

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia mantener un enfoque o una visión amplia de los problemas del mundo de la ingeniería del transporte, de los cuales se deriva la ingeniería de tránsito, verdadera impulsora de todos los desarrollos telemáticos que se procederán a analizar en los distintos capítulos siguientes, como el nacimiento de nuevas tecnologías para las necesidades de unos servicios más racionales, eficaces y adecuados para un mundo cada vez más cambiante como éste, dentro del siglo XXI.

Si ahondamos en las raíces del inicio de la automoción, llegaremos a los mas antiguos inicios de un amplio camino que ha logrado proporcionar un gran avance para la humanidad, hasta el día de hoy, en el que la máquina si bien no ha sustituido la función protagonista del hombre en la conducción, sí ha introducido un importante coprotagonismo de la técnica en la función de conducir.

En la medida en que el uso y la propiedad de los vehículos en el mundo continúen creciendo, los sistemas carreteros continuarán saturándose más; particularmente en las ciudades más grandes. Esta situación ha conducido a un crecimiento indeseable en el congestionamiento y los retrasos en los viajes, y a un nivel dañino de emisiones vehiculares (contaminantes), así como a un consistentemente alto número de accidentes carreteros, lesiones y muertes, aún con el uso de dispositivos mejorados de seguridad vehicular; tales como los cinturones de seguridad y las bolsas de aire. Al mismo tiempo, la construcción de más carreteras se está volviendo cada vez más complicado en un gran número de lugares. Las preocupaciones ambientales, la escasez de terrenos disponibles en áreas densamente pobladas y el creciente costo de la construcción de infraestructura, están inhibiendo la utilización de este enfoque para reducir el congestionamiento. Al mismo tiempo, sin embargo, la importancia del transporte para la economía global dicta que los movimientos de productos y los viajes de pasajeros, a través de todos los modos de transporte: aéreo, terrestre y marítimo, se hagan lo más eficientes y efectivos que sea posible.

INTRODUCCIÓN

Dado que la construcción adicional es tan difícil, se ha tenido que enfocar la atención hacia el uso de nuevas tecnologías, como la mejor forma de resolver estos problemas. La categoría más prominente de estas nuevas tecnologías, que se está explorando actualmente, es la que se refiere a los Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transportation Systems*), la cual involucra la aplicación efectiva de avances en comunicaciones, navegación y tecnologías de detección y procesamiento de información en el transporte. Se espera que la aplicación exitosa de los servicios de ITS puedan contribuir a maximizar la eficiencia de las carreteras existentes mediante la expansión de su capacidad, la reducción de emisiones vehiculares indeseables y la reducción del sobre costo que representan los accidentes carreteros.

Entre las principales categorías de programas ITS, están los servicios de información y administración de viajes, las operaciones de transporte público y de vehículos comerciales, el pago electrónico de cuotas y tarifas y la prevención de colisiones. Muchos de estos conceptos involucran la obtención de información precisa, en tiempo real, sobre las opciones de viaje y las condiciones del tránsito, para ponerla a disposición de los conductores, pasajeros y operadores del sistema. Adicionalmente, un número significativo de procedimientos administrativos manuales de alto consumo de tiempo están siendo transformados a sistemas automatizados. Estas acciones, además de ahorrar tiempo, llevan a contar con una base de datos más precisa, que pueda ser accesada por más personas. Adicionalmente, están siendo desarrollados y probados nuevos vehículos y componentes carreteros para suministrar estos servicios.

Pero una de las tecnologías que más nos interesan, en el presente trabajo de los sistemas inteligentes de transporte, son los Sistemas Avanzados de Administración del Tránsito, cuyo objetivo es promover la movilidad de los vehículos en zonas urbanas, reduciendo con ello los tiempos de recorrido y las demoras de los usuarios, reduce también los congestionamientos y disminuye las emisiones de contaminantes.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la gama de tecnologías de los Sistemas Avanzados de Administración del Tránsito se encuentran los destinados a la optimización de las operaciones del tránsito, éstas se han implementado en las grandes ciudades del mundo desde hace alrededor de dos décadas, obteniendo excelentes resultados en la mejoría de la reducción de los tiempos de viaje, demoras, accidentes, congestionamientos y emisiones contaminantes, entre otras; estas tecnologías son adaptadas a las condiciones específicas de cada centro urbano; es decir, que un sistema sólo es parecido a otro, pero en funcionamiento y operación son distintos.

La ciudad de Monterrey es la primera del norte de la república mexicana en instalar un Sistema de Administración del Tránsito, debido a la necesidad de reducir los tiempos de viaje, las demoras, los accidentes y los congestionamientos, principalmente; teniendo en claro que la solución de esos problemas no tiene que ser la construcción de más infraestructura vial, sino la optimización de la ya construida, esto como resultado de nuestra economía que no nos permite realizar grandes inversiones para la construcción de más y mejor infraestructura vial urbana o rural. Por estas razones se dio vida al Sistema Integral de Tránsito Metropolitano (SINTRAM), desarrollado y operado por la empresa francesa GERTRUDE.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer un resumen de las tecnologías de los Sistemas Inteligentes de Transporte, explicar el uso y la finalidad de los Sistemas Avanzados de Administración de Tránsito, analizar detalladamente el Sistema Integral de Tránsito Metropolitano de la ciudad de Monterrey, así como proponer una metodología para la evaluación del Sistema Integral de Tránsito Metropolitano, en cuanto a las mejorías obtenidas de disminución de los tiempos de viaje y reducción de las demoras; adicionalmente se pueden evaluar los congestionamientos, la reducción de accidentes y emisiones contaminantes, y el aumento de la educación vial de los usuarios de las vías administradas por dicho sistema.

INTRODUCCIÓN

La hipótesis del presente trabajo investigativo, en cuanto a los objetivos que persigue es "Si se correlacionan los parámetros de medición obtendremos una serie de coeficientes que permitirán diseñar una metodología para evaluar de manera cuantitativa los beneficios obtenidos con la implementación del Sistema Integral del Tránsito Metropolitano".

Este trabajo pretende ser una aportación para validar las posibles evaluaciones de mejoría futuras que se den al SINTRAM o de otros sistemas que se desarrollen en el futuro en el país, así como para dar a conocer la tecnología aplicada actualmente en la búsqueda de soluciones de los problemas de la Ingeniería de Tránsito.

I.1. ANTECEDENTES

El hombre, desde los inicios de la historia ha pretendido un mayor desarrollo y niveles más altos de comodidad. La génesis del proceso que desembocará en el nacimiento de los ITS (Intelligent Transportation System) está en la Revolución Industrial, siglo XVIII, en Inglaterra, y que poco a poco se fue desarrollando por todos los países del mundo, sobre todo con la Segunda Revolución Industrial, que abarcó entre los años 1870 y 1900. Durante esta época, el ingeniero alemán Karl Benz, creó lo que se llamó el invento del siglo XX: el automóvil (1886), aunque antes ya se habían probado numerosos prototipos desde los tiempos de Isaac Newton. Todos estos elementos aportaron, con el devenir de los tiempos, desventajas unidas a las ventajas, como las numerosas muertes a causa del automóvil, la contaminación atmosférica, etc. Comenzaron por tanto, a coexistir con facetas positivas, ya que con el automóvil se incrementa nuestra independencia y nuestra movilidad.

El problema del tránsito ha adquirido con el tiempo, grandes dimensiones en todo el mundo, lo cual hace prácticamente indispensable adoptar una política de compromisos por parte del gobierno del país que permitan construir proyectos dentro del campo del transporte para solucionar dichos problemas. Es interesante pormenorizar, por ejemplo, en la realidad europea, ya que gran parte de sus problemas son extrapolables a buena parte del mundo desarrollado y analizar la siguiente concepción, establecida dentro de la Política Común de Transportes.

"Los congestionamientos en el tránsito no son sólo irritantes, además tienen un alto costo para Europa, en términos de productividad. Los embotellamientos y la falta de conexión en el tejido de infraestructuras; la falta de interoperabilidad entre modos y sistemas; la no comunicación entre circuitos de telecomunicación muy relacionados y dispersos. Las redes son las arterias del mercado único. Son los nervios de la competitividad y su mal funcionamiento se refleja en una pérdida de oportunidades para crear nuevos mercados y, en consecuencia, en un nivel de empleo por debajo de nuestro potencial" .

En este contexto, la Unión Europea decidió desarrollar actividades comunes en el campo de las redes de transporte, convirtiéndose en elementos clave de la Política Sectorial. Las líneas básicas de un plan para el desarrollo de las redes vieron la luz en 1993, con lo que se dotó de un cierto aire fresco a la construcción de las conexiones que faltan y el desarrollo de los sistemas de administración del tránsito. El desarrollo de éstos va a constituir un importante reto para la Unión, en términos tanto de eficiencia como de desarrollo de la industria y los servicios suministrados.

Con respecto a la oportunidad que supone para la política de transportes, los problemas que acuciaban a la red eran insostenibles:

- Más de 4000 Kms. de retenciones diarias principalmente en las redes interurbanas internacionales.
- Importantes puntas estacionales en el tránsito europeo, sobre todo en los desplazamientos que tienen lugar en las rutas Norte-Sur
- Las travesías o circunvalaciones urbanas: más de 400 ciudades de más de 100.000 habitantes aquejadas de atascos diarios.
- Unas cifras de mortalidad por accidentes que ascienden a 44,000 muertos al año.

Las técnicas distintas continuarán siendo necesarias en diferentes áreas. Existen grandes diferencias en las tasas de accidentalidad y mortalidad, inaceptables en el proceso de convergencia. Además, se carecía de todo tipo de interoperabilidad o la más mínima conexión entre los controladores europeos, lo que nos hace afirmar que en nuestra concreta realidad, no se puede afrontar la unión política añorada; sin olvidar que uno de sus múltiples aspectos a tratar es la búsqueda de soluciones al problema del tránsito. A lo largo de todos estos años, los ingenieros siguieron investigando y han conseguido algo que podrá convertirse en la solución, si no a todos, sí a buena parte de los problemas anteriores, en un futuro no muy lejano (con un ya significativo nivel de implantación actual), denominándose *ITS*

(Intelligent Transportation System), que en español sería "Sistemas Inteligentes de Transporte". También a este término se le suele denominar *ATT* (Advanced Transport Telematics). El concepto de los ITS apareció por primera vez como un concepto para control de flotas de tránsito, o sea de compañías de transportes, fue expuesta como parte de la feria de General Motors, en Furama (1940).

Dichos sistemas de transporte son un importante avance tecnológico, con innumerables avances prácticos para el usuario, desde la elección de rutas, hasta la mejora de la seguridad activa del vehículo.

El desarrollo de los microprocesadores nos afecta en todos los aspectos en la vida moderna. El potencial de los sistemas de transporte es muy fuerte, en el caso de los vehículos, ya que permite una mejor conducción, más eficiente y más segura.

En la reciente década, dichos sistemas de comunicación han estado enfocados hacia los grandes países del mundo; principalmente Japón, los Estados Unidos y el continente Europeo. La aparición del teléfono celular dio mayor posibilidad de estar conectado, pero siempre que persista la seguridad del conductor.

La unión de la información tecnológica con las comunicaciones es lo que se conoce con el concepto de Telemática, y se ha abierto en esta rama un campo muy amplio; tanto en el sentido de bases de datos que se introducen en los ordenadores de a bordo, como en la ya mencionada telefonía a voces.

El director de la Comisión de Comunicaciones Europeas (CCE), Ronald Hüver, dijo: "*La aplicación telemática de los transportes por carretera (RTI) puede ser válida para las condiciones de tránsito, tanto para resolver el problema de la congestión; como para resolver el daño que se le hace al medioambiente (IRTE)*".

En los Estados Unidos, como hemos dicho antes, también apareció esta corriente telemática. Sussman dijo: *"ITS envuelve la integración de la tecnología en áreas tales como las comunicaciones, sistemas de información, sensores, y la investigación de métodos en relación con la infraestructura del transporte convencional, dirigiendo alguna información al transporte para los sistemas convencionales a este tiempo"*. Por otro lado, Shladover sugiere: *"El ITS tiene el potencial considerable para mejorar los sistemas de transporte, y los principales objetivos del programa del ITS son los siguientes: reducción de la congestión de tránsito, mejora de la seguridad, mejora de la movilidad de los viajeros, incremento de la productividad de la infraestructura de transportes, reducción del uso de la energía, reducción de la contaminación, reducción de las operaciones de costo, viabilidad del transporte público, respuesta más eficiente a los accidentes y el incremento de la comodidad de los viajes."*

Por todo esto el profesor Kan Chen introdujo el uso de los sistemas inteligentes para guiar mejor los vehículos que van por una autopista. Este tipo de sistema es el mismo que los sistemas RTI en Europa, pero esta vez implantado en los Estados Unidos.

Con respecto a la industria, desde finales de los años 70 se estaba desarrollando un importante proceso de investigación sobre los sistemas inteligentes de transporte en los Estados Unidos y Japón; con los proyectos IVHS en el primero y VERTIS en el segundo, con el objetivo último de ganar, en el nivel mundial, la competición por la venta e implantación de los sistemas inteligentes. Ambos se basan en un mercado nacional fuerte. Con todas estas decisiones y puestas en común se pretendía, como parece que finalmente se ha producido, dar un estímulo a la industria de la Unión Europea, para que impusiera su posición de importancia en el mercado mundial, frente a la competencia de las hasta ahora preponderantes industrias japonesa y norteamericana; ésta es otra razón que hace imprescindible el desarrollo de sistemas inteligentes, en cualquier bloque que pretenda ser puntero en el concierto mundial. Los recientes estudios realizados al respecto apuntan a que

la potencialidad de la industria telemática es enorme, de ahí que exista ese especial interés por no quedar descolgados en la carrera tecnológica, que lleva aparejada una gran connotación económica; no en vano, en la actualidad la salida a Bolsa de las primeras empresas telemáticas del sector así lo está demostrando. A su vez, y en consonancia con este argumento, está el hecho de que el desarrollo de este sector originará un deseado aumento de puestos de trabajo; con lo que, como se ve, todo parece favorable al desarrollo de los ITS.

1.2. DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los sistemas de transporte inteligente (Intelligent Transportation Systems, ITS), se definen como: "aquellos sistemas que integran la aplicación de electrónica avanzada, tecnología de comunicaciones e informática, con la finalidad de aumentar la eficiencia y seguridad en los sistemas de transporte terrestre".

El sistema tiene como función principal la de proporcionar información real y oportuna, en los lugares indicados y estratégicos, a las personas que la requieran y en el momento que ellas la necesiten, sobre autopistas u otras arterias de comunicación terrestre.

El término sistemas de transporte inteligente es una definición que se ha empleado para acoger diversos avances de la tecnología en las áreas de la informática y de telecomunicaciones, dirigidos a resolver los problemas de transporte como son: congestionamientos, accidentes de tránsito y la reducción de los costos.

Los sistemas de transporte inteligente pueden prestar a los usuarios servicios a su medida, que abarquen todas las fases de su recorrido o el necesario intercambio de datos o información para facilitar el manejo de transporte de pasajeros y mercancías.

La información que proporcionan los sistemas de transporte inteligente puede estar disponible en diferentes lugares; como el hogar, el trabajo, o durante el recorrido, además de proporcionar apoyo en caso de urgencias, con lo que pueden evitarse accidentes secundarios y demoras.

Sistema.- Conjunto de entidades que realizan tareas, de acuerdo con regulaciones internas, para lograr un objetivo común.

Transporte.- Conjunto de entidades que colaboran en el movimiento de carga y pasajeros.

Inteligente.- Conjunto de entidades que colaboran en el movimiento de carga y pasajeros, que tienen la habilidad de aprender, adaptarse a situaciones nuevas y usan información/conocimiento para mejorar la eficiencia operacional.

I.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los sistemas de transporte inteligente se clasifican según seis componentes o sistemas, los cuales han sido orientados principalmente al modo de transporte en carretera. La aplicación de estos componentes está orientada hacia ambientes tanto urbanos como rurales.

I.3.1. Sistemas avanzados de administración de tránsito

Son la parte fundamental de los sistemas de transporte inteligente, consisten en métodos para mejorar el nivel de servicio y reducir el retraso de vehículos, mediante programas de computadoras que monitorean las condiciones del tránsito, para manejarlo.

Este sistema incluye la recolección de datos, dentro de una área geográfica determinada y su transmisión a los centros de control del tránsito. Estos controles han de procesar la información, combinándola con la información de otras fuentes, incluyendo la de algunos vehículos que actúan como detectores móviles, en el flujo de tránsito. La información recolectada se usa para manejar el sistema; seleccionando el número de vehículos admitido en las rampas de acceso, ajustando los semáforos y manejando los posibles incidentes ocurridos.

La información obtenida por medio de estos sistemas de manejo del tránsito en las autopistas y carreteras, ha de transferirse también a los sistemas avanzados de información para viajeros, sistemas que, a su vez, comunican la información a los viajeros, quienes de esta forma, pueden tomar las decisiones más adecuadas respecto a sus rutas, medios de transporte y tiempos de viaje. Con esta información, los viajeros pueden decidir si permanecen en su ruta original y sufren retrasos, o si cambian a una ruta alterna o a otro medio de transporte o si cambian su hora de salida.

Los tres elementos de los sistemas avanzados de manejo de tránsito son:

- El equipo de recolección de información; para monitorear las condiciones de operaciones de una camino o de una red de caminos.
- Los sistemas de control de repuestas a las condiciones de tránsito en tiempo real, para modificar la operación de los sistemas de control tales como: semáforos, señales en accesos de autopistas, mensajes en tableros electrónicos, etc., a partir de la información de los equipos de recolección.
- Los sistemas de soporte para los operadores del sistema; para facilitar el control y el manejo de la red en tiempo real.

Algunos aparatos y equipos que integran los Sistemas Avanzados de Manejo de Tránsito son: los sensores de bobina de inductancia, los sistemas de detección de hielo, el equipo electrónico para el cobro de cuotas, el pesaje en movimiento y los tableros con mensajes variables.

Existen equipos instalados a un lado de la carretera, conectados a un centro de operación de tráfico. Estos centros, mediante los Sistemas Avanzados de Manejo de Tránsito reúnen información de los servicios de emergencia, y pueden también monitorear las carreteras por medio de cámaras de televisión de circuito cerrado o con ayuda de sensores electrónicos, para de esta forma ajustar la operación de los accesos.

1.3.2. Sistemas avanzados de información para viajeros

Su objetivo principal es informar a los viajeros acerca de las condiciones de operación de las redes de transporte. Otros objetivos son optimizar el flujo de vehículos y la operación de las redes de transporte, inducir a los viajeros para utilizar mejor la red, reducir los congestionamientos y disminuir la emisión de contaminantes que deterioran la calidad del aire.

Para lograr estos objetivos es necesario alertar a los conductores y los usuarios del transporte público acerca de los incidentes, educar a todos los viajeros acerca del uso de los diferentes medios de transporte, promover viajes compartidos y proveer información sobre ciertos eventos locales y su posible efecto en el tránsito y en los horarios del transporte público.

Los Sistemas Avanzados de Información para Viajeros forman la base para la transmisión de la información del tránsito entre los sistemas de monitoreo y el viajero común. Con ello pueden ayudar al viajero en su casa, cuando viaja, o en el trabajo. La información obtenida por medio de estos sistemas permite a los viajeros decidir cuando partir, en qué medio de transporte viajar y por cuales caminos transitar.

Entre los elementos que integran estos sistemas se incluyen herramientas para mejorar la información que se le proporciona al usuario, tales como:

- Modelos de optimización, estos modelos han sido desarrollados para mejorar el uso de las redes.
- Estimación del comportamiento de los conductores, esto abarca el desarrollo de modelos que simulan el comportamiento de los conductores en su selección de ruta, medio de transporte y reacciones a incidentes o accidentes en las carreteras.

También incluyen los siguientes productos:

- Sistemas de orientación en los vehículos, que son ayudas audiovisuales como mapas electrónicos o transmisiones vía estaciones de radio, que permiten al conductor seleccionar la mejor ruta.
- Sistemas personales / portátiles, estos sistemas son similares en tamaño y apariencia a los juegos electrónicos de bolsillo; proporcionan información de restaurantes, hoteles, gasolineras, tiendas, estacionamientos e información sobre eventos especiales. Los sistemas pueden proporcionar información sobre rutas para caminar o andar en bicicleta, transporte público o rutas para automóviles.
- Sistemas para viajeros para uso en casa/oficina/público. Estos son sistemas ubicados en lugares fijos, que proporcionan información al viajero antes de su salida.

Algunos ejemplos de los Sistemas Avanzados de Información para Viajeros que ya están disponibles o lo estarán próximamente son:

- Sistemas de mapas en pantalla. Estos sistemas muestran un mapa de las calles, en una pantalla dentro del vehículo, que destaca la ubicación del auto y da información de los alrededores. Algunos sistemas están conectados a un centro de información que proporciona al conductor información sobre accidentes y retrasos. Esto permite cambiar de ruta en caso necesario. Además, estos sistemas han de incluir todos los tipos de líneas férreas, transbordadores y rutas de autobuses.

- **Sistemas de planeación de rutas.** Estos informan al viajero acerca de la ruta óptima hacia su destino; ruta que puede incluir mas de un medio de transporte, dependiendo de las preferencias del viajero.
- **Sistemas de guía en ruta,** una vez que se escoge la ruta. Este sistema le describe al viajero cada una de las maniobras de la ruta seleccionada, mediante instrucciones que pueden ser escritas o mostradas en pantalla, un dibujo de la ruta en general, una pantalla para cada maniobra y/o comandos con voz sintetizada para cada una de las maniobras.
- **Información de la red de transporte en tiempo real.** Esta es la fuente de información sobre el flujo del tránsito, los congestionamientos y retrasos en el transporte público o los cambios de horario, que debe ser actualizada minuto a minuto.

1.3.3. Sistemas avanzados de control de vehículos

Estos sistemas combinan sensores, computadoras y sistemas de control en los vehículos con la infraestructura para alertar y asistir a los conductores o intervenir en la conducción de un vehículo. Sus propósitos tienden a lograr un mas alto nivel de seguridad al conducir, disminuir los congestionamientos en autopistas urbanas, lograr una mejor productividad del sistema carretero y, eventualmente, crear conceptos enteramente nuevos para los servicios de transporte terrestre.

Dos características únicas de los Sistemas Avanzados de Control de Vehículos son:

- **Mejoran la percepción.** Al incorporar sensores para mejorar la percepción visual y auditiva, darán a los conductores una mejor información acerca de los peligros inminentes y de la situación general en y alrededor de los vehículos.
- **Permiten el control automático.** Siendo más rápidos, precisos y confiables que los reflejos humanos, ayudarán y en ocasiones remplazarán al conductor. Ejemplos de estos sistemas son las direcciones, frenado y aceleraciones automáticos, y la compensación automática por falta de pericia.

Este tipo de desarrollos es resultado de la búsqueda en la instrumentación de mejoras en la seguridad, que vayan mas allá de lo que es posible lograr con otros componentes de los ITS.

Las ventajas de los Sistemas Avanzados de Control de Vehículos incluyen: mayores incrementos en la capacidad de los sistemas carreteros a costos mucho más baratos y con menor daño ambiental que el que podría resultar de aumentar las superficies pavimentadas; movilidad más fácil y segura para los conductores menos hábiles o de edad avanzada; incrementos en la productividad del transporte público y operadores de vehículos comerciales, así como viajes más placenteros para todos.

Estos sistemas de control de vehículos no son un concepto operacional con un solo componente, sino una serie de elementos que se convertirán en productos y sistemas en una forma progresiva.

Los primeros desarrollos son sistemas totalmente contenidos en los vehículos, que no requieren de equipo adicional en las carreteras para desarrollar su función. Sus principios son relativamente simples: combinaciones de sensores diseñados específicamente detectan de inmediato situaciones de peligro, tales como acercarse demasiado rápido a vehículos moviéndose adelante. El sistema emite entonces una señal auditiva o visual para advertir al conductor. En un futuro, el sistema tomará el control automático del vehículo, frenando para evitar accidentes.

Cuando se agregue la comunicación de vehículo a vehículo, o del vehículo a la carretera se mejorará el sistema, mejorando la seguridad y la productividad del camino. Se lograrán incrementos aún mayores en la capacidad y en la seguridad cuando se pongan en operación sistemas completos de control automático de los vehículos. Sistemas más rápidos y precisos de control automático permitirán que los vehículos se desplacen a menor

separación, tanto en el sentido del flujo, como lateral, mientras se mueven a mayores velocidades, sin disminuir la seguridad.

Muy probablemente, las tecnologías de control automático serán aplicadas en pequeña escala, en ambientes controlados, como los de los carriles para vehículos de alta ocupación en vías rápidas de acceso controlado en zonas urbanas. Una vez que hayan sido mostrados los beneficios de estos sistemas, las operaciones de carreteras automáticas podrán extenderse a ciudades completas y luego a carreteras interurbanas.

1.3.4. Sistemas de operación de vehículos comerciales

Este tipo de sistemas aplican varias de las tecnologías de los ITS para mejorar la seguridad y eficiencia de operación de los vehículos comerciales y flotillas. En este esquema, los vehículos comerciales incluyen camiones, camionetas de reparto, autobuses interurbanos y vehículos de emergencia.

Los Sistemas de Operación de Vehículos Comerciales mejoran la seguridad, aceleran las entregas, mejoran la eficiencia operativa, mejoran la respuesta a incidentes y reducen los costos operativos.

Los Sistemas de Operación de Vehículos Comerciales utilizan algunas tecnologías de las áreas de manejo de tránsito, información para viajeros y control de vehículos, tales como: identificación automática de vehículos, clasificación automática de vehículos, localización automática de vehículos, pesaje en movimiento, computadoras a bordo, comunicación, en dos sentidos, en tiempo real, transmisiones digitales de tránsito en tiempo real, horarios y rutas dinámicas en redes y antenas a los lados del camino.

1.3.5. Sistemas avanzados de transporte público

En estos sistemas se aplican tecnologías electrónicas para la operación de vehículos de alta ocupación, incluyendo autobuses y trenes. Las tecnologías desarrolladas para los sistemas avanzados de manejo de tránsito y de información para viajeros tienen un gran potencial para mejorar los servicios de transporte masivo y se usan para informar a los viajeros acerca de los horarios y costos disponibles para cualquier viaje, incluyendo las rutas más adecuadas.

Los Sistemas Avanzados de Transporte Público pueden también manejar los cobros, y mantendrán informado al viajero en tiempo real de cualquier cambio en los sistemas de transporte y responderán a cambios en los planes del viajero. Además, ayudarán a los administradores del sistema a contar con una flota más segura y eficiente, y a planear servicios que atiendan a las diversas necesidades de los consumidores. Permitirán a las comunidades manejar sus caminos con provisión especial para vehículos de alta ocupación, así como a los administradores del transporte público proveer un servicio más flexible, a costo reducido y más confortable para los usuarios.

Algunas características específicas de los Sistemas Avanzados de Transporte Público incluyen:

- Información de los sistemas de transportes masivos y de viajes compartidos que es exacta, actualizada, de fácil acceso, fácil de entender y adecuada a las necesidades de los usuarios.
- Información que permita flexibilidad para cambiar planes en un corto tiempo, aún durante el viaje.
- Sistemas de transporte público que eliminen la necesidad de contar con cantidades exactas de dinero o complicados sistemas de reservación y pago.

- Controles de tráfico que den tratamiento preferente a vehículos de alta ocupación, reduciendo así retrasos para los usuarios de transporte público.
- Métodos de cobros de tarifas que permitan el rápido ascenso y descenso de los pasajeros y mantengan registros para cobros a terceros, planeación o promoción.
- Monitoreo automático y supervisión del uso de carriles exclusivos.
- Mejor planeación de operaciones de las flotillas, basadas en una mayor información.
- Optimización de operaciones mediante el uso de monitoreo en tiempo real.
- Manejo de la flotilla que responde a las necesidades del usuario.
- Control automatizado de vehículos.

I.3.6. Sistemas avanzados de transporte rural

Los objetivos principales de estos sistemas son: ahorro en tiempos de viaje, reducción en accidentes, reducción en fatalidades, incremento en el nivel de flujo, reducción de costos y mayor satisfacción de los consumidores.

Los Sistemas Avanzados de Transporte Rural abarcan viajes dentro y a través de poblaciones con menos de 50,000 habitantes. Las condiciones de este tipo de poblaciones, las características de sus viajeros y los costos para mantener los sistemas rurales de transporte, determinan la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas para el transporte rural. Algunos de los atributos de los ambientes rurales que hacen críticas estas necesidades son:

- La mezcla de viajeros urbanos y rurales.
- Los caminos secundarios con mantenimiento menos frecuente.
- Las pendientes pronunciadas, esquinas sin visibilidad, curvas, pocos carriles para rebasar.
- La gran variabilidad de velocidades.
- Los viajes de largas distancias.

- Un número reducido de rutas alternas.
- La superficie de rodamiento y las condiciones climáticas adversas.
- El escaso señalamiento.
- La existencia de menos infraestructura por km².
- Áreas geográficas extensas que impiden la detección rápida y respuesta a accidentes.
- Un mayor índice de accidentes y mayor severidad con relación al número de kilómetros recorridos.
- La intrusión de turistas con necesidades de información.
- La existencia limitada o no-existencia de transporte público.

II. SISTEMAS AVANZADOS DE ADMINISTRACIÓN DEL TRÁNSITO

Una de las características de los sistemas de transporte inteligente consiste en que se pueden emplear para minimizar problemas en áreas urbanas o en las autopistas; como la reducción de tiempos de recorrido, de congestionamientos o demoras, y accidentes. En todos estos casos conviene aplicar los Sistemas Avanzados de Control de Tránsito.

II.1. Características generales de la administración inteligente del tránsito

Los Sistemas Avanzados de Control de Tránsito están conformados por tecnologías modernas, que responden a las condiciones dinámicas del tránsito en tiempo real.

Los Sistemas Avanzados de Control de Tránsito optimizan muchos aspectos que se presentan en las carreteras; tales como: rampas de acceso a autopistas de alta velocidad, control de señales de tránsito, predicción de congestionamientos de tránsito y ofrecen datos acerca de rutas alternas que los usuarios pueden seleccionar. Estos sistemas coleccionan la información, la analizan y la diseminan en tiempo real, para ofrecer información disponible a los usuarios de los vehículos que se encuentran circulando hacia diferentes destinos.

Los conceptos sobre Sistemas Inteligentes, que se aplican a las instalaciones complementarias, dispositivos especiales y otros elementos que se han ido incorporando a la Infraestructura Vial, así como también a los Vehículos, mediante el equipamiento (instrumental y equipos especiales de informática) con que se está dotando para posibilitar el intercambio fluido de Información.

Por otra parte, ambos elementos básicos, Infraestructura y Vehículos, desempeñan el papel de verdaderas terminales de las comunicaciones, por cable e inalámbricas, luego del monitoreo permanente de lugares y situaciones que se presenten, con el objeto de recoger antecedentes que afecten directamente a los usuarios, en momentos determinados, para luego ser transmitirlos en forma visual, oral, acústica u otra, a los Centros Operativos del Tránsito a fin de toma de decisiones sobre cada caso.

En esta forma se cumple un rol de control dinámico, que va diferenciándose en el tipo de Información intercambiada en cada instancia, entre los vehículos y los centros ya señalados, sea por la naturaleza de las situaciones y según se trate de calles o de caminos.

Por su novedad, cabe citar el Sistema de Información para la infraestructura vial en la ciudad de Tokio, Japón, denominado Sistema de Información y Comunicaciones Vehicular (del inglés: Vehicle Information and Communication System, "VICS"), cuyo Centro Operativo provee de información a los automovilistas, dentro del área metropolitana, especialmente sobre situaciones de congestión vehicular, disponibilidades de estacionamientos, accidentes, etc.

A los Vehículos se les podrá dotar, en el futuro, de instrumental agregado, como por ejemplo sistemas de advertencia de colisiones, que funcionen sobre la base de radar y que produzcan el frenado automático, o la desviación deliberada de su trayectoria, y si es el caso, instalaciones que actúen sobre la velocidad y separación longitudinal con otros vehículos o eventuales obstáculos, ante la posibilidad de colisiones inmediatas; sensores magnéticos que indiquen al conductor la posición exacta de su vehículo en movimiento sobre la calzada; unidades computacionales con equipos de audio, que desempeñen diversas funciones, como el llamado "AUTO PC", que es un vehículo especial de experimentación, que realiza una verdadera "navegación vehicular".

Un ejemplo interesante es el de las Señales "inteligentes", en buses de Ann Arbor, Michigan, EE.UU., que iluminadas intermitentemente indican el nombre de calle por la cual circulan y luego el de la siguiente, al acercarse a ésta. Los conceptos de Sistemas Inteligentes incluyen también, en determinados casos, la función propia del conductor, de acuerdo con la clase de vehículo que utilizan: de pasajeros, de carga, de emergencia, etc.

Los Sistemas Avanzados de Control de Tránsito cuentan con diferentes sistemas para obtener esta información.

II.2. Características específicas de la administración inteligente del tránsito

► Control de la circulación vehicular

Entre las numerosas herramientas con que se cuenta en la materia se destacan:

- El control del tránsito mediante Señalización Luminosa.
- La supervisión Visual del Tránsito.

Respecto a la primera, los sistemas semafóricos controlados automáticamente mediante computadoras instaladas en centros de control han ido evolucionando progresivamente, desde la selección automática de los planes de señales, de acuerdo con los algoritmos matemáticos que evalúan los datos de volúmenes vehiculares censados con detectores, hasta los modernos sistemas adaptativos, que responden automáticamente en tiempo real generando los programas óptimos para cada situación.

En cuanto a la supervisión mediante un Circuito Cerrado de Televisión, CTV, es un complemento adecuado para la vigilancia, mediante la observación directa del desenvolvimiento del tránsito y el desempleo que se logra con el control semafórico.

► Control de accesos a los centros de la ciudad

Los accesos a una ciudad pueden ser de lo más variados, entre éstos se destacan aquéllos que se desarrollan a lo largo de autopistas urbanas. A este respecto, el conocimiento de la forma con que se desplazan las corrientes vehiculares por estas vías constituye un valioso aporte para la toma de decisiones en el control operativo.

Las cámaras de televisión, además de la vigilancia visual, permiten el empleo de otras técnicas como la creación de espiras virtuales para el conteo de los vehículos, la densidad o la ocupación y medición de la velocidad de desplazamiento. Ante problemas de congestión de ramas de salida o cierre parcial de calzadas, por trabajos de mantenimiento o accidentes, se dispone de modernos dispositivos con carteles de leyendas variables, cuyos mensajes ayudan a los conductores a orientarlos para disminuir las demoras.

El manejo de las emergencias en las autopistas urbanas es un objetivo primordial, que se mide según el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el acontecimiento y la llegada con la ayuda respectiva al lugar donde éste acaece. Para ello, deben optimizarse dos aspectos del problema: el primero, la rápida detección de la emergencia, ya sea a partir de la observación centralizada de un accidente o del requerimiento de un usuario para cualquiera de los canales de comunicación disponibles; el segundo aspecto es el desplazamiento de los vehículos de ayuda, para el cual se libera un carril mediante señalización automática, que interactúa directamente con éstos, mediante la emisión de señales codificadas. Esto se emplea en zonas urbanas con creciente éxito, a partir de la emisión de señales infrarrojas y detectores que captan las mismas y adaptan anticipadamente el señalamiento: semáforos por ejemplo habilitando el acceso al vehículo de emergencia.

▶ Sistemas de priorización del tránsito

Dentro de estos Sistemas se destacan el de Priorización del Transporte Público donde la Señalización Luminosa opera adecuando su secuencia para dar paso a los vehículos que acceden a los cruces semaforizados por carriles exclusivos para este uso.

Dichas unidades tienen dispositivos que informan a los equipos controladores de su presencia, posibilitando de esta manera una optimización de los tiempos de recorrido de las líneas urbanas, privilegiando el transporte masivo de pasajeros.

Otro sistema es el de los carriles reversibles de tránsito, en el que las arterias en consideración invierten el sentido de algunos carriles, privilegiando una corriente en detrimento de la contraria. Este método está siendo usado en la ciudad de Buenos Aires, con buenos resultados.

▶ Señalamiento de mensajes variables

Operados desde una central de control se instalan en puntos notables de la ciudad, carteles con indicaciones de distintos tipos:

- Capacidad de las zonas de estacionamiento por áreas (capacidad total y disponibilidad libre).
- Estado del Tránsito en los accesos y rutas alternativas en caso de congestión.
- Información de distinto tipo (condiciones climáticas, estado de los pavimentos, etc.).

▶ Control de la velocidad

El control de la Velocidad en zonas urbanas, como un sistema Inteligente, consiste básicamente, en comparar una velocidad real de vehículo con una velocidad deseada, (a la orilla del camino y calculada por el sistema del vehículo), proponiendo una adaptación si éstas se desigualan. La adaptación puede ser de la información, advirtiendo y controlando simplemente la velocidad.

Las otras herramientas usan información acerca de la situación actual del tránsito, para determinar la velocidad deseada; (por ejemplo cuando existe una colisión o si el camino es de riesgo por encontrarse en un estado resbaladizo). Ambos tipos de herramientas pueden relacionarse.

El control de la velocidad, como un sistema inteligente, es una de las herramientas más importantes para aumentar la seguridad y el control del tránsito.

▶ Administración de las demandas ambientales

El aspecto de las Demandas Ambientales sobre el Tránsito se integró, en conjunto, en los sistemas de transporte inteligente, como una herramienta más, este sistema fomenta un cambio modal, desde el transporte privado, hasta el transporte público, para reducir consumos de combustibles y emisiones de contaminantes de los vehículos.

Esto consiste, comúnmente, en tres tipos de medidas:

Las "medidas de Conciencia", que corresponden a la información sobre la calidad del aire y el uso más racional de los automóviles (por ejemplo: "Limpie el aire, usa, estaciona y pasea"). La Información se provee por medio de Internet, terminales de acceso, RDS/TMC

(Sistema de Datos de Radio) y VMS (Mensaje Variable Firma). Estos servicios son vinculados con el aire, se centraliza en su calidad y se anexa a una base de datos.

"La atracción mide". Esta idea trata de hacer el transporte público más atractivo. Esto incluye como prioridad el autobús, que son vehículos de ocupación múltiple y donde se puede usar una tarjeta que es válida en el transporte público.

"La restricción mide" Esta apunta para restringir el uso de automóvil durante el camino. Valuando cuándo entrar en áreas metropolitanas cuando la contaminación es alta, el conductor debe revisar sus puntos. El valor depende de las características de emisión de contaminantes de su automóvil. Las medidas restrictivas de estacionamiento dan prioridad al estacionamiento residencial, sobre el de abonados.

Estas ideas apuntan hacia la reducción el uso privado de automóvil y el volumen de tránsito; especialmente en áreas metropolitanas. Estas acciones acompañan a las llamadas medidas tecnológicas para reducir las emisiones, el ruido y el uso de combustible, consecuencia del uso de vehículos individuales.

▶ Administración de incidencias

El administrar las incidencias (demora y contaminación) es frecuente reducirla considerablemente si estos son detectados rápidamente y las estrategias apropiadas se implementan rápidamente.

Los sistemas de impacto de incidencia detectan zonas que van reduciendo las velocidades o que cuentan con corrientes reducidas sobre ciertas rutas. Estos cambios en los modelos de corriente frecuentemente indican problemas río abajo. Cuando el problema se identifica, las estrategias pueden implantarse para resolverlo. La solución dependerá del

tipo y la duración probable del problema y puede incluir emisión de señales VMS o UTC que son señales de emergencia que regulan la advertencia y señalan planos de servicios.

▷ Carril controlado

El Carril Controlado es uno de los sistemas que son usualmente utilizados sobre carreteras. Estos sistemas dan a los conductores de los vehículos información específica por medio de las "Señales de Mensaje Variable" ubicadas sobre el camino. Los mensajes comúnmente mencionan velocidades consultivas o indican una clausura de carril. El fin de esta herramienta es alisar la corriente cuando la capacidad de la carretera está siendo alcanzada, para dar la advertencia avanzada de incidencias o adaptar el límite de velocidad debido a las condiciones del camino.

La alta velocidad sobre las carreteras, en condiciones de mal tiempo, es frecuentemente la causa de múltiples accidentes vehiculares. El riesgo de estos accidentes se reduce cuando los conductores viajan a bajas velocidades. Circular a velocidad reducida se sugiere también, para mejorar las corrientes del tránsito y reducir las demoras.

Las técnicas del manejo de la velocidad varían dependiendo del límite de velocidad sobre el "Mensaje Variable Firma", según la ruta que se esté usando condiciona (tiempo, incidencias, problemas de capacidad). En algunos países los límites de velocidad son reglamentados, en otros únicamente son recomendados. Los planes sobre el manejo de la velocidad pueden ser apoyados por tecnologías automáticas de aplicación (como las multas que se aplican a los conductores por no obedecer con los límites de velocidad).

Los estudios de los sistemas de control de carril han mostrado reducciones en la ocurrencia de accidentes entre el 20-30%, reducciones en las velocidades evitando incidencias y una aceptación alta de información por los conductores.

▶ Administración de estacionamientos

Los estudios han mostrado que una proporción importante de tránsito de vehículos consiste en buscar un lugar de estacionamiento. Este tránsito innecesariamente se agrega a la congestión de vehículos y puede evitarse. Los sistemas de estacionamiento controlan el *parking* de vehículos y la información acerca de la ocupación del espacio de estacionamiento por medio de el Mensaje Variable Firma (VMS). La Información se provee sobre los estacionamientos alternativos, para que el conductor sea dirigido a éstos. Los conductores que buscan para el espacio de estacionamiento experimentan un nivel de servicio mejorado.

▶ Re - Routing.

Cuando se usan las llamadas *re-routing* como una herramienta, los conductores son aconsejados para seguir otra ruta, o bien redefinir la ruta que utilizan en el momento. Una atención especial se da para traer el resto de conductores a su ruta original. *Re-routing* tiene como fin principal evitar demoras largas; pero puede también tener efectos importantes sobre la seguridad, porque puede desviar el tránsito para apartarlo de la escena de una incidente.

▶ Monitoreo del camino

El estado de la infraestructura puede ser afectado por un mantenimiento planificado y sus actividades de reparación, especialmente en áreas urbanas. Estas circunstancias no caen directamente bajo el control de las autoridades de la administración del tránsito. La superficie del camino que condiciona, especialmente, la adherencia entre la rueda y el camino, puede ser variable y puede afectar seriamente la seguridad del conductor. Esta

información puede obtenerse desde el camino, utilizando sensores colocados en ubicaciones críticas. En el futuro, se podrían obtener mediante sensores instalados en los vehículos.

► Monitoreo del tráfico

Es obvio que los sistemas para mejorar la corriente de tránsito deben tener un cuadro completo del tránsito en sí mismo (¿cuántos vehículos viajan sobre el camino en diferentes secciones, hacia dónde se dirigen, cuántos se espera que vengan, y como se comportan?).

Para conseguir una vista total precisa sobre el tránsito, la información se obtiene desde diferentes fuentes: los bucles introducidos en el camino sobre la superficie de rodamiento, que cuenta el "número de ruedas", cámaras de TV de circuito cerrado, las balizas al costado del camino o montadas sobre el tránsito "iluminan" a los vehículos por sí mismos. Las computadoras modernas usan todo esto para generar un cuadro bastante preciso de qué realmente sucede y, lo que es más importante, qué es probable que vaya a suceder.

► Control del tráfico urbano

Los sistemas de control del tráfico urbano co-ordenan las señales de tránsito para reducir demoras, dar prioridad a clases seguras de vehículos (atienden emergencias y el transporte público), y más recientemente, administran los congestionamientos. El tránsito electrónico moderno señala los controladores y permite el uso sofisticado de modeladas técnicas para minimizar demoras en intersecciones, dado que una fase se basa en controlar y permitir la distribución flexible de cruce.

Una computadora central administra las oportunidades de cruce con una señal. Envía una señal al controlador de calle, indicando cuándo deberán hacerse los cambios de cruce. Algunos sistemas pueden variar las veces, dependiendo de las condiciones locales de tránsito

o permiten sobre la calle variar el controlador - al alcance limitado - centralmente calculado con el plano de tránsito.

Algunos estudios han mostrado reducciones en las demoras de viaje, a veces hasta de un 30%. Los beneficios del sistema dependen del estado de la red (capacidad, densidad de la red de señal, fines políticos del sistema). Los períodos de reembolso del sistema son cortos, se calculan frecuentemente en meses; mejor, que los que se calculan en años.

▶ Instalaciones para el usuario en las carreteras

Dentro de una comunidad hay un gran número de grupos que corren un riesgo alto de accidentes, como: los discapacitados, los ancianos y los niños, pero también los peatones y los ciclistas. Las instalaciones creadas para los usuarios pueden mejorar su seguridad y calidad de vida. En ellas incluyen movilidad y ayuda para las personas que realizan travesías, procurando tener un peatón más inteligente y un aumento en la visión de los conductores de los vehículos.

III. SISTEMA INTEGRAL DEL TRÁNSITO METROPOLITANO

En este capítulo se realizará un análisis específico del Sistema Integral de Tránsito Metropolitano, instalado en el centro urbano del municipio de Monterrey y municipios conurbados, una descripción breve de los antecedentes del lugar, así como la descripción de este sistema, sus componentes, su estructura operacional, además del procedimiento que se debe seguir para la puesta y operación de un Sistema de Administración del Tránsito.

III.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA

Nuevo León, México, estado situado en el extremo noreste de la República Mexicana, limita al noroeste con el estado de Coahuila, al norte con los Estados Unidos de América por una angosta zona fronteriza del municipio de Colombia y con el estado de Tamaulipas; hacia el suroeste limita San Luis Potosí y con Zacatecas; hacia el este limita con Tamaulipas.

Monterrey, ciudad ubicada en el noreste de México, capital del estado de Nuevo León, es una de las ciudades más grandes e importantes de México, llamada también la Sultana del Norte, y el centro de la industria pesada del país; aquí se localiza la mayor parte de la producción del hierro y acero de México, además de contar con una gran industria del cobre, plomo, cinc y plata. Entre sus artículos manufacturados se encuentran productos químicos, vidrio, materiales para la construcción, papel, cerveza, alimentos procesados y textiles. Sus edificaciones más notables son la plaza de Zaragoza, la catedral (que comenzó a construirse en 1600) y el palacio del Obispado (1782), que es una de las iglesias más representativas del arte del virreinato.

El desarrollo urbano de la entidad muestra su principal característica en la desigual distribución geográfico-municipal de los asentamientos humanos, es decir, se incrementa la

población urbana en unas cuantas ciudades y permanece la dispersión de los asentamientos rurales. La población del estado está distribuida en 5,123 localidades de los 51 municipios y una Congregación Autónoma. Los principales centros de población son: Monterrey, ciudad y capital del estado; Guadalupe; San Nicolás de los Garza; General Escobedo; San Pedro Garza García; Santa Catarina y Apodaca; que son los municipios que conforman el centro urbano donde se implementó el Sistema.

Actualmente, el estado cuenta con un parque vehicular de 875 mil vehículos que circulan por las arterias de la ciudad, por lo que significa un incremento del 20 por ciento, en comparación con el año antepasado, cuando circulaban por las calles 680 mil vehículos.

III.2. GERTRUDE, LA SONRISA DE LA CIUDAD

En Francia el nombre de GERTRUDE, como el nuevo sistema de "Gestión Electrónica de Regulación del Tráfico de las Carreteras Urbanas Contra los Congestionamientos" (*Gestion Electronique de Régulation du Trafic Routier Urbain Défiant les Embouteillages*), que recién acababa de cumplir su primera misión en todo el centro de BURDEOS, FRANCIA, representa una demostración, en directo, de la eficacia del programa especial de los Bomberos y dejó en claro el avance de este sistema en materia tecnológica.

Objetivos de los Sistemas de GERTRUDE:

- Llegar puntualmente a las citas.
- Conducir relajado.
- Respirar el aire puro de la ciudad.
- Sentir seguridad tanto a pie como en bicicleta.
- Confiar en los horarios de los autobuses y de los tranvías.
- Saber, al salir, el tiempo que se va a necesitar para ir de un sitio a otro.
- Ver llegar a los servicios de auxilio en cuanto se les llama.

¿Es todo esto un sueño?, ¿Es una utopía?

No, se trata sencillamente de algunos efectos positivos de la Gestión Electrónica de Regulación, en Tiempo Real del Urbanismo, los Desplazamientos y el Medio Ambiente, como lo pueden apreciar los habitantes de las ciudades que disponen del sistema GERTRUDE.

Administración:

Cuenta con verdaderos expertos que estudian cada ciudad en función de sus necesidades y características y crean programas especialmente concebidos para ella.

GERTRUDE sabe siempre lo que ocurre y GERTRUDE actúa en un segundo, controlando cada uno de los semáforos de las intersecciones.

- Permite la entrada en un sector o una intersección sólo a aquellos que pueden hacerlo.
- Hace pasar por esos sectores y esas intersecciones a quienes los pueden atravesar.
- Aplica una gestión global personalizada, totalmente adaptable, completamente centralizada, en tiempo real, que al impedir bloqueos mantiene una fluidez permanente en los desplazamientos.

GERTRUDE ofrece a los responsables de una ciudad, grande o pequeña, la posibilidad de realizar por completo el plan de desplazamientos urbanos que han elegido, gracias a la potente herramienta de aplicación que constituyen sus programas.

Además, GERTRUDE pone a su disposición toda una gama de desarrollos que van, desde la ayuda en la toma de decisiones, hasta el control de la contaminación atmosférica, pasando por la prioridad para los vehículos de auxilio, la información de los usuarios o la ayuda específica para los transportes públicos.

Por último, como complemento a su ingeniería de administración del tránsito y de estudios de circulación, GERTRUDE garantiza también los servicios de formación, de explotación y de mantenimiento.

En resumen, casi todo lo que se necesita para que la ciudad sonría.

III.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DEL TRÁNSITO METROPOLITANO.

El Sistema Integral de Tránsito Metropolitano (SINTRAM) es un sistema de semáforos, sincronizados a través de un control central, operando en tiempo real, diseñado con las mejores tecnologías a nivel mundial capaz de optimizar y eficientar la capacidad instalada de la red vial.

Actualmente se encuentra en operación, y debe redundar en reducciones significativas de los tiempos de desplazamiento, influyendo así en el ahorro en combustible para los automovilistas y transportistas, y reduciendo considerablemente la contaminación atmosférica. Igualmente, facilitará los cruces peatonales, evitando accidentes, y contribuirá a enfrentar situaciones de emergencia, pues los semáforos responderán a las contingencias desviando los vehículos.

El problema se encuentra en la importancia de controlar el flujo de los automóviles por el área metropolitana, además de aplicar verdaderas medidas que disminuyan los conflictos viales en arterias principales como Gonzalitos, Constitución o Lincoln, entre otras, que aunque las dos primeras son vías rápidas con cruces a desnivel, no tienen operación directa con el Sistema.

El SINTRAM administra el espacio urbano con la ayuda de programas o *software* específicamente concebidos para cada ciudad, reaccionando directamente y al instante con

las informaciones de los sensores, que le permiten tener cada segundo una visión global de la circulación, al mismo tiempo y muy precisa.

Las cuatro características más importantes del sistema son: capacidad para realizar funciones personalizadas, hacerlo al instante, de forma centralizada y teniendo en cuenta todos los datos del tránsito.

De esta forma, el SINTRAM no sólo se encarga de regular la circulación, en general, sino que también puede controlar y disminuir la contaminación atmosférica proveniente de los automóviles, mejorar la velocidad y la regularidad de los transportes públicos terrestres (como el autobús), y garantizar una prioridad absoluta en la administración de la seguridad a vehículos de emergencia: bomberos, policía, ambulancias, etc.

El concepto mismo del sistema hace posible que se aplique también con la misma eficacia para todo; tanto si tienen unas pocas intersecciones, como si se tienen cientos. Cuando es necesario un Centro de Control de Tránsito para visualizar el tránsito, éste permite explotar y tratar estadísticamente todas las informaciones recogidas en las intersecciones y vialidades operadas por el Sistema.

III.3.1 Administración del tiempo

En materia de desplazamientos urbanos, el sistema de administración más útil es el que permite a más personas desplazarse de un punto a otro de la ciudad, en las mejores condiciones posibles de seguridad, comodidad y tiempo, a cualquier hora del día o de la noche.

Pero para ello se tienen que cumplir tres condiciones:

- Tener en cuenta todos los parámetros de la ciudad.
- Saber exactamente lo que ocurre en cada momento.
- Poder actuar directamente de forma instantánea.

Además, para el sistema, la traducción de estas reglas básicas sobre el terreno consiste en aplicar el siguiente principio:

Administrar los tiempos de los semáforos de cada intersección de la forma más precisa posible, para explotar al máximo el espacio de las vías de la infraestructura urbana, para mantener así el frágil equilibrio que fluctúa permanentemente entre las necesidades de cada usuario y los medios para satisfacerlas.

En efecto, como son lugares en los que se cruzan vialidades, las intersecciones son fuente permanente de conflictos. Es por eso que están dotadas de semáforos.

Sin embargo, no todos tienen la misma importancia. Algunos son estratégicos, como núcleos esenciales, porque hacia ellos convergen y de ellos emanan los principales flujos de circulación que afectan a cada sector de la ciudad.

Por esto se les denominan unidades de circulación. Ocurre lo mismo con cada una de las vías de estas unidades de circulación, entre las cuales existe también una verdadera jerarquía, que no depende sólo de su número ni anchura. Por ello, aunque sean interactivos, los niveles de funcionamiento de todas las intersecciones de una unidad de circulación, definida como tal, dependen sobre todo del nivel de su intersección clave.

Para explotar siempre estas unidades de circulación de la mejor manera según las necesidades y las prioridades de cada momento, se instala un sistema global, totalmente centralizado, especialmente concebido para la ciudad que se quiere administrar. Este sistema analiza en cada segundo todos los componentes de los desplazamientos y, en el mismo segundo, actúa directamente sobre los tiempos de cada semáforo de señalización que controla.

La suma de los factores positivos (+) de este sistema (consideración de todos los factores, visión global de la ciudad, riqueza de las informaciones, centralización de los datos, ajuste preciso de las intersecciones, base de tiempo: un segundo, control directo de los semáforos) hace que el sistema no sólo evite las paradas; impidiendo que se sobrepase el umbral a partir del cual se saturan las intersecciones, sino que, además, aumenta de forma tangible el nivel de dicho umbral.

Estos resultados, que son fruto de un mantenimiento permanente de la fluidez del tránsito en los núcleos clave de la ciudad, permiten garantizar una mayor seguridad y una mayor comodidad en el conjunto de los desplazamientos, obtener una clara disminución de los niveles de contaminación atmosférica, garantizar una total libertad de intervención a los vehículos de auxilio y ofrecer a los transportes públicos terrestres una excelente velocidad comercial y una regularidad óptima.

III.3.2 Administración del tránsito en tiempo real

El procedimiento GERTRUDE para la administración en tiempo real se basa en un concepto general original y en estrategias particulares adaptadas para tratar con un automatismo potente un gran número de parámetros y de problemas a los que la ciudad se enfrenta todos los días.

La administración en tiempo real ofrece una solución eficaz para los problemas de la circulación general, del desplazamiento de los transportes colectivos y de los vehículos de socorro, de la contaminación atmosférica y acústica procedentes de los automóviles...

La explotación óptima de las infraestructuras y de los equipos existentes permite ahorrar mucho espacio, tiempo y combustible. El control de los flujos de circulación y los tratamientos especiales aplicados de noche permiten salvar muchas vidas humanas. Al proteger a la ciudad y a sus habitantes de las agresiones actuales, la administración en tiempo real contribuye a la creación de una ciudad cada vez más humana y de mejor calidad.

Teniendo en cuenta el importante número de parámetros considerados por el sistema y, sobre todo, las facilidades ofrecidas para los transportes colectivos y los vehículos de auxilio, la eficacia máxima se obtiene cuando una parte importante de la ciudad dispone del sistema GERTRUDE en tiempo real.

En un segundo, el sistema Gertrude puede actuar sobre los semáforos, para dar prioridad a los vehículos de auxilio, independientemente del lugar y del tipo de accidente.

El sistema GERTRUDE de administración en tiempo real se adapta permanentemente a las fluctuaciones diarias del tránsito mediante cambios de ciclo directos (sin transición), dictados por las informaciones de diferentes sensores estratégicos que indican constantemente las variaciones de la capacidad (oferta) y las evoluciones del flujo (demanda).

La arquitectura del sistema se compone de un servidor central UNIX, multitarea y multiusuarios, conectado a los diversos dispositivos periféricos y de visualización que componen el Puesto Central de explotación, y por otra parte, a los controladores de intersecciones, semáforo a semáforo, mediante la transmisión en serie.

La adaptabilidad local permite impedir el bloqueo de las intersecciones mediante los datos sobre la longitud de las filas de espera y/o sobre la reducción de la capacidad (tasa de

ocupación). Una adaptabilidad centralizada permite deformar las "ondas verdes" de los ejes que constituyen la red en función de las demandas reales del terreno donde, cada segundo, se dirige cada semáforo.

Se usa un módulo específico de tratamiento de la saturación, que permite concentrar las filas de espera en los lugares de la red llamados "exclusa de regulación", pero sólo cuando la demanda es superior a la capacidad de acogida del momento. También se prevé ayudar de forma dinámica a los transportes públicos y a los vehículos de auxilio.

III.3.3. Administración del tránsito en la disminución de contaminantes

La influencia de la administración de la circulación en la evolución de la dispersión de los agentes contaminantes en un medio urbano constituye un problema muy complejo que hay que resolver teniendo en cuenta la cantidad y la diversidad de sus parámetros.

En efecto, resulta que una circulación fluida y suave, como la que se consigue aplicando un sistema de administración, permite reducir de forma considerable las emisiones de agentes contaminantes, gracias a las "ondas verdes" que limitan en gran parte el número de paradas y arranques sucesivos de los vehículos.

Sin embargo, cuando aumenta la velocidad de desplazamiento de los vehículos automóviles, el ruido y las emisiones de NOX aumentan también, mientras que disminuye la contaminación atmosférica debida a los otros contaminantes como el CO, el CO₂ y el PS.

El simulador de tránsito desarrollado por GERTRUDE, que permite reproducir fielmente el comportamiento y el estado de la circulación en una situación determinada, ofrece la posibilidad de estudiar y predecir los niveles de contaminación.

De esta forma, la modelación de la administración del tránsito de una ciudad como la que resulta del simulador de GERTRUDE, junto con los diferentes modelos de emisiones, transformaciones y dispersiones de los agentes contaminantes, permite proponer, y luego aplicar, un modo de regulación del desplazamiento en una ciudad de la forma más adaptada posible para obtener un máximo de intercambios con un mínimo de daños.

Aspecto dinámico

1. Modelos de transporte de agentes contaminantes.

Una vez en la atmósfera, los agentes contaminantes se someten a dos tipos de factores agravantes:

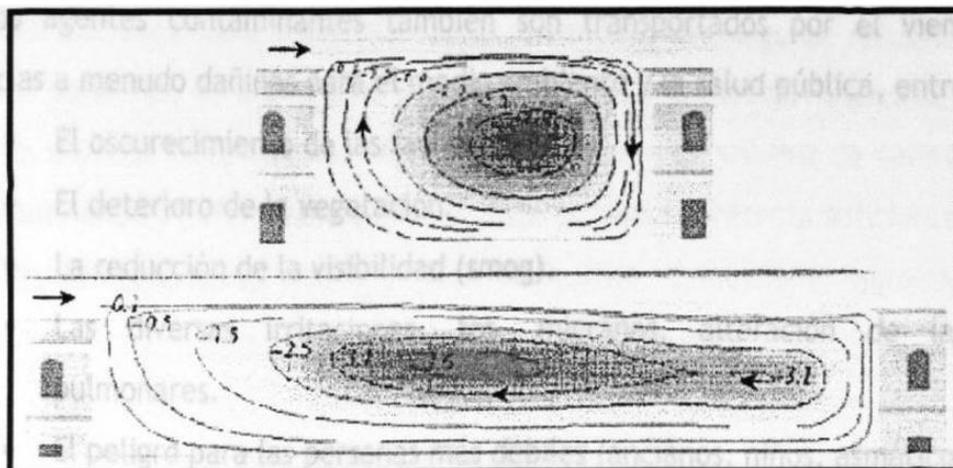
- Por un lado, son transportados por los vientos locales y/o dominantes.
- Por otro, sufren reacciones químicas y fotoquímicas (provocadas por la radiación solar).
- La concentración de una especie química en cada punto de la ciudad es, en todo momento, una interacción entre estos dos factores.

2 - Modelos de dispersión de agentes contaminantes.

- Determinación del campo de velocidad del viento en la ciudad.
- Interacciones fuertes entre:
 - La topografía de la ciudad (radiaciones solares), la meteorología, el enfoque teórico y la resolución numérica en redes de PC, o los especuladores con ayuda del código de cálculo AQUILÓN.

3 - Cañón urbano.

- Cañón urbano (Espacio entre 2 edificios)
- Líneas de corriente en función de la geometría.



LÍNEAS DE CORRIENTE ILUSTRACIÓN 3.1

Consecuencia: un contaminante emitido en la calle no será evacuado por la parte superior del cañón de la misma forma, si la distancia entre los edificios es diferente.

4. Flujo de radiación solar.

La influencia del flujo de la radiación solar en la dinámica de las corrientes.

La corriente de un cañón se debe en gran parte a la diferencia de temperatura entre los edificios. En la siguiente imagen, el torbellino principal se divide en tres por el nacimiento de fenómenos de convección a lo largo del edificio de la derecha.

Aspecto químico

1 - Los agentes contaminantes.

Generalmente se distinguen dos tipos de agentes contaminantes:

- Los agentes contaminantes primarios, que emiten directamente los gases de escape.
- Los agentes contaminantes secundarios, que son fruto de reacciones químicas y fotoquímicas que tienen lugar en la atmósfera.

Estos agentes contaminantes también son transportados por el viento y tienen consecuencias a menudo dañinas para el medio ambiente y la salud pública, entre otros:

- El oscurecimiento de las fachadas.
- El deterioro de la vegetación.
- La reducción de la visibilidad (smog).
- Las diversas irritaciones, tos, migrañas, alteración de las funciones pulmonares.
- El peligro para las personas más débiles (ancianos, niños, asmáticos).

2. Modelos de emisión de agentes contaminantes.

Entre los contaminantes primarios se encuentra, sobre todo, el monóxido de carbono CO, los óxidos de nitrógeno Noxi, los hidrocarburos HC, etc.

La cantidad emitida a la atmósfera depende de muchos parámetros, tales como:

- La densidad del tránsito.
- La composición de la circulación (tipo de vehículos, de motor, peso, etc.).
- La velocidad de aceleración.
- La carga de los vehículos.
- El nivel de mantenimiento.

Estos datos se obtienen a través de mediciones en tiempo real o datos de los ficheros del centro de control.

3. Modelos de cinética química de la atmósfera.

En la atmósfera se producen miles de reacciones químicas y fotoquímicas (que hacen que intervenga la radiación solar). Algunas son extremadamente rápidas, y otras más lentas. Mediante las reacciones químicas aparecen nuevos compuestos químicos, como el ozono (O₃), estos son los contaminantes secundarios.

Las interacciones entre estas reacciones son numerosas, algunas refuerzan a otras y viceversa. Por supuesto, es impensable indicar todos los modelos de reacciones, debido al tiempo que se tardaría en calcularlas. Nos hemos limitado a un sistema de veinte reacciones en las que intervienen 11 elementos químicos. Este sistema representa suficientemente bien la realidad de los fenómenos físicos y permite realizar simulaciones numéricas en tres dimensiones.

4. Dispersión de un agente contaminante en un cañón.

Esta simulación representa la dispersión de un agente contaminante en un cañón en función del tiempo. El cañón experimenta una corriente rasante que proviene de la izquierda y que provoca la aparición de un torbellino entre los edificios. Iniciado a un valor máximo en el tiempo T_0 , el agente contaminante es transportado hacia la izquierda del cañón, donde se acumula y se escapa hacia arriba, a lo largo del edificio de la izquierda. Después sale del cañón.

La solución que propone hoy GERTRUDE para luchar contra la contaminación atmosférica que procede de los automóviles consiste en tratar este dato como parámetro prioritario en la administración de los desplazamientos, con un triple objetivo:

- 1. Evitar los picos de contaminación, retrasando al máximo su aparición.**
- 2. Reducir, de forma progresiva, flexible y no brutal, la densidad de la circulación sector a sector y/o en el conjunto de la ciudad en caso de aparición de picos.**
- 3. Estar en condiciones de realizar la planificación a corto y a medio plazo, gracias a los modelos de predicción, para evaluar las consecuencias que tendrán en el medio ambiente las medidas que se piensa tomar con respecto a los transportes públicos y/o las infraestructuras.**

III.3.4 Administración de emergencias

El sistema Gertrude ofrece una administración de las emergencias vía ondas verdes o GPS (Geographic Position System). A continuación se describirá su operación teórica.

1. Tres o cuatro satélites transmiten, al mismo tiempo, al receptor GPS instalado en el vehículo un mensaje codificado que contiene su posición exacta y la hora precisa de esta posición, con un margen de milésimas de segundos, en hora universal.
2. El receptor descodifica los mensajes y conoce así, con un margen de unos metros, su posición exacta, definida por su longitud, su latitud y su altitud, calculada por triangulación.
3. Una vez descodificada, la posición se transmite por red GSM (teléfono celular), radio, infrarrojos u otra conexión de microondas, al Centro de Control con el código de identificación del poste de señalización.
4. En cuanto recibe la información, la computadora verifica la identificación del emisor y su autorización de prioridad en la red e inserta entonces la posición del vehículo con los otros parámetros necesarios para la administración del tránsito.

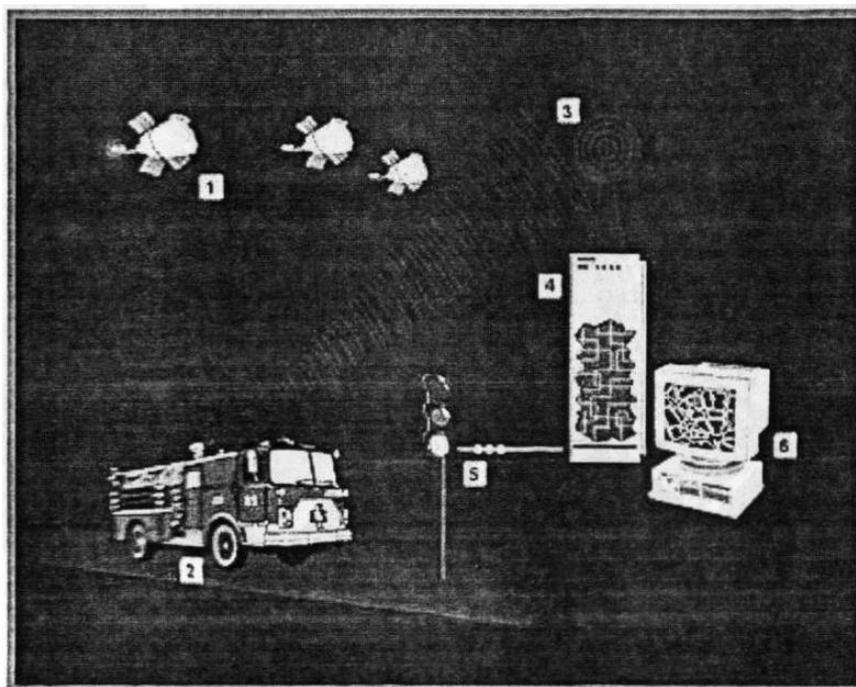


DIAGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE EMERGENCIAS 3.2 1

5. Aplicando el *software* específico de GERTRUDE, de prioridad absoluta para los vehículos de auxilio, la computadora controla el cambio a luz verde de las intersecciones cercanas que es más probable que atraviese el vehículo.
6. Si conoce el destino final del vehículo, la computadora puede enviarle propuestas de los itinerarios que puede seguir, para alcanzarlo lo antes posible, en función del tránsito existente en el conjunto de las vías del sector.
7. La computadora sigue el avance del vehículo y modifica los parámetros cada segundo.
8. En cuanto el vehículo haya atravesado una intersección, el PC vuelve a calcular las nuevas posibilidades de itinerarios y crea las "ondas verdes" adecuadas.
9. El avance del vehículo puede seguirse en tiempo real en el diagrama dinámico ANIMA.

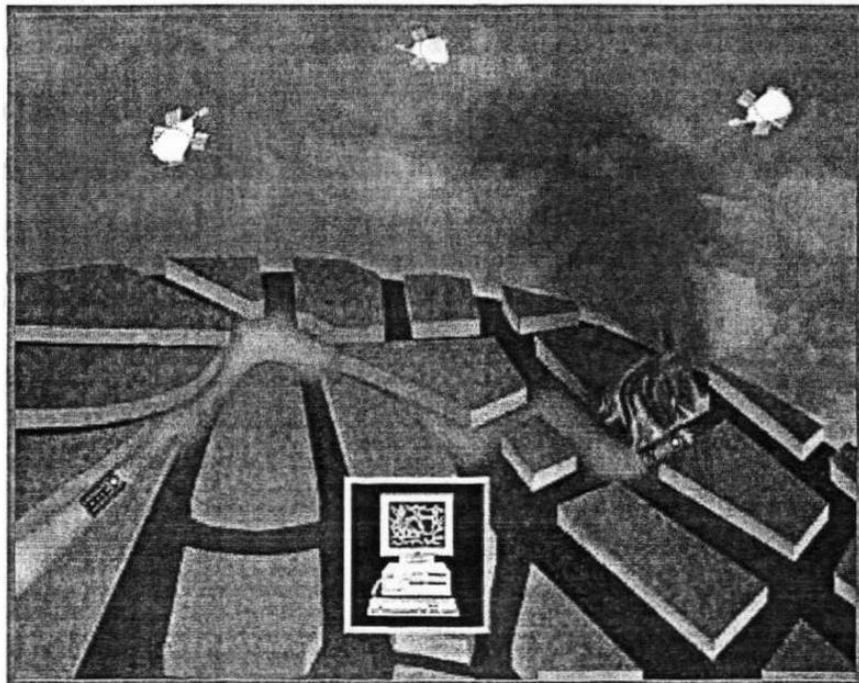


DIAGRAMA ANIMA 3.3

III.3.5. Administración de seguridad a peatones y ciclistas

Uno de los principales objetivos de Gertrude es garantizar la seguridad de los desplazamientos en las zonas urbanas. Por ello, el sistema tiene en cuenta el conjunto de los datos del tránsito, sea cual sea la naturaleza de los vehículos, coches, tranvías, autobuses, bicicletas o peatones.



Gertrude puede garantizar una gestión de los semáforos, sector por sector, y por franja horaria, en función, por ejemplo, de la presencia o ausencia de establecimientos escolares o fábricas. Gracias a sensores específicos, el sistema también puede dar prioridad a algunas vías, como las calles peatonales o los carriles para ciclistas.

Además, el sistema Gertrude reacciona por sí mismo y elige la mejor solución para la seguridad y el tránsito, en cuanto se detecta un suceso inusual: se puede tratar de un accidente, de una retención provocada por una avería o de la presencia, en la vía, de una gran masa de personas o de bicicletas.

De esta forma, se hace cargo de todas las situaciones. También se trata de un sistema flexible, que se adapta de forma eficaz a la política de desplazamientos y a las características que se hayan definido para la ciudad.



III.4. COMPONENTES DEL SISTEMA.

Los componentes del sistema son una serie de elementos mecánicos o electrónicos, que se encuentran principalmente en las intersecciones y que son los encargados de recolectar la información de campo y transmitirla al Centro de Control, donde es procesada y retransmitida a los operadores de las intersecciones y vialidades (semáforos y pantallas de mensaje variable), los cuales ejecutan las ordenes del sistema y permiten eficientar las operaciones del tránsito en la zona metropolitana.

Los Detectores

Los detectores son la equivalencia a los ojos y los oídos del Sistema, cuya función es ofrecer al sistema un conocimiento preciso, y al segundo, de todos los componentes de los desplazamientos en la ciudad. Estos pueden clasificarse en dos categorías: los estratégicos y los ocasionales.

1. Los Estratégicos son:

- ⊕ Los contadores.
- ⊕ Los captadores de Saturación.
- ⊕ Los captadores de ocupación.

Estos tres tipos de detectores hacen llegar su respectiva información al operador central, que evalúa la carga de los eslabones y determina la duración de los ciclos y las distribuciones de los tiempos de paso establecidas, "a priori", y que mejor se adapten a las necesidades del momento.

2. Las Ocasionales son:

- Los captadores de actividad.
- Los captadores de antibloqueo.
- Los captadores de contaminación.
- Los detectores específicos.

Los datos facilitados por este grupo de detectores permiten que el operador central confirme o anule sus decisiones iniciales, en relación con la distribución de los tiempos de paso y en función de las circunstancias, para en consecuencia, ordenar, en su caso, una reacción instantánea sobre uno u otro semáforo de cruce.

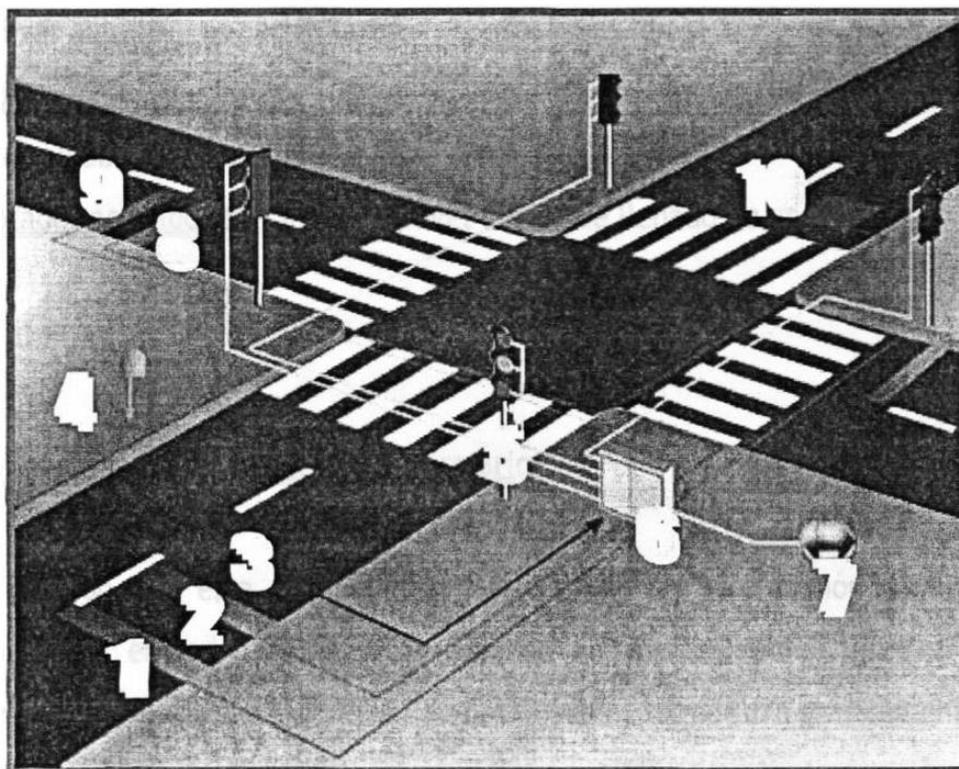


DIAGRAMA DE UBICACIÓN DE CONTADORES 3.4

Definiciones

1. Contador.- Mide los volúmenes de tránsito de todo tipo de vehículos.
2. Captador de saturación.- Indica los niveles de llenado de las vías.
3. Captador de adaptabilidad.- Determina el nivel de utilización de los tiempos de paso de cada vía.
4. Captador de contaminación.- Mide la evolución de los distintos niveles de contaminación.
5. Llamada de peatón.- Indica las peticiones de cruce de los distintos peatones.
6. Controlador de cruce.- Determina y envía órdenes, al segundo.
7. Modem.- Envía órdenes la Centro de Control.
8. Detector específico.- Destinado a localizar los vehículos para los que se puedan realizar actuaciones particulares.
9. Captador de ocupación.- Mide el nivel de ocupación de la vía, en un punto determinado de la misma.
10. Captador antibloqueo.- Indica el nivel crítico de llenado de un eslabón.

Componentes del controlador de cruce (armario)

La función de este componente es recabar la información levantada en la intersección, para enviarla al centro de Control; así mismo, recibe las instrucciones del centro de control y ejecuta sus órdenes, a continuación, se muestra gráficamente el armario y la ubicación de sus componentes y, posteriormente, se aporta la descripción de cada uno de los componentes.

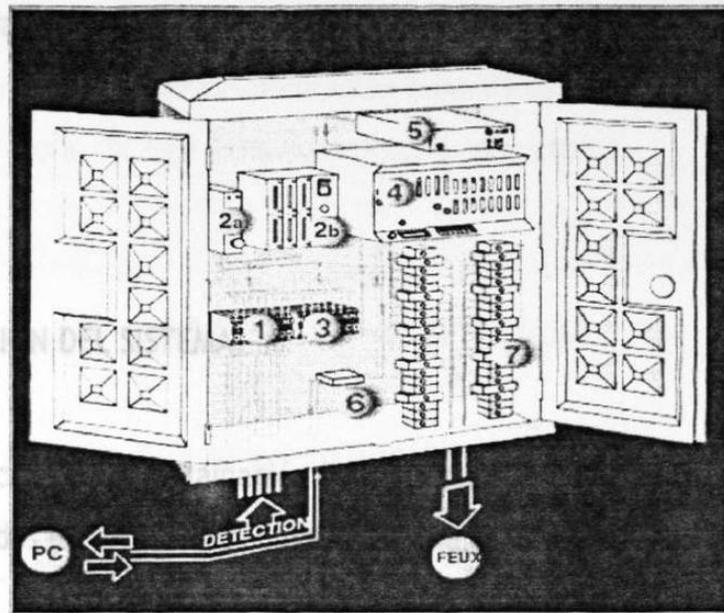


ILUSTRACIÓN DEL ARMARIO 3.5

1. Borne de Bucle.- Hace posible conectar los cables de cada bucle con su detector.
- 2A. Receptor.- Recibe la información procedente de los elementos específicos de los vehículos de auxilio o de transporte público.
- 2B. Detector.- El detector transforma en datos explotables por el controlador las modificaciones de los campos electromagnéticos provocados por el paso de vehículos por los bucles.
3. Borner Bucle.- Hace posible conectar los cables de cada detector con su controlador.
4. Controlador.- Bandeja electrónica con microprocesador. Interpreta los datos de los detectores. Transmite toda la información al puesto central. Recibe las ordenes del puesto central. Garantiza la seguridad del funcionamiento del cruce y comprueba la conformidad de las ordenes del PC. Controla y verifica la potencia de alumbrado de cada luz en el cruce. En caso de producirse alguna avería en el PC o algún problema en la red de transmisión, pone en funcionamiento un programa de control local.
5. Modem.- Garantiza el formateo (codificación), de los datos para su transmisión y su posterior decodificación una vez recibidos. Las transmisiones se realizan en serie.
6. Puente de Conexión Cad.- Permite conectar, a través de modem intermedios, de los cables de transmisión que comunican el puesto central con el controlador. En caso necesario o como comprobación, este tipo de puente de conexión permite aislar las parejas una a una.

7. Borne de Semáforos.- Permite transmitir las ordenes del controlador a las luces de los semáforos de cada cruce.

III.5 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA.

Para el proceso de programación los sistemas Gertrude utilizan tres etapas para la aplicación de métodos de programación de ingeniería de tránsito.

Métodos conceptuales de regulación del tránsito

- † Estudio de las características de las vías en los cruces.
- † Cálculo de las capacidades de saturación.
- † Definición de las zonas de fluidez mantenida.
- † Integración de las restricciones de los gestores.

Métodos de programación

Cálculo de los diagramas de funcionamiento de los cruces por algoritmos de ordenamiento.

Algoritmos de tipo "Branch and Bound" para la optimización de las ondas de coordinación.

Métodos funcionales de aplicación

- Cálculo en tiempo real de la tasa de ocupación (número de vehículos con respecto al tiempo de utilización) de los tramos de interrogación de los captore, puesta en correlación de sus informaciones, reemplazamiento de valor de los captore defectuosos.
- Cálculo de la carga de los nudos de la red.

- Estimación de los flujos de tránsito y adaptación en tiempo real sobre los puntos llaves definidos durante el estudio de planificación.
- Puesta en marcha de los programas específicos de seguridad y de control de la velocidad en horas de baja demanda vehicular o nocturna.

III.5.1 Procedimiento de regulación

Este proceso se deriva de la acciones que ejecuta el sistema como: el cálculo de la tasa de ocupación de los tramos, ajuste de las "ondas de verde", los métodos de tratamiento de saturación, la distribución de la demoras, y las prioridades a los vehículos de alta ocupación y de emergencia.

El procedimiento de regulación se da como sigue:

- Elaboración de los ajustes iniciales.
 - Funcionamiento de base.
 - Ciclo.
 - Distribución de los tiempos de luz verde.
 - Desfases entre cruces.
 - Control individual de las luces.
- Cálculo de la duración del ciclo óptimo.
 - 50,55,...,95,100
 - 60,65,...,115,120
- Cálculo de las modificaciones de distribuciones de tiempos de verde.
- Aplicación en tiempo real (al segundo).
 - Cada semáforo de cada cruce al segundo.
 - Adaptativo, regulación, etc.
- Acciones locales y acciones globales.

III.6 PROCEDIMIENTO GENERAL DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA.

Para la implantación del Sistema Integral del Tránsito Metropolitano se siguió una serie de lineamientos generales para su instalación, los cuales son los siguientes:

Estudios previos:

1. Recolección de los datos básicos, planos de la ciudad a escala 1/10.000 y/o 1/2.000, intersecciones existentes y previstas, esquemas de la circulación general y del transporte público, red de vías existentes recuperables, situación y capacidad de los estacionamientos y de los centros de administración de auxilio a emergencias. Grandes corrientes de circulación, cómputos, cámaras.
2. Examen de los planes de cada intersección.
3. Análisis de los diagramas existentes.



4. Creación de la lista de los materiales dinámicos colocados en el terreno, de los cables utilizados y de los posibles itinerarios.
5. Estudio de la situación y del plano del futuro lugar de localización del Centro de Control.
6. Preparación de los equipos necesarios para los estudios complementarios: Edición de los documentos, preparación de los ficheros de trabajo y de los registros de los estudios *in situ*.

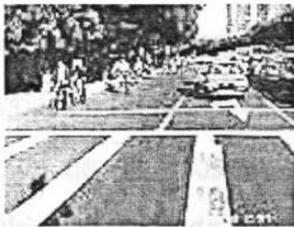


Visita al lugar del concepto de GERTRUDE para la ciudad.

8. Durante esta visita, se puede estudiar la posibilidad de realizar propuestas, modificaciones o adiciones para los siguientes elementos:

- Mejora de las intersecciones.
- Sentido de la circulación.
- Mejoras específicas (autobús, tranvía, peatones...)
- Otros.

1. Reconocimiento de la ciudad (a pie y en coche).
2. Informaciones complementarias sobre la circulación.
3. Localización y análisis de puntos específicos.



4. Observaciones sobre el terreno.

Estudio de los sectores o intersecciones de carácter crítico, de las vías congestionadas o con problemas, de las vías sobrantes, de las posibilidades de crear carriles para autobuses.

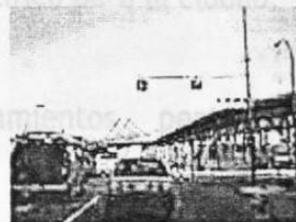
5. Registro de distancias entre los semáforos y los planos de semáforos.

6. Aplicación del sistema en un plano general.

Verificación, *in situ*, de los tiempos de recorrido en los itinerarios largos.
Observación y modificaciones para su evaluación.



7. Definición del concepto de GERTRUDE para la ciudad.
8. Definición de las estrategias en un plano general de la ciudad, con especificación de zonas, sectores y vías.



9. Registro y verificación de los equipos de cada intersección: tipo de control, semáforos tricolores, señalización horizontal y vertical, capacidad, pasos peatonales, etc.
10. Balance por intersección de los materiales existentes y de las modificaciones necesarias.
11. Actualización de los documentos referentes al cálculo de materiales: sensores, nuevas intersecciones, carriles para autobuses, redes de cables, ramales previstos, reagrupación de intersecciones, sectores críticos, zonas fluidas y unidades de circulación.
12. Creación de diversos croquis a 1/500 de las mejoras propuestas. Actualización de los croquis existentes de conformidad con las nuevas propuestas.



Cable de conexión de las intersecciones.

Concepción

1. Definición de las grandes orientaciones propuestas para la organización de los desplazamientos en la ciudad.
2. Establecimiento del principio de funcionamiento del sistema específico para la ciudad.
Elaboración de los planos, croquis y estudios de relieve:
Modificación de los esquemas y de los acondicionamientos peatonales.
Asignación de cada vía.
Itinerarios principales y preferentes.
"Ondas verdes".
Ayudas específicas a los vehículos de auxilio y/o a los transportes públicos.
Mejora de las vías y de las intersecciones.
3. Detalles de cada intersección.
Previsión de las cantidades de materiales que hay que mantener, remplazar o añadir.



4. Controladores, señalización tricolor, detectores, módems, transmisiones, cables y conexiones.
5. Organización del Centro de Control.
Definición de las tareas de explotación.
Esquemas de la estructura informática.
Propuestas de mejora del Centro de Control y elaboración de las descripciones.
Arquitectura material e informática del sistema y posibilidades de evolución.
Descripción de los materiales.
6. Realización de los planos de ejecución.
Implantación y cotización de los sensores.
Asignación de las fases de los semáforos.
Trabajos de ingeniería civil.

Cable de conexión de las intersecciones.

3. Imágenes de las señales de señalización.

Arreglos de las vías y señalización.

Instalación de las intersecciones.

Cables

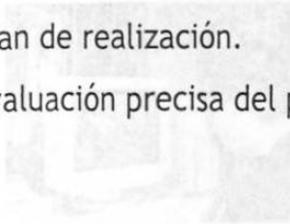
Cables

Mejora del suelo.



7. Plan de realización.

8. Evaluación precisa del proyecto.



Realización de los materiales dinámicos.

1. Elaboración de programas específicos de regulación de la ciudad.

Preparación de diagramas de las intersecciones.

Cálculo y elaboración de la coordinación. (radio, láser).

Métodos de animación del diagrama. del Centro de Control.

Programación de la regulación de las zonas y de las intersecciones. SAEM, da paso a la

Programas informáticos de explotación para el Centro de Control. con las cláusulas de CPT

Programas informáticos de gestiones específicas.

Validación y simulación de programas informáticos en plataforma de desarrollo.

Instalación del Puesto Central Instalación de los muebles.

2. Trabajos de ingeniería civil informático.

Realización de los cortes y las vistas.

Implantación de ramales.

Instalación de los cables. programas informáticos específicos de ANIMA, Observatorio, MAGE,

Instalación de los captadores de señales.

Mejora de las vías.

3. Implantación y validación de los materiales de señalización.

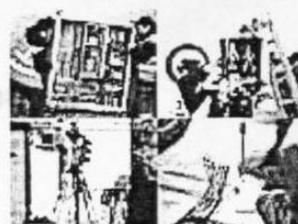
Cambio o arreglo de los armarios.

Instalación de nuevas intersecciones.

Cables de los semáforos.

Cables de transmisión.

Mejora de las pinturas del suelo.



4. Integración de los materiales dinámicos.

Reemplazo o instalación de los controladores.

Instalación de los detectores y de sus cables.

Instalación de las transmisiones (módem, radio, láser).

5. Recepción de fábrica de los materiales del Centro de Control.

La recepción de fábrica, instalada en los locales de GERTRUDE SAEM, da paso a la prueba de cada función del sistema y al control del material según las cláusulas de CPT y la memoria técnica.

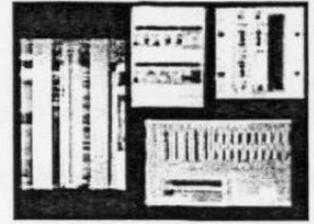
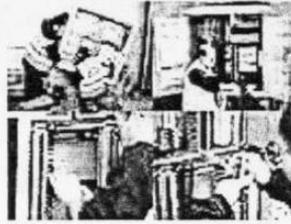
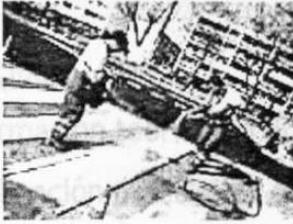
6. Instalación del Puesto Central Instalación de los muebles.

Instalación del material informático.

Instalación del diagrama.

Uniones.

Instalación de los programas informáticos específicos de ANIMA, Observatorio, MAGE, ayudas a los TC, etc.



7. Aplicación de la programación centralizada.

Prueba de las transmisiones de datos con las intersecciones.

Lanzamiento sucesivo de intersecciones modulando la duración de los ciclos.

Inversión de los programas de regulación por zonas homogéneas.

Actuación del conjunto de los programas (tratamiento de la saturación).

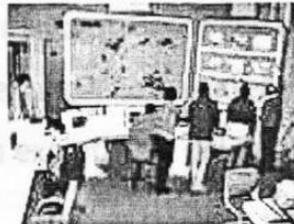
Optimización y ajuste de los funcionamientos.

Validación.

Actuación de los programas del Puesto Central.

Entrega de las herramientas de explotación.

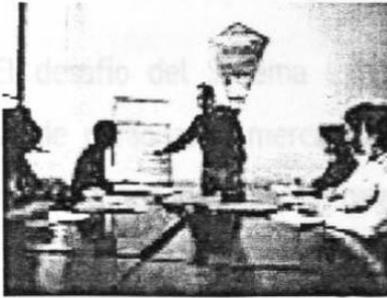
Verificación global del conjunto de la integración.



IV.1 INTRODUCCIÓN

Formación

1. Formación teórica en BURDEOS.
2. Aplicación práctica *in situ*.
3. Cursos de familiarización y formación sobre las nuevas herramientas de explotación.



Mantenimiento

1. Visitas periódicas de mantenimiento preventivo del material y de los programas.
2. Intervención inmediata de mantenimiento corrector.
3. Asistencia técnica permanente por telemantenimiento.
4. Posibilidad de garantizar la explotación del Centro de Control.

