

Análisis de las externalidades negativas en la rehabilitación de pavimentos

Hernán de Solminihac T.

Profesor, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Santiago.

Pablo Muñoz A.

Ayudante de investigación, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Santiago.

RESUMEN: Un problema importante que se presenta en la mantención y rehabilitación de pavimentos de calles y carreteras en Chile, son los impactos negativos que se producen durante su ejecución. Estos impactos son muy conocidos por los usuarios y por los organismos involucrados en el tema; sin embargo son pocos los estudios que sobre ellos se han realizado. Algunos ejemplos de estos impactos son la congestión de vehículos causada por la disminución de la capacidad de las vías de tránsito durante las faenas y el aumento en el consumo de energía por parte de los usuarios producto de esta congestión. Otros importantes ejemplos son los impactos en las ventas de los negocios del sector, cuya actividad económica se ve gravemente afectada por la demora en la ejecución de los trabajos, los accidentes y el aumento de la polución que se produce debido a la congestión vehicular. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es analizar los impactos que se producen durante los trabajos de rehabilitación de calles y carreteras, para posteriormente proponer soluciones y/o recomendaciones que minimicen estos impactos.

I. INTRODUCCIÓN

El continuo desarrollo de la población y por ende, el aumento progresivo del flujo de vehículos, trae como consecuencia impactos adversos durante la rehabilitación y mantención de pavimentos, los cuales afectan principalmente a usuarios, medio ambiente, negocios del sector y otras partes, como servicios públicos, instituciones públicas, etc. Como respuesta a este crecimiento es que se hace necesario desarrollar y aplicar nuevas estrategias que minimicen estos impactos.

Actualmente en nuestro país, la reglamentación vigente no contempla adecuadamente al usuario como una variable más de decisión en la selección de proyectos y adjudicación de propuestas de rehabilitación y mantención de pavimentos, ya sean urbanos o rurales. Por lo anterior, un paso importante en la búsqueda de soluciones para este problema, es considerar al usuario como parte de un sistema integrado y mejorar las políticas que sólo buscan minimizar los costos directos de las obras y no los costos totales del sistema afectado.

Este artículo no pretende proponer soluciones tendientes a corregir este problema; sino que su objetivo principal es hacer una breve, pero detallada descripción de los impactos adversos que se producen durante la mantención y rehabilitación de pavimentos en Chile, con el fin de dar a conocer el real alcance de este problema y como primer paso en la búsqueda de mejoras para nuestro actual sistema.

En primer lugar, este artículo se referirá a las áreas o partes involucradas en este problema y la relación que existe entre ellas; para luego abordar por separado cada una de ellas. Finalmente, se incluye un capítulo que resume las conclusiones de este estudio.

II. ÁREAS INVOLUCRADAS EN UNA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

Para abordar este problema y buscar soluciones es necesario considerar todas las partes de un sistema (1). Esto es, deben considerarse todos los elementos que intervienen (organismos mandantes, contratistas, usuarios, negocios, medio ambiente, etc.) conjuntamente y no por separado.

El estudio de estos impactos no puede hacerse independientemente de los usuarios, medio ambiente, negocios, etc., como sucede en la actualidad, debido a la estrecha y directa relación que existe entre éstos y los organismos encargados de tomar las decisiones (mandante); por lo tanto, toda evaluación debe hacerse en base a un único sistema formado por todas las áreas afectadas. Este sistema se ilustra en la figura 1, donde se observa a las seis principales partes involucradas: mandante, constructor, usuarios, comercio del sector, medio ambiente, y otras partes.

El mandante corresponde principalmente a las Municipalidades y a los Ministerios de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y de Obras Públicas (MOP). Estos organismos son los responsables de aplicar y supervisar los programas de rehabilitación, seleccionando proyectos y contratistas.

Su relación con todas las otras áreas es entonces directa, dado que son los encargados de tomar las decisiones y por lo tanto de éstas dependerá en gran medida los impactos que se produzcan a futuro.

Los usuarios son los automovilistas. La demanda de tráfico sobre las carreteras ha alcanzado niveles que hacen que los programas actuales de rehabilitación de pavimentos impacten negativamente sobre ellos, especialmente en las horas punta, en que la congestión alcanza valores críticos.

Los negocios es otra área gravemente afectada, debido a que las molestias causadas durante los trabajos de rehabilitación aleja a sus clientes, con una consecuente disminución de sus ventas.

Los contratistas son los encargados de materializar las obras de rehabilitación; por lo tanto de ellos también dependerá el poder disminuir los impactos en la medida en que ejecuten las faenas en el mínimo tiempo posible.

El medio ambiente es otra área que se ha incorporado actualmente en la evaluación de proyectos, dado que los impactos que afectan a esta área repercuten con el tiempo directamente en las demás.

Finalmente se encuentran otras partes involucradas a este sistema como servicios públicos, instituciones públicas y particulares que ven entorpecidas sus actividades durante las obras de rehabilitación.

La idea fundamental que se desea reflejar con lo anterior es que al evaluar proyectos se debe tratar de cuantificar y minimizar los impactos que se producen en todas las áreas mencionadas, considerándolas como un solo sistema y no individualmente.

En los próximos capítulos se detallarán los impactos que afectan a cada una de estas áreas, comenzando a continuación con el mandante y su importancia dentro de este sistema.

III. MANDANTES

El mandante es una parte de gran importancia dentro de este sistema por las funciones que desempeña. Estas funciones, realizadas en su mayoría por organismos gubernamentales, corresponden principalmente a la supervisión del desarrollo de diseño y especificaciones del proyecto, selección de contratistas, control de la construcción y posterior mantenimiento de los pavimentos.

De lo anterior se comprende que los organismos o mandante deben incurrir en variados gastos que provienen de los costos directos de construcción, costos de rehabilitación y mantenimiento de las calles y carreteras, y costos de administración, inspección, etc. (2). Sin embargo actualmente es necesario que los organismos, al momento de decidir y seleccionar, analicen y evalúen simultáneamente los probables impactos que puedan afectar a las otras partes mencionadas durante el período de construcción y que no decidan sólo en base a criterios económicos.

El mandante debe administrar y supervisar los proyectos durante todo momento, es decir, antes, durante y después de finalizados los trabajos. Para realizar tal función, el mandante debe relacionarse durante la construcción y posterior mantenimiento con todas las otras partes involucradas en este proceso: contratistas, usuarios, negocios, servicios públicos, etc.; así como también deben asegurar la protección

y conservación del medio ambiente, ya que los deterioros que éste sufra pueden afectar recíprocamente en el futuro a todas las otras partes.

En resumen, el mandante tiene una directa relación e influencia sobre las otras áreas, según sean las decisiones o acciones que él ejecute, situación que ilustra la figura 2, en donde se aprecia la interrelación que existe entre todas las áreas del sistema afectado; entonces es necesario que ellos promuevan el uso de nuevas estrategias y programas de rehabilitación de pavimentos; soluciones cuyos costos pueden ser mayores que los costos directos de las obras, pero que sin embargo son los óptimos si se mira al sistema formado por todas las partes involucradas: mandante, contratista, usuarios, medio ambiente, negocios y otras partes.

El siguiente capítulo se referirá al Contratista y la forma en que éste se ve afectado durante los trabajos de rehabilitación de pavimentos.

IV. CONTRATISTA

El contratista es el encargado y responsable de la materialización física de los trabajos de rehabilitación y mantención de pavimentos, de acuerdo a las especificaciones dadas por el mandante. De ellos dependerá también entonces los impactos que afecten a las otras áreas, dependiendo de las técnicas que usen para ejecutar los trabajos y del tiempo que demoren en realizarlos. Sin embargo, el Contratista también se ve afectado negativamente por los impactos que se producen durante la rehabilitación de pavimentos.

El Contratista es el encargado y responsable de la materialización física de los trabajos de rehabilitación y mantención de pavimentos, de acuerdo a las especificaciones dadas por el mandante. De ellos dependerá también entonces los impactos que afecten a las otras áreas, dependiendo de las técnicas que usen para ejecutar los trabajos y del tiempo que demoren en realizarlos. Sin embargo, el Contratista también se ve afectado negativamente por los impactos que se producen durante la rehabilitación de pavimentos.

Estos impactos se refieren principalmente a:

- Espacio disponible: el espacio físico que pueden ocupar, ya sea para trabajar y/o para dejar materiales y maquinarias, es a veces bastante limitado. Lo anterior implica que el Contratista tiene accesos limitados a las zonas de trabajo, lo que sumado a horarios especiales impuestos en algunas ocasiones por los mandantes, hace que el desarrollo del trabajo sea más difícil e incómodo.
- Seguridad: es otro problema que se presenta y que es un constante peligro para el Contratista. Dado el espacio limitado para desarrollar sus trabajos y producto de la congestión, el personal del Contratistas encuentra expuesto constantemente a posibles accidentes, lo que en ocasiones podría afectar la productividad y con ello, los resultados esperados.
- Relación con los Servicio públicos: es uno de los problemas serios que afecta al Contratista y que se presentan como grandes problemas de coordinación; lo que se traduce en una prolongación innecesaria del período de duración de los trabajos, debido principalmente a que no existe una norma que regule el cumplimiento de los servicios, debiendo el Contratista buscar acuerdos por sí solo con los Servicios. Por otro lado, el desorden en que muchas veces se encuentran las instalaciones, tal que ni siquiera los propios Servicios conocen claramente su ubicación, se traduce en dificultades para el Contratista para poder cumplir con sus programas, lo que lo lleva a aumentar sus gastos en desmedro de sus utilidades.
- Problemas de constructibilidad: éstos se produce por falta de aporte de conocimiento de construcción en las etapas preliminares de Ingeniería y diseño, presentándose durante los trabajos, problemas con el diseño, con el programa, etc.

Un aspecto interesante de destacar es que, en la actualidad, se nota una falta de innovación por parte de los Contratistas respecto de la forma en que ellos desarrollan sus trabajos. Lo anterior se debe en gran medida a las características de las propuestas, en las cuales el Mandante selecciona a la oferta

más baja, lo que se traduce en incentivos negativos para el Contratista por buscar nuevas tecnologías y/o proponer alternativas de construcción distintas de las tradicionales debido al mayor costo que ello involucra, y que lo dejarían fuera de la propuesta. Sin embargo, lo anterior también se debe a una falta de análisis y/o innovación sobre la forma en que ellos se plantean el desarrollo de los trabajos.

Por todo lo expuesto anteriormente es que la participación del contratista dentro del sistema es de vital importancia, ya que dependiendo del tiempo que demoren en materializar los trabajos, será finalmente la magnitud de los costos que afecten a las otras partes, especialmente a los usuarios. Por lo anterior, es imprescindible que en las evaluaciones preliminares de los proyectos, se consideren adecuadamente los problemas mencionados, para así permitir con éxito el desarrollo de nuevos proyectos. En el siguiente capítulo se describirán los impactos de una de las áreas más afectadas: los usuarios.

V. USUARIOS

Uno de las partes más afectadas por los impactos negativos que se producen durante la rehabilitación de pavimentos y a la vez menos consideradas, son los usuarios (3). En general los impactos que éstos perciben se observan en el diagrama de la figura 3.

El costo de operación de los vehículos representa un alto porcentaje del costo total de los usuarios (4). Este costo está determinado principalmente por el consumo de combustible, el consumo de aceite y la mantención del vehículo, incluyendo mano de obra y repuestos.

Estos costos sumados al tiempo de viaje aumentan considerablemente en las zonas en que, debido a los trabajos de rehabilitación, es necesario disminuir la capacidad de las vías (5).

Esta alteración del tráfico produce una alta congestión en estas zonas, y por ende, una mayor dificultad y demora para transitar producto de la formación de largas colas de vehículos y del continuo acelerar y detenerse de los vehículos. Ello hace urgente aplicar estrategias que minimicen el tiempo de duración de los trabajos para así minimizar estos impactos.

Como parte y consecuencia de lo anterior están también los accidentes, que aunque por lo general son leves y se producen en las horas críticas de congestión, podrían llegar a ser fatales cuando las zonas de trabajo no se encuentran adecuadamente señalizadas.

Debido a lo anterior es necesario desarrollar y aplicar una adecuada técnica que informe a los usuarios sobre los trabajos de rehabilitación que se realizan y que se realizarán a futuro con el fin de permitirles seleccionar con una debida anticipación las rutas alternativas de viajes que más se acomodan a sus realidades.

Además es también imprescindible desarrollar un sistema de control de tránsito que permita descongestionar las zonas en que se realizan los trabajos de mantención, con el fin de agilizar el flujo de vehículos que circulan por estas zonas. Con lo anterior se podrían aminorar efectos negativos como contaminación acústica, polución del medio ambiente, además de los impactos ya mencionados.

Cabe destacar que en la actualidad existen técnicas que permiten cuantificar los impactos que afectan a los contratistas durante el desarrollo de los trabajos de rehabilitación de pavimentos. La figura 4 resume las principales variables de este modelo. Un ejemplo de ellas es el modelo QUEWZ (6), que en base a las variaciones de velocidades desarrolladas por los automovilistas en las zonas de trabajo, en base al largo de las filas que se forman debido a la congestión, al número de vías disponibles y sus capacidades y en base al sistema de control de tránsito empleado, estima el costo de los usuarios de la manera siguiente:

a) Costo por hora de los usuarios (THC)

$$\text{THC} = \text{CQUE} + \text{CDWZ} + \text{CDSC} + \text{CSDC} + \text{CSPQ} + \text{OC} + \text{OCQ}$$

CQUE: costo por demora en las filas

CDWZ: costo por transitar a velocidad reducida en la zona de trabajo

CDSC: costo de reducir la marcha y volver acelerar para retomar la velocidad original

CSDC: costo de operación por cambios de velocidad

CSPQ: costos de operación adicionales debido a la formación de filas

OC: variación de los costos de operación de los vehículos

OCQ: costos adicionales por formación de filas

b) Costo total diario(TDC)

$$TDC = \sum THC_i$$

VI. NEGOCIOS

El tema de los impactos a los negocios es un tema que ha sido poco estudiado y que generalmente tampoco se considera como una variable más de decisión (7). Una técnica muy útil para evaluar la forma en que los trabajos de rehabilitación de pavimentos afecta a los negocios es a través de encuestas y/o análisis estadísticos de las ventas (8).

Los impactos que afectan a esta área se refieren principalmente al efecto negativo que deben afrontar los negocios en sus operaciones producto de las zonas de trabajo cercanas a ellos, y por lo tanto, la reducción de capacidad de las vías, cuando se ejecutan trabajos de rehabilitación de ellas.

Esta reducción de la capacidad de las vías provoca congestión, obstaculizando con ello el acceso de los clientes a los negocios y disminuyendo considerablemente los estacionamientos disponibles. La situación anterior se observa en la figura 5, en donde debido al cierre de una vía producto de los trabajos de rehabilitación, el acceso a los negocios se ve parcialmente cerrado durante un lapso que a veces puede prolongarse indefinidamente.

Como consecuencia de lo anterior los clientes optan por no comprar en estos negocios, provocando así en éstos una baja considerable en sus ingresos por ventas, pudiendo alcanzar el extremo de que un negocio deba cerrar por incapacidad de mantenerse económicamente, si la duración de las obras se prolonga indefinidamente.

VII. MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente es un tema muy de actualidad en Chile, por lo cual ha pasado a ser un factor muy importante en la evaluación de proyectos y posterior selección de ellos, haciendo cambiar los tradicionales puntos de vista económicos y técnicos en la toma de decisiones.

Son variados los impactos que afectan al medio ambiente, cuando se desarrolla un trabajo de rehabilitación (9). Se puede destacar:

a) Impactos temporales o limitados al período de construcción: La contaminación acústica, del aire y agua, que afecta directamente a los habitantes del lugar en que se desarrollan los trabajos.

b) Impactos permanentes:

- El consumo de recursos naturales, principalmente de terreno para el desarrollo de nuevos caminos.
- Impactos sociales que afectan a moradores, negocios, áreas verdes, lugares históricos, etc. que se ven en la obligación de abandonar sus ubicaciones para dar paso al desarrollo de nuevos proyectos.
- Impactos ecológicos que afectan principalmente al desarrollo de la Flora y a la vida normal de la Fauna.

Un paso importante en la disminución de estos efectos es poder cuantificar los impactos de acuerdo a la ubicación específica en que se desarrolla el proyecto y aplicar técnicas adecuadas para disminuir estos impactos, que con el tiempo afectan recíprocamente a todas las otras áreas involucradas

en este sistema (10). La figura 6 esquematiza brevemente los pasos tendientes a minimizar estos impactos. A continuación se analizarán los impactos que afectan a otras áreas del sistema descrito.

VIII. OTRAS ÁREAS

Esta parte incluye a servicios públicos, tales como servicios de luz, agua, gas, alcantarillado, etc., e instituciones públicas, como hospitales, bomberos, carabineros, etc.

El principal impacto que afecta a las instituciones públicas es la pérdida de eficiencia en los servicios que ofrecen, cuando en una zona de trabajos de rehabilitación, la disminución de la capacidad de las vías y la congestión, impiden que estos servicios puedan circular rápidamente.

Para el caso de los servicios públicos, es muy conocido el problema de descoordinación que se produce entre éstos y el contratista, lo que lleva a veces a deshacer parte de lo ejecutado y/o a prolongar aún más la duración de los trabajos.

Otra parte seriamente afectada por los trabajos de rehabilitación de pavimentos son las personas que habitan en el lugar mismo y en las cercanías de la zona de trabajo.

Impactos que afectan a estas personas son principalmente la congestión, la dificultad de acceso a sus casas, el constante ruido provocado por los equipos de construcción y producto de la congestión, problemas de seguridad y la obligación a veces de tener que trasladarse a otros lugares con el fin de encontrar medios de transporte, cuando se efectúan desvíos de tránsito; impactos que disminuyen considerablemente en la medida en que la duración de los trabajos disminuya de igual forma.

IX. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Impactos negativos se producen durante la rehabilitación y mantención de pavimentos en Chile. Estos impactos, tales como congestión, disminución de la capacidad de las vías, problemas de seguridad, consumo de energía, polución, etc., afectan principalmente a los usuarios, al medio ambiente, a los negocios del sector y a otras áreas, tales como servicios e instituciones públicas, particulares, etc.

A las cuatro áreas ya mencionadas deben sumarse el mandante y contratista, responsables de la toma de decisiones y ejecución de los trabajos de rehabilitación respectivamente.

Así se obtiene un sistema formado por seis áreas involucradas en los trabajos de rehabilitación de pavimentos, las cuales deben ser consideradas conjuntamente y no por separadas al momento de tomar decisiones, con el fin de evitar y/o disminuir los Impactos mencionados; impactos que se reducirían notablemente si la duración de los trabajos de rehabilitación disminuyera también en forma proporcional.

Se ha hecho entonces necesario desarrollar y aplicar nuevas técnicas tendientes a prevenir y/o solucionar estos impactos. Las soluciones posibles, que pueden ser desarrollos de programas de control de tráfico, sistemas de seguridad, aplicación de nuevas técnicas de construcción y nuevos programas de administración, etc., encarecerán de seguro el costo directo de estos trabajos de rehabilitación; sin embargo en el largo plazo demostrarán que son óptimas si se considera minimizar el costo total del sistema.

Es entonces necesario crear conciencia que en la medida en que los actuales proyectos de rehabilitación y mantención de pavimentos se desarrolle en base a una evaluación de los impactos que afectan a las áreas mencionadas (mandante, contratista, usuarios, medio ambiente, negocios del sector y otras áreas), y no solo en base a criterios económicos, se estará mejorando no solo la calidad de vida de la población, lo que en el largo plazo justificará los esfuerzos que se hagan en el presente; sino que además se mejorará notablemente la calidad y duración de los pavimentos en Chile.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DIUC), por el apoyo financiero otorgado a la presente investigación, a través del proyecto 92/03E.

REFERENCIAS

1. de Solminihac H., "System Analysis for Expediting Urban Highway Construction", PhD dissertation. The University of Texas at Austin, Austin, Texas, May 1992.
2. Hendrickson C. and Au, T., Project Management for Construction, Prentice Hall, New Jersey, 1989.
3. de Solminihac H., "La Importancia de los Usuarios en proyectos de rehabilitación vial", Segunda Reunión Anual de Centros del Instituto Panamericano de Carreteras (IPC). Santiago Chile. 20 - 25 de Septiembre 1993.
4. Harrison R., "User Costs and Financial Policy", XX Seminario de Ingeniería de Tránsito. Mexico, D.F. September 26-28, 1991
5. Bruning, W. y Nuñez, E., "Planteamiento metodológico para la estimación de costos de congestión durante la construcción de caminos.". V Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, 28-31 Octubre de 1991.
6. Memmott, J. and Dudek, C., "Queue and User Cost Evaluation of Work Zones" Transportation Research Record 979, Transportation Research Board, Washington D.C, 1984.
7. Wisconsin Department of Transportation, "Highway Reconstruction and Repair Impact Study", Legislative Report, Division of Planning and Budget, Madison, Wisconsin, November 1989.
8. de Solminihac H. and Harrison, R., "Analyzing Impacts of Highway Rehabilitation on Businesses", 72th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 10-14, Washington D.C., U.S.A.1993.
9. PIARC, "The Road-Environment Relationship in Developing Countries", Permanent International Association of Road Congresses, Routes N° 274-11, France. 1991.
10. Seshadri P., de Solminihac, H. and Harrison, R., "Modification of the QUEWZ Model to Estimate Fuel Costs and Tailpipe Emissions", 72th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 10-14, Washington D.C., U.S.A.1993.

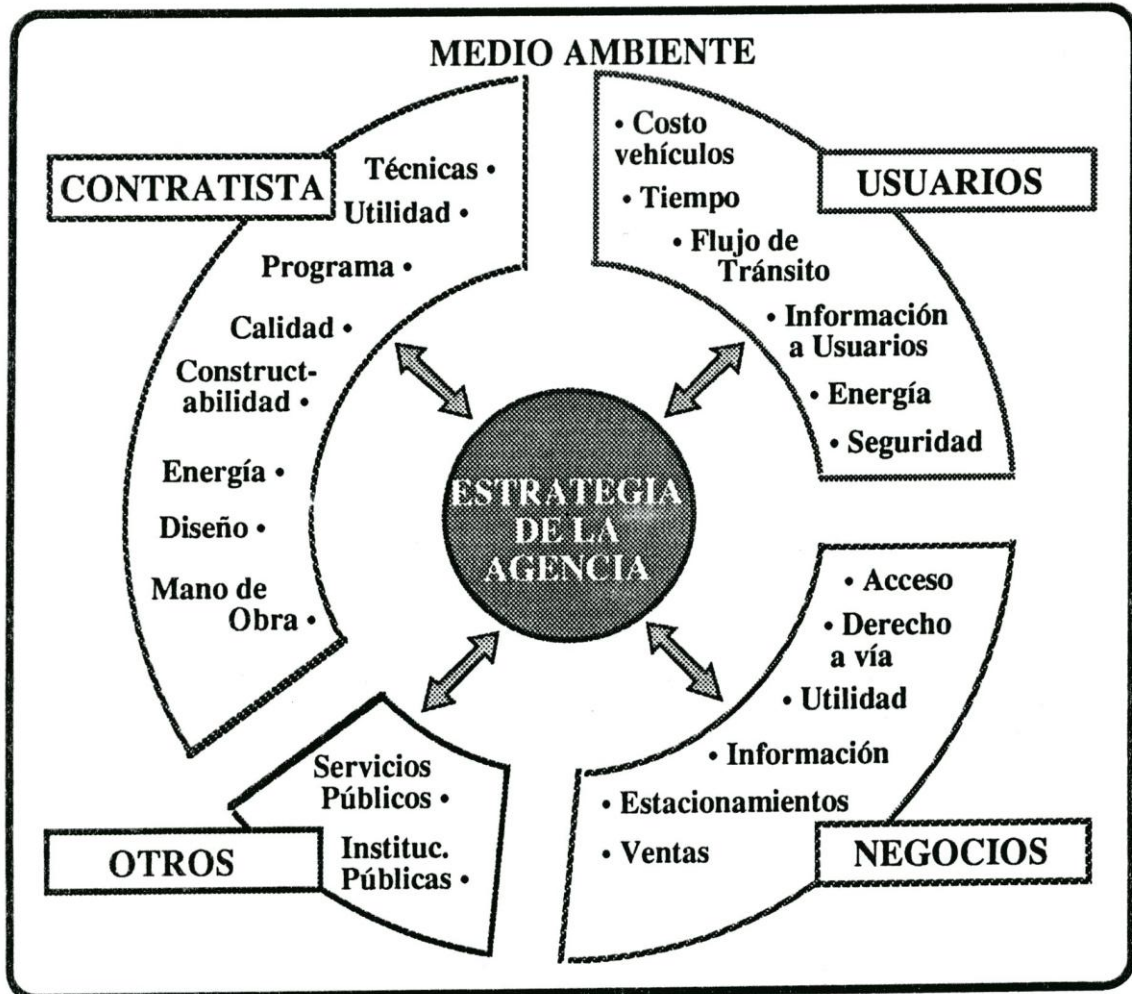


Fig. 1. Componentes del sistema de rehabilitación de pavimentos

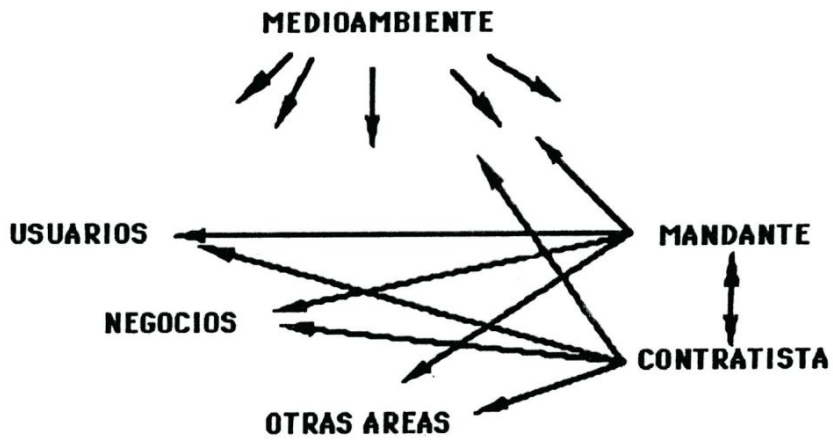


Fig. 2. Relación entre las áreas del sistema



Fig. 3. Costos de los Usuarios



Fig. 4. Variables básicas del modelo QUEWZE

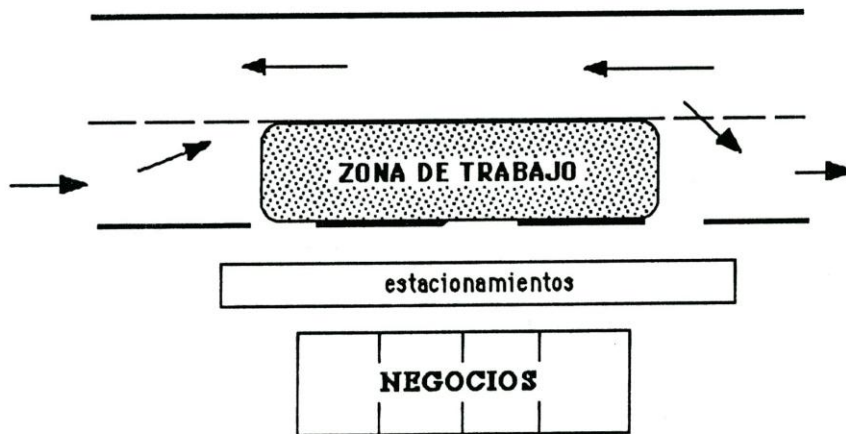


Fig. 5. Impacto a los negocios por cierre de vías



Fig. 6. Evaluación de impactos al medioambiente