

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA
INTERSECCIÓN VIAL INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

CAROLINA ALEXANDRA SILVA DUARTE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA
INTERSECCIÓN VIAL INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

CAROLINA ALEXANDRA SILVA DUARTE

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniera Civil

Director:

ING. CIVIL MS.C YERLY FABIÁN MARTÍNEZ

Docente Escuela de Ingeniería Civil-UIS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mi hermana por estar siempre presente en el transcurrir de mi vida.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, de manera especial a mi director de tesis quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

Y a ti... por ser parte esencial en la realización de este proyecto, por brindarme tu respaldo y compañía en todo instante, y por llenar mi vida de amor y alegría. Sin ti no solo este proyecto estaría a la deriva.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. DESARROLLO MUNDIAL DE LAS ITS	11
2. DESARROLLO LOCAL DE LAS ITS	13
3. HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS IMPLEMENTADAS.....	15
3.1 RADARES DE VELOCIDAD	15
3.2 PANELES INFORMATIVOS.....	16
3.3 GPS	17
3.4 CÁMARAS DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN	17
3.5 SISTEMAS INTELIGENTES DE SEMÁFOROS	18
3.6 REDES SOCIALES	19
4. VENTAJAS	20
5. DESVENTAJAS	22
6. CONDICIONES PARA LA OPERACIÓN DE UNA INTERSECCIÓN VIAL INTELIGENTE.	23
7. APLICACIÓN EN BUCARAMANGA.	26
7.1 SEMÁFOROS INTELIGENTES	27
7.2 CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV).....	28
7.3 PANELES DE MENSAJERÍA VARIABLE.....	29
7.4 RASTREADORES CON GPS.....	30
8. COSTOS	31
9. CONCLUSIONES	32
10. CITAS	33
BIBLIOGRAFÍA.....	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Láser perpendicular (Autovelox).....	16
Figura 2. Paquetes de servicios ITS en Colombia.....	24

RESUMEN

TITULO: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERSECCIÓN VIAL INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.*

AUTORA: CAROLINA ALEXANDRA SILVA DUARTE**

PALABRAS CLAVE: SEMÁFOROS INTELIGENTES, SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE, CORREDOR VIAL, MOVILIDAD, INTERSECCIÓN VIAL.

DESCRIPCIÓN:

En este artículo se presentan algunas alternativas para implementar eventualmente un corredor vial inteligente en la ciudad de Bucaramanga. Incluye una breve reseña acerca de los usos técnicos de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) desde sus primeras instauraciones hasta las últimas aplicaciones en sistemas de transporte masivo y gestión vehicular en Colombia y el mundo. Se describen los parámetros que influyen para la operación de una intersección vial inteligente, las condiciones de movilidad que se quieren controlar y las posibles desventajas de la implementación de estos sistemas. Además se expone una lista de las herramientas ITS más utilizadas, explicando sus funciones, modos de trabajo, principales beneficios y destacando las que se consideraron más aptas para el estudio caso de un corredor vial en la ciudad de Bucaramanga, dadas las necesidades que se estimaron como principales en el tramo. El corredor está comprendido por la carrera 21 entre Avenida la Rosita y la calle 36. Al final, se presenta un presupuesto aproximado de los costos técnicos que podría generar implementar este corredor vial, algunos de los equipos propuestos servirán de apoyo no solo al trayecto especificado, sino dada su amplia cobertura, podrían usarse para el resto de la ciudad, lo cual aumentaría su funcionalidad.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: ING. CIVIL MS.C Yerly Fabián Martínez Estupiñán

ABSTRACT

TITLE: STUDY OPTIONS FOR IMPLEMENTATION OF A SMART ROAD INTERSECTION IN THE CITY OF BUCARAMANGA.*

AUTHOR: CAROLINA ALEXANDRA SILVA DUARTE **

KEYWORDS: INTELLIGENT SEMAPHORES, INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, ROAD CORRIDOR, MOBILITY, ROAD INTERSECTION.

DESCRIPTION:

This article presents some alternatives to introduce a smart corridor in the city of Bucaramanga. It includes a brief overview of the technical use of intelligent transportation systems (ITS) from its first establishment to the latest applications in mass transit systems and vehicle management in Colombia and the world. Parameters that influence the operation of an intelligent traffic intersection, mobility conditions to be controlled and the possible disadvantages of the introduction of these systems are described. Also a list of the most commonly used ITS tools is presented, explaining their functions, modes, major benefits and highlighting those considered the most suitable for the study of a corridor in the city of Bucaramanga, given the main needs that were estimated in the path. The corridor is composed of Carrera 21 between Avenida Rosita and Calle 36. Finally, an estimated budget of the technical costs that could be generated by the construction of this corridor is presented; some of the proposed equipment will support not only the specified path, but because of its wide coverage, could be used for the rest of the city, which would increase its functionality.

* Grade Work

** Faculty of Mechanical Engineering and Physical. School of Civil Engineering. Director: ING. CIVIL MS.C Yerly Fabián Martínez Estupiñan

INTRODUCCIÓN

El mundo está en un periodo de urbanización extrema, el aumento de la población y las exigencias de los mismos van de la mano hacia un mundo globalizado, y es allí, donde se piensa en las ciudades inteligentes.

Las ciudades cada día se ven más saturadas, el crecimiento demográfico y la falta de infraestructura inciden directamente en la calidad de vida de las personas, es por ello que la congestión vehicular es quizás el principal problema de las metrópolis. A su vez el incremento del parque automotor debido a la necesidad de desplazar personas de un lugar a otro y los semáforos convencionales que son sistemas temporizados que pasan de un estado a otro siguiendo un patrón de secuencia fija, carecen muchas veces de inteligencia para tomar decisiones, lo que representa una gran desventaja durante las horas picos en importantes arterias viales ya que los cambios se realizan en tiempos no adaptados a las condiciones del tráfico, y mientras una intersección vacía tiene luz verde la arteria principal se detiene a esperar el cambio, agrupando los vehículos hasta congestionar el canal generando los principales problemas de movilidad [1].

1. DESARROLLO MUNDIAL DE LAS ITS

La ciudad es el marco espacial de las comunidades, la necesidad de movilizarse está relacionada con el deseo de efectuar actividades sociales, culturales y económicas que son necesarias. Los cambios socio demográficos que ocurren en ella requieren enfrentar los planteamientos y diseños urbanos de la misma, la socialización de infraestructura y medios de transporte con el objetivo de llegar a una movilidad inteligente.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), es la integración de las tecnologías informáticas de hardware y software, las cuales se aplican para mejorar la movilidad. Dado la combinación de las herramientas de telecomunicación e informáticas, se conocen como tecnologías telemáticas [2].

Determinar de manera específica el origen de las ITS no es tarea sencilla, sin embargo, la experiencia del peaje urbano de Bergen, Noruega, podría considerarse como la pionera. En dicho peaje, construido en 1986 para financiar nuevas calles, las matrículas de los vehículos infractores eran captadas por cámaras en horarios aleatorios y vías reservadas. De esta manera, se hacía el control y se generaban las multas correspondientes [3].

El uso masivo de ITS ocurre en la década de los 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad, especialmente en el ámbito urbano e interurbano, enfrentando las estrategias tradicionales de infraestructura y apostando por una movilidad sostenible.

Sin embargo, la aplicación de dichos sistemas no está determinada de manera exclusiva a los medios de transporte terrestre y, mucho menos, sólo a la programación de rutas y semáforos. Algunos de las áreas impactadas por las ITS son la seguridad, los servicios de información y valor agregado para el usuario, localización y prevención de accidentes, entre otros.

De lo anterior, es posible clasificar las aplicaciones de las ITS en tres [4]:

- aplicaciones de seguridad, relacionadas con la prevención y gestión de accidentes, y notificación de señales de tránsito;
- aplicaciones de eficiencia, que tratan la gestión del tráfico y el monitoreo de las vías;

- aplicaciones de confort, que brindan información y entretenimiento.

La implementación de las ITS ha consolidado beneficios significativos alrededor del mundo. Por ejemplo, en Francia y España su uso durante los 90 permitió reducir la accidentalidad vial hasta en un 30% [5].

Por otra parte, en Rumania, un equipo de informáticos de la Rutgers University de Estados Unidos, en colaboración con la Universidad Politécnica de Bucarest, ha desarrollado un modelo en el cual los semáforos “toman decisiones” de control de sus luces basándose en la información que proviene de los vehículos, informa la revista NewScientist.

El modelo registró los picos de flujo de tráfico de dos de los principales cruces de la ciudad de Bucarest, en Rumania, al tiempo que se establecía el patrón de dicho flujo desde el laboratorio de computación distribuida de la Rutgers University [6].

En América Latina, países como Chile, Argentina, Brasil, México y Panamá cuentan con estos sistemas. En Chile se han implementado tecnologías ITS, que constan de: servicio de pago electrónico, gestión de tráfico, operación de transporte público, sistemas de apoyo y fiscalización a la gestión del transporte público en Santiago, sistemas de control de conducción y velocidades de vehículos interurbanos, servicios de asistencia al viajero, apoyo a fiscalización de leyes de tránsito, empresas portuarias y servicios de atención de emergencias.

2. DESARROLLO LOCAL DE LAS ITS

En Colombia, la mayoría de las ciudades están atrasadas en tecnología ITS, la implementación solo ha llegado a algunas ciudades como: Barranquilla, Cali y Medellín. En Barranquilla desde el 2010 se cuenta con semáforos inteligentes en el barrio Simón Bolívar, la calle Murillo y la carrera 46. En Cali se instalaron 73 intersecciones de la ruta del Mio en el año 2008. Y por último, en Medellín se implementó un Sistema Inteligente de Movilidad (SIGA), que consta de paneles informativos, optimización de semáforos, cámaras de fotodetección, gestión de flota, Web 2.0, Software gestor y un circuito cerrado de televisión.

Ahora bien, durante el 2010, el Departamento Nacional de Planeación lideró una iniciativa para dinamizar el sector transporte, mediante la inclusión de tecnologías al mismo. El resultado fue la primera versión de la Arquitectura Nacional ITS.

Dicha arquitectura es “un mapa para la integración de los sistemas de transporte inteligentes para Colombia en los próximos 0 a 15 años. La Arquitectura Nacional ITS de Colombia es una visión compartida entre los actores ITS para lograr que sus sistemas trabajen juntos, puedan compartir información y recursos, para proporcionar un sistema de transporte más seguro, más eficiente y más eficaz en el movimiento de viajeros y de carga. Su objetivo es orientar la planificación, el desarrollo y la integración a nivel nacional.”

Así mismo, fue necesario implementar el Desarrollo Conceptual del Plan Maestro ITS en Colombia, que se presentará el documento Conpes correspondiente. En éste, el DNP configura los siguientes elementos como parte constitutiva de un programa ITS:

- Creación de un organismo público que lidere y coordine el programa ITS en Colombia.
- Definición de estándares y protocolos.
- Creación y adaptación de la parte técnica necesaria.
- Definición del marco legal de soporte de ITS.
- Acuerdos institucionales para definir los roles de los jugadores.

- Identificación de fuentes de financiamiento [7].

Aunque los Sistemas Inteligentes de Transporte son una herramienta relativamente antigua, aún hay muchos campos por descubrir para su total aprovechamiento. Además, para ejecutar políticas que conlleven al uso de tecnologías ITS, el programa debe vincular a todo tipo de vehículos, porque a través de ellos se efectúan los cálculos de flujo diario, los algoritmos para los semáforos y se reconocen las vías más transitadas donde se debe tener una mayor y oportuna respuesta a los contratiempos que puedan ocurrir.

3. HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS IMPLEMENTADAS

Los distintos componentes que forman la movilidad inteligente son aparatos electrónicos que requieren de control humano a través de los denominados centros de control.

Su eficaz desarrollo se basa en que es un sistema que está las 24 horas funcionando con un mayor apoyo de personal a las denominadas horas pico donde el flujo es mayor que en el resto de horas, por el contrario en las noches habrá menos personas a cargo del centro de control; así mismo es un conjunto integrado donde participan tanto las secretarías de tránsito como los conductores y peatones, los cuales a través de herramientas tecnológicas como celulares y redes sociales informan de manera previa los sucesos que alteran el curso normal de la movilidad.

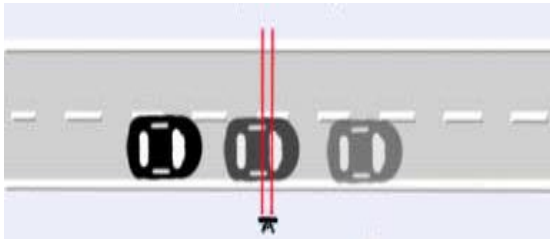
3.1 RADARES DE VELOCIDAD

Son dispositivos de alta tecnología, capaces de monitorear por completo la vía y determinar sobre que carril circulan los vehículos a exceso de velocidad. Proveen evidencia gráfica la cual es posteriormente procesada mediante un software.

Con su implementación y uso se espera una reducción drástica en el índice de accidentes, lo que automáticamente repercute en el número de personas lesionadas o incluso fallecidas por esta causa [8].

Estos radares constan de cinemómetros y cámaras que miden la velocidad de circulación de vehículos y posteriormente registran la matrícula infractora. El cinemómetro de barrera láser consiste en un dispositivo que se coloca al borde de la carretera. Emite dos haces de laser infrarrojo que cruzan la carretera perpendicularmente. Estos dos haces están separados por unos centímetros, y cuando un vehículo cruza el primer haz, calcula el tiempo que tarda en cruzar el segundo. Empleando el tiempo obtenido y la distancia de separación de los haces, puede calcular la velocidad del vehículo.

Figura 1. Láser perpendicular (Autovelox). Tomada de:
<http://www.todoradares.com/radar/cinemometros-laser/menu-id-994>



Así mismo, el sistema incorpora una cámara digital que fotografía al vehículo infractor por detrás [9] para proporcionar la debida protección de la privacidad.

Finalmente los videos, fotografías y datos suministrados por las cámaras, serán revisados por agentes de tránsito quienes serán la única autoridad competente para la validación de los comparendos digitales. Las infracciones a detectar serían cruce de semáforo en rojo, invasión de cebra, circulación en pico y placa y exceso de velocidad.

3.2 PANELES INFORMATIVOS.

Los paneles informativos de mensaje variable trabajan con una matriz continua de LED y deben estar ubicados en las principales vías emitiendo información en tiempo real sobre el estado del flujo vehicular y novedades en la zona de influencia de los incidentes. Su esquema visual está constituido por un pictograma, tipo de incidente, lugar o distancia al mismo y alternativa a tomar [10].

Su funcionamiento no será continuo, porque el día que se cambie la información la gente no lo tendrá en cuenta, esto basado en los problemas de ceguera por cambio, donde las personas leen una o dos veces las señales fijas y luego no las vuelven a percibir. Estudios sobre el tema demuestran que dejarlos encendidos todo el tiempo, generan “efecto ceguera” en los conductores, haciendo que el conductor pierda el interés ante nuevas publicaciones y se arriesgue la efectividad de los mensajes [11]. La información de los paneles se ejecutaran desde el centro de control, basándose en la información suministrada por la dirección de tránsito a través de los agentes articulados al sistema, además de lo observado en las cámaras ubicadas en la ciudad y que retroalimentan el mismo.

Su implementación permitirá reducir la accidentalidad, optimizar los flujos vehiculares, tomar mejores decisiones en los desplazamientos, reducir la congestión vehicular y los tiempos de viaje.

3.3GPS

Detectar el lugar en que ocurrió un accidente es vital, el apoyo con GPS para la ubicación tanto del suceso como de los agentes de tránsito cercanos al evento, producen tiempos de respuesta más cortos a la hora de hacer los levantamientos y desembotellar los canales.

Los GPS servirán de soporte a rastreadores instalados en forma oculta y dependiendo del vehículo se ubica en diferentes localizaciones, en el caso de las motocicletas se usan dispositivos impermeables grado IP56¹. Su funcionamiento se basa en tecnología dual, transmitiendo por GPRS (sistema general de paquetes vía radio) cuando haya señal y lo hace de forma Satelital cuando la señal terrestre se haya perdido generando mayor precisión en los datos.

Existen otro tipo de dispositivos que para operar, requiere una tarjeta SIM² con saldo (solo consume saldo de un mensaje de texto cuando se le piden coordenadas, de tal manera que es mínimo el saldo que tiene que pagar), la desventaja que poseen, es que al perderse la cobertura del operador móvil, el dispositivo queda sin señal [12].

Los dispositivos funcionan en cualquier tipo vehículos que cuente con batería de 12 hasta 48 voltios.

3.4CÁMARAS DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN

Son cámaras operadas desde el centro de control que permiten el monitoreo visual de las áreas de influencia donde han sido dispuestas para determinar parámetros de movilidad que impiden su desarrollo normal. Desde los mismos centros se determina la inclinación o enfoque de las cámaras.

Así se obtiene un video de vigilancia en tiempo real el cual es supervisado por personal humano calificado a cargo del centro de control quienes están en contacto permanente con los agentes de tránsito para la atención oportuna de los incidentes.

¹ Protección IP56: Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y el ingreso de polvo, y la cantidad de agua que se introduzca, en casos de inundación esporádica o temporal.

² Módulo de Identificación del Suscriptor: es una tarjeta que se utiliza en los teléfonos móviles en la que se almacena de forma segura la información del usuario del teléfono necesaria para identificarse en la red.

Las cámaras más aptas para intersecciones viales son las PTZ o de paneo, inclinación y ampliación ("Pan, Tilt and Zoom", en inglés), porque ofrecen movimiento de 360 grados horizontal, vertical y zoom para cubrir amplios perímetros [13]. Cuentan con detección de movimiento por video, controlador de accesos, seguimiento automático, permiten recoger estadísticas significativas con respecto al número de vehículos que pasan a través de los carriles observados, y su velocidad estimada.

Para su funcionamiento se necesita de un NVR (Network Video Recorder), el cual está dedicado a tareas específicas de grabación, análisis y reproducción de vídeo en red y normalmente no permite que ninguna otra aplicación se conecte a éste. Está diseñado para ofrecer un rendimiento óptimo para un conjunto de cámaras y normalmente es menos escalable que un sistema basado en servidor de PC. Esto permite que la unidad resulte más adecuada para sistemas más pequeños donde el número de cámaras se encuentra dentro de los límites de la capacidad de diseño de un NVR [14].

Entre las ventajas de la instauración de cámaras y codificadores es que se realizan tomas de video inteligente donde no se ejerce una vigilancia continua sino que se reduce la información para disminuir la carga del personal.

3.5 SISTEMAS INTELIGENTES DE SEMÁFOROS

Los semáforos inteligentes obran por medio de sensores ubicados sobre la carpeta asfáltica detectando magnitudes físicas o químicas llamadas variables de instrumentación como temperatura, distancia, aceleración, conteo de vehículos, etc, y convertirlas en variables eléctricas emitiendo la información a través de aplicaciones MOVA (Microprocessor Optimized Vehicle Actuation), llegando al centro de control donde se programan los tiempos de espera.

Allí a través de un controlador de semáforos se regula el tráfico en las intersecciones de camino, cambiando los patrones de luz del semáforo de acuerdo a una programación de tiempos y secuencias.

Con ellos se espera: administrar la red semafórica según el tráfico vehicular, maximizar los desplazamientos por la ciudad reduciendo los tiempos de recorrido, minimizar las paradas de los vehículos, economizar combustible y reducir los mantenimientos del mismo y el desgaste de sus piezas y dar seguridad a los movimientos de los usuarios de la vía protegiendo al peatón [15]

3.6 REDES SOCIALES

Por medio de Twitter o Facebook los seguidores de estas redes pueden estar enterados del estado actual de las vías a través de los mensajes publicados en ellas, para hacer más efectiva la toma de decisiones inteligentes tanto para conductores como peatones.

Los mensajes serán enviados desde el centro de control que trabajará las 24 horas en la difusión de los mensajes por las redes.

4. VENTAJAS

- Con la implementación de los ITS se desea reducir los tiempos excesivos de viaje y parada, es decir, una mayor fluidez de vehículos, debido a que diariamente en los embotellamientos, se pierde tiempo, salud y dinero. Los tiempos empleados en viajes son altos y van en aumento. El tiempo promedio de un viaje diario en un solo sentido en Río de Janeiro es de 90 minutos, en Bogotá de 60 minutos. La velocidad vehicular promedio en Manila es de siete millas por hora y el auto en Bangkok pasa detenido en el tráfico, en promedio, el equivalente a 44 días al año [16].
- Disminución de la accidentalidad, los accidentes provocan importantes pérdidas de tiempo en los desplazamientos privados y el incumplimiento de horarios en el transporte público, debido a que los tiempos de respuesta por parte de los organismos de emergencia son elevados. Un dato del Ministerio de Transporte indica que aproximadamente 5600 personas mueren en Colombia debido a accidentes y que es en la actualidad la principal causa de muerte de los niños entre 5 y 12 años. Fallas mecánicas, imprudencias y conductores borrachos son algunos de las causas de estos siniestros que van desde los atropellos, choques, colisiones, volcamientos, lesiones graves, daños y muertes.
- Incremento de los niveles de seguridad debido a que los sistemas de detección, aviso y gestión de incidentes son elementos importantes que posibilitan la vigilancia detección y respuesta inmediata por parte de los organismos de socorro.
- Descenso de las emisiones contaminantes y consumo de combustible. Uno de los objetivos de los SIT es la conversión de los autos convencionales a autos limpios donde disminuyan las emisiones que indican en la polución y los cambios climáticos que se enfrentan actualmente. De igual manera, contribuyen a la reducción de los niveles de contaminación acústica, el consumo de recursos renovables y la generación de residuos.
- Aumento de la competitividad y optimización de la infraestructura existente. La infraestructura juega un rol fundamental en el desarrollo de un país, tanto económico como socialmente y es muy relevante teniendo en cuenta que según un informe de las Naciones Unidas se estima que

aproximadamente el 70% de la población mundial vivirá en ciudades en el 2050. Los adecuados diseños de la vialidad integran y articulan los territorios, los hacen accesibles desde el exterior y comunican con el entorno, además de suministrarlo de servicios para la producción y el aumento de la calidad de vida. Por ejemplo en Tokio se calcula que la congestión del tráfico causa pérdidas del orden de los 50 millones de euros/día (Intelligent Transportation Systems. Research Products for Public Works Professionals, 2000).

- Mejorar la cultura de respeto a las normas de tránsito y de igual manera la implantación de comparendos gracias a las herramientas tecnológicas que ofrece el sistema, generando seguridad tanto para los conductores como para los peatones. Así mismo, se incrementa la capacidad de control y disminuye la impunidad a la violación de las normas de tránsito y transporte.
- Aumento de la calidad de vida de pasajeros y conductores que se movilizan de un lugar a otro. Se estima que un ciudadano pierde 72 minutos diarios a causa de los trancones. Aunque el rango va de 30 minutos a cuatro horas. Durante todo este tiempo la gente no sólo está obligada a permanecer quieta, en la misma posición, expuesta a ruidos ensordecedores y a materiales contaminantes, también a altos niveles de estrés y ansiedad [17].

5. DESVENTAJAS

- Existen ciertas desventajas relacionadas con la implementación de ITS, una de ellas es el costo de mantenimiento de la tecnología instalada. La misma requiere control y vigilancia para garantizar su correcto funcionamiento, así, es necesario establecer las responsabilidades y autoridades encargadas. Además, estudiar la posibilidad de crear un comité que se encargue de dicho mantenimiento, el cual debería estar constituido por los diversos actores sociales y estatales que participaron en su instalación.
- El uso específico de cámaras dentro de la Arquitectura ITS, puede convertirse en una desventaja para los ciudadanos, porque generarían en el imaginario colectivo, la sensación invasiva y de espionaje en sus rutinas. Además, no sólo el hecho de ser “vigilados” genera desconcierto, no tener claro cuál es el tratamiento –público o privado- de esa información y el fin último de la misma, es tal vez la mayor preocupación en un país que aún tiene presente en sus estadísticas de violencia, cifras sobre secuestro y extorsión.
- Por otra parte, el uso de ciertas herramientas en un ITS representa una oportunidad para ciudadanos amantes del riesgo. Más sofisticados y eficientes sistemas de control en semáforos, circuitos cerrados de televisión, rastreadores de velocidad, entre otros, constituye una oportunidad para establecer retos individuales abusando de la velocidad o compitiendo con los tiempos de cambio de semáforos, en búsqueda de burlar sanciones de tránsito, escatimando la seguridad vial.
- Finalmente, es importante resaltar que tal vez el mayor problema para el desarrollo de las ITS sea la situación inicial con respecto al uso de tecnologías de la información y su aplicación en el sector transporte. Si la ciudad no ha integrado, en algún grado, a sus sistemas de transporte, herramientas de telecomunicación e informática, el proceso será mucho más extenso y difícil.

6. CONDICIONES PARA LA OPERACIÓN DE UNA INTERSECCIÓN VIAL INTELIGENTE.

A través de la operación de ITS se pretender controlar condiciones como:

- El consumo de energía y mitigar la emisión de gases invernadero.
- Optimizar el uso de la infraestructura vial
- Disminuir el índice de fatalidades ocasionadas en accidentes.
- Ofrecer herramientas para la planeación urbana y movilidad de la ciudad.
- Aumentar la capacidad de control y monitoreo del flujo vial.
- Planear rutas óptimas en tiempo real.
- Brindar asistencia a los conductores durante su recorrido.
- Mejorar el sistema de transporte de carga [18].

Los beneficios derivados de la implementación de ITS son innegables, sin embargo, es necesario realizar un primer acercamiento a la viabilidad de las mismas en el país, mediante la disponibilidad de tecnologías y algunas experiencias exitosas de otras ciudades en el territorio nacional.

En Colombia, según la Arquitectura Nacional de ITS, las aplicaciones se dividen según su área funcional, y por cada una existen paquetes de servicios. En la siguiente figura se muestran las 7 áreas funcionales y dos ejemplos de paquetes de aplicaciones para cada una [19].

Figura 2. Paquetes de servicios ITS en Colombia. Tomada de: http://cintel.org.co/wp-content/uploads/2013/05/RCT_57.pdf



Además, en el país se han implementado los Sistema Integrales de Transporte Masivo (SITM), en ocho ciudades: Cali, Armenia, Bogotá, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Medellín y Soacha-Cundinamarca. Dichos proyectos, para el 2013, constituyen 450 kilómetros construidos entre vías troncales y pretroncales [20].

En el caso de Transmetro en Barranquilla, la dotación tecnológica está constituida principalmente por:

- Centro de Control: Basado en una solución IBM-Lenovo³, cuenta con aplicaciones de CCTV, monitoreo satelital de tráfico, control y ajuste de los servicios de transporte programados, coordinación de la operación por voz y datos con el personal de apoyo en vía y con los buses del sistema.
- Data Center: Garantiza la seguridad y fluido eléctrico gracias a las condiciones que ofrece su construcción en el Banco de la República. Está

³ International Business Machines (IBM): es una empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría. IBM fabrica y comercializa hardware y software para computadoras, y ofrece servicios de infraestructura, alojamiento de Internet, y consultoría en una amplia gama de áreas relacionadas con la informática, desde computadoras centrales hasta nanotecnología.

construido con especificaciones TIER II⁴.

- Comunicaciones Fijas: Se basa en una red de fibra óptica que atraviesa toda la troncal. Por esta red sucede el tráfico de todas las estaciones del sistema para el circuito cerrado de televisión, informadores (display) al usuario, ventas, sonido ambiente para anuncios de la operación y teléfonos IP para contacto con servicio al cliente, entre otros elementos.
- Comunicaciones móviles: Usando el desarrollo de la comunicación de voz sobre IP, el cual recibe mediante planes de datos de dos operadores celulares, todas las llamadas cursadas entre el personal de campo, los operadores de buses y el personal del centro de control.

Mientras, Transmilenio de Bogotá, de manera resumida, cuenta con las siguientes tecnologías:

- Sistema de control de flota por seguimiento satelital en línea.
- Sistema de recaudo centralizado.
- Sistema de información al usuario en estaciones.
- Circuito cerrado de televisión en los portales y estaciones de mayor flujo de usuarios en el sistema.

Por otra parte, un factor importante es la provisión de tecnologías y su disponibilidad en el momento de implementarlas. Existen una serie de proveedores nacionales para diversos dispositivos como los paneles informativos a cargo de Progen S.A; semáforos inteligentes de UPSistel; circuito cerrado de televisión ofrecido por Lince Comercial; rastreadores duales, elaborados por Rastreo Satelital de Colombia; entre otros.

De lo anterior, es posible asegurar la viabilidad en la implementación de algún tipo de intersección inteligente, porque a lo largo del país son múltiples las experiencias en su implementación, además de la oportunidad que brinda encontrar proveedores de tecnología específica y de punta dentro de Colombia. Lo dicho contribuye a disminuir los costos de su consecución, operación y mantenimiento.

⁴ Especificaciones TIER II: Los Datacenters de esta categoría tienen redundados sistemas vitales, como la refrigeración, pero cuentan con un único camino de suministro eléctrico. Se trata por tanto de instalaciones con cierto grado de tolerancia a fallos y que permiten algunas operaciones de mantenimiento "on line".

7. APLICACIÓN EN BUCARAMANGA.

Durante la primera etapa de esta investigación se había previsto que el espacio a intervenir sería una intersección vial, sin embargo, durante el desarrollo del mismo se determinó la poca utilidad que tendría un análisis de este tipo, cuando alrededor de la intersección no se aplican herramientas ITS para controlar tráfico. Representaría un esfuerzo superfluo y sin carácter a problemas de movilidad que espacialmente, va más allá de la confluencia de un par de calles y carreras. Por tanto, se definió que un corredor vial ofrece un escenario más amplio y completo para analizar la efectividad y viabilidad de un Sistema Integral de Transporte.

Ahora bien, el corredor vial seleccionado comprende la carrera 21 entre avenida la Rosita y la calle 36, aproximadamente 5 cuadras, en sentido sur-norte, la razón por la que fue elegido es porque es un tramo vial fundamental que permite conectar el Centro de Bucaramanga y además se cuenta con información⁵ acerca de volumen vehicular, rutas de buses, tiempos semafóricos, etc.

El corredor cuenta con 3 carriles de circulación unidireccional que permite el ingreso al centro de la ciudad de vehículos provenientes de Girón, el sur de Bucaramanga y la zona de Cabecera. Sobre el mismo transitan 8 rutas de buses y una ruta tipo padrón de Metrolínea; a su vez, a lo largo del tramo se encuentran cuatro intersecciones semafóricas que funcionan con equipos tipo BEFA 8⁶, presenta ciclos semafóricos de 90 segundos y un periodo de uso de 35 años aproximadamente.

Durante el desarrollo del Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga realizado por el grupo de investigación GEOMATICA de la Universidad Industrial de Santander en convenio con la Alcaldía de Bucaramanga (2010), se encontró que este corredor presenta aumentos en el volumen vehicular que circula, especialmente en los intervalos de 7 a 8 am y de 1:30 a 3:30 pm debido a que son las horas donde gran cantidad de personas se desplazan hacia el centro de la ciudad, por razones laborales y de comercio y posteriormente se demuestra una disminución hacia el final de la tarde cuando las personas se desplazan hacia sus lugares residencia por la carrera 22.

⁵ Información obtenida de estudios realizados por el grupo de investigación GEOMATICA de la Universidad Industrial de Santander, y el Área Metropolitana de Bucaramanga.

⁶ BEFA 8: Equipos de antigua generación que requieren de cableado tipo telefónico de mínimo tres pares para transmitir datos de comunicación con la central, fallas del equipo y fallas de energía, es decir, que conduce cada tipo de información por cada par del cableado.

En las horas anteriormente mencionadas, transitan en promedio 1700 vehículos por hora [21] entre ellos 38% carros (taxis y particulares), 32% camiones, 30% motos. De acuerdo al anterior estado del arte sobre el corredor vial de la carrera 21, se identificaron las siguientes tecnologías a implementar porque se consideraron como las más viables con respecto a las necesidades que presenta el tramo:

7.1 SEMÁFOROS INTELIGENTES

Con su instalación se espera optimizar los tiempos de espera en las intersecciones debido a la importancia que tiene este corredor y al gran volumen vehicular que a diario transita en él.

Se pretende obtener una mayor fluidez vehicular para priorizar el tránsito de los tramos que más alberguen vehículos con la permanencia de luz verde unos segundos más en comparación con otros tramos que no presenten alta concurrencia. Su ubicación se hará a lo largo de las cuatro intersecciones semaforizadas que contiene el corredor de la Carrera 21 desde la avenida la Rosita hasta la calle 36.

Funcionaran a través de tres componentes, el semáforo que es el dispositivo de señalización, el controlador de semáforos que es el aparato electrónico regulador del tráfico cambiando los patrones de luz y por último los sensores que detectan la presencia de carros de un lugar a otro[22].

Figura 3. Semáforo Inteligente. Tomada de: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/7-optimizacion-de-semaforos>



7.2_CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial del 2009, menciona que “fallecen más de 1,2 millones de personas por accidentes de tránsito y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos no mortales [23].” Según la Dirección de Transito de Bucaramanga, en lo que va corrido de Enero a Marzo 09 de 2014 se han presentado 639 accidentes en la ciudad.

Con la implementación de un CCTV se pretende controlar aspectos viales como violación de normas de tránsito, seguridad y aforos vehiculares,

Las cámaras que alimentan este circuito serán tipo PTZ y estarán dispuestas sobre la ménsula de las cuatro intersecciones inteligentes para dar un mayor soporte y cobertura al sistema.

Figura 4. Cámara PTZ instalada en ménsula de concreto. Tomada de: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/5-circuito-cerrado-de-television>



7.3 PANELES DE MENSAJERÍA VARIABLE

Su función será la de informar cualquier evento importante que ocurra directa o indirectamente en el corredor vial y que interrumpa el flujo normal de vehículos, con el fin de promover la toma de decisiones inteligentes por parte de los conductores que se dirigen hacia ella. Sus dimensiones serán de 1,6 m de alto por 2,5 de ancho, contará con una matriz de 30x48 pixeles con mensajes y pictogramas modificables.

De igual manera, informará sobre acciones preventivas y rutas alternas en caso de accidentes, su funcionamiento se hará solo cuando este tipo de sucesos ocurran, es decir, no estará encendido durante todo el día. Se contará con dos a lo largo del tramo y su ubicación se hará, el primero sobre la carrera 21 con calle 45 y el segundo en la carrera 21 con calle 36.

Figura 5. Panel informativo. Tomada de: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/2-paneles-informativos>



7.4 RASTREADORES CON GPS

Su instalación se hará inicialmente en las 23 motos de agentes de tránsito de 250 cc entregadas por la alcaldía de Bucaramanga a la Dirección de Tránsito de la misma en 2012 con el fin de generar tiempos de respuesta más cortos por parte de los agentes ante eventualidades como accidentes. Conocer la ubicación de los agentes será fundamental al momento de identificar el accidente y reportárselo al mismo para que acuda de inmediato al lugar.

8. COSTOS

Determinar los costos de implementar un corredor vial inteligente es una tarea ampliamente limitada debido al nivel de confidencialidad que los proveedores de equipos manejan cuando no se presenta una propuesta de compra inminente. Además, previo a generar cualquier tipo de cotización, las empresas distribuidoras requieren hacer un estudio del caso específico para determinar que las soluciones tecnológicas seleccionadas correspondan a las necesidades identificadas, así como la programación de las mismas sea adecuada para optimizar los resultados.

Así mismo, en un principio se planteó la posibilidad de presentar un análisis de costo sobre implementar un corredor vial inteligente en la ciudad, sin embargo, dado que dichos costos pueden determinarse en múltiples ámbitos como sociales, institucionales, económicos, entre otros, se procederá a delimitar dicha propuesta a los costos técnicos de la alternativa establecida como viable para el corredor vial de la carrera 21, los cuales se presentan en el Anexo 1.

Aparte de los equipos propuestos a instalar en el corredor, se plantea contar con los rastreadores GPS como mecanismo de apoyo. Su implementación no estará limitada solo al corredor estudiado sino para toda el área urbana de Bucaramanga y su costo se presenta en el Anexo 2.

9. CONCLUSIONES

Las vías vehiculares de Bucaramanga son angostas como consecuencia de una mala planificación urbanística de la ciudad durante los últimos 70 años [24]. A raíz de esto, el deterioro de la malla vial y déficit de infraestructura, los temas relacionados con movilidad se han visto en la necesidad de instaurar herramientas tecnológicas que contribuyan a la gestión del tránsito y a la optimización de la operación del flujo vehicular. La implementación de ITS se ha convertido en el mecanismo más usado a nivel mundial, debido a los innumerables beneficios que se obtienen. En Bucaramanga, hay que plantear este tipo de estrategias que tanto provecho han traído a ciudades como Medellín, pero para que esto ocurra se necesita una mayor concertación y compromiso por parte de las autoridades encargadas de gestionar la movilidad en la ciudad junto con todos los agentes que hacen parte de ella. Lo favorable es que en el país se cuenta con los distribuidores de los equipos y dispositivos para su instalación.

Para que realmente alcance los objetivos planeados con respecto a movilidad, el sistema debería aplicarse y ejecutarse en toda la ciudad y no sólo en un corredor porque si es en un corredor los problemas se trasladaran al siguiente, por el contrario si el sistema se integra habrá mayor funcionalidad. De igual manera los costos de instalación de los diferentes equipos son altos en relación a la función que cumplirían en el tramo de la carrera 21, por el contrario si fuese en toda la ciudad sería una buena inversión.

Entre otras de las virtudes del Sistema, es que son una fuente de apoyo para Instituciones como la Secretaría de Tránsito, el número de alféreces con que cuenta la ciudad es de 145, los cuales 43 de ellos cumplen con labores administrativas [25], reduciendo solo a un centenar de agentes distribuidos en 123.553 Ha de Bucaramanga, razón por la que los ITS promueven los tiempos de respuesta más cortos al detectar el agente más cercano en los sectores donde se registran las emergencias. En Medellín se han reducido los tiempos de respuesta de 42 minutos a 17, las muertes por accidentes se han disminuido en un 10% y los accidentes en un 18.6%.

Como complemento, el manejo y uso de las redes sociales permiten que los ciudadanos planeen sus rutas de viaje desde sus casas, perdiendo menos tiempo al día el cual pueden usar en compartir en familia y generar un ambiente de seguridad para conductores. Además, las cámaras fomentan el respeto hacia las normas de tránsito y promueven la cultura vial.

10.CITAS

[1] Semáforos Inteligentes Disponible en: <http://www.jeuazarru.com/docs/semaforos_inteligentes.pdf>. [citado 5 de Agosto 2013].

[2] CINTEL. Movilizando el Transporte con Tecnología. Revista Colombiana de Telecomunicaciones. No 17. (Agosto, Octubre, 2010). pp. 42-43.

[3] X. Galarraga. Peajes Urbanos: Una reflexión actual sobre la congestión del tráfico en nuestras ciudades (Argumentos sociales, tecnológicos y económicos). No 40. (1995). pp. 314

[4] Ibid., pp. 14-15

[5] M.C.Vásquez. Ciudades Inteligentes y Modelos Logísticos de ciudad, [Tesis de pregrado] Universidad de San Buenaventura, Seccional Medellín, 2012.

[6] Semáforos inteligentes reducen la contaminación y agilizan el tráfico. Disponible en: http://www.tendencias21.net/Semaforos-inteligentes-reducen-la-contaminacion-y-agilizan-el-trafico_a2074.html. [citado 04 de Agosto 2013].

[7] CINTEL, Op, cit., p. 32

[8] Sistemas de control de tráfico. Radares de Velocidad. Disponible en: <http://autotraffic.mx/radares-velocidad.php> [citado 03 de abril de 2013]

[9] Barrera Láser. Disponible en: <http://www.todoradares.com/barrera-laser/menu-id-997>. [citado Febrero 05 de 2014]

[10] YouTube. (29 de Julio del 2013). Paneles de mensaje variable del SIMM. ¿Por qué no están encendidos permanentemente? [Archivo de video]. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=UjLjDPo7Nq0>

[11] Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín. ¿Qué son los paneles informativos? Disponible en: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/2-paneles-informativos>. [citado Marzo 06 de 2014]

[12]Rastreador GPS. Disponible en: <http://www.regioalarmas.com/GPSautos.asp>. [citado 24 de Abril de 2014]

[13]¿Qué es una cámara PTZ? Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/camara-ptz-sobre_76400/. [citado 20 de Abril de 2014]

[14]Plataformas de Hardware. Disponible en: http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/platforms.htm. [citado 22 de Abril de 2014]

[15] Sistema Integrado de Movilidad de Medellín. ¿Qué es la optimización de Semáforos? Disponible en: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/7-optimizacion-de-semaforos>. [citado Marzo 05 de 2014]

[16] R. Gakenheimer, Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo, vol. 24. No. 24, 1998.

[17] Trancones producen enfermedades de la cabeza y el corazón. [citado 20 de Diciembre de 2013]. Disponible en: http://www.carroya.com/contenido/clasificar/claves_para_conductores/tips_conduc

cion/conducircarro/ARTICULO-WEB-PTL_NOTA-9062940.html[citado 20 de Diciembre de 2013].

[18] ANDINA TRAFFIC. “ITS, como base de ciudades inteligentes e innovadoras.” No. 10, Marzo, 2013, pp. 15-16.

[19] CINTEL, Op, cit., pp. 12

[20] Bitácora de la Infraestructura. Cámara Colombiana de la Infraestructura. Disponible en: http://issuu.com/camaracci/docs/bit__cora_de_la_infraestructura_dic. [citado 25 de Abril de 2014]

[21] Datos suministrados por GEOMATICA

[22] “Semáforos Inteligentes” Proyecto final de Mecatrónica. Disponible en: <https://docs.google.com/document/d/1xvsngrAZt0C13mN0r861zlpMRyhufifqr28QkQcbF8k/edit?hl=es&pli=1>. Citado [24 de Abril de 2014]

[23] M.C. Guerra, “Accidentes de tránsito en Colombia: la segunda manera de muerte por lesiones de causa externa”, Fasecolda, pp. 15.

[24] La movilidad en Bucaramanga. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/opinion/columnistas/eduardo-munoz-serpa/eduardo-munoz-serpa/77767-la-movilidad-en-bucaramanga>. [citado 24 de Abril de 2014]

[25] A Bucaramanga y a Floridablanca les faltan alféreces. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/250187-a-bucaramanga-y-a-floridablanca-les-faltan-alfereces>. [citado 25 de Abril de 2014]

BIBLIOGRAFÍA

ANDINA TRAFFIC. "ITS, como base de ciudades inteligentes e innovadoras." No. 10, Marzo, 2013, pp. 15-16.

Bitácora de la Infraestructura. Cámara Colombiana de la Infraestructura.

Disponible en:

http://issuu.com/camaracci/docs/bit__cora_de_la_infraestructura_dic. [citado 25 de Abril de 2014]

CINTEL. Movilizando el Transporte con Tecnología. Revista Colombiana de Telecomunicaciones. No 17. (Agosto, Octubre, 2010). pp. 42-43.

La movilidad en Bucaramanga. Disponible en:

<http://www.vanguardia.com/opinion/columnistas/eduardo-munoz-serpa/eduardo-munoz-serpa/77767-la-movilidad-en-bucaramanga>. [citado 24 de Abril de 2014]

Plataformas de Hadware. Disponible en:
http://www.axis.com/es/products/video/about_networkvideo/platforms.htm. [citado 22 de Abril de 2014]

R. Gakenheimer, Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo, vol. 24. No. 24, 1998.

Semáforos Inteligentes. Proyecto final de Mecatrónica. Disponible en:

<https://docs.google.com/document/d/1xvsngrAZt0C13mN0r861zlpMRyhufifqr28QkQcbF8k/edit?hl=es&pli=1>. Citado [24 de Abril de 2014]

Sistema Integrado de Movilidad de Medellín. ¿Qué es la optimización de Semáforos? Disponible en: <http://www.medellin.gov.co/SIMM/index.php/11-sistema-inteligente-de-movilidad/7-optimizacion-de-semaforos>. [citado Marzo 05 de 2014]

YouTube. (29 de Julio del 2013). Paneles de mensaje variable del SIMM. ¿Por qué no están encendidos permanentemente? [Archivo de video]. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=UjLjDPo7Nq0>