siguientes conclusiones:

- Existe una seria deficiencia en cunetas (88,4% de la longitud de la ruta carece de drenaje longitudinal), lo cual genera un sobrecargo en las pocas existentes. Además, esto desprotege el paquete de la estructura de pavimento y aumenta la generación de baches.
- El 67% de las alcantarillas posee una capacidad mucho menor a la requerida, lo cual conllevaría a realizar 12 sustituciones.

- Dada la configuración topográfica tan plana del tramo 7+850 – 9+550, la cual vuelve un factor preponderante de las grandes obstrucciones presentes en los drenajes transversales existentes.
- 60 % de los daños en el pavimento de la ruta están asociados a un alto tránsito de cargas vehiculares pesadas, provenientes del proyecto del ICE. Además, en el tramo 1+440 – 5+870 las fallas se agravan por la tendencia natural del terreno al deslizamiento.
- La señalización vertical cumple con el criterio de uniformidad, sin embargo, las 10 señales registradas requieren de una reubicación.
- Existe una seria deficiencia en cuanto a señalización horizontal. Apenas un 12% de la vía cuenta con una línea de centro, la cual está en muy mal estado.

Por otra parte, de la ruta 225 se concluye los siguientes aspectos:

- 35% de las cunetas existentes presentan daños de severidad alta por agrietamiento, desgaste e, inclusive, destrucción de la superficie. Esto aumenta el riesgo de filtraciones de agua hacia las capas estructurales del pavimento.
- De las 34 alcantarillas existentes, un 40% requiere de una sustitución debido a la insuficiencia de su capacidad con respecto al caudal determinado.
- A pesar del gran número de alcantarillas, la ruta demanda de la construcción de 24 nuevas estructuras de drenaje transversal.
- Las estructuras de retención se encuentran en buen estado. La gran mayoría presenta protecciones adecuadas. Únicamente en uno de los muros de gaviones se aprecia un inicio de corrosión en la malla.
- 90% de las señales verticales requieren reubicación.
- Los elementos tipo captaluz están colocados de una forma muy irregular y no acorde con la norma.

Sobre el presupuesto elaborado para la intervención en ambas rutas se destaca que:

- La inversión total asciende al monto de aproximadamente ₡1440 millones.
- El ICE se encargaría en un principio de un 23% del presupuesto (enfocado a la intervención de estructuras de drenaje), mientras que el aporte del CONAVI corresponde al 77% restante.
- Finalmente, se debe mencionar que el ICE ha contribuido mediante señalización y otros dispositivos a la seguridad en la vía, a raíz de las labores del proyecto.

Recomendaciones

A continuación se muestra una serie de recomendaciones que derivan de la investigación desarrollada:

- En cuanto a los proyectos de conservación vial por gestión conjunta, se recomienda el uso de un sistema de inventariado y evaluación en común; de esta manera se agilizaría la asignación de responsabilidades, cantidades de trabajo y presupuesto. Además, debe mencionarse la necesidad de documentar y detallar por escrito todas las etapas del proyecto (planeamiento, diseño, ejecución, operación), con el fin de darle un seguimiento a futuro de una manera mucho más ágil y en vista de una mejora continua de los procesos.
- Priorizar los proyectos relacionados con cunetas y alcantarillas, concentrándose en los puntos donde la vía se encuentra desprovista de drenaje. Es importante que se lleve una revisión y actualización periódica de las condiciones de esorrentía de las áreas que tributan sobre las estructuras.
- Intervenir rápidamente las alcantarillas con códigos A-CC-224-6 (ubicada en la estación 5+740 de la ruta 224) y A-CC-225-20 (ubicada en la estación 7+470 de la ruta 225).
- Aumentar la frecuencia de las limpiezas en las alcantarillas del tramo 7+850 – 9+550 de la ruta 224.

- Llevar a cabo estudios de estabilidad de las laderas en el tramo 1+440 – 5+870 de la ruta 224.
- Llevar a cabo un estudio de ingeniería de tránsito para el diseño de la señalización horizontal de las rutas 224 y 225.
- Utilizar malla con recubrimiento de PVC en futuras estructuras de retención e intervenir adecuadamente las que carecen de éste material con el fin de evitar daños por corrosión.
- Utilizar las cantidades de trabajo resultantes del sistema de cálculo para la programación trimestral de las labores de conservación.

Referencias bibliográficas

Coronado, J. (2000). Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras (Tomo III: Catálogo Centroamericano de Daños a Pavimentos Viales). Guatemala: SIECA.

Durán, M. (2000). Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Guatemala: SIECA.

Patiño, G. et al. (2006). Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje. Bogotá: INVIAS y UNB.

Patiño, G. et al. (2006). Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Retención. Bogotá: INVIAS y UNB.