

Una revisión de las experiencias en la administración de pavimentos urbanos en los Estados Unidos

Pág. 15 -36

W. Ronald Hudson

Professor of Civil Engineering. The University of Texas at Austin. ECJ 6.10 Austin, Texas 78712-1076 U.S A.

RESUMEN: toda ciudad y condado tiene algún método para administración de sus calles y caminos. Estos métodos varían de acuerdo al tamaño y experiencia de la institución, kilometraje de la red, presupuesto de la institución, tránsito, medio ambiente y diferencias de materiales. La eficacia de los sistemas de administración de pavimentos no debería ser medida por la complejidad y sofisticación del método usado, sino por su resultado. Las técnicas sencillas pero comprensibles son, generalmente, mejor que sistemas complejos. Este documento está dedicado a las experiencias en administración de pavimentos en ciudades y condados.

I. INTRODUCCION

Nunca se ponderará suficientemente la importancia de buenos caminos y calles para un condado o comunidad. Los caminos son vitales para la comunidad y afectan el bienestar económico, desarrollo cultural y social y hábitos de diversión. Por ejemplo, podría ser un problema importante, si un granjero no puede llevar su grano al mercado o una ambulancia no puede trasladar un paciente al hospital en forma rápida y segura. Los caminos afectan la vida diaria de cada persona y el público está presto a criticar el mal estado de ellos. Las autoridades de la ciudad y del condado tienen la responsabilidad de proporcionar al público los mejores caminos posibles con los fondos disponibles.

Un concepto denominado "administración de pavimentos" se ha desarrollado en los últimos veinte años combinando todas las actividades necesarias para proveer y administrar los pavimentos. El objetivo de la administración de pavimentos es utilizar información segura y consistente para desarrollar un criterio de decisión en un marco de trabajo organizado, para lograr un programa de acción económicamente óptimo. Sin un sistema de administración de pavimentos, el ingeniero dependerá, probablemente de normas aproximadas, tales como:

a) "Mi presupuesto debiera ser igual al presupuesto del año anterior más un porcentaje arbitrario de aumento".

b) "Establecer un programa de mantención basado en sincronizaciones periódicas tales como: sellado de grietas cada año, imprimaciones cada cuatro años y recubrimientos cada doce años".

- c) "Responder a las demandas de emergencia y quejas de los ciudadanos cuando surjan".
- d) "Usar consideraciones políticas al establecer programas y presupuestos".

Tales criterios son satisfactorios, aunque los fondos estén disponibles o los caminos están en buenas condiciones. Sin embargo si los caminos están en mala forma y están empeorando, o los fondos son menores que lo requerido; entonces hay un motivo claro para usar una aproximación más sistemática y organizada en el proceso de toma de decisiones. Algunos de los beneficios que se pueden lograr planificando la administración de caminos de un modo más sistemático son:

- a) Organización del conjunto de información y métodos de almacenamiento permite que la información sea compartida dentro de la organización, entre instituciones y con el público.
- b) Hechos y datos permiten a quienes toman las decisiones, conocer el impacto de ellas cuando se desarrollan planes de gran envergadura y presupuestos anuales, reduciendo de este modo la confianza en el "trabajo improvisado".
- c) Responder al público teniendo un conocimiento objetivo de la situación, planes para corregir el problema y como los caminos individuales se ajustan dentro de la totalidad de la red de caminos.
- d) Lograr los mejores beneficios con el dinero disponible.
- e) El comportamiento o historia en el tiempo de la condición de rodado se puede predecir junto con las actividades de mantención y los costos.

Predecir las consecuencias de mantención y rehabilitación anteriores.

La administración de pavimentos es un proceso global, el cual incluye todas aquellas actividades involucradas en proporcionar caminos. Ellas son: adquisición de información inicial, planificación y programación de mantención, rehabilitación y nueva construcción, diseño de detalles de proyectos individuales y seguimiento periódico de pavimentos existentes. La administración de pavimentos identifica las mejores estrategias priorizándolas para su implementación.

Un sistema de administración de pavimentos (PMS-Pavement Management System) es simplemente la combinación de procedimientos de análisis, formularios detallados, mediciones, criterio de decisión y herramientas; tales como: programas computacionales; los cuales proveen a los administradores, de calles de métodos sistemáticos y óptimos para la administración de caminos.

Las actividades de administración de pavimento se caracterizan por el nivel administrativo en el cual ocurre. El nivel de proyecto se caracteriza por la técnica predominante en lo concerniente a la administración, así como el diseño de ingeniería detallada en relación a proyectos individuales. Los modelos utilizados en este nivel, requieren información detallada en secciones individuales de un camino.

El nivel de red incluye fundamentalmente planificar decisiones para grandes grupos de proyectos o una red de caminos completa.

El grado de sofisticación o complejidad de un sistema de administración de pavimentos puede ir desde una simple base de datos hasta una optimización total. Entre estos dos extremos existe una gama de posibilidades. El grado de sofisticación requerido en el sistema de administración de pavimento deberá, en gran medida, estar influenciado por el conjunto de objetivos para el sistema.

Basado en discusiones con personal en ciudades y condados existe una necesidad primordial, por ejemplo, el sistema debe ser sencillo de mantener y operar. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la definición de "sencillo" puede ser diferente de una institución a otra, dependiendo del tamaño de la empresa y de los recursos disponibles para el soporte de un PMS. Muchas ciudades y condados han señalado que el uso de software "amigable en base a menú" es un atributo deseable para un PMS. Tal sistema provee el uso interactivo para entrada de datos, edición y recuperación de información, en forma rápida y fácil y en terminales distantes por usuarios en diversos niveles de la administración.

Wells et al. (1), de la Comisión de Transporte Metropolitana para los nueve condados de Bay Area, (San Francisco), han señalado tres actividades de primordial importancia: a) un procedimiento para cuantificar en forma objetiva la condición del pavimento, b) una lista de los tratamientos de mantenimiento efectivos de mayor costo y c) una manera de unir los tratamientos a los distintos problemas. De acuerdo con Wells (1), "sólo algunas de las más grandes jurisdicciones (sobre 250 millas de caminos) expresaron interés en optimizar tratamientos". Estas conclusiones, bastante generales fueron obtenidas basándose en la inspección de 7 condados y 43 ciudades en el Bay Area de San Francisco, California.

Como se discutió en la sección anterior, es importante recordar que los sistemas de administración de pavimento constan de dos subsistemas: uno para la red, y otro para el proyecto. El subsistema a nivel de la red tiene que ver con la red pavimentada como un todo, y generalmente está relacionada con las decisiones de mantenimiento y rehabilitación; mientras el subsistema, a nivel de proyecto corresponde a las decisiones de reconstrucción o de una construcción nueva. Se puede obtener considerable mayor información a nivel de proyecto, ya que solo un número limitado de ellos serán programados en una temporada de planificación y/o construcción. Es importante mantener en perspectiva estos dos subsistemas al considerar la implementación de un PMS.

Para ilustrar los diferentes niveles de sofisticación que se pueden alcanzar, se hará referencia a un esfuerzo coordinado para desarrollar un PMS para condados del Estado de Washington. Este sistema pertenece al Departamento de Transporte del Estado de Washington, y está descrito en un informe inédito preparado por el condado de Thurston (2 y 3)

II. APROXIMACION A LA BASE DE DATOS

La figura N°1 ilustra los diferentes niveles de un PMS que se pueden producir partiendo con una base de datos. Los cinco componentes de una base de datos son: 1) historia de la construcción, 2) inventario, 3) tránsito, 4) resistencia al deslizamiento y 5) condición del pavimento. No es necesario

incluir todos los archivos indicados anteriormente y algunas instituciones pueden querer agregar archivos adicionales para historia de la mantención, señalización, drenaje, bermas, etc. La información clave para la mayoría de los sistemas de los condados y de las ciudades estará contenida en los archivos de tránsito, historia de la construcción y evaluación de la condición superficial. Un registro de la mantención puede también ser muy útil, dependiendo de que la información esté contenida en el archivo de historia de la construcción.

El archivo de condición del pavimento puede ser utilizado para evaluar la "salud" general de una red pavimentada mediante una simple tabulación de la condición como se ilustra en la figura N°2, tomada de los informes preparados por ARE Inc. para la ciudad de Vacaville, California. En este informe, cada (ramo de calle ha sido categorizado de acuerdo al agrietamiento por fatiga, (piel de cocodrilo). Por ejemplo, rangos de severidad de 1 a 3 (siendo 3 el peor) y rangos de extensión de 1 a 4, de acuerdo al porcentaje de longitud afectada, (siendo 4 el mayor grado de extensión). De este modo, si el agrietamiento por fatiga está considerado dentro del rango de condición más crítico, a las primeras nueve secciones de la lista deberán dárseles, en primer término, acciones correctivas. A partir de este tipo de datos resulta fácil predecir otras informaciones estadísticas; tales como: ¿qué porcentaje de los tramos en la red tienen grietas por fatiga en niveles 3 de severidad y extensión 4?

III. INTERPRETACION DE LOS DATOS

El programa de interpretación, de acuerdo a la figura N°1, traduce la información en una categorización combinada para cada sección, usando datos de condición de la base de datos. Esto se hace aplicando valores ponderados a la extensión y severidad de cada tipo de deterioro. Esta técnica es usada en muchos sistemas, por ejemplo: Condados de Washington; Sistema APWA PAVER, Ventura, California; Waterloo, Canadá y otros.

En el sistema de Washington, tanto la calidad de rodado como el deterioro están considerados en el valor final combinado utilizando la fórmula siguiente:

$$CPR = (100 - \sum D) \times [1.0 - 0.3 (CPM/5000)^2]$$

donde:

CPR = categorización combinada de pavimento (Combined Pavement Rating).

$\sum D$ = suma de valores deducida para el deterioro del pavimento.

CPM = cuentas por millas obtenido con el medidor de rugosidad utilizado en Washington.

Algunos sistemas de administración de pavimentos pueden combinar rugosidad, deterioro de pavimento, capacidad estructural, resistencia al deslizamiento y evaluación estructural no destructiva de ensayos de deflexión. Al aumentar el número de aspectos considerados, aumenta la dificultad para asignar factores adecuados de ponderación, sin embargo, esto se ha hecho cuando se consideró necesario.

El índice combinado se puede utilizar de diversas formas como se señala a continuación: 1) para establecer prioridades, 2) para resumir la condición total de los pavimentos en la red, por ejemplo "salud" del sistema, 3) para desarrollar curvas de comportamiento (predicciones) en el tiempo, y 4) para proporcionar tendencias de comportamiento a nivel de presupuesto.

La priorización es necesaria para determinar cuáles proyectos hay que rehabilitar cuando existen restricciones de fondo. Sin embargo, antes de establecer las prioridades, es necesario identificar cuáles son los tramos que necesitan rehabilitación o mantención.

El sistema de la Asociación de Obras Públicas Americana (American Public Works Association) utiliza sus índices de condición de pavimento, PCI (Pavement Condition Index), para establecer valores umbrales, los cuales pueden ser usados al seleccionar proyectos que necesitan mejoramiento. La figura N°3 ilustra el criterio PCI, como lo aplicaría un usuario del sistema (4).

La ciudad de Ventura, California, usa una decisión de aproximaciones en árbol para seleccionar proyectos e identificar el tratamiento o acción necesaria. Este método está ilustrado en la figura N°4 para pavimentos de tipo concreto asfáltico (5).

Los procedimientos de San Francisco, California, muestran además otra técnica para establecer valores umbrales para mantención o rehabilitación (6). Esta técnica se ilustra en la figura N°5. Usando este método, los valores deducidos se asignan a cada tipo de deterioro considerado importante en cuanto a la necesidad de tratamiento y dependiendo de la condición y del tránsito (TI), se recomienda la acción. Si se observan más de una deficiencia, se usa una selección lógica para escoger la acción que corregirá todas las deficiencias registradas bajo el valor umbral como se muestra en la figura N°6 (6). Esta última técnica es similar a los procedimientos usados por ciudades y condados que usan el PMS del Departamento de Transporte de California (7).

De esta manera, se pueden establecer prioridades sin modelos de predicción u optimización. Este método es relativamente simple, sin embargo descansa casi completamente en el juicio y experiencia del ingeniero para identificar los valores umbrales y la "mejor" acción o tratamiento. En muchos casos, esto es todo lo que se necesita. Si las instituciones desean ir más lejos, los siguientes tipos de sistemas incluyen algunos tipos de modelos de predicción.

IV RESUMEN DE PMS PARA CIUDADES Y CONDADOS

La figura N°7 se puede usar para resumir los sistemas que tienen aplicación en ciudades y condados. El banco de datos es el corazón del sistema. Precisamente, lo que está en el banco de datos dependerá de los requerimientos del sistema. Por lo menos es necesaria la información concerniente a la condición de los pavimentos en la red.

Basado en la condición, será necesario establecer un conjunto de acciones consideradas apropiadas para cada estado de la condición, por ejemplo, índices de variables simples o múltiples.

A partir de soluciones factibles de debe determinar el mejor tratamiento. El tratamiento puede obtenerse de un censo de personas preparadas, generalmente dentro del personal de la institución. Esta "mejor" acción puede también estar determinada por el uso de los modelos de predicción de procedimientos y optimización.

Se pueden desarrollar prioridades basadas en procedimientos de categorización, relaciones beneficio-costos, maximización del rendimiento o condición de la red, minimización de costos, u otros métodos que puedan ser desarrollados usando rendimiento, beneficios y costos como condiciones primordiales.

En la mayoría de los casos, las necesidades excederán los medios disponibles. Las prioridades se pueden usar para seleccionar secciones para acción correctiva. Algunas secciones serán diferidas para el futuro.

Una cuidadosa evaluación para cada sección será esencial para estar seguros que la información en la base de datos de la red es correcta, y que no hay condiciones específicas locales que pudieran alterar el plan desarrollado por el equipo encargado de la red en el sistema.

Finalmente, se preparan planes y especificaciones para la implementación del programa. La retroalimentación es una parte importante del PMS. Esto es, ¿qué está sucediendo a la condición total de la red pavimentada: está mejorando, se está deteriorando, o permaneciendo estable?. Esta revisión del conjunto de necesidades será útil al solicitar los fondos para mantención de la red pavimentada al nivel deseado.

V. PLANIFICANDO UN PMS

Hay una gran variedad de factores a considerar al planificar el desarrollo de un PMS. Algunos de los factores más importantes, que se discuten con el personal de la institución, incluyen: 1) disponibilidad de recursos, 2) requisitos de información, 3) nivel de sofisticación (terminaciones), 4) manejo de datos, 5) informes y 6) administración.

5.1 Requisitos de recursos

Los recursos se pueden dividir en tres categorías: a) personal, b) equipo, c) fondos. Los requerimientos de los recursos se pueden dividir en dos niveles, por ejemplo, aquellos necesarios para el desarrollo y aquellos requisitos para la operación del sistema.

Debido a la falta de personal entrenado o con experiencia en el desarrollo de PMS, muchas instituciones han llamado a consultores para ayudar en el desarrollo de su PMS. Hay excepciones, ejemplos son: las ciudades de Salinas, Ventura y Tulare, California y Waco y Dallas, Texas, los cuales han desarrollado sistemas esencialmente en sus respectivas instituciones. Sin embargo, aún estas instituciones se han basado en descripciones publicadas de sistemas desarrollados por otras empresas. Cuando los consultores son contratados, existe siempre un esfuerzo conjunto con la institución, proporcionando el tipo de asistencia que puede ser más útil.

Las ciudades y condados, en su mayor parte, no han adquirido equipos para ser usados en terreno, por ejemplo: medidores de rugosidad, aparatos para ensayos de deflexión, resistencia de deslizamiento, etc. Nuevamente, hay algunas excepciones en el caso de equipos de prueba de deflexión,

sin embargo, la mayoría de las empresas cuentan con empresas que les proporcionan los servicios de medición.

En todos los casos, existen equipos computacionales para ser usados por la institución. Algunas ciudades y condados tienen grandes computadores, algunos tienen micro computadores asignados dentro del departamento que estará a cargo para la mantención del PMS. En el caso de los condados de Washington, la idea es usar el computador del Departamento de Transporte del Estado para la base de datos y para los cálculos cuando se requiere. Cada condado, en este caso, tendrá su propio micro computador para entrada de datos y obtención de informes.

La mayoría de las instituciones contactadas preferirían tener su propio computador, generalmente un micro computador asignado al departamento responsable. De esta manera, el departamento puede mantener control directo del sistema, actualización de datos en un tiempo adecuado e interactuar con la base de datos, como elemento necesario para la edición y recuperación de datos. En un número cada vez mayor, los usuarios prefieren un programa amistoso, (interactivo) en base a menú.

La disponibilidad de recursos es siempre un problema para las ciudades y condados, tanto para el desarrollo como para la operación de los PMS. Los costos de desarrollar un PMS pueden ir, desde US\$ 10.000 hasta US\$300.000 o más, (sin contar la adquisición de los datos), dependiendo del nivel de sofisticación requerida. En la planificación del PMS, es muy importante una estimación realista de la cantidad de fondos disponibles.

5.2 Requerimientos de la información

Los tres tipos principales de archivos de datos considerados por las instituciones son: 1) diseño y construcción, 2) historia de la mantención y 3) condición del pavimento.

El diseño y construcción puede incluir información relativa a los parámetros relacionados a la construcción o reconstrucción, por ejemplo, fechas, tránsito, soporte del suelo, materiales y espesor de capas.

La historia de la mantención puede incluir información relativa a lo que fue hecho para mantener un tramo, así como su tiempo y costo. Los recubrimientos, tratamientos superficiales, reparaciones de base y sellado de grietas, son ejemplos específicos de actividades de mantención.

La información de la condición de pavimento puede variar dependiendo de la experiencia local. Ejemplos típicos de información para pavimentos flexibles incluye: 1) tipo de superficie, 2) agrietamiento transversal, 3) fatiga, 4) deformación, 5) deterioro de bordes (agrietaduras, levantamiento de bermas), 6) agrietamiento en bloque, 7) parche, 8) cortes para servicios, 9) rodado y 10) desgaste. Para pavimentos rígidos y compuestos, muchos de los tipos de deterioro son iguales a los de los flexibles. Sin embargo, debido a la naturaleza de estos pavimentos se requieren algunas adiciones y sustracciones. Algunos de los items agregados incluyen: 1) deterioro de juntas, 2) escalonamiento, 3) daño en el sello de juntas y 4) agrietamiento de tipo "D".

En la mayoría de los casos, las empresas están de acuerdo en que partieron tratando de recolectar mayor información de la necesaria. Esto retarda el estudio de condición, reduce la confiabilidad en la información, requiere un almacenamiento y programación excesiva en el computador y, por lo general, no

es productivo. La norma debiera ser recolectar lo que es necesario. En el caso de diseño, construcción y mantención, recoger sólo la información disponible, y planificar si es necesario para obtener más.

VI DESARROLLANDO UN PMS

A nivel de gobierno local hay varios elementos clave para una administración exitosa de pavimento, y son las siguientes: 1) mantener la simplicidad y sentido práctico de la colección de datos, 2) usar almacenamiento de datos y técnicas de análisis computarizados, 3) desarrollo de métodos expresamente diseñados para la organización, técnica y restricciones presupuestarias de una ciudad o condado en particular, 4) incluir todos los departamentos importantes dentro de la organización de la empresa y 5) planificar un desarrollo consciente del sistema PMS.

6.1 Evaluación de prácticas de administración existentes

Toda institución, cualquiera sea la ciudad, condado o estado, realiza alguna forma de administración de pavimentos, puesto que existen muchas redes de caminos principales y calles en el país. Los grupos de ingenieros y de administradores de obras públicas han desarrollado, en el pasado, programas de rehabilitación de pavimentos y seleccionaron determinadas calles para mantención y rehabilitación, basándose en la experiencia anterior.

La mayoría de las ciudades y condados tienen un sistema normalizado para clasificar sus calles basándose en el nivel de tránsito y uso. El primer paso en el desarrollo de un PMS debiera ser el análisis de prácticas existentes.

6.2 Formulación de metas y objetivos

Nuestra experiencia indica que, aquellas ciudades que han desarrollado con éxito un PMS, tienen un comité de PMS, que está formado por representantes de cada departamento clave, incluyendo construcción, diseño, mantención, tránsito y administración.

Una formulación inicial de metas y objetivos por parte de este grupo evitará problemas, tales como: tener alguna parte del sistema desarrollado y encontrar que no está de acorde con las necesidades de un departamento en particular. Por ejemplo, si se ha desarrollado un programa específico para aislar las necesidades de mantención menores, tales como bacheo, sellado de grietas o reparación de solera y cuneta y no es capaz de desarrollar estimaciones de rehabilitación, no será útil para el departamento de planificación.

6.3 Entrenamiento del personal de terreno para mediciones de condición superficial

El entrenamiento de personal de la institución para las mediciones de condición de los pavimentos es factible y práctico. Las cuadrillas de terreno de la ciudad o condado pueden obtener amplia información de la red cada dos o tres años. En un trabajo reciente para la ciudad de Beaumont,

Texas, ARE Inc. desarrolló un manual para entrenamiento para medición de condición de terreno y entrenó con éxito al personal del Departamento de Transporte de Beaumont en la recolección de mediciones de condición.

Después de varias categorizaciones de pruebas, se alcanzó un nivel aceptable entre las calificaciones. Habrá diferencias en las evaluaciones, ya que está involucrado el factor humano, sin embargo es un camino rápido y económico para obtener el dato necesario para la toma de decisiones de mantención y rehabilitación a nivel de la red. Otra consideración importante es que, usando personal de la institución para las mediciones de condición se les proporciona un acceso adicional en el proceso administrativo de toma de decisiones.

6.4 Estableciendo la base de datos y el inventario de calles

Uno de los elementos más importantes de un PMS es un inventario de calles computarizado o un sistema de base de datos.

El desarrollo de computadores de bajo costo y alta velocidad en la década pasada ha hecho de esta alternativa, no sólo factible sino más práctica. En muchas ciudades donde hemos trabajado, se han encontrado algunas actividades del tipo PMS, las cuales fueron implementadas utilizando registros manuales. Esto es factible, y puede ser efectuado, sin embargo, la cantidad de horas-hombre y los errores creados por tal actividad, lo hacen una elección muy desafortunada para las ciudades modernas de la década de los ochenta. El inventario de calles contenido en una base de datos computarizada no sólo será de gran utilidad al ordenar las cantidades de trabajos de rehabilitación y mantención que tiene la ciudad, sino también las cantidades de pavimento en las diferentes categorías de condición. Para Albuquerque, Nueva Méjico, ARE Inc. desarrolló un sistema de base de datos usando diferentes formularios de datos existentes, incluyendo datos clasificados en forma manual, grabaciones en cintas de computación y tarjetas perforadas.

El establecimiento de la base de datos, es probablemente el paso inicial de mayor importancia en el desarrollo de un sistema PMS. Una vez que se ha recogido el dato, y el sistema decide continuar esta recolección, se pueden definir los procedimientos para estimar necesidades, priorizar mantención, desarrollar programas para obtener a otras importantes salidas del PMS.

6.5 Desarrollo de modelos predictivos y modelos de optimización

Una vez que se han obtenido los datos, pueden ser analizados para observar si los modelos predictivos se pueden realizar para estimar la vida del pavimento que se obtendría con diferentes tipos de nueva construcción, diferentes acciones de rehabilitación y mantención para distintos niveles de tránsito y tipos de suelo. Con tales modelos predictivos, se pueden desarrollar estrategias de optimización más precisas, de manera que las prioridades de mantención y rehabilitación están definidas en forma más clara y precisa.

Las ciudades y condados deben estar prevenidos ante aquellos sistemas que reclaman poder obtener, en forma inmediata, todos los tipos de predicciones y todos los niveles de optimización. Estos

sistemas pueden, debido a un falso sentido de precisión, conducir a conclusiones erróneas a los ingenieros. Es mejor desarrollar modelos predictivos y estrategias de optimización basados en la experiencia y condición de los pavimentos en una ciudad específica más que atenerse a modelos predictivos que se han basado en experiencias de otros lugares.

VII FACTIBILIDAD DE ENSATO ESTRUCTURAL

El ensayo estructural de calles de la ciudad y caminos del condado puede ser rápidamente ejecutado con un mínimo de aparatos de ensayo de deflexión. Aunque es factible recoger datos de deflexión a nivel de la red, no es conveniente en cuanto a costo. Las mediciones de deflexión son generalmente más útiles a nivel de proyecto. Un departamento de carreteras del estado usó las medidas de deflexión a nivel de red, pero más tarde abandonó esta aproximación debido a que el costo no justificaba los beneficios. Por otra parte, si la calle no ha sido rehabilitada en el año en que se realizaron las mediciones, será necesario repetir las para que tengan validez.

Por medio de ensayos estructurales de una calle en particular, el ingeniero puede ubicar, en toda su extensión, áreas débiles, determinar el nivel de deflexión general de la calle y probablemente, desarrollar diferentes secciones de diseño, ahorrando de esta manera dinero en el proceso.

VIII ENSATO DE RUGOSIDAD

Es abundante la literatura acerca del uso de mediciones de rugosidad o calidad de rodado de un pavimento en un PMS. En general, tales mediciones son muy útiles en caminos de alta velocidad ya que se puede obtener rápidamente la información con respecto a la condición relativa de todas las secciones.

A nivel municipal, tal información es útil solamente en arterias principales o en calles colectoras, donde las velocidades no pasan de las 45 millas por hora.

Las calles locales, con velocidades lentas y bajas tasas de tránsito proporcionan habitualmente una aceptable calidad de rodado. Si la calle presenta problemas severos de hoyos u otros problemas, los cuales crean un rodado deficiente, estos problemas pueden ser estimados en la inspección visual de condición.

Un equipo de medición de rugosidad como el Maysmeter remolcado se puede adquirir por aproximadamente US\$ 10.000, sin embargo, se requiere una considerable cantidad de esfuerzo para calibrar en forma adecuada y producir mediciones estables para predicciones a largo plazo.

REFERENCIAS

1. Wells, Wes, et al. (1985) "Implementing Pavement Management Systems, Do's and Don'ts at the County/City Level, Proceedings", North American Pavement Management Conference, page 8.6.1, Toronto, Canada.
2. Nelson, T.L. and Leclerc, R.V. "Washington State's Pavement Management System, Proceedings", National Workshop on Pavement Management, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, June 1981, pag. 39, 1981.
3. Kulkarni, R., Finn, F. and Lamont "Feasibility Study of a Pavement Management System for Washington Counties", prepared for Thurston County, Washington, 1984.
4. Roberts, John H. "Implementation Issues of a Pavement Management System for Corps of Engineers District", Proceedings North American Pavement Management Conference, Toronto, Cañada, pag. 8.75, 1985.
5. "Manual for Ventura Pavement Management System", published by the City of Ventura, California, Mayo 1983.
6. Finn, FN., Hornby, DA. and Kulkarni, R. "A Pavement Management System for the City and County of San Francisco", Julio 1983.
7. Jao, Zen "Documentation of the California Flexible Pavement Management System Microcomputer Program", prepared by SRA Technologies, Inc. for the Federal Highway Administration, Región 9, San Francisco, California, Febrero 1985.

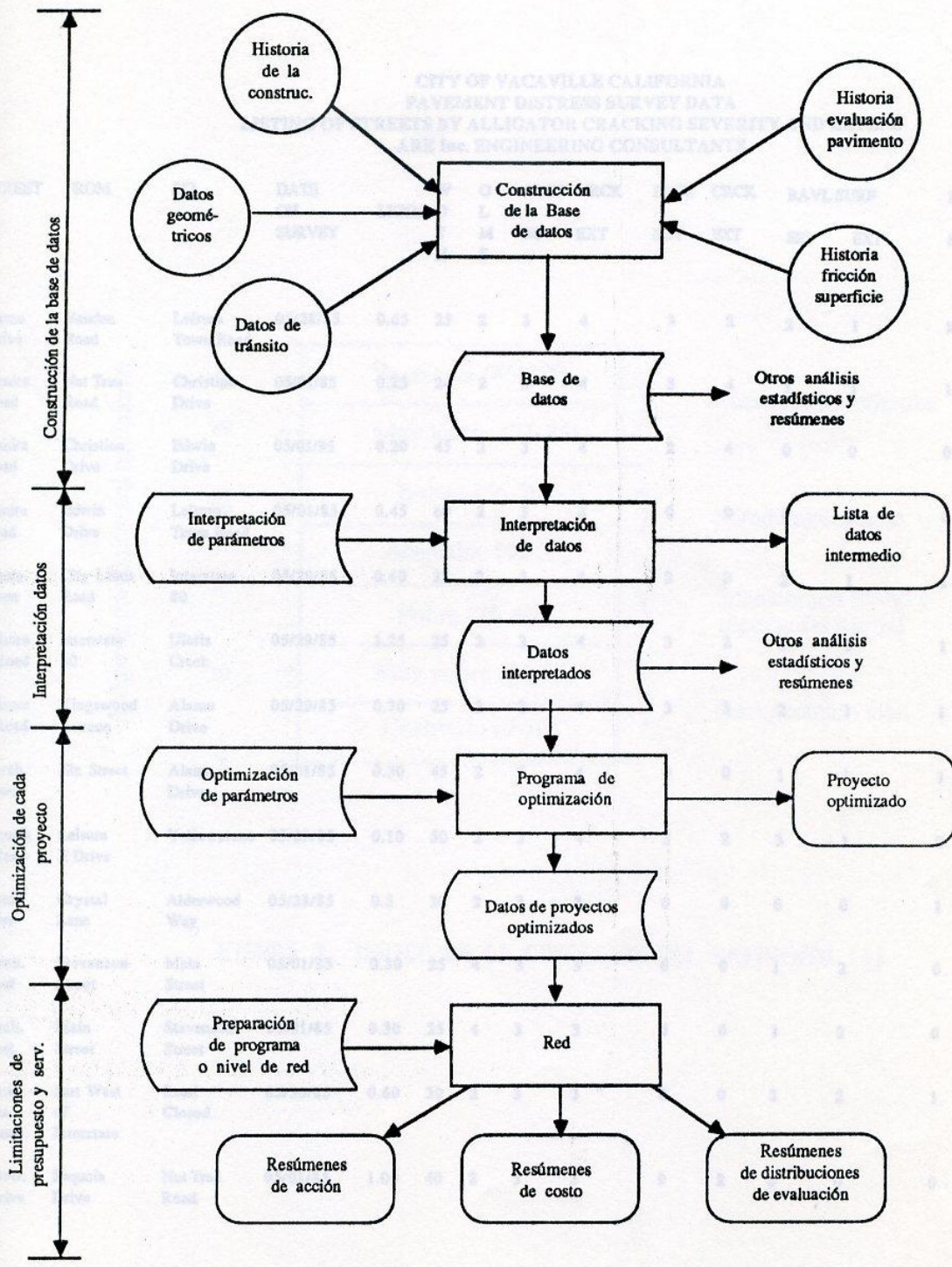


FIGURA 1 DIAGRAMA DE FLUJO CONCEPTUAL DE LAS OPERACIONES EN EL P.M.S. DEL ESTADO DE WASHINGTON.

**CITY OF VACAVILLE CALIFORNIA
PAVEMENT DISTRESS SURVEY DATA
LISTING OF STREETS BY ALLIGATOR CRACKING SEVERITY AND EXTENS
ARE Inc. ENGINEERING CONSULTANTS**

SECT	STREET	FROM	TO	DATE OF SURVEY	LIGTH	W	O	ALGT	CRCK	EDGE	CRCK	RAVL SURF		PAVM DIST		POTH
						D	L	SEV	EXT	SEV	EXT	SEV	EXT	SEV	EXT	
						H	S									
130	Alamo Drive	Vanden Road	Leisure Town Road	05/28/85	0.65	25	2	3	4	3	2	2	1	1	2	1
420	Elmira Road	Nut Tree Road	Christine Drive	05/01/85	0.25	24	2	3	4	3	4	1	1	1	1	0
430	Elmira Road	Christine Drive	Edwin Drive	05/01/85	0.20	45	2	3	4	2	4	0	0	0	0	0
440	Elmira Road	Edwin Drive	Leisure Town Road	05/01/85	0.45	60	2	3	4	0	0	0	0	0	0	0
470	Leisure Town	City Limit Road	Interstate 80	05/29/85	0.40	25	2	3	4	2	2	2	1	1	2	1
480	Leisure T Road	Interstate 80	Ulatis Creek	05/29/85	1.25	25	2	3	4	3	2	3	1	1	2	1
500	Leisure T Road	Kingswood Avenue	Alamo Drive	05/29/85	0.70	25	2	3	4	3	3	2	1	1	2	1
650	Merch. Street	Eln Street	Alamo Drive	05/01/85	0.30	45	2	3	4	0	0	1	1	1	1	0
950	Sequoia T Road	Leisure E Drive	Yellowstone	05/29/85	0.10	50	2	3	4	3	2	3	1	0	0	1
70	Alamo Drive	Crystal Lane	Alderwood Way	05/28/85	0.3	30	2	3	3	0	0	0	0	1	1	0
670	Merch. Street	Stevenson Street	Main Street	05/01/85	0.30	25	4	3	3	0	0	1	2	0	0	0
675	Merch. Street	Main Street	Stevenson Street	05/01/85	0.30	25	4	3	3	0	0	1	2	0	0	0
750	Monte Vista Avenue	Just West of Interstate	Road Closed	05/30/85	0.60	30	2	3	3	0	0	3	2	1	2	1
1020	Yellow. E Drive	Sequoia Drive	Nut Tree Road	05/01/85	1.00	40	2	3	3	9	2	0	0	0	0	0

FIGURA 2 SALIDA DEL PROGRAMA ARE INC. DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO PARA LA CIUDAD DE VACAVILLE, CALIFORNIA

FIGURA 2 SALIDA DEL PROGRAMA ARE INC. DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO PARA LA CIUDAD DE VACAVILLE , CALIFORNIA

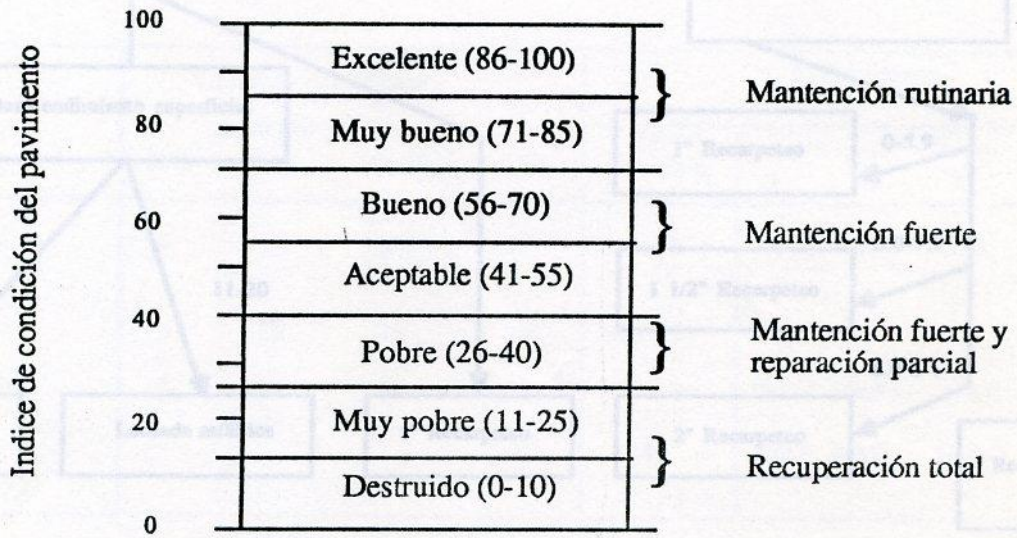


FIGURA 4 CONTROL DE DECISIONES PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS (5)

FIGURA 3 INDICE DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO (4)

FIGURA 3 INDICE DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO (4)

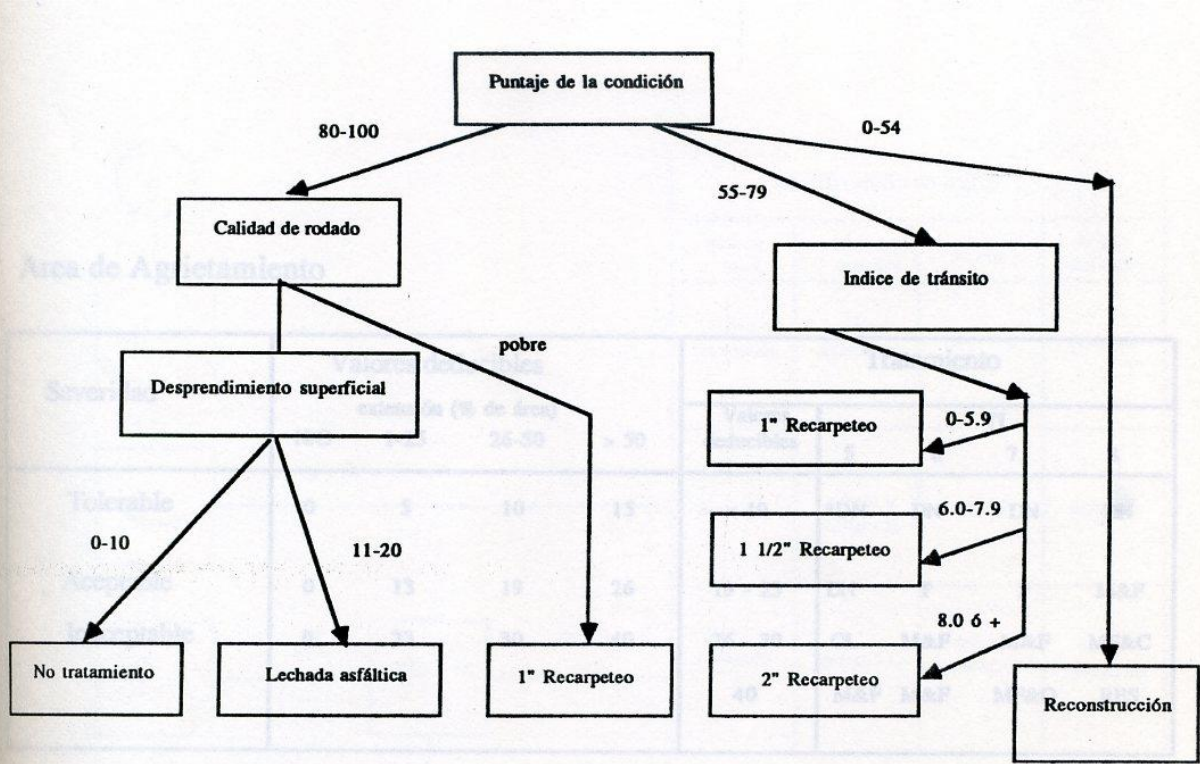


FIGURA 4 CONTROL DE DECISIONES PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS (5)

FIGURA 4 CONTROL DE DECISIONES PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS (5)

Severidad	Valores deducibles				Tratamiento				
	extensión (% de área) N/O 1-25 26-50 > 50				Valores deducibles	TI			
	0	5	10	15		5	6	7	8
Tolerable	0	5	10	15	< 19	♦DN	DN	DN	DN
Aceptable	0	13	19	26	19 - 23	DN	P	P	M&F
Inaceptable	0	23	30	40	26 - 30	OL	M&F	M&F	MF&C
					40	M&F	M&F	MF&O	RES

* DN - No hacer nada.
M&F - Rebaje y restitución.
P - Bacheo.
MF&O - Rebaje. Restitución, recapado.
OL- recapado.
RES - reconstrucción.

FIGURA 5 VALORES DEDUCIBLES PARA DETERIORO DEL PAVIMENTO Y RECOMENDACION DE TRATAMIENTO (6).

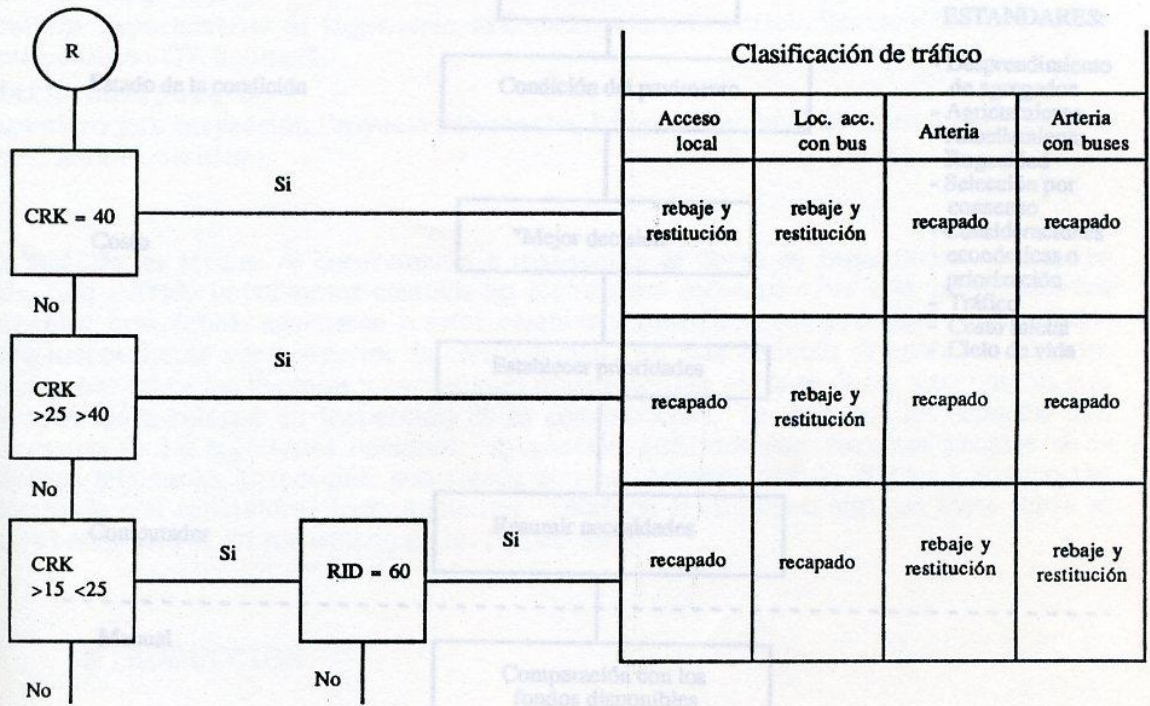


FIGURA 6 SELECCION DE REHABILITACION (6)

FIGURA 6 SELECCIÓN DE REHABILITACION (6)

Costo

RESUMEN: las formas de contratación en el país, han sufrido importantes cambios en los últimos decenios. Por esta razón las empresas han debido adecuarse a estos cambios y modificar sus prácticas para inspeccionar sus proyectos de construcción. En este artículo se enuncian algunas reflexiones sobre las ventajas y desventajas de las alternativas más comunes para realizar la inspección de la construcción. Se discuten los aspectos más relevantes de las siguientes opciones: inspección realizada con recursos propios de la empresa mandante, inspección contratada con los proyectuistas de diseño e inspección contratada con consultores independientes. Se incluyen algunas ideas sobre el uso del computador del contratista en las inspecciones.

Computador

Manual

INTRODUCCION

Una vez que se ha resuelto llevar a cabo un proyecto de construcción y se ha definido el sistema de contrato para su ejecución, los propietarios del proyecto deben elegir la forma de inspección del mismo.

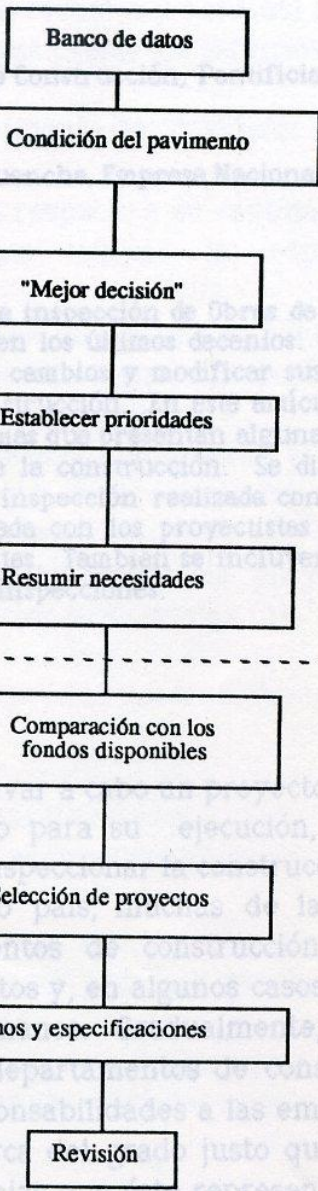
Tradicionalmente, en nuestro país, las grandes obras de construcción pública se contaban con departamentos de construcción que les permitían realizar la inspección de sus proyectos y, en algunos casos, la construcción, con sus propios recursos técnicos y humanos.

Con el tiempo, estas empresas han ido reduciendo el tamaño de sus departamentos de construcción, entregando cada vez mayores funciones y responsabilidades a las empresas privadas. Sin embargo, aún subsisten dudas acerca de si es justo que debe alcanzar este craspaso, de las ventajas y desventajas que esto representa, y de cuál o cuáles son las alternativas óptimas para realizar la inspección de un proyecto.

Por otra parte, la empresa privada ha ganado una mayor iniciativa en la ejecución de obras de construcción. En los últimos años se ha hecho necesario que las empresas mandantes se vean obligadas a tomar decisiones respecto a las alternativas que deben usar para inspeccionar sus proyectos.

En este artículo se enuncian algunas reflexiones sobre las ventajas y desventajas de las alternativas más comunes para realizar la inspección de la construcción. Se discuten los aspectos más relevantes de las siguientes opciones: inspección realizada con recursos propios de la empresa mandante, inspección contratada con los proyectuistas de diseño e inspección contratada con consultores independientes. Se incluyen algunas ideas sobre el uso del computador del contratista en las inspecciones.

En este artículo se enuncian algunas reflexiones sobre las ventajas y desventajas de las alternativas más comunes para realizar la inspección de la construcción. Se discuten los aspectos más relevantes de las siguientes opciones: inspección realizada con recursos propios de la empresa mandante, inspección contratada con los proyectuistas de diseño e inspección contratada con consultores independientes. Se incluyen algunas ideas sobre el uso del computador del contratista en las inspecciones.



ESTANDARES:

- Desprendimiento de agregados
- Agrietamiento
- Ahuellamiento
- Rugosidad
- Selección por consenso
- Consideraciones económicas o priorización
- Tráfico
- Costo inicial
- Ciclo de vida

FIGURA 7 COMPONENTES BASICOS DE PMS PARA GOBIERNO LOCAL

FIGURA 7 COMPONENTES BASICOS DE PMS PARA GOBIERNO LOCAL