
UN SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO PARA LA GESTION DE TRANSITO EN INTERSECCIONES AISLADAS

Paola Fonfach M.¹ y Rodrigo Fernández A.

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile
Casilla 228-3, Santiago
Fono 6894206 / Fax 6712799

RESUMEN

En la actualidad, en el ámbito de la ingeniería de tránsito, existe una cantidad importante de problemas locales no cubiertos por los grandes estudios y proyectos que tienen relación con los conflictos viales. Sin embargo, parte importante de estos problemas podrían solucionarse o minimizarse con simples medidas de gestión o pequeñas inversiones.

Normalmente, son las entidades municipales las que tienen a su cargo la solución de aquellos problemas locales, y en muchos casos no cuentan con personal capacitado o con la experiencia suficiente para realizar dicha labor. A partir de lo anterior, surge la idea de generar una herramienta computacional que simule el quehacer de un especialista, la cual asesore en el diseño operativo y geométrico de intersecciones aisladas, considerando a todos los usuarios y en función de las características predominantes del entorno. Esta herramienta corresponde a un sistema experto prototipo, el cual contribuirá a un adecuado análisis preliminar y servirá de pauta para estudios más detallados de gestión en intersecciones.

Tomando en consideración diversas publicaciones acerca de los principios teóricos de la gestión de tránsito en intersecciones aisladas, se estudiaron y analizaron las tres formas básicas de regulación: semáforo, rotonda y prioridad. En relación a lo anterior se definieron reglas teóricas, que permiten seleccionar la forma de regulación más adecuada a las características de la intersección. Además, mediante entrevistas con expertos en la materia, se obtuvieron reglas de carácter práctico para gestionar una intersección. La fusión de ambos tipos de reglas generan la base del conocimiento del sistema experto.

En este trabajo se presenta el Prototipo para el Análisis de la Operación de Lugares de cruce Aislados (PAOLA) y se muestra su potencialidad mediante una aplicación.

¹ Actualmente en Intrat Ltda.



1. INTRODUCCION

Una intersección corresponde al área común de dos o más vías que confluyen, por lo tanto, los problemas que se presentan en ella se deben principalmente por el uso de esa área común por parte de los distintos usuarios (vehículos y peatones) que viajan o desean hacerlo en diferentes direcciones.

Existen en la actualidad una cantidad importante de intersecciones que presentan problemas locales, los cuales no son cubiertos por los grandes estudios y proyectos que tienen relación con los conflictos viales. Lo anterior se debe principalmente a que éstas intersecciones se encuentran dispersas funcional y geográficamente, presentando individualmente una importancia menor en comparación con las otras intersecciones que frecuentemente son estudiadas (redes semaforizadas). En relación a lo expuesto, es importante destacar que éstas intersecciones que presentan conflictos locales, en conjunto, tienen efectos bastante negativos en la operación de la red vial, y que parte importante de estos problemas podrían solucionarse o minimizarse con simples medidas de gestión de tránsito o pequeñas inversiones.

La gestión de tránsito se debe entender como una actividad permanente destinada a administrar en forma adecuada los recursos físicos existentes en un área urbana para así mejorar el desplazamiento de todos los usuarios, a través de aplicar un conjunto de medidas coordinadas y coherentes entre sí.

En este contexto, son las entidades municipales las encargadas de mejorar la vialidad de su comuna, a través de una adecuada gestión de tránsito. Pero, en muchos casos, no cuentan con personal capacitado o suficiente para efectuar dicha labor. A partir de lo anterior, surge la idea de generar una herramienta computacional que simule el quehacer de un especialista, la cual asesore en el diseño operativo y geométrico de intersecciones aisladas, considerando a todos los usuarios y en función de las características predominante del entorno. Esta herramienta corresponde a un sistema experto prototipo, el cual contribuirá a una adecuada gestión preliminar y servirá de pauta para estudios más detallados de gestión en intersecciones.

En un sistema experto existe la integración del conocimiento teórico formalizado, obtenido a través de la información bibliográfica existente, y el conocimiento experto, obtenido de la pericia y experiencia del especialista. El uso del sistema facilita la disponibilidad del conocimiento experto y su desarrollo permite formalizar el conocimiento del especialista.

Este trabajo se divide en cinco capítulos. En el capítulo 2 se hace una revisión de los criterios y consideraciones generales respecto a la gestión de tránsito en intersecciones aisladas. El capítulo 3 se detallan aspectos generales en el diseño de sistemas expertos. El capítulo 4 corresponde a una aplicación con sus respectivos resultados. Finalmente, los comentarios más relevantes del estudio se entregan en el capítulo 5.



2. REVISION DE ANTECEDENTES PARA LA GESTION DE TRANSITO EN INTERSECCIONES AISLADAS

A partir de la revisión de los antecedentes teóricos y prácticos (ver por ejemplo Coeymans y Ortúzar, 1981; Fernández, 1994) relacionados con el tema de gestión de tránsito en intersecciones aisladas, se obtuvieron diversos criterios que llevan a establecer ciertas reglas que conducen a una adecuada gestión. Lo primero, es determinar si una intersección presenta problemas en su operación. Para ello, es común establecer el nivel de demoras y el riesgo como consecuencias de la operación inadecuada de la intersección. La demora es posible detectarla a través de longitudes de cola de vehículos en cada acceso y el riesgo a través de estadísticas de accidentes. Se definen diversas condiciones de tipo geométrico y operacional, que permiten identificar las causas de estos problemas y determinar el estado actual de la operación de la intersección. Entre los aspectos que se analizan se encuentra en primer lugar el tipo de regulación de la intersección. Esto se complementa con antecedentes sobre la visibilidad del cruce, las facilidades a peatones, los paraderos de buses, los estacionamientos, la canalización de movimientos, alineación de ramales de entrada y salida al cruce, deficiencias de radios de giros, señalización vertical y horizontal.

2.1 FORMAS DE REGULACION

En este punto se analizan las formas posibles de regular una intersección. Existen diversos criterios y condiciones que permiten establecer qué tipo de regulación es la apropiada.

2.1.1 INTERSECCION SEMAFORIZADA

Para regular una intersección se requiere conocer diversas variables que afectan su operación. Una de las variables a observar es la magnitud y estructura de los flujos de las vías que confluyen. Para flujos relativamente iguales por cada rama y flujo prioritario superior a 900 veh/hora (lo que significa que para el flujo secundario será imposible encontrar una brecha aceptable de aproximadamente 4-5 seg) es necesario instalar un semáforo. Este criterio, obtenido de análisis de casos refuerza lo establecido por el Manual de Señalización de Tránsito (MINTRATEL, 1983).

Otro criterio para la instalación de semáforos, tiene relación con el número de accidentes en la intersección. Se debe instalar un semáforo si se producen más de cinco accidentes al año de cierta consideración, en los tres últimos años. Este criterio es bastante ambiguo y queda a evaluación de quien lo utiliza definir "de cierta consideración". Por lo tanto, es necesario definir criterios prácticos en relación a la seguridad de tránsito. Se puede establecer que una intersección presenta conflictos por accidentes, o bien que corresponde a un denominado "punto negro", si hay más de cinco accidentes y/o un muerto en un período de un año. La gravedad del accidente no se considera, ya que un accidente, por pequeño que sea, provoca pérdidas materiales y de tiempo a las personas involucradas.

En general este criterio requiere un tratamiento más especial, debido a que los problemas de accidentes se pueden superar si se analizan aspectos tales como:



- Visibilidad, la cual tiene un importante efecto sobre la ocurrencia de accidentes. Si se mejora las condiciones de visibilidad, es posible que no sea necesario instalar un semáforo.
- Canalización de movimientos, la cual permite controlar los puntos conflictivos.
- Refugios, los cuales proporcionan a peatones y vehículos espacios protegidos, lo que permite cruzar varias pistas en etapas sucesivas.

Es importante tomar en cuenta que en ciertas ocasiones la instalación de un semáforo puede ser innecesaria, aún cuando los criterios de justificación de instalación de semáforos se cumpla. Esto puede darse en algunos de los siguientes casos:

- La presencia de vehículos lentos puede generar también interrupciones en el tránsito prioritario.
- Alto porcentaje de virajes a la izquierda puede ser atendido mejor si se instala una rotonda de diámetro pequeño, siempre que el terreno lo permita.

En cualquiera de estos casos parece más conveniente no instalar semáforos, sino mejorar la intersección prioritaria o diseñar una rotonda.

2.1.2 INTERSECCION DE PRIORIDAD

Estas intersecciones corresponden a las cuales se fija prioridad absoluta de una corriente con respecto a la otra. Se instala el signo de prioridad (PARE o CEDA EL PASO) dando siempre la prioridad en el cruce a la vía de mayor jerarquía. Si se cruzan dos vías de igual jerarquía se le dará la preferencia a aquella vía que sirva un volumen de vehículos mayor. Se debe utilizar la señal de PARE sólo donde la visibilidad sea restringida de manera que sea indispensable detener el vehículo antes de cruzar.

Un cruce tiene buena visibilidad si el vehículo que transita por la rama no prioritaria puede distinguir fácilmente a un vehículo que circula por la rama prioritaria y alcanza a detenerse para ceder el paso; entonces se utilizará en la regulación del cruce la señal CEDA EL PASO, en caso contrario debe utilizarse la señal PARE.

En general, la señal PARE debe utilizarse en pocas ocasiones, aunque existe en la actualidad una tendencia generalizada a su uso excesivo. Su uso indiscriminado la hace perder la importancia que tiene, dado que cuando realmente se necesita en vez de ayudar a la seguridad del cruce, contribuye a deteriorarla.

El requisito de visibilidad para instalar la señal PARE o CEDA EL PASO es la construcción en terreno del triángulo mínimo de visibilidad (MINTRATEL, 1983). Si no es posible lo anterior, entonces se ha definido un criterio práctico que consiste en establecer el área del triángulo a 1.5 metros de la posición del conductor que desea cruzar (Fig. 1). Si esto ocurre, entonces se debe instalar



una señal PARE. Si no, hay que tratar de generar esa visibilidad mínima, despejando obstáculos visuales, adelantando la línea de detención, eliminando vehículos estacionados cerca de la esquina, iluminando el cruce, etc.

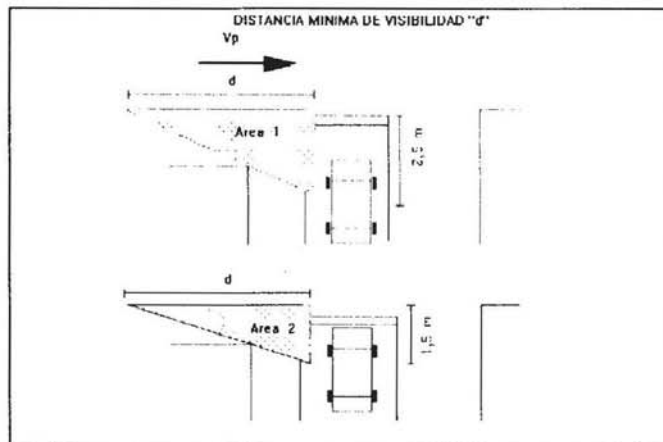


FIG. 1: TRIÁNGULO DE VISIBILIDAD

Por otro lado, desde el punto de vista de la capacidad, para las corrientes prioritarias es como si se tratara de una circulación ininterrumpida. Para las corrientes no prioritarias existe una restricción a la capacidad. A medida que los flujos se acercan a la capacidad, las demoras de las corrientes no prioritarias aumentan considerablemente, generando largas colas. Para obtener mejoras en estas intersecciones (cuando hay espacio disponible) se puede utilizar:

- Canalización y refugios. Estos deben permitir el movimiento natural de los vehículos. Para los movimientos directos o virajes a la izquierda, se debe esperar que en los dos sentidos de la rama prioritaria se produzca simultáneamente una brecha para cruzar. En este caso las islas proporcionan a los vehículos los espacios protegidos, que permite a un vehículo cruzar varias pistas en etapas sucesivas.
- Aumento en el número de pista en el acceso secundario. Esto permite al movimiento menos restringido de la rama secundaria (viraje a la derecha) su paso mientras las otras corrientes esperan la brecha correspondiente.

2.1.3 INTERSECCION GIRATORIA (MINIROTONDAS)

Este concepto es relativamente nuevo, consiste en empalmar las ramas sobre un anillo circular elíptico o similar, de diámetro pequeño (cinco metros o menos), por el cual los vehículos giran hasta llegar a la rama de salida. Además, se realiza ensanche de los accesos en cada una de las ramas, proveyendo filtros que permiten a los vehículos ingresar a la rama que inmediatamente le sigue en forma directa, sin tener que ingresar al espacio del anillo de la minirotunda.



Este tipo de regulación ofrece ventajas si se dan simultáneamente parte importante de las siguientes condiciones (MINVU, 1984):

- intersecciones con tres o más ramales y volúmenes aproximadamente iguales en todas las ramas;
- giros relativamente importantes, que llegan a superar los movimientos que continúan recto;
- poco movimiento de peatones;
- espacio vial horizontal disponible para el diseño.

2.1.4 CRITERIOS ADICIONALES EN LA GESTION DE INTERSECCIONES

La gestión de tránsito se complementa con el estudio y análisis de diferentes facilidades a los usuarios de la intersección. Para ello se deben analizar los siguientes aspectos:

- Facilidades al transporte público. Existen diversas medidas que permiten mejorar la operación del transporte público traduciéndose en un mejor funcionamiento de la intersección. Algunas de ellas se centran en: prioridad en los semáforos, ubicación de la línea de detención de la vía contraria retrasada para facilitar giro de buses y paradero desplazado aguas arriba o abajo para aumentar visibilidad en la intersección.
- Facilidades a peatones. En el estudio de una intersección es imprescindible determinar la importancia que tienen los peatones. La mayoría de los accidentes ocurren en los cruces. Debido a esto, las medidas que se sugieren para mejorar la seguridad peatonal corresponden a:
 - Tener adecuada visibilidad en los lugares de cruces de peatones. En general se deben ver los peatones y conductores de los vehículos. Si no es posible lo anterior, entonces se debe o bien remover el tráfico o hacer imposible el cruce de los peatones.
 - Generar facilidades peatonales explícitas. La principal función de éstas es dar a los peatones derecho a paso en una sección de la calzada, a través de elementos tales como semáforo peatonales o bien paso de cebra. Los objetivos del diseño de un dispositivo peatonal son reducir y prevenir accidentes en lugares donde existen alto flujos peatonales y reducir las demoras que experimentan los peatones esperando cruzar la calzada. Para identificar el conflicto vehículos-peatones se utiliza la relación $p v^2$ (MINTRATEL, 1983). Para ello, se deben tener algunas consideraciones de carácter práctico. El indicador $p v^2$ se calcula para cada acceso en que exista presencia de peatones. Se toma como valor de la variable "p" la corriente peatonal del acceso y de la variable "v" la suma de todos los flujos vehiculares que se oponen a esa corriente peatonal. Se suman todos los valores de $p v^2$ por acceso para obtener un valor global de la intersección.
 - Estacionamientos. En las intersecciones reguladas por señal de prioridad es importante la visibilidad que se tiene de la rama secundaria. Si se estacionan vehículos por la rama prioritaria en las proximidades de la intersección, estos reducen considerablemente la visibilidad de la vía secundaria. Para ello se pueden proveer estacionamientos, quitando cuando sea posible parte a la acera, de forma tal que se mantengan las condiciones de visibilidad, o bien no permitir éstos cerca del cruce mediante obstrucciones físicas (por ejemplo, ensanches de veredas en la intersección).



Canalización de movimientos. La canalización permite controlar puntos conflictivos de la intersección a través de elementos tales como demarcación y segregación física de la vía. En algunos casos es necesario proveer de facilidades especiales a los movimientos que viran con oposición. Un criterio práctico para el caso de una intersección semaforizada en relación a los virajes es el siguiente: si hay más de cinco vehículos durante un ciclo del semáforo tratando de virar con oposición, se debe pensar en crear una pista de viraje y darles una fase en el semáforo. En general, se establece que para movimientos con oposición cuyos flujos son mayores que 150 veh/hora es necesario darles facilidades para realizar el movimiento, a través de generar pistas exclusivas para viraje.

- Alineación de ramales. La alineación corresponde a un elemento de tipo geométrico, en donde siempre debe existir una continuidad en los accesos de la intersección para no sorprender a los usuarios, y así evitar las fricciones provocadas por los cambios geométricos sorpresivos.
- Radios de giros. Si los radios de giros son deficientes estos afectarían la operación de un tipo de vehículo y/o movimiento.
- Señalización vertical y horizontal. La forma de regulación, las restricciones a algunos movimientos y algunas precauciones que se presentan en la intersección, deben materializarse mediante señalización vertical la cual siempre debe ser adecuada en cuanto a cantidad, estado y visibilidad, a su vez la demarcación horizontal, debe reforzar la señalización vertical y además se debe utilizar en la demarcación de elementos tales como: pasos peatonales, líneas de detención, definición de pista, definición de espacios de nadie, sentidos de calles, etc. Una buena señalización ayuda considerablemente a mejorar la operación de la intersección.

Los puntos detallados anteriormente cubren una visión global de los aspectos a estudiar para realizar una adecuada gestión en intersecciones, pese a esto existe una diversidad de elementos que aparecen a medida que se estudia más en detalle la intersección y que son necesario tratarlos. Dada la extensión del trabajo, al considerar todos estos elementos en la operación de la intersección, y dado el carácter de prototipo del sistema experto, su desarrollo se centra básicamente en el estudio de intersecciones de prioridad. La razón principal de analizar este tipo de intersecciones, se debe a que ellas, como ya se mencionó, siempre quedan fuera de los grandes proyectos y estudios viales.

3. DESCRIPCION DEL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO

Los sistemas expertos pueden ser entendidos como un programa computacional que utiliza técnicas apropiadas para la representación y la manipulación del conocimiento. El software resultante define a un sistema que tiene la capacidad de exhibir el comportamiento de un experto humano en un determinado dominio del conocimiento. Las cualidades que caracterizan a un experto humano son: el amplio conocimiento que este posee en un dominio específico del saber y su capacidad para utilizar estrategias efectivas en la resolución de problemas a partir del conocimiento que ha adquirido en dicho dominio, lo cual se expresa en un conjunto de reglas, heurísticas e intuiciones (feeling) que le permiten una adecuada toma de decisiones (Córdova, 1992).



Existen diversas herramientas y ambientes de desarrollo (shells) en el mercado que hacen posible la construcción de sistemas expertos. Para desarrollar este prototipo, se utilizó un ambiente de desarrollo denominado Automind (Automind, 1993).

Automind, es un generador de sistemas expertos basados en reglas. Incorpora un motor de inferencia con encadenamiento hacia atrás, el cual busca hechos o reglas que conducen a objetivos dados, declarándolos verdaderos, permitiendo construir sistemas expertos en forma rápida y eficiente. Además, integra una serie de tecnologías que facilitan la construcción de sistemas verdaderamente orientados al usuario. Automind se complementa con otros dos módulos de desarrollo; Arbol y Autoexpert.

Arbol es un módulo que permite estructurar conocimientos y experiencias en árboles de decisión y automáticamente traducirlos en códigos de reglas para ser utilizado directamente en el sistema experto.

Autoexpert es un módulo de inducción, permite generar árboles de decisión a partir de casos almacenados. Es un efectivo utilitario para estructurar conocimientos a partir de casos o de entrevistas a expertos. Este módulo intenta aprender o ayudar a descubrir relaciones, reglas y estrategias de decisión presentes en un conjunto de casos. Se diferencia de paquetes estadísticos, en el hecho que sus objetivo es estructurar los descubrimientos en la forma de reglas y árboles de decisión.

Identificados y cuantificados los elementos y condiciones que afectan a la operación de una intersección, es posible traducirlos en reglas las cuales son utilizadas por el sistema experto prototipo.

El sistema experto prototipo PAOLA, se estructura en cuatro niveles de análisis, el primero consiste en la identificación de la intersección (número de acceso, número de pistas, movimientos permitidos, etc.). Luego realiza el proceso de detección de conflictos. En esta etapa el sistema interactúa con el usuario, a través de una serie de preguntas que reflejan las situaciones más comunes de conflictos que se presentan en las intersecciones, para así obtener una primera aproximación al problema.

Una vez evaluadas las preguntas por el usuario y de acuerdo a las respuestas entregadas, el sistema experto realiza un diagnóstico preliminar de la operación de la intersección, entregando la probabilidad de que la operación de la intersección sea buena, regular o mala, a partir de un conjunto de casos almacenados (INTRAT, 1994a). Posteriormente, indaga en aquellas respuestas donde el usuario afirma tener "problemas". Para ello, será necesario ingresar algunos datos, con el objeto de llevar a cabo el análisis final de detección de conflictos. Finalmente entregará las conclusiones y resultados del análisis. La estructura general del sistema es mostrada en la Fig. 2.

El sistema experto prototipo es interactivo y autoexplicativo. Los datos son ingresados a través de formularios o preguntas directas al usuario por medio de la pantalla del computador. Los resultados también son entregados a través de la pantalla, pero si el usuario desea, es posible generar un reporte final de los resultados y conclusiones obtenidas.



Para utilizar el sistema experto se requiere, en hardware, de un procesador 80286 o superior con tarjeta gráfica de 16 colores y 2MRAM. En cuanto software se necesita los programas de Automind, Autoexpert y Windows 3.1.

4. APLICACION

El objetivo de esta aplicación es probar las potencialidades del sistema experto PAOLA. Para ello, se analizó el funcionamiento de la intersección Blas Vial/Uruguay. Esta intersección pertenece a la comuna de La Cisterna, se ubica en un sector residencial y se encuentra actualmente regulada por un semáforo. La calle Uruguay corresponde a la vía de mayor demanda, con flujos en ambos sentidos, por donde circula locomoción colectiva y taxis colectivos, dispone de una pista de aproximadamente 3.5 metros de ancho, con demarcación en sus accesos para el cruce de peatones. La calle Blas Vial, también tiene dirección en ambos sentidos, posee una pista de acceso de alrededor de 4 metros, y en ella circulan principalmente taxis colectivos en sentido Norte - Sur, sus accesos están claramente demarcados para el cruce de peatones. En la Fig.3 se presenta el esquema de la intersección.

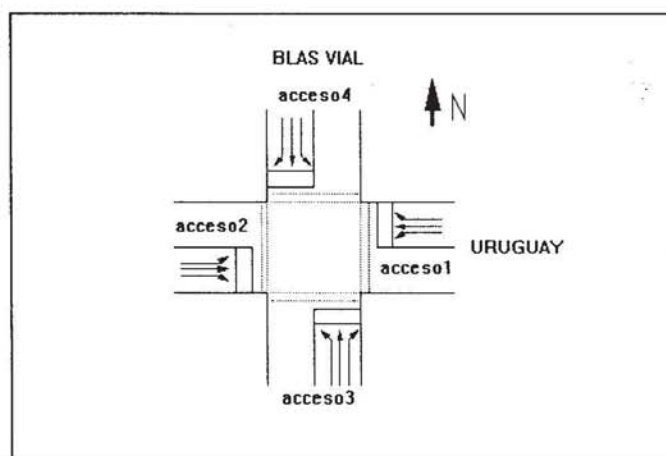


FIG.3: ESQUEMA DE LA INTERSECCIÓN

Los datos de operación son obtenidos del Estudio de Construcción de un Sistema de Control de Área de Tráfico para la Ciudad de Santiago (INTRAT, 1994b), los cuales se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

Con esta información, el sistema experto en primer lugar realiza un diagnostico preliminar de la operación de la intersección, a través de una serie de preguntas que hace al usuario, las cuales representan las situaciones más comunes en la operación de una intersección. Para este ejemplo, el número de accidentes, corresponde a la situación más conflictiva para el usuario. A partir de las respuestas entregadas y del conjunto de hechos que dispone la base del conocimiento del sistema

experto, se realiza el diagnóstico preliminar, determinando la probabilidad de que la intersección opere actualmente bien, regular o mal. En relación a esto, el sistema experto determinó una probabilidad de 0.33 para una operación buena y una probabilidad de 0.67 para una operación regular.

Después del diagnóstico preliminar, el sistema experto analiza los niveles de flujo vehiculares y determina la forma de regulación más adecuada. Para este caso, el sistema experto determinó que la intersección debería estar regulada por una señal de prioridad. Luego analiza la visibilidad de los accesos secundarios, para establecer qué tipo de señal es necesario instalar, en el caso de los accesos de Blas Vial, es posible definir el triángulo mínimo de visibilidad, por consiguiente se debe instalar un Ceda el Paso.

Enseguida, el sistema experto analiza la posibilidad de implementar facilidades explícitas a partir de los flujos peatonales, determinando que no se justifica ningún tipo de facilidades peatonales explícitas.

Aunque el nivel del flujo vehicular y peatonal no justifique instalar un semáforo es importante cuantificar el nivel de riesgo de la intersección, ya que corresponde a la situación conflictiva expresada por el usuario. Para esto el sistema experto analiza el nivel de riesgo a través de las estadísticas de accidentes (tabla 4), ratificando la conclusión obtenida anteriormente.

5. COMENTARIOS

La gestión de tránsito debe ser siempre una actividad permanente, ya que el funcionamiento de una intersección es dinámica en el tiempo y muy susceptible a cambios. En consecuencia, generar una herramienta que permita tener una primera aproximación de las causas de los problemas y a su vez que entregue recomendación o acciones a seguir, es un paso importante en el desarrollo de esta actividad.

Abordar la metodología de solución de los problemas de tránsito, mediante la aplicación de sistemas expertos, presenta diversas ventajas en comparación a los enfoques o sistemas tradicionales, principalmente en la capacidad de aprendizaje e inferencia del sistema, y en el uso y transferencia de la experiencia en relación a su fácil distribución y permanencia en el tiempo.

Una de las primeras pruebas del sistema experto prototipo, corresponde a la aplicación efectuada. Para esta aplicación, las conclusiones entregadas por el sistema experto fueron validadas con los resultados obtenidos en el Estudio de Construcción de un Sistema de Control de Área de Tráfico para la Ciudad de Santiago (INTRAT, 1994b), donde una parte del estudio corresponde a la intersección analizada, alcanzando conclusiones muy similares.

Por el carácter de prototipo de demostración del sistema experto, podrían introducirse varias mejoras en relación a las reglas y criterios utilizados, a partir de los resultados obtenidos en diferentes aplicaciones y de nuevas fuentes de experiencias, permitiendo depurarlo y así ser capaz de resolver



un mayor número de problemas. En consideración a lo anterior es posible extender su campo de acción en futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Proyecto I3652-9422 del Departamento Técnico de Investigación de la Universidad de Chile. Los autores manifiestan su agradecimiento a los profesionales de Automind Ltda., especialmente al Señor Roberto Araya y a los especialistas que fueron entrevistados por su valiosa colaboración

REFERENCIAS

AUTOMIND (1993): **Manual de Usuario AutoMind para Windows**. Versión 1.1, Santiago.

COEYMANS J.E. y ORTUZAR J.D.(1981) **Técnicas Modernas de Gestión de Tráfico**. Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.

CORDOVA F. (1992) **Teoría y Práctica en el Diseño de Sistemas Expertos**, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

FERNANDEZ R. (1994) **Gestión de Tránsito Urbano**. Publicación ST-EXT/01/94, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.

INTRAT (1994a) **Estudio Integral de Medidas de Gestión de Tránsito en Santiago**. Chile.

INTRAT (1994b) **Construcción de un Sistema de Control de Area de Tráfico para la Ciudad de Santiago**. Estudio de Semaforización. Chile

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y TELECOMUNICACIONES (1983): **Manual de Señalización de Tránsito**. Chile.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (1984) **Manual de Vialidad Urbana, Volumen 3: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana**. Chile.

TABLA N°1: Flujos vehiculares por accesos [veq/hr]

Punta mañana

Acceso	1	2	3	4
1	-	112	5	7
2	133	-	20	9
3	4	31	-	32
4	22	3	54	-

TABLA N°2: Flujos vehiculares por accesos [veq/hr]

Punta tarde

Acceso	1	2	3	4
1	-	142	6	13
2	93	-	10	6
3	1	17	-	20
4	47	5	100	-

TABLA N°3: Flujos peatonales por accesos [peatón/hr]

Punta mañana y Punta tarde

Acceso	1	2	3	4
Pta mañana	27	20	16	35
Pta tarde	30	42	32	22

TABLA N°4: Estadísticas de accidentes de la intersección

Año	1992	1993	1994
Lesiones menos graves colisión	2	-	1
Lesiones leve colisión	1	2	-
Lesiones graves en atropello	-	1	-
Daños en colisión	1	1	2



FIG. 2: ESTRUCTURA DEL SISTEMA EXPERTO PROTOTIPO

