

METODOLOGÍA SIMPLIFICADA DE PRIORIZACIÓN DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS A NIVEL DE RED

GUILLERMO THENOUX Z., Ing. Civil, MSc, PhD

Escuela de Ingeniería, Departamento Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile, gthenoux@ing.puc.cl

FELIPE HALLES A., Ing.Civil, MSc

Escuela de Ingeniería, Departamento Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile, fhalles@ing.puc.cl

RESUMEN

Una de las tareas más importantes que deben realizar los organismos estatales y privados para conservar o mejorar el nivel de servicio de la red vial existente, es la de determinar el conjunto de proyectos que deben ingresar al programa de conservación del período. La selección y priorización de proyectos a nivel de red requiere de una evaluación estructural y funcional de los pavimentos. Además es necesario considerar los costos de operación de los usuarios durante un período de análisis que refleje el ciclo de vida de los pavimentos.

Durante la investigación se desarrolló una metodología simplificada de selección y priorización de aquellos proyectos que poseen una mayor necesidad de ser conservados, en base a fórmulas matemáticas de cálculo de prioridad, tanto para pavimentos asfálticos como de hormigón. La fórmulas obtenidas presentaron una correlación superior al 95% con respecto a los resultados obtenidos de la modelación y evaluación de los escenarios de pavimentos.

1 ANTECEDENTES

Una de las principales tareas de un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) a nivel de red, corresponde a la selección y priorización de los proyectos que deberán ingresar al programa de conservación de un período determinado.

Hoy en día, existen modelos que son capaces de evaluar estructural y funcionalmente a un pavimento, estimando los costos en que incurren las agencias encargadas de la conservación de estos y los costos en que incurren los usuarios por su utilización durante un período determinado. Es así como el HDM-III (Highway Design and Maintenance Standards Model) utilizado hace años en países en vías de desarrollo y el HDM-4 (Highway Development and Management) en etapa de calibración de los modelos de deterioro, son capaces de realizar estas tareas, modelando el deterioro de los pavimentos, los costos de conservación y rehabilitación, los costos de operación de los usuarios y realizando análisis socioeconómicos para distintas estrategias de conservación a lo largo del ciclo de vida de los pavimentos.

La utilización y manejo de estos modelos requiere de una apreciable cantidad de recursos, tanto económicos como humanos, para su adecuado desarrollo. Si bien, estos modelos son

completamente automatizados, para su utilización es necesario contar con conocimientos amplios de los temas de evaluación estructural y funcional de los pavimentos, solicitudes, acciones y estrategias de conservación, etc. por lo cual, se hace imprescindible poseer un equipo de trabajo capacitado que esté dedicado exclusivamente a las tareas de administración de una red de pavimentos.

Lo anterior, y considerando el costo económico asociado a la implementación de estos modelos, restringe su implementación individual a otras regiones del país, limitando su utilización solo a un nivel central. La centralización del manejo de la información, limita el manejo de las subredes viales de las regiones debido a que por lo general tienen acceso limitado y a destiempo de la información. Esto trae como consecuencia que las regiones pierdan sensibilidad de los factores que influyen en la selección y priorización de proyectos para la conservación. Los administradores de subredes de pavimentos pierden en parte el interés en investigar y aplicar Sistemas de Gestión integral, destinando sus recursos a otras tareas de conservación con o sin ningún tipo de planificación, perdiendo la oportunidad de optimizar la rentabilidad de los recursos asignados. Esta problemática ya ha sido reconocida por diferentes organismos de transporte, los cuales han desarrollado procedimientos simplificados de selección de proyectos con el fin de agilizar el proceso de análisis a nivel de red y minimizar los recursos destinados a éste (NCHRP, 1995; Zaniewski et al, 1998).

Como una forma de aportar al problema expuesto, se propone una metodología simplificada de priorización la cual busca aumentar la participación de las regiones en la gestión de conservación de sus propias subredes de pavimentos, sin tener que competir con los SGP utilizados a nivel central. La metodología optimiza la asignación de los recursos que se destinan a la conservación de los pavimentos, identificando aquellos proyectos (caminos) de una subred para los cuales el plan de conservación ofrezca una mayor rentabilidad.

La metodología de priorización se desarrolló de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Definición de un factorial de condición de estado del pavimento
- b) Proposición de alternativas de Conservación y Rehabilitación (C&R)
- c) Modelación del deterioro
- d) Selección de la alternativa optima de C&R
- e) Selección del modelo o Fórmula de Priorización

La metodología de priorización desarrollada está orientada a:

- Caminos de dos carriles que poseen un TMDA, en el año de evaluación, menor o igual a 7000 vehículos.
- Pavimentos de asfalto y de hormigón.
- Pavimentos de hormigón que no poseen juntas con barras de traspaso de carga, es decir, solo se incluyen los pavimentos de hormigón con junta simple.
- Pavimentos con bases y subbases granulares, excluyendo los estabilizados.

2 SELECCIÓN DE LAS VARIABLES DE ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DEL FACTORIAL DE PAVIMENTOS

Para evaluar los pavimentos es necesario considerar tanto los antecedentes generales de los proyectos como los antecedentes (variables) de estado del pavimento, estructurales y funcionales (Serviciabilidad). La **Tabla 1**, muestra los antecedentes seleccionados para el análisis de los pavimentos y que forman parte de la metodología de priorización.

Tabla 1: Antecedentes que Definen el Factorial de Condición del Pavimento

Antecedentes	Pavimento Asfáltico	Pavimento de Hormigón
Solicitud	TMDA	TMDA
Condición Estructural	Deflexión	Espesor Carpeta
Condición Funcional	IRI	IRI
Condición General	Edad	Edad

Las definiciones básicas de las variables utilizadas son las siguientes:

- La variable tránsito define las cargas de tráfico que poseerá el pavimento a lo largo del período de análisis. Además, está directamente relacionada con el estándar que el camino debe poseer, a mayor tránsito, mayores exigencias de serviciabilidad.
- La variable estructural define la condición de soporte que posee el pavimento al momento de la evaluación, lo cual permite estimar el soporte estructural necesario que deberá poseer el pavimento, sobre la base de las solicitudes, durante el período de análisis.
- La variable funcional define la serviciabilidad que posee el pavimento al momento de la evaluación. La serviciabilidad, representada por el IRI, está directamente relacionada con el confort del usuario y con los costos de operación en que éstos incurren al utilizar la vía.
- La variable asociada a la condición general del pavimento está definida por la edad del pavimento. La edad del pavimento presenta una relación directa con la presencia de fallas estructurales y funcionales de un pavimento, por ejemplo: grietas, escalonamiento, baches, etc.

Un análisis detallado de las variables y los rangos asociados a cada una de ellas, se presentan en las siguientes secciones.

2.1 Tránsito – TMDA

El campo vehicular existente se dividió en cinco categorías de acuerdo a la clasificación propuesta por el MOP y según el nivel de carga de los vehículos: vehículos, camionetas, buses, camiones de 2 ejes y camiones de más de 2 ejes. Para lograr caracterizar a todos los pavimentos de la red, se definieron 3 niveles de tránsito (**Tabla 2**).

Tabla 2: Niveles de Tránsito Medio Diario Anual

Nivel de Tránsito	Rango (TMDA)	Valor Representativo (TMDA)
Bajo	300 – 1000	650
Medio	1000 – 3000	2000
Alto	> 3000	5000

Tabla 3: Datos de TMDA

Rango	Valor Representativo	Tipo de Vehículo	Autos	Camionetas	Buses	Camión 2 Ejes	Camión + 2Ejes
		Indicador					
Bajo (300 - 1000)	650	Distribución	34.2	34.7	7.4	14.1	9.6
		TMDA	222	226	48	92	62
		Crecimiento	8.0	7.5	7.5	6.5	5.5
Medio (1000 - 3000)	2000	Distribución	39.9	28	9	11.3	11.8
		TMDA	798	560	180	226	236
		Crecimiento	8.0	7.5	7.5	6.5	5.5
Alto (> 3000)	5000	Distribución	38	24.6	9.4	10.2	17.8
		TMDA	1900	1230	470	510	890
		Crecimiento	8.0	7.5	7.5	6.5	5.5

A partir de los censos de tránsito existentes, para cada uno de los rangos preestablecidos de TMDA, se obtuvieron los valores representativos y distribución porcentual para los distintos tipos de vehículos que componen la red (**Tabla 3**).

El tránsito considerado en la metodología comienza a partir de un TMDA de 300 vehículos, valor que corresponde a un camino que debiera estar pavimentado, según los programas desarrollados por la Dirección Nacional de Vialidad en su plan director. El valor máximo considerado en el análisis es de TMDA igual a 7000 vehículos. Se definió este valor porque, en general, caminos con un TMDA mayor a 7000, forman parte de caminos con calzada doble, los cuales no son considerados por la metodología.

2.2 Condición funcional – IRI

El IRI es utilizado por los modelos de deterioro y los modelos de costos de operación para evaluar los gastos en que incurren los usuarios de las vías. La variable IRI fue dividida en tres niveles de tal forma de representar los distintos estados de deterioro en que se encuentran los pavimentos, tomando en cuenta tanto parámetros internacionales, como también los actualmente exigidos por la Dirección Nacional de Vialidad (**Tabla 4**).

Tabla 4: Rangos de IRI Considerados en el Análisis

IRI	Rango (m/Km)	Valor Representativo (m/Km)
Bueno	< 2.5	2.0
Regular	2.5 – 4.5	3.5
Malo	> 4.5	5.0

2.3 Condición General – Edad

Otro antecedente que forma parte importante de la evaluación estructural del pavimento es el agrietamiento que éste posea, sobretodo en pavimentos asfálticos donde el agrietamiento representa el nivel de fatiga que posee la estructura. Debido al alto costo que hoy en día representa aún el levantamiento de la variable agrietamiento de los pavimentos a nivel de red, la metodología de priorización no lo considera directamente en la evaluación, sino más bien lo hace a través de la variable edad.

Los modelos de deterioro utilizados en el desarrollo de la metodología son capaces de estimar el porcentaje de grietas promedio del pavimento en función de la edad y de las condiciones estructurales existentes. La variable edad tiene la ventaja de que no es necesario evaluarla ya que forma parte de los antecedentes de los pavimentos analizados. Los rangos de edad considerados para el análisis se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Rangos de Edad Utilizados en la Metodología de Priorización

Edad (Años)	< 7	7 – 13	> 13
Valor Representativo	3	10	17

2.4 Condición Estructural

2.4.1 Pavimentos Asfálticos

En pavimentos asfálticos la condición estructural es analizada por medio de la deflexión del pavimento. Si bien la deflexión, no corresponde a una variable de fácil adquisición, debido a que su levantamiento es lento y de alto costo, resulta imprescindible para llevar cabo una serie de actividades como lo son la evaluación propia del pavimento, la predicción de su deterioro, el diseño y selección de las acciones de conservación y rehabilitación, y la óptima utilización de los recursos económicos [Zaghoul et al, 1998]. Según un estudio realizado por el Departamento de Transportes de New Jersey (NJDOT), durante los años 1996-97, la

utilización de la deflectometría de impacto para el diseño de los tratamientos de conservación y rehabilitación, permitió el ahorro de casi un 26% (US\$4.47 Millones) del presupuesto destinado a ello [Zaghloul, 1999].

Los antecedentes antes presentados, justifican la utilización de la deflectometría de impacto como variable fundamental para la evaluación de los pavimentos. Para el desarrollo del análisis, la deflexión fue dividida en 3 niveles, los cuales representarían al universo de pavimentos existentes en la región. Del estudio realizado por el DICTUC, de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Videla et al, 1996), para el ajuste de los factores de calibración de los modelos de deterioro de pavimentos asfálticos, se obtuvieron los siguientes valores representativos de deflexión (**Tabla 6**), los cuales fueron adaptados para los rangos determinados en la metodología de priorización (**Tabla 7**).

Tabla 6: Resultados Nacionales para la Variable de Deflexión [Videla et al, 1996]

Deflexión	Rango (mm)	Valor Representativo (mm)
Baja	0,06 – 0,24	0,16
Media	0,25 – 0,41	0,35
Alta	0,42 – 1,14	0,58

Tabla 7: Rangos de Deflexión Utilizados en la Metodología de Priorización

Deflexión	Rango (mm)	Valor Representativo (mm)
Baja	< 0,25	0,15
Media	0,25 – 0,45	0,35
Alta	> 0,45	0,55

2.4.2 Pavimentos de Hormigón

La condición estructural de los pavimentos de hormigón fue definida por medio del espesor de la losa. El espesor de losa forma parte de los inventarios que posee la dirección de vialidad, por lo cual es de rápida y fácil adquisición. Por otra parte, no está sujeta a cambios, como lo son otro tipo de variables como el IRI o el agrietamiento, lo cual facilita aun más la tramificación de las rutas y por lo tanto la metodología de priorización desarrollada.

Tabla 8: Rangos y Valores Representativos del Espesor de Losa

Espesor Losa	Rango (cm)	Valor Representativo (cm)
Delgada	≤ 22	20
Gruesa	≥ 23	25

La **Tabla 8**, muestra los rangos y valores representativos utilizados para caracterizar el espesor de la losa de hormigón. Los rangos fueron definidos sobre la base de un análisis de sensibilidad realizado al diseño de pavimentos de hormigón por el método AASHTO93. Del análisis se pudo concluir que, para las condiciones establecidas, existen dos tendencias

Tabla 10: Factorial de Escenarios para Pavimentos de Hormigón

TMDA		Bajo 300 – 1000		Medio 1000-3000		Alto > 3000	
Espesor Losa (cm)		≤ 22	≥ 23	≤ 22	≥ 23	≤ 22	≥ 23
IRI (m/km)	EDAD (Años)						
		Bueno < 2.5	< 7				
	7 – 13						
	> 13						
Regular 2.5 – 4.5	< 7						
	7 – 13						
	> 13						
Malo > 4.5	< 7						
	7 – 13						
	> 13						

3 PROPOSICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN

En esta etapa se definieron las acciones de conservación y rehabilitación (C&R) técnicamente factibles de aplicar para cada tipo de pavimento y para cada uno de los escenarios de condición definidos. Se consideraron las típicas acciones utilizadas por los modelos de deterioro y sobre la base de los estándares establecidos, tanto por recomendaciones internacionales como por los de la Dirección Nacional de Vialidad. Las acciones de C&R consideradas para el análisis se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 11: Acciones de C&R consideradas en el análisis

Pavimentos Asfálticos	Pavimento de Hormigón
Rutinaria	Rutinaria
Bacheo	Cepillado
Sello de agregados	Recapado Asfáltico
Recapados Asfálticos	
Rehabilitación	

La conservación rutinaria está compuesta por las actividades de reparación y mantención localizada, además de la limpieza de faja, drenajes, etc.

Los espesores de los recapados asfálticos fueron calculados en función de las condiciones existentes al momento del análisis. Se realizó una evaluación de la capacidad estructural existente y se estimó, a partir de las solicitaciones, el espesor requerido de carpeta asfáltica.

En pavimentos asfálticos, la evaluación de la capacidad estructural existente se realizó a partir de los valores de deflexión considerados. La rehabilitación se realizó con estructuras asfálticas, calculándose los espesores por medio de la fórmula de diseño AASHTO.

En pavimentos de hormigón, la evaluación de la capacidad estructural existente se realizó a partir de los coeficientes estructurales planteados por la AASHTO para pavimentos de hormigón fracturados. La rehabilitación se consideró como un recapado asfáltico, por lo cual queda incluida en el ítem de recapados. Además, se consideró una carpeta asfáltica abierta para evitar el reflejo de las grietas.

Para los cálculos estructurales, se consideraron distintos espesores de subbase y base granular, en función del TMDA existente al momento del diseño de la estructura, de tal forma de asimilar de la mejor forma posible las estructuras existentes en la red nacional.

Los espesores de los recapados asfálticos utilizados se presentan en las **Tablas 12 y 13**.

Tabla 12: Espesor Recapados CA / CA

Condición del Pavimento	Espesor
Deflexión Alta, TMDA > 3000	8 cm
Todas las demás	5 cm

Tabla 13: Espesor Recapados CA / Hormigón Fracturado

TMDA	Espesor Losa	Espesores en cm		
		Total	CA	OG
< 3000	17 – 25 cm	10	5	5
> 3000	≥ 23	12	6	6
	≤ 22	15	7	8

CA: Concreto Asfáltico ($a_i = 0,43$)

OG: Open Grade o Capa Asfáltica de Graduación Abierta ($a_i = 0,28$)

Con las acciones de C&R definidas se establecieron las estrategias de conservación para la evaluación de los pavimentos, sobre la base del estándar de la carretera definido por el nivel de tránsito existente. Las estrategias definidas se muestran en la **Tabla 14**.

Tabla 14: Valores de las Variables de Evaluación, según el Estándar de la Carretera (Asociado al TMDA)

Tránsito (TMDA)	Valores Máximos Permitidos	
	IRI (m/km)	Grietas (%)
Alto	3.5 – 4.0	10 – 15
Medio	4.0 – 4.5	15 – 20
Bajo	4.5 – 5.0	20 – 25

Los estándares de evaluación son mas bien estrictos, lo cual se debe a que la metodología busca minimizar los riesgos económicos que se generan por la demora entre el momento de la evaluación y la materialización de los proyectos.

4 MODELACIÓN DEL DETERIORO

El modelamiento de los escenarios definidos se realizaron utilizando el HDM-III en pavimentos asfálticos y el GIMPh, desarrollado por el IDIEM de la Universidad de Chile, en pavimentos de hormigón. El periodo de análisis utilizado fue de 20 años. Cada uno de los escenarios fue evaluado técnica y económicamente, sobre la base de las condiciones de cada uno de ellos y las distintas estrategias de C&R para el período definido.

De un análisis estadístico a los resultados obtenidos en la evaluación de los escenarios, se obtuvo como conclusión que el mejor parámetro para definir la prioridad del pavimento era el Valor Actual Neto (VAN).

En la metodología se definió que solo los pavimentos a los cuales se les asignara una acción de conservación, distinta de la rutinaria, dentro de los tres primeros años, tendrían alguna prioridad de ingresar al programa de conservación. Es decir, aquellos pavimentos que obtengan la actividad rutinaria como acción de C&R, asignada dentro de los primeros tres años de análisis, poseen prioridad nula.

5 FORMULAS DE PRIORIZACION

Los resultados del VAN obtenidos para cada escenario del factorial de pavimentos fueron analizados estadísticamente, obteniéndose fórmulas que definen la prioridad del pavimento, sobre la base del VAN, en función de las variables de análisis definidas.

La fórmula de priorización obtenida para pavimentos asfálticos es la siguiente:

$$\text{Prioridad} = 1,87 \times 10^{-5} \times \text{TMDA}^{1,4721} \times \text{Deflexión}^{0,9885} \times \text{IRI}^{1,0570} \times \text{Edad}^{0,1676} \quad (\text{R}^2=95\%)$$

La fórmula de priorización obtenida para pavimentos de hormigón es la siguiente:

$$\text{Prioridad} = 8,55 \times 10^{-5} \times \text{TMDA}^{1,0829} \times \text{Espesor}^{-0,82} \times \text{IRI}^{3,0538} \times \text{Edad}^{-0,5145} \quad (\text{R}^2=98\%)$$

R^2 = Coeficiente de Determinación

6 METODOLOGIA DE RECOMENDACION DE ACCIONES DE CONSERVACION Y REHABILITACIÓN

La modelación y evaluación económica de los escenarios definidos permite definir además el tipo de acción de C&R óptima de aplicación. Con los resultados obtenidos, se desarrollaron matrices de recomendación de acciones de C&R para ambos tipos de pavimentos.

Las Tablas **15** y **16** muestran las matrices de recomendación de acciones de C&R para pavimentos asfálticos y de hormigón respectivamente.

Los espesores de recapados definidos en las matrices podría variar levemente en función de las condiciones específicas del pavimento analizado.

Tabla 15: Matriz de Recomendaciones de Acciones de C&R. Pavimentos Asfálticos

TMDA		Bajo 300 – 1000			Medio 1000-3000			Alto > 3000		
Deflexión (mm/100)		Baja < 25	Media 25-45	Alta > 45	Baja < 25	Media 25-45	Alta > 45	Baja < 25	Media 25-45	Alta > 45
Bueno < 2.5	IRI (m/km)									
		EDAD (Años)								
	< 7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	7-13	0	1	1	0	1	1	0	1	1
	> 13	0	1	4	0	1	4	1	1	4
Regular 2.5 – 4.5	< 7	0	0	0	0	0	2	2	2	3
	7-13	0	1	1	0	1	1	2	1	1
	> 13	0	1	4	2	1	4	2	1	4
Malo > 4.5	< 7	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	7-13	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	> 13	2	2	4	2	2	4	2	2	4

0: Mantenimiento Rutinaria
1: Sello de Agregados

2: Recapado Asfáltico 5 cm
3: Recapado Asfáltico 8 cm

4: Reconstrucción

Tabla 16: Matriz de Recomendaciones de Acciones de C&R. Pavimentos de Hormigón

TMDA		Bajo 300 – 1000		Medio 1000-3000		Alto > 3000	
Espesor Losa (cm)		≤ 22	≥ 23	≤ 22	≥ 23	≤ 22	≥ 23
Bueno < 2.5	IRI (m/km)						
		EDAD (Años)					
	< 7	0	0	0	0	0	0
	7-13	0	0	0	0	0	0
	> 13	0	0	0	0	0	0
Regular 2.5 – 4.5	< 7	0	0	2 - 1	2 - 1	4 - 1	3 - 1
	7-13	0	0	0	0	1	1
	> 13	0	0	0	0	4	1
Malo > 4.5	< 7	2 - 1	2 - 1	2 - 1	1	1	1
	7-13	2 - 1	2 - 1	2 - 1	2 - 1	1	1
	> 13	2 - 1	2 - 1	2	2 - 1	4	1

0: Mantenimiento Rutinaria
1: Cepillado

2: Recapado Asfáltico 10 cm.
3: Recapado Asfáltico 12 cm.

4: Recapado Asfáltico 15 cm.

7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Los pasos para llevar a cabo para obtener las prioridades a nivel de red de los pavimentos analizados se muestra en la **Figura 1**.

El primer paso, luego de la adquisición de los datos, consiste en definir el tipo de acción de C&R para cada proyecto analizado, sobre la base de las matrices elaboradas. En caso de que la acción recomendada sea la rutinaria, el proyecto tiene prioridad nula y queda relegado al próximo período de evaluación.

Luego, para aquellos proyectos que tienen asignada una acción de C&R distinta a la rutinaria, se les calcula la prioridad, elaborando el programa del próximo período bajo las restricciones presupuestarias existentes.

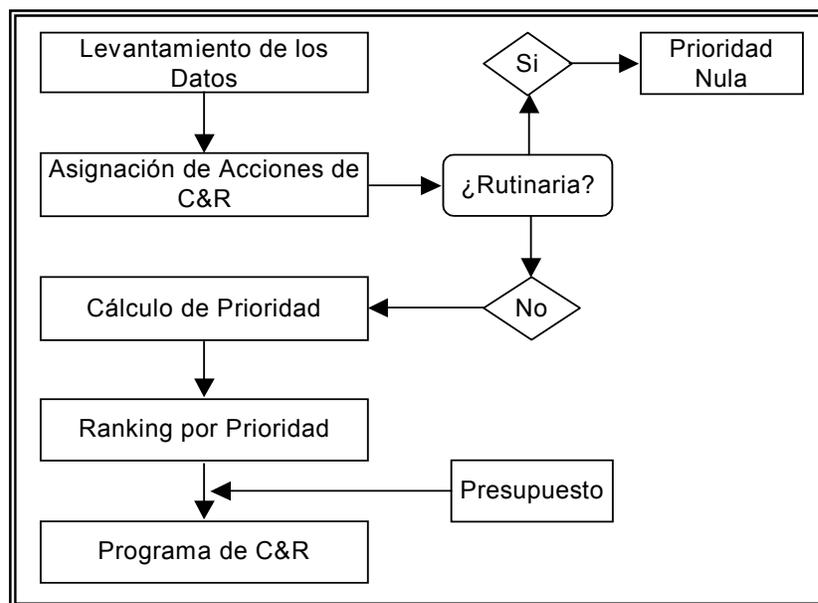


Figura 1: Diagrama de Flujo del Procedimiento de Priorización

8 CONCLUSIONES

La selección de los pavimentos, se realizó por medio de la asignación de un valor de Prioridad, el cual representa los beneficios que se obtienen de llevar a cabo una conservación adecuada de éstos, en comparación a solo conservarlos con mantención rutinaria.

Los resultados obtenidos representan la prioridad del camino por kilómetro. Luego, es posible estimar la prioridad del camino completo, sumando las prioridades de cada tramo definido en la tramificación del proyecto en función de los antecedentes y variables utilizadas para la evaluación.

Los resultados presentaron una muy buena correlación, por lo cual las fórmulas de priorización obtenidas son muy confiables y representan a cabalidad los beneficios asociados al desarrollo de un sistema de gestión de pavimentos.

La metodología puede ser utilizada para seleccionar a los proyectos que es necesario estudiar mas detalladamente con algún sistema de gestión, como por el ejemplo el HDM-IV, incorporando valores más específicos de las variables utilizadas en la evaluación.

La variación en el costo de las distintas acciones de conservación incluidas en el análisis no debiera causar cambios en la metodología de priorización, ya que ésta considera la aplicación de distintos niveles de conservación, es decir, acciones de restauración (Sellos, Cepillados) y de rehabilitación (Recapados), por lo cual la variación en el costo de una acción específica solo entra a competir con otro tipo de acciones dentro de un mismo nivel. Por otra parte, una variación en el costo de una misma acción de conservación se ve reflejado en una variación en todos los escenarios, por lo cual el ranking de prioridad asignado a cada escenario no cambia, sino que solo varía el valor de priorización.

9 REFERENCIAS

- **HAAS, R., HUDSON, W.R. y ZANIEWSKI, J.P. (1994)**, “Modern Pavement Management”. Robert E. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.
- **HALLES, F. (2001)**, “Metodología Simplificada de Priorización de Conservación de Pavimentos a Nivel de Red”. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- **NCHRP SYNTHESIS 222 (1995)**, “Pavement Management Methodologies to Select Projects and Recommend Preservation Treatments”. Transportation Research Record, National Research Council, Washington, D.C.
- **VIDELA C., DE SOLMINIHAC, H., GAETE, R., Y BUSTOS, M. (1996)**. Ajuste de Factores de Calibración para Ampliar Modelos de Deterioro en Pavimentos Asfálticos. Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- **ZAGHLOUL, S.M., HE, Z., VITILLO, N. y KEER, J.B. (1998)**, “Proyect Scoping Using Falling Weight Deflectometer Testing – New Jersey Experience” Transportation Research Record 1643, pp. 34-43, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- **ZAGHLOUL, S.M. y KEER, J.B. (1999)**, “Reduced Rehabilitation Cost From Use of Falling Weight Deflectometer” Transportation Research Record 1655, pp. 16-24, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- **ZANIEWSKI, J., FLINTSCH, G.W. y MEDINA, A. (1998)**, “Development of a Knowledge-Based Formula to Prioritize Pavement Rehabilitation Projects”. Transportation Research Record 1643 pp. 54-61, TRB, National Research Council, Washington D.C