

---

# **UNA METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA EL ESTUDIO DE CASOS DE RUTAS EN CONCESION**

**Jaime Retamal P., MSc.<sup>1</sup>**

**Ricardo Montecino L.<sup>2</sup>**

**Hernán de Solminihac T., PhD.<sup>3</sup>**

## **RESUMEN**

Este trabajo propone una serie de ideas para considerar en la metodología de análisis tanto técnico como económico de un camino de asfalto en concesión. Dicha metodología puede ser una importante herramienta de gestión tanto para quienes estudian su propuesta durante el proceso de licitación, como para quienes administrarán el camino una vez concesionado. Las variables consideradas son oferta y demanda, pero no en la forma tradicional de ser analizadas, sino que haciendo uso del denominado enfoque de equilibrio (crecimiento vegetativo de la demanda y disminución vegetativa de la oferta). El estudio intenta considerar gran parte de los beneficios y costos percibidos por el concesionario en distintos casos, los que están definidos por: la demanda, la geometría del camino y las condiciones de éste al momento de ser adjudicado. Dentro de este análisis se estudian: acciones de conservación; umbrales de intervención (no necesariamente los que indican las bases de licitación); costo adicional percibido por los usuarios durante las acciones de conservación de la ruta, y el impacto que éstos generan en los ingresos del concesionario.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Investigador del Servicio de Ingeniería Vial de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 306 Correo 22. Santiago.

<sup>2</sup> Investigador del Servicio de Ingeniería Vial de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 306 Correo 22. Santiago.

<sup>3</sup> Profesor del Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Casilla 306 Correo 22. Santiago.



## 1. INTRODUCCION

En la actualidad el sistema de concesiones de vías interurbanas y los incentivos de rentabilidad que el sistema presenta, han permitido que los distintos actores ingresen a participar en las licitaciones, sin existir aún rutas en etapa de explotación. En la actualidad estos proyectos se han estado evaluando con especial énfasis en el análisis de los ingresos de la sociedad concesionaria. Esto ha incentivado a los autores de este artículo a analizar en forma un poco más profunda el tema de los costos del concesionario, especialmente aquellos relacionados con la conservación que se realiza en las rutas, a fin de cumplir al menos con los estándares que la regulación por parte del Estado impone al monopolio natural que es entregado a las sociedades concesionarias. Además, al parecer de los autores, una gestión adecuada de la conservación de los pavimentos puede ser una importante fuente de beneficios, debido al menor gasto que es posible alcanzar respecto al tratamiento común de estas labores. El enfoque demandista con que se han llevado a cabo los estudios de concesiones resulta preocupante si se piensa que el deterioro de los pavimentos no sólo afecta los costos del concesionario, sino también la credibilidad del sistema de concesiones como un todo. Aspectos como la consideración de la rugosidad en la asignación de rutas (costos de operación) y los menores ingresos que puede sufrir el concesionario por efecto de los impactos producidos por los distintos tipos de mantención que se haga en ellas, son importantes para la determinación de los ingresos y egresos del concesionarios; es decir tanto para la gestión de la explotación, como para el estudio previo de los proyectos. Este artículo intenta incorporar, en una metodología de análisis, aquellos efectos mencionados, para permitir cada día evaluaciones más completas de los proyectos, asegurando a futuro la viabilidad del sistema. Dentro de los alcances de este estudio debe considerarse que sólo se mencionarán caminos de asfalto y caminos con una ruta alternativa. Por último hay que mencionar que este trabajo pretende ser un primer acercamiento entre dos ramas de la ingeniería que por evoluciones históricas han caminado en forma paralela: la ingeniería de transporte (con énfasis en la operación de sistemas de transporte) y la ingeniería vial (con énfasis en la infraestructura de transporte).

## 2. CONCEPTUALIZACION DEL SISTEMA RED CON RUTAS CONCESIONADAS

El mercado del transporte puede ser modelado microeconómicamente, y por lo tanto es posible distinguir en él tres elementos: oferta, demanda y equilibrio. La oferta corresponde básicamente a la infraestructura, la que es capaz de ofrecer un cierto nivel de servicio, y que en este caso está dada por los pavimentos de asfalto. La demanda equivale a la disposición que tienen los usuarios a utilizar una determinada ruta para realizar su viaje dependiendo del servicio que ésta y las posibles alternativas ofrezcan. El equilibrio corresponde a la interacción que entre la oferta y la demanda se verifica y que se traduce en un cierto flujo que opera a un determinado nivel de servicio (Manheim, 1979).

Por otra parte ocurre que este mercado es dinámico, vale decir la oferta y la demanda están sujetas a procesos que producen variaciones en ellas. Así por ejemplo la demanda enfrenta crecimientos vegetativos, principalmente debido a aumentos en la actividad económica de la zonas que generan y/o atraen viajes. La oferta en cambio sufre disminuciones vegetativas por concepto del deterioro físico



de los elementos de infraestructura. De este modo los puntos de equilibrio están en constante movimiento sin necesidad de que ningún planificador intervenga. Sin embargo dichos puntos de equilibrios están asociados a costos tanto para los usuarios como para la agencia que administra la infraestructura en este caso vial. De este modo los equilibrios que determine el mercado dejan de ser indiferentes para la sociedad en general. Por tal motivo es necesario que "alguien" asuma la responsabilidad de gestionar los equilibrios de mercado a fin de acercarlos a un punto satisfactorio. Generalmente el responsable de dicha gestión ha sido el Estado, el con mayor o menor éxito intenta mover los equilibrios hacia puntos socialmente satisfactorios. Sin embargo esta tarea requiere de una gran cantidad de recursos los que son siempre escasos.

Con el fin de permitir la llegada de nuevos recursos al sistema, la Ley (DFL 164) y Reglamento (DS 240) de Concesiones han dispuesto que la infraestructura de uso público puede ser entregada, por parte del Estado, en calidad de concesión, a inversionistas privados (sociedades concesionarias), los que deberán hacerse cargo de su construcción (si es necesario) o ampliación, y conservación. Dicha infraestructura deberá ser devuelta al Estado al cabo de un cierto período, durante el cual la sociedad concesionaria estará facultada para explotar la obra mediante el cobro de una tarifa a los usuarios de la misma.

La infraestructura que interesa estudiar en este trabajo es la de tipo vial, específicamente caminos. Dadas las características de la vialidad se puede decir que esta constituye un monopolio natural el cual, al momento de ser entregado a la gestión de privados, debe ser regulado. En este caso se pueden distinguir dos tipos de regulación: técnica y económica. La regulación técnica corresponde a una serie de obligaciones que asume la sociedad concesionaria respecto a la calidad del servicio que está ofreciendo, mientras que la regulación económica fija una tarifa o peaje máximo que puede ser cobrado a los usuarios por el servicio de infraestructura. Más adelante se detalla el tema de la regulación, poniendo énfasis en la de tipo técnica.

Ahora bien, independiente de quien sea el encargado de administrar la red vial (Estado o particular) y cuales sean sus objetivos (beneficio social o beneficio privado), lo cierto es que el concepto de equilibrio dinámico del mercado debe estar presente en la gestión. Es decir, la agencia encargada de la administración vial debe estar conciente que el equilibrio es posible de manipular mediante movimientos de la oferta y/o la demanda, para lo cual debe disponer de herramientas de gestión técnicas, económicas y legales. A este manera de actuar sobre la red se le ha denominado enfoque de equilibrio el cual intenta responder a los enfoques unilaterales (demandista y ofertista) tradicionalmente utilizados para abordar la administración de redes viales (Retamal, 1995). La Figura 1 ilustra este concepto. En ella se aprecia como la agencia, haciendo uso de herramientas de gestión puede mover un equilibrio desde una Situación 1 a una Situación 2, de tal forma que la Situación 2 reporte una medida del logro del objetivo mayor que la Situación 1.

En el caso de las rutas concesionadas el enfoque de equilibrio se traduce en que la sociedad concesionaria puede utilizar herramientas de gestión tanto a nivel de oferta como de demanda para poder alcanzar equilibrios que por un lado, sean compatibles con las exigencias del contrato de concesión (regulación del monopolio), y por otro sean capaces de reportarle el mayor beneficio económico privado posible.



### 3. ESTRATEGIAS DE ADMINISTRACION

Si el objetivo perseguido por la sociedad concesionaria es maximizar sus beneficios económicos, se puede decir que la función objetivo es la diferencia entre los ingresos (flujo vehicular multiplicado por la tarifa) y los costos (de construcción más los de conservación) producto de la provisión del servicio de infraestructura.

En este contexto es necesario definir la estrategia que permitirá a la sociedad concesionaria alcanzar el citado objetivo. Esta estrategia se compone de cuatro políticas básicas las cuales influyen directamente sobre la función objetivo. Estas políticas son: de diseño estructural<sup>4</sup>, de conservación, de materialización y tarifaria.

La política de diseño estructural apunta a : (a) la elección del método de diseño y de las variables no técnicas del mismo. Así por ejemplo el método AASHTO de diseño de 1993, utiliza una variable sobre el nivel de confianza del diseño; y (b) la definición del horizonte de diseño, por ejemplo 20 ó 30 años. Otro punto que debe ser considerado dentro de esta política (o tal vez constituirse en una independiente), es la restricción de pesos por eje de los vehículos pesados.

La política de conservación corresponde a la manera de mantener operable el camino en las condiciones que exige el contrato de concesión. Sin embargo el administrador de la obra tiene dos caminos para enfrentar este tema: respuesta mínima o autoexigencia. La primera política consiste en actuar sobre el camino una vez que éste ha alcanzado el nivel de deterioro límite permitido por el Estado; dicho nivel se especifica a través de indicadores objetivos de la condición del pavimento (IRI, % de grietas, ahueamiento, baches, etc.). La otra política (autoexigencia) consiste en actuar cuando dichos indicadores están aún muy por debajo de los que plantea el contrato.

La política de materialización corresponde a la manera en que el administrador procederá a realizar las acciones de conservación. Esta política es importante debido a que durante estas tareas los usuarios del camino pueden verse afectados, lo que provocaría una fuga de flujos vehiculares si es que existen rutas alternativas. En caso de no existir, el Estado debiera especificar, en las bases de licitación, un cierto tratamiento de las zonas de trabajos a fin de asegurar un nivel de servicio mínimo a los usuarios (regulación de monopolio debe manifestarse durante toda la vida de la obra). Esta política debe definir por ejemplo las técnicas utilizadas en la ejecución de la conservación, el número de pistas a cerrar, la longitud de las zonas cerradas, el tipo de gestión de tránsito en la zona (bandereros o la construcción de un *by pass* ), etc. (Montecino, 1995).

<sup>4</sup> También es posible suponer una política de diseño geométrico, sin embargo lo común es que en el caso de rutas a concesionar, este diseño sea desarrollado en su gran mayoría por el Estado.



La política tarifaria corresponde al peaje o tarifa que deberán pagar los usuarios dependiendo del tipo de vehículo en que transitan. Cabe señalar que esta tarifa no puede superar la tarifa máxima acordada en el contrato de concesión, la que equivale a la regulación económica del monopolio.

#### **4. ALGORITMO SIMPLE DE ASIGNACION MEDIANTE ENFOQUE DE EQUILIBRIO**

El algoritmo aquí planteado intenta rescatar el enfoque de equilibrio, es decir que tanto la oferta como la demanda sufren variaciones durante la operación del camino. Debido a las características de los ejemplos que serán presentados más adelante, así como también por simplicidad del método, el algoritmo utilizado contempla una asignación de flujos mediante el método Dial. Sin embargo, estos conceptos pueden ser fácilmente extrapolables a modelos más complejos como el MARTED presentado por Gálvez y Véjar (1993).

La diferencia con la aplicación tradicional de este tipo de herramientas (enfoque demandista) es que en este caso la oferta, vale decir el vector de nivel de servicio que perciben los usuarios, no es estático sino dinámico en el tiempo. Estas variaciones son explicadas a través de los procesos de deterioro que sufre la infraestructura vial. Para el tratamiento de esta disminución vegetativa de la oferta se ha optado por la utilización del modelo HDM III desarrollado por el Banco Mundial, y adaptado para Chile por la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas en conjunto con el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Videla et al., 1992).

La suposición básica de este método es la siguiente:

*Los usuarios escogen su ruta en función del nivel de servicio que las distintas rutas alternativas le ofrecen. Por otra parte el nivel de servicio se ve disminuido por efecto del clima y de la utilización que los mismos usuarios hacen del camino, desde una perspectiva de deterioro y congestión. Por este motivo, tanto la elección de los usuarios dependerá del nivel de servicio como el nivel de servicio dependerá de la elección de los usuarios.*

Para enfrentar esta situación se propone (1) fijar el nivel de servicio para un período determinado (un año, cinco años,...); (2) asignar flujos en función del nivel de servicio para ese período (3) determinar el deterioro que el flujo y el clima han causado sobre la infraestructura durante el período estudiado, así como también la variación del total de viajes esperados entre el par origen-destino analizado, y definir el nuevo nivel de servicio en función del deterioro y de las posibles acciones de conservación de la infraestructura; (4) asignar los flujos para el próximo período. Cabe destacar que detrás de la expresión *Nivel de Servicio* se encuentra un concepto de mayor complejidad que el utilizado por los manuales de capacidad de carreteras. En este caso corresponde a elementos como la geometría del camino y su nivel de deterioro; es decir equivale a las características de la infraestructura que permiten al usuario recibir un cierto nivel de satisfacción.



En términos matemáticos el algoritmo para la asignación de flujos en dos rutas alternativas es el siguiente:

Paso 1: Definición del nivel de servicio (NS) inicial de ambas rutas y del flujo a repartir (F),

$$\begin{aligned} N_S^i_1 &= N_S^0_1 ; \quad N_S^i_2 = N_S^0_2 \\ F^i &= F^0 \end{aligned} \quad (1)$$

donde:

- $N_S^i_1$  = Nivel de servicio en el periodo i, en la ruta 1
- $N_S^0_1$  = Nivel de servicio en el periodo 0, en la ruta 1
- $N_S^i_2$  = Nivel de servicio en el periodo i, en la ruta 2
- $N_S^0_2$  = Nivel de servicio en el periodo 0, en la ruta 2
- $F^i, F^0$  = Flujo total en el periodo i (cuando i=0).

Paso 2: Asignación de flujos (f) para el periodo inicial según Dial (Logit simple) o MARTED (Logit Jerárquico).

$$f_1^0 = F^0 * P_1^0 (N_S^0_1, N_S^0_2); \quad f_2^0 = F^0 * P_2^0 (N_S^0_1, N_S^0_2) \quad (2)$$

$$P_1^0 + P_2^0 = 1$$

donde:

- $f_1^0$  : Flujo que se va por la ruta 1, en el periodo 0
- $P_1^0$  : Probabilidad de que los vehículos se vayan por la ruta alternativa 1, en el periodo 0.
- $N_S^0_1$  : Nivel de servicio en la ruta 1, en el periodo 0
- $f_2^0$  : Flujo que se va por la ruta 2, en el periodo 0
- $P_2^0$  : Probabilidad de que los vehículos se vayan por la ruta alternativa 2, en el periodo 0.
- $N_S^0_2$  : Nivel de servicio en la ruta 2, en el periodo 0

Paso 3: Determinación de niveles de servicio y flujo a asignar para el periodo siguiente

$i = i + 1$ ; si  $i =$  total periodo  $\Rightarrow$  FIN; si no  $F^i = \alpha * F^{i-1}$   
con  $\alpha$  = tasa de crecimiento

$$N_S^j = NS(Inf_j^{-1}, acc_j^{-1}, acc_j, f_{j-1}^i, f_j^i); \quad j = 1, 2 \quad (3)$$

Esta expresión plantea que el nivel de servicio depende, además del flujo que opera sobre el camino durante un determinado periodo, de las características que la infraestructura (Inf) presentaba en el periodo anterior, de las acciones de conservación (acc) que se le hayan practicado a dicha infraestructura durante el mismo periodo y del nivel de flujo que hubiera deteriorado el camino en el



periodo anterior. Por otra parte hay, que señalar que las variables que representan a las acciones de conservación (tanto las del período  $i$  como del  $i-1$ ) no siempre están activas.

Paso 4: Asignación de flujos según Dial (Logit simple)

$$\begin{aligned} f_1^i &= F^i \cdot P_1^i(N_S^i, N_S^j) ; f_2^i = F^i \cdot P_2^i(N_S^i, N_S^j) \\ P_1^i + P_2^i &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$

En este punto además, hay que destacar el tratamiento especial que debe darse al cálculo del flujo de equilibrio en aquellos períodos que contemplan acciones de conservación, por cuanto las curvas flujo velocidad pueden verse afectadas debido a las zonas de trabajo. Más adelante se hacen algunos comentarios a esta situación.

Paso 5: Volver Paso 3

## 5. METODOLOGIA DE EVALUACION DE ESTRATEGIAS

Una vez definidos los conceptos de estrategia de administración así como el método de asignación de flujos, es posible presentar la metodología de evaluación económica de rutas en concesión desde la perspectiva de la sociedad concesionaria.

Esta evaluación, como cualquier otra, calcula ingresos y costos. Como ya se señaló los ingresos dependerán de la cantidad de vehículos de cada categoría que utilicen la ruta concesionada y de la tarifa impuesta a cada una ellas. Los costos por su parte dependerán los egresos producto de la construcción y conservación de los caminos. Las políticas detrás de la estrategia de administración producen efecto ya sea sobre los costos (diseño estructural, conservación y materialización) o los ingresos (tarificación, conservación, materialización).

Luego, la evaluación de una determinada estrategia consiste en cuantificar los costos e ingresos que las diferentes políticas acarrean a la sociedad concesionaria en cada uno de los años del período de evaluación. Ahora bien, tanto los costos como los ingresos de la sociedad concesionaria dependerán del equilibrio de mercado, es decir de los flujos y niveles de servicio que ofrezca tanto la ruta en concesión como las posibles rutas alternativas.

Dadas las características sistémicas de la situación en estudio es difícil definir pasos secuenciales, razón por la que a continuación se presentan aspectos que deben ser considerados por el planificador de la concesión.

### 5.1 Definir Estrategias

Es necesario definir las estrategias de administración que serán evaluadas. Estas estrategias corresponden a ciertas políticas de diseño estructural, de conservación, de materialización y tarifaria.

## 5.2 Estudio Demanda

Esta etapa debe permitir conocer el comportamiento de los usuarios frente a diferentes niveles de servicio que ofrezca tanto la ruta en concesión como cada una de las posibles alternativas. Este aspecto debe ser capaz de discriminar entre diferentes tipos de usuarios, por ejemplo: conductores de vehículos livianos, de buses y camiones, por cuanto las valoraciones y disposiciones a pagar por un cierto servicio pueden ser muy diferentes entre sí. En este contexto se recomienda estudiar la variable costo de operación por cuanto es un reflejo de la incidencia del estado de la infraestructura en la elección del usuario.

## 5.3 Estudio Oferta

Se deben especificar los diferentes diseños estructurales y las posibles acciones de conservación y la forma de llevarlas a cabo, dependiendo de las estrategias definidas. Además conviene analizar las características técnicas de las eventuales rutas alternativas a fin de conocer el servicio que serían capaces de ofrecer.

## 5.4 Estudio del Equilibrio

Este aspecto apunta a la integración de las oferta y la demanda desde la perspectiva del enfoque de equilibrio. Es decir se debe realizar el proceso de asignación de flujos dependiendo del nivel de servicio que ofrezca cada alternativa, sin olvidar que dicho nivel de servicio depende no sólo del flujo circulante, sino también del deterioro que sufre la infraestructura (disminución vegetativa de la oferta). Es decir, este punto debiera entregar la cantidad de vehículos de cada categoría que utilizaría el camino en concesión (además de las rutas alternativas) y las acciones de conservación que sería necesario ejecutar a fin de responder a las exigencias del contrato. Para esta etapa se ha planteado en la sección anterior un algoritmo simple. Si bien dicho algoritmo fue presentado asignando mediante Dial, esto no significa que queden descartados otros modelos más robustos como por ejemplo MARTED (Gálvez y Véjar, 1993).

## 5.5 Estudio de Indicadores de Rentabilidad

Una vez conocido el equilibrio es posible cuantificar los ingresos y costos de cada estrategia. Con éstos se determinan los indicadores de rentabilidad que permitirán comparar dichas estrategias y escoger aquella más conveniente desde la perspectiva del objetivo de la sociedad concesionaria.

## 6. IMPORTANCIA DEL ENFOQUE DE EQUILIBRIO: EJEMPLOS

De estos cinco aspectos el que reviste mayor interés para el presente trabajo es el estudio del equilibrio, por cuanto es la que utiliza el concepto de enfoque de equilibrio planteado anteriormente. A continuación se presentan tres situaciones que ilustran la importancia de considerar el enfoque de equilibrio para el estudio de rutas en concesión.



## 6.1 Ejemplo 1: Consideración de costos de operación en la asignación de flujos.

La mayor parte de los estudios de demanda de concesiones plantean como variables significativas el precio del peaje, el tiempo de viaje y la distancia de viaje. Por otra parte, se asume que los buses siguen un itinerario fijo y que los camiones se asignan de manera "todo o nada" en la que los conductores de camión sólo perciben los costos de operación (independiente del nivel de flujo y por lo tanto independiente del tiempo de viaje) y los cobros de peaje. Respecto a esto último caben dos preguntas: (a) ¿Existen a caso rutas por las que no transita ningún camión?, ¿Los costos de operación de los vehículos son los mismos a lo largo de toda la vida de un camino? Claramente la respuesta a ambas interrogantes es la misma: No. En este sentido cabe destacar el hecho del deterioro del camino. Como ya se manifestó, aunque con otras palabras, la elección de los camioneros (usuarios) depende del deterioro (nivel de servicio) que ofrece cada una de las rutas alternativas, y por otro lado el deterioro (nivel de servicio) de cada ruta alternativa dependerá de la elección de los camioneros (usuarios). En este esquema puede ocurrir que camiones que habitualmente, debido a sus costos de operación y al peaje, utilizaban la ruta alternativa debido al progresivo deterioro de ésta se vean más interesados por ocupar la ruta concesionada, con el consiguiente aumento de la congestión y aceleración del deterioro del camino, viéndose la sociedad concesionaria obligada a adelantar las acciones de conservación, a fin de cumplir con las obligaciones del contrato.

Considérense la siguiente ecuación para el cálculo de costos sociales de operación calculados por Videla et al. (1992), y transformada a costos privados mediante un factor de 1,30 y asumiendo un precio del dolar de \$400.

$$CO(\$/veh.) = 1,3 \cdot 400 \cdot Km \cdot (556,019 + 22,828IRI + 3,333IRI^2 - 0,131IRI^3)/1000 \quad (5)$$

Además considérese un promedio de 500 vehículos pesados diarios que deben escoger entre una ruta de 50 kilómetros con un peaje para vehículos pesados de \$3500, y una ruta alternativa gratis de 55 kilómetros. Si se asume asignación todo o nada ocurre que para diferentes niveles de deterioro (medido a través del IRI) de ambas rutas, el costo total percibido por los camioneros será diferente: Si por ejemplo ambas rutas estuvieran nuevas (IRI=1,2 m/Km.) el costo de operación de los camiones pesados que transitaran por la ruta concesionada sería de \$15.287, los que sumados a los \$3.500 de peaje da un total de \$18.787; la otra ruta en cambio tiene un costo de operación de \$16.816. Esto significa que los 500 vehículos pesados diarios viajarán por la ruta no concesionada. Esta situación hará que dicha ruta se deteriore a gran velocidad pudiéndose dar el caso que al cabo de unos años el IRI en la ruta no concesionada alcance por ejemplo a 5,5 m/Km., mientras que la ruta no concesionada tiene un IRI de 3 m/Km (no pasan vehículos pesados). En este último caso el costo de operación percibido por los camioneros en la ruta no concesionada ascendería a \$21.753, mientras que en la ruta no concesionada alcanzaría a \$16.925, los que sumados a un peaje de \$3500 da un total de \$20.425. Esto significa que la ruta concesionada absorberá un flujo diario de 500 camiones pesados no contemplados originalmente, lo que significa mayor congestión y aceleración del deterioro.



## 6.2 Ejemplo 2 : Acciones de conservación y la asignación de flujos

Respecto a la asignación de vehículos livianos se ha postulado que los conductores de éstos escogen ruta en función del tiempo de viaje, del peaje y de la distancia. Sin embargo hay situaciones en la operación normal del camino se ve interrumpida por la presencia de faenas y obras de conservación. En el caso de las rutas en concesiones éstas deben ser tal que aseguren un nivel de deterioro (superficial al menos) limitado. Por tal motivo es importante que el administrador de la ruta tenga presente que existen varias fórmulas de gestión de tránsito que pueden ser escogidas para evitar que un aumento del tiempo de viajes de los usuarios se traduzca en una pérdida de ingreso por peajes.

Supóngase que es necesario realizar trabajos en la vía a fin de responder con las exigencias del contrato de licitación. Es muy probable que estos trabajos provoquen, entre otros impactos, un aumento en los tiempos de viaje respecto a los que se verifican cuando el camino opera normalmente. Este aumento de tiempo dependerá del tipo de vía que en que se esté trabajando (por ejemplo calzada única bidireccional o doble calzada), del tipo de gestión de tránsito (banderero, número de pistas cerradas, desvío o *by pass*), del largo de la zona de trabajo y de la demanda (vehículos por hora y su composición). haciendo uso del programa IMPACTOS presentado en Montecino (1995), es posible modelar y cuantificar, entre otras cosas, el aumento del tiempo de viaje que percibirán los usuarios de un camino por concepto de las labores de conservación.

Sin entrar en mayores detalles de la modelación, debido a que no es el interés de este trabajo, a continuación se muestran los resultados obtenidos en el aumento de tiempo de viaje de los usuarios para diferentes escenarios.

*Escenario 1:* Camino de doble calzada con una pista cerrada en cada una y un TMDA de aproximadamente 15.000 vehículos/día y una composición de 70% de vehículos livianos y 30% de vehículos pesados. En este caso para una zona de trabajo de 2,5 kilómetros, el tiempo de viaje extra promedio es de 5,0 minutos/vehículo. Por otra parte, para una zona de 4 kilómetros de longitud, el tiempo de viaje extra promedio alcanza los 5,8 minutos/vehículo.

*Escenario 2:* Camino de calzada única y bidireccional con una de sus pistas cerrada y un TMDA de aproximadamente 2000 vehículos/día y una composición de 70% de vehículos livianos y 30% de vehículos pesados. En este contexto una gestión de tránsito mediante banderero que regule una zona de trabajo de 4 kilómetros de largo puede llegar a provocar demoras promedio de 18 minutos/vehículo. Si por el contrario la zona de trabajo fuera *by passeada* mediante un desvío, el tiempo de viaje extra promedio podría reducirse a 1,9 minutos/vehículo.

Si bien estos cálculos asumen demandas inelásticas, es posible ilustrar el impacto en los tiempos de viaje que pueden sufrir los usuarios de un camino concesionada mientras se realizan las acciones de conservación. Debido al efecto que este impacto puede provocar en las decisiones de los usuarios y por ende en los ingresos del concesionario, es claro que una de las principales labores del administrador de la obra es la adecuada gestión de la ejecución de las acciones de conservación.



### 6.3 Ejemplo 3 : Políticas de Conservación

Tal como se mencionó anteriormente, la sociedad concesionaria puede optar por dos políticas de conservación: respuesta mínima y autoexigencia.

Supóngase que las restricciones técnicas (regulación técnica del monopolio) impuestas por el contrato de licitación y las acciones de conservación consideradas por el concesionario, son las aparecidas en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

**Tabla N° 1: Restricciones técnicas impuestas por el contrato**

Falla	Umbrales
IRI máximo	4 m/km
% agrietamiento máximo	15%
Baches	0 (ninguno)
Ahuellamiento	10 mm

**Tabla N° 2: Acciones de conservación consideradas**

Acción	Descripción
Sello	Sello de agregados de 30 mm. de espesor con capacidad estructural ( $a_i$ del método AASHTO) mínima (0,12) en toda la superficie agrietada.
Bacheo	Tareas de cierre del bache
Refuerzo	Capa asfáltica de 40 mm. de espesor con capacidad estructural de 0,43.

En este contexto una política de respuesta mínima sería realizar las acciones de conservación cuando el deterioro alcance los umbrales definidos como máximos en el contrato; ver Tabla N° 3

**Tabla N° 3: Política de respuesta mínima**

Aplicar Bacheo apenas aparezca un bache.
Aplicar sello cuando las grietas alcancen un 15% de la superficie del camino.
Aplicar refuerzo cuando el IRI alcance un valor de 4 m/km

Por otro lado una política de autoexigencia sería por ejemplo adelantar la colocación del sello de grietas a fin de retardar el aumento del IRI y con ello la colocación del refuerzo. Un ejemplo se muestra en la Tabla N° 4.

**Tabla N° 4: Ejemplo de una política de autoexigencia**

Aplicar Bacheo apenas aparezca un bache.
Aplicar sello cuando las grietas alcancen un 5% de la superficie del camino.
Aplicar refuerzo cuando el IRI alcance un valor de 4 m/Km

Supóngase un camino diseñado con el Método AASHTO para resistir un tránsito de 4,5 millones de ejes equivalentes en 20 años sobre un suelo de fundación con un CBR de 10%. Este diseño quedaría de acuerdo a la Tabla N° 5.

**Tabla N° 5: Ejemplo de un diseño AASHTO**

Carpeta de rodadura	5 cm
Carpeta Binder	5 cm
Base granular	15 cm
Subbase granular	20 cm
CBR suelo fundación	10%

Al aplicar la política de respuesta mínima, el sistema SAD<sup>5</sup> arroja las siguientes acciones de conservación para los primeros 25 años de operación del camino (ver Tabla 6).

Debido a la gran diferencia de precio que existe entre las acciones de sello y de refuerzo (este último es muchísimo más caro que el sello), es claro que el sólo hecho de postergar la ejecución del refuerzo en dos años implica un importante ahorro para la sociedad concesionaria, si se considera que en el cálculo del VAN, el costo actualizado de esta acción es bastante menor que el costo actualizado de la misma acción en el caso de política de respuesta mínima.

**Tabla N° 6: Comparación de políticas**

Políticas	Acciones
<b>1. Respuesta mínima</b>	Sello a los 10 años
(se han considerado los 25 primeros años de operación)	Sello a los 15 años
	Refuerzo a los 18 años
<b>2. Autoexigencia</b>	Sello a los 8 años
(se han considerado los 25 primeros años de operación)	Sello a los 14 años
	Refuerzo a los 20 años

<sup>5</sup> Sistema SAD corresponde al Modelo HDM III calibrado para la realidad chilena. Esta fue desarrollado por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile para el Ministerio de Obras Públicas.



## 7. CONCLUSIONES

Este trabajo plantea una serie de ideas y aspectos que, a juicio de los autores, debieran ser considerados en la evaluación y explotación de caminos de concesión. Estas tienen su origen en el denominado enfoque de equilibrio, el cual considera que los puntos de equilibrios de la red (flujos y niveles de servicio), están sujetos a procesos dinámicos, debido al crecimiento vegetativo de la demanda y la disminución vegetativa de la oferta. Dentro de los aspectos más importantes cabe destacar: la consideración del deterioro del camino al momento de asignar los camiones, la importancia que puede llegar a tener la gestión de tránsito en las zonas de trabajos de conservación, y la fuente de ahorro de recursos producto de la correcta elección de la política de conservación del camino (respuesta mínima o autoexigencia).

## REFERENCIAS

- Gálvez, T. y Véjar, G (1993). Modelación de la Asignación en Redes Viales Interurbanas Tarificadas mediante Elección Discreta. **Anales del VI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**. 25-28 de Octubre de 1993. Santiago.
- Montecino, R.A. (1995) **Una Metodología para la Consideración de Impactos en la Conservación de Caminos Interurbanos**. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Retamal, J. (1995). **Desarrollo Conceptual de un Sistema de Gestión Vial**. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.
- Videla, C., Echeverría, G., Gaete, R., Caroca, A. y Espinoza, F. (1992). **Estudio para la Evaluación de la Eficacia de la Conservación en Pavimentos Asfálticos. Sistema de Gestión de Pavimentos, GIMP**. Informe Final, Volumen IV. Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.



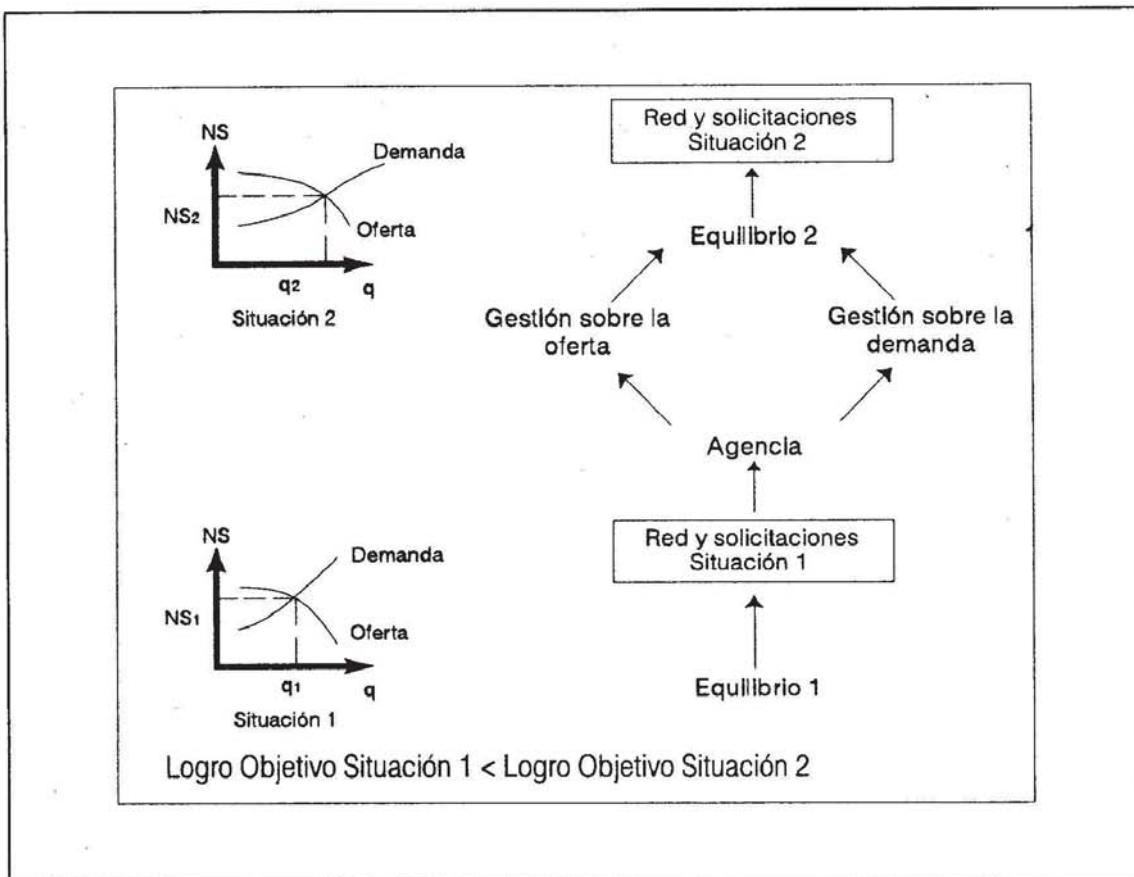


Figura 1 Esquema de actuación de la agencia sobre el equilibrio de la red vial.

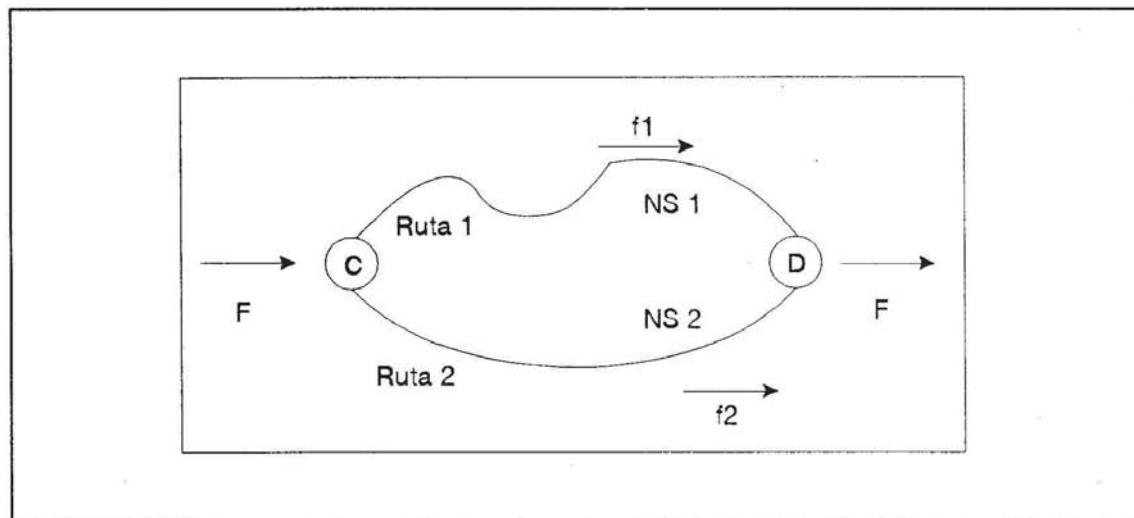


Figura 2 Aplicación algoritmo simplificado de asignación con enfoque de equilibrio.

