

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, ADMINISTRACIÓN Y RECAUDO INTELIGENTE PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO

DESIGN OF A SYSTEM FOR MONITORING, ADMINISTRATION AND INTELLIGENT FARE COLLECTION IN PUBLIC TRANSPORTATION

Patiño G¹, Fletscher L², Aedo J³

RESUMEN

Los sistemas de transporte público son eje central del desarrollo de las ciudades ya que garantizan la movilidad y el acceso de sus habitantes a diferentes actividades productivas y sociales. No obstante, los largos recorridos de los buses, y la congestión de tráfico resultante, reducen la calidad de vida y la productividad económica de una región, al tiempo que complican los procesos asociados al control de las rutas y los eventos producidos durante el desplazamiento de los vehículos. En este entorno, este artículo presenta los aspectos generales del proyecto (S.M.A.R.t)¹ que busca diseñar e implementar una plataforma tecnológica integral para el monitoreo, gestión de flota y recaudo para las empresas de transporte público de Medellín y del Valle de Aburrá (Colombia), bajo la visión de un Sistema Inteligente de Transporte. De acuerdo con lo anterior, en la primera sección se presentará una introducción al contexto de los sistemas inteligentes de transporte, para posteriormente abordar los procesos de diseño de alto nivel y terminar con el esquema de la solución concebida. Finalmente se presentará un panorama del trabajo futuro y las conclusiones obtenidas hasta el momento.

Palabras clave.- SIT, Sistemas inteligentes de transporte, Control de ruta, Sistema a bordo.

ABSTRACT

Public transportation systems are the main support of urban development as they ensure passenger mobility and access to jobs and social activities. However, the length of bus routes and the resulting traffic congestion can reduce the quality of life and economic productivity of a region, while at the same time complicating the processes associated with the control of the routes and the operation of the vehicles. In this context, the present article introduces the S.M.A.R.t¹ project, which will design and implement an integrated technology platform for monitoring, fleet management and fare collection in the public transportation companies of the city of Medellín and the Aburrá valley (Colombia) under the concept of Intelligent Transportation System. The first section introduces the context of Intelligent Transport Systems, then high-level design processes are addressed, and the concept of the proposed solution is presented. Finally, an overview of future work and the conclusions obtained so far are presented.

Key words.- Intelligent transportation systems, ITS, Route control, On board system.

¹Dr. y docente asistente del Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de Antioquia, Colombia. ²Mag. y docente asistente del Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de Antioquia Colombia. ³Dr. docente en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Antioquia y Director del Grupo de Investigación de Control y Microelectrónica, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Las administraciones están tratando de aprovechar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para hacer frente a los muchos desafíos de la que presentan los centros urbanos, tales como la congestión del tráfico, la eliminación de residuos y el uso eficiente de la energía. De este modo, las TIC pueden utilizarse para crear iniciativas de ciudades inteligentes que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos, hagan los servicios públicos más eficientes, generen nuevas fuentes de ingresos y estimulen el empleo y el crecimiento de la economía [1].

De esta forma, el proyecto de investigación que da origen a este artículo pretende diseñar e implementar un sistema que estandarice el control y gestión de flota de manera unificada, redundando en un transporte público colectivo de pasajeros eficiente, ordenado y de alta calidad. De igual forma, como consecuencia se espera propiciar un modelo de ciudad con una cultura de movilidad que sea el eje en la industria del transporte de Medellín (Colombia) y su Área Metropolitana. Un modelo de transporte sostenible económica y ambientalmente amable, que estimule el uso del servicio público y que avance en la migración del uso del vehículo particular al uso del transporte público masivo y colectivo.

ASPECTOS DEL ENTORNO

En el marco del desarrollo del proyecto hay diferentes elementos del entorno que inciden en la solución a desarrollar. A continuación se presentan los que se consideran más relevantes para el diseño de la propuesta.

Sistemas inteligentes de transporte

En el caso particular de aplicar las tecnologías de la información y comunicación para reducir la congestión del tráfico y mejorar la movilidad en el sistema de transporte público, la especificación y el desarrollo de las técnicas y funciones operativas, requeridas en los sistemas de control y de monitoreo asistido por computador para el tránsito y el transporte público de cada ciudad, da

origen a lo que se conoce hoy como Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) [2].

Las TIC son inherentes a la mayoría de los SIT. Hasta hace un tiempo, las tecnologías de comunicación tenían poca fiabilidad, eran caras y no estaban bien integradas. En vista de ello, los sistemas de transporte estaban soportados en procesos manuales.

Actualmente, las TIC permiten que estos datos se puedan transmitir a distancia sin tener que localizar e inmovilizar el respectivo bus.

Una aplicación típica de esta tecnología es la gestión de flota. Es decir, si en la operación de un bus surge un código de fallo eléctrico o mecánico, este código puede ser enviado automáticamente al personal técnico de mantenimiento en el garaje de la flota de buses y plantear alternativas de respuesta a esta contingencia.

La arquitectura de los sistemas inteligentes de transporte está fundamentada en diferentes "servicios de usuario". Un servicio de usuario es una combinación de tecnologías que sirven para una función específica a fin de satisfacer las necesidades requeridas por el usuario y exigidas por el estado.

La siguiente es una lista de algunas necesidades encontradas en la operación y en la seguridad de los buses de transporte público [3]:

- Garantizar los tiempos de inicio y de fin de operación de un bus: esta necesidad requiere que los conductores suplentes o auxiliares sean notificados de una posible eventualidad tan pronto como un determinado bus se detenga sin motivo aparente de su ruta, a fin de evitar cualquier atraso en el cronograma de la operación de todo sistema.
- Garantizar el cumplimiento al cronograma de operación: requiere la notificación de buses atrasados.
- Actualizaciones del estado vial en tiempo real: requiere la notificación a los conductores de buses sobre el cierre de carreteras debido a obras de construcción o a accidentes.

- **Monitoreo mecánico:** requiere el monitoreo en tiempo real del rendimiento mecánico del bus, así como de las diversas notificaciones mecánicas relacionadas con cambio de piezas, líquidos, aceites cada cierto tiempo, así como la respectiva inspección vehicular.
- **Rendimiento del conductor:** requiere del monitoreo de rendimiento del conductor relacionado con excesos de velocidad.
- **Velocidad del bus:** se requiere el seguimiento de la velocidad del bus en cada ruta, así como en las nuevas carreteras a fin de realizar la respectiva codificación geográfica en las bases de datos de la operación.
- **Kilometraje del bus:** requiere el seguimiento del kilometraje del bus para el informe automático sobre la actividad de los buses y sus respectivos recorridos.
- **Auditoría automática:** requerida para buses y vehículos contratados.
- **Nuevas rutas:** referida a la validación de las nuevas rutas planeadas, a fin de proporcionar exactitud en los horarios de operación ofrecidos a compartidos con usuarios.
- **Ubicación y seguimiento de los buses en tiempo real:** requerida para conocer en todo momento la ubicación de cada bus, y poder disponer de esta información para el usuario y las entidades oficiales de control.
- **Ubicación y seguimiento de vehículos de servicio:** requerida para el seguimiento de los vehículos de mantenimiento y de servicio, a fin de disponer de una rápida respuesta ante averías de alguno de los buses de cada empresa de transporte.
- **Notificaciones del conductor en tiempo real:** requerida para conocer de parte del conductor la información sobre cualquier avería en un bus determinado, congestión extrema en el tráfico, casos de emergencias médicas dentro del bus que requieran un servicio médico de urgencia, o asuntos disciplinarios que requieran un llamado a las fuerzas de la ley, etc.
- **Seguridad nocturna:** Requerida para detectar actos de vandalismo, robo de buses, etc.
- **Contador automático de pasajeros:**

Requerida para mantener registros precisos del número de usuarios.

El transporte público en Colombia

Tradicionalmente, el transporte público de Colombia ha sido considerado ineficiente, inseguro y contaminante.

Varios factores han intervenido para que se dé esta situación y su consiguiente efecto negativo en la calidad de vida de los ciudadanos. De dichos factores, dos se destacan como causas estructurales que explican los problemas en este sector:

El modelo de negocios de las empresas de transporte ha favorecido la competencia en el mercado y la fragmentación de los proveedores del servicio. Muchas empresas se han mantenido como organizaciones informales, operando con un pago al contado a sus conductores. De este modo, los ingresos han dependido del número de buses en operación, lo que se ha traducido en una sobreoferta. Por otra parte, el ingreso recibido por los conductores ha dependido del número de pasajeros transportados, causando una competición desmedida por los pasajeros, creando graves riesgos tanto para los usuarios como para los peatones.

En la actualidad, cada afiliado o propietario de un bus, establece el salario al conductor con base en el número de usuarios movilizados en el día, lo que ha generado el fenómeno conocido como la "guerra del centavo". En la ciudad de Medellín, los pagos oscilan entre \$170 (8 centavos de dólar) y \$200 (10 centavos de dólar) por usuario registrado. Sin embargo, esta cifra no considera el ingreso adicional aproximado de \$40.000 (20 dólares) debido al acceso de pasajeros sin registrar, evasiones que se estructuran como pérdidas para el propietario y comportamiento fraudulento por parte del conductor (Cifras ofrecidas por la empresa Transportes Medellín-Castilla, julio 2013 [4]).

El otro aspecto clave es el relacionado con la carencia de soluciones tecnológicas aplicadas a este sector. lo que ha impedido el control eficiente

en la prestación del servicio. En este sentido, tanto los municipios como el Gobierno central han evidenciado falencias en materia de planificación, gestión, operación y supervisión de la normativa que rige el transporte público urbano en Colombia. Estas deficiencias pusieron de relieve la importancia del sector en las políticas de transporte público y la escasa capacidad técnica de los organismos de control.

Aspectos regulatorios

A raíz del panorama presentado previamente, en Colombia, tanto el gobierno nacional, como las gobernaciones municipales de varias ciudades, entre ellas Medellín, han definido en sus diferentes planes de desarrollo diversas resoluciones que declaran la necesidad y la normatividad requerida para implementar en Colombia un Programa Nacional de Transporte Urbano (PNTU), que comprenda diversos sistemas de transporte inteligente en múltiples ciudades, de modo que ayuden al desarrollo y crecimiento económico del país.

En particular, la actual normatividad relacionada con este proyecto, se fundamenta especialmente en los Planes de Desarrollo de 2010-2014 del Gobierno Nacional [5], y en el caso de Medellín, está definida en el Plan de Desarrollo 2012-2015 del gobierno municipal, apoyado por el Decreto Municipal 0022 del 2010 y su Resolución 1694 de 2010 [6].

De esta forma, la resolución 1694 del 11 de noviembre de 2010 [6] de la Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín, reglamenta los aspectos técnicos necesarios para el factor o componente tecnológico pensado para el mejoramiento de la calidad en la prestación del servicio de transporte público colectivo urbano en la ciudad, definiendo en su artículo primero los elementos necesarios para la transmisión de la información en tiempo real entre los buses, la base de control y las entidades del estado.

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

De acuerdo con el estado de la tecnología actual en el sistema de transportes de las empresas

asociadas al proyecto, se identificaron a partir de un proceso de cocreación, los siguientes factores que son importantes para mejorar el servicio y la productividad en el transporte regional y nacional:

1. Un sistema inteligente de apertura y cierre de puertas, interconectado al movimiento y detención del automotor.
2. Inclusión de cámaras de video interna y externa en los vehículos.
3. Un regulador de velocidad que tenga la posibilidad de monitorear el alcance de velocidades no parametrizadas en el sistema de navegación del vehículo.
4. Un sistema de control de paradas en los lugares asignados.
5. Despachos a control remoto desde una base o central.
6. Coordinación de flota mediante pantallas e turnos para los conductores que se encuentran en estado de espera de su jornada laboral.
7. Sistema que monitoree el mantenimiento técnico-mecánico de los vehículos y el vencimiento de la documentación tanto de los buses como de los conductores.
8. Sistema de control de flota con indicadores visuales y gráficos alimentados directamente del despacho sistematizado.
9. Rastreador tecnológico de recorridos incompletos.

De esta manera, teniendo en cuenta los requerimientos mencionados, se estableció el diseño de la solución presentado en las siguientes secciones.

Requerimientos del sistema

Se requiere diseñar un sistema de computación a bordo para el monitoreo y el control de buses de transporte público que permita control de ruta y pasajeros en tiempo real, así como la adquisición de la información necesaria para el cumplimiento de las normativas de transporte público estipuladas por los organismos de control nacional y regional.

El sistema integra el monitoreo a través de cámaras de video, posicionamiento mediante GPS, posibilidad de conexión con sensores externos, comunicaciones inalámbricas redundantes, pantalla táctil para visualización e interacción con

el conductor y diversos modos de operacion (operación normal, emergencia, configuración, bajo consumo). Adicionalmente el sistema debe ser diseñado teniendo en cuenta las exigencias de su entorno de trabajo y con un sistema de alimentación de respaldo que permite autonomía en su operación por 8 horas. La Figura 1 presenta una version preliminar de las funciones disponibles para el conductor en la interfaz del sistema.

De igual manera, debido a la compatibilidad en software (drivers) y en hardware de la arquitectura x86 con gran variedad de módems celulares, tarjetas inalámbricas WiFi, tarjetas de adquisición de video y con el sistema operativo “GNU/Linux Debian”, se justifica la adquisición de una tarjeta principal basada en esta arquitectura como módulo principal del sistema SMART.

Parámetros de configuración del SMART

Si bien es cierto el sistema cuenta actualmente con unas características claramente definidas, el SMART debe dejar abierta la posibilidad de incorporar en una futura versión un módulo de recaudo electrónico (RFID/NFC), sensores adicionales inalámbricos (802.15.4/ZigBee) y sensores de propósito general. La Tabla 1 presenta los principales parámetros de configuración del sistema.



Fig. 1 Versión preliminar de la interfaz de usuario.

Tabla 1. Parámetros de configuración del S.M.A.R.T.

| PARÁMETRO | RANGO DE VALORES | DESCRIPCIÓN |
|--|---|---|
| Tiempo máximo violación velocidad (pTmv) | 1 a 20 segundos | Tiempo máximo antes de registrar y reportar una violación a la velocidad permitida en ese tramo de la ruta. |
| Modalidad de registro de eventos (pMre) | (X, Y, STOP). X: 1 a 255 segundos. Y: 1 a 1000 metros. STOP: TRUE o FALSE | Indica si el modo de registro de eventos es cada (X metros, Y segundos o cada detención del vehículo STOP) |
| Distancia máxima abandono de ruta (pDma) | 0 a 255 | Indica el número de metros que el vehículo se puede alejar de la ruta establecida antes de registrar y reportar el evento de abandono de ruta. |
| Número total de pasajeros (pNtp) | 0 a 255 | Indica el número máximo de pasajeros según la capacidad del vehículo. |
| Modo de envío (pMe) | Modo tiempo real, Modo Batch | Indica si los eventos se envían en tiempo real dependiendo del parámetro pMre o si sólo se registran para enviarse en el reporte al final de ruta |

Seguridad del S.M.A.R.t

Debido a las funciones de control que realizará el Sistema, es necesario tener en cuenta una serie de características de seguridad que garanticen su adecuado funcionamiento tanto a nivel físico como lógico. Dentro de los principales requerimientos en este campo se tienen:

- a. El dispositivo físico SMARTt estará ensamblado y debidamente asegurado en un lugar de la carrocería del vehículo, donde se restrinja el acceso de usuarios u operarios no autorizados por la empresa.
- b. El SMARTt registrará fallas de software y procesos de ejecución inesperados, tales como desconexión de los satélites del GPS, apagado no programado y cambio de la batería de respaldo, en logs del sistema para que puedan ser revisados por personal técnico de la empresa de transportes.
- c. Ante la apertura del SMARTt instalado en el vehículo, el sistema entrará en un estado de bloqueo y se producirá una señal de alarma inmediata que será dirigida a la central con el fin de advertir dicho suceso.
- d. El SMARTt contará con un sistema de auto-diagnóstico que se encargará de monitorear constantemente el estado de conectividad de cada uno de los sensores. Al detectar la desconexión de uno de ellos, se registrará el evento y se generará una alarma auditiva.
- e. El hardware estará debidamente acondicionado para soportar las diferentes variables físicas a las que estará sometido el módulo, como las vibraciones, la humedad y las altas temperaturas.

Modos de operación

De acuerdo con los requerimientos definidos para

el sistema, los modos de operación en que podrá encontrarse son:

Modo normal (control de ruta).- En este modo de operación el SMARTt estará en capacidad de ejecutar todas las especificaciones descritas en el control de ruta, las cuales se consideran de ejecución normal. En dicho modo el consumo de potencia es el nominal del sistema dado que todos los dispositivos asociados estarán en funcionamiento.

Modo emergencia (control de ruta + botón de pánico).- Estando el sistema operando en Modo Normal, si es presionado el botón de pánico, el sistema cambiará al Modo de Emergencia. En este modo de operación, se ejecutan todas las actividades referentes al control de ruta.

Modo configuración.- Es un modo de ejecución del sistema diseñado específicamente para la configuración del SMARTt, para acceder a este modo se requiere de una contraseña de seguridad que le permitirá al usuario establecer los diferentes parámetros de operación del sistema.

Modo fuera de servicio (ahorro de energía, bajo consumo).- Cuando el vehículo en el que esté instalado el SMARTt no se encuentre prestando servicio, el Sistema entrará en un modo de bajo consumo de energía en el que se desactivarán los elementos de los que no se requiera información y se cambiará la frecuencia de registro de eventos de los sensores que se necesiten.

El ingreso a este modo puede darse siempre y cuando el SMARTt no se encuentre realizando el control de ruta. Si hay un despacho programado el sistema regresará al Modo Normal cuando falte el tiempo estipulado para que el conductor se ubique en el punto de inicio de ruta, es decir cuando empieza la cuenta regresiva para iniciar el viaje.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura aprobada para el Sistema se presenta en la Figura 2.

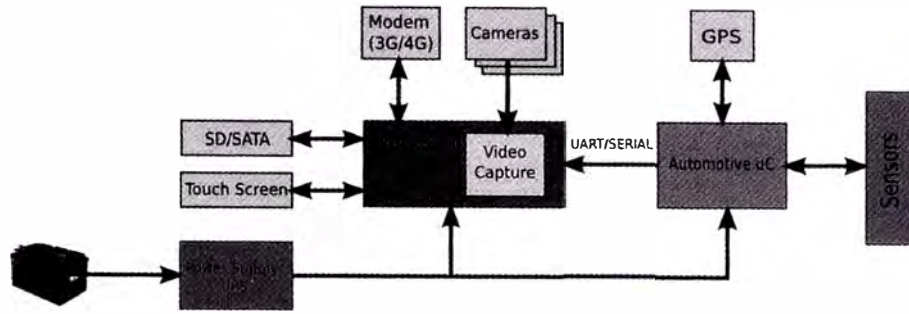


Fig. 2 Arquitectura del sistema.

De esta forma, la arquitectura a nivel de subsistemas propuesta para la implementación del SMART es la siguiente:

Módulo principal (Processor + Linux OS).- Se encarga de la funcionalidad correspondiente al control de la aplicación principal (Control de Ruta) así como de todas las comunicaciones con actores externos al sistema (programas de gestión de flota, área metropolitana, etc.) ya sea WiFi o 3G. El módulo principal está representado en hardware por una tarjeta madre (mother board) que tiene los puertos suficientes (PCIe x1, miniPCIe, USB, RS232, HDMI, SATA) para albergar los módulos auxiliares requeridos para implementar, en conjunto, la funcionalidad global.

Módulo de adquisición de datos (Automotive uC).- El módulo de adquisición de datos gestiona la adquisición de información de los sensores conectados al SMART (GPS, sensor de puertas abiertas/cerradas, sensores de pasajeros, sensor de registradora) y reporta esta información mediante un protocolo de comunicación serial con la tarjeta principal.

Módulo de captura de video.- Este módulo posibilita la captura de la señal de 3 cámaras con salida análoga de video (NTSC/PAL) con el

objetivo de hacer la grabación del recorrido del vehículo de transporte.

Fuente de alimentación (Power Supply/UPS).- Este módulo garantiza que el voltaje de alimentación de los dispositivos de cómputo permanezca estable aun cuando se presenten transitorios de voltaje por causa del arranque del motor o desgaste de la batería principal del vehículo de transporte. Este subsistema incluye la UPS que monitorea el nivel de carga de la batería y activa la batería de respaldo en caso de ser necesario.

Sensores.- Los sensores se encargarán de registrar los diferentes eventos presentados.

Módulo de adquisición de datos (Automotive uC)

Tal como se mencionó previamente, el módulo de adquisición de datos gestiona la adquisición de información de los sensores conectados al SMART (GPS, sensor de puertas abiertas/cerradas, sensores de pasajeros, sensor de registradora) y reporta esta información mediante un protocolo de comunicación serial con la tarjeta principal.

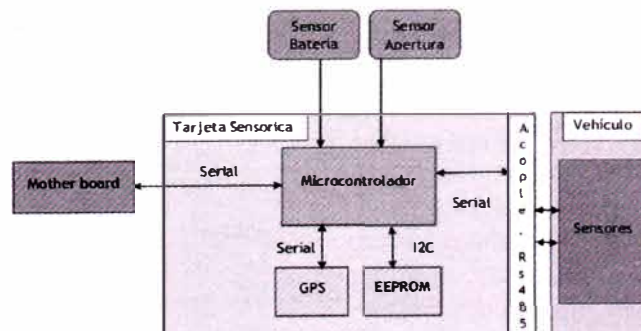


Fig. 3 Arquitectura de la tarjeta de adquisición de datos (Tarjeta Sensórica).

La tarjeta de adquisición de datos en principio es un microcontrolador que se encargará de recibir la información proveniente de los diferentes sensores, almacenarla y posteriormente comunicarla a la unidad principal mediante un protocolo de comunicaciones. Esta tarjeta será diseñada en su totalidad por el grupo SISTEMIC. La Figura 3, ilustra su diagrama de bloques.

Casos de uso sistema SMART

La Figura 4 muestra una visión general de los casos de uso del sistema, utilizando el nivel de abstracción más alto, en el que se describe de manera general la funcionalidad del sistema.

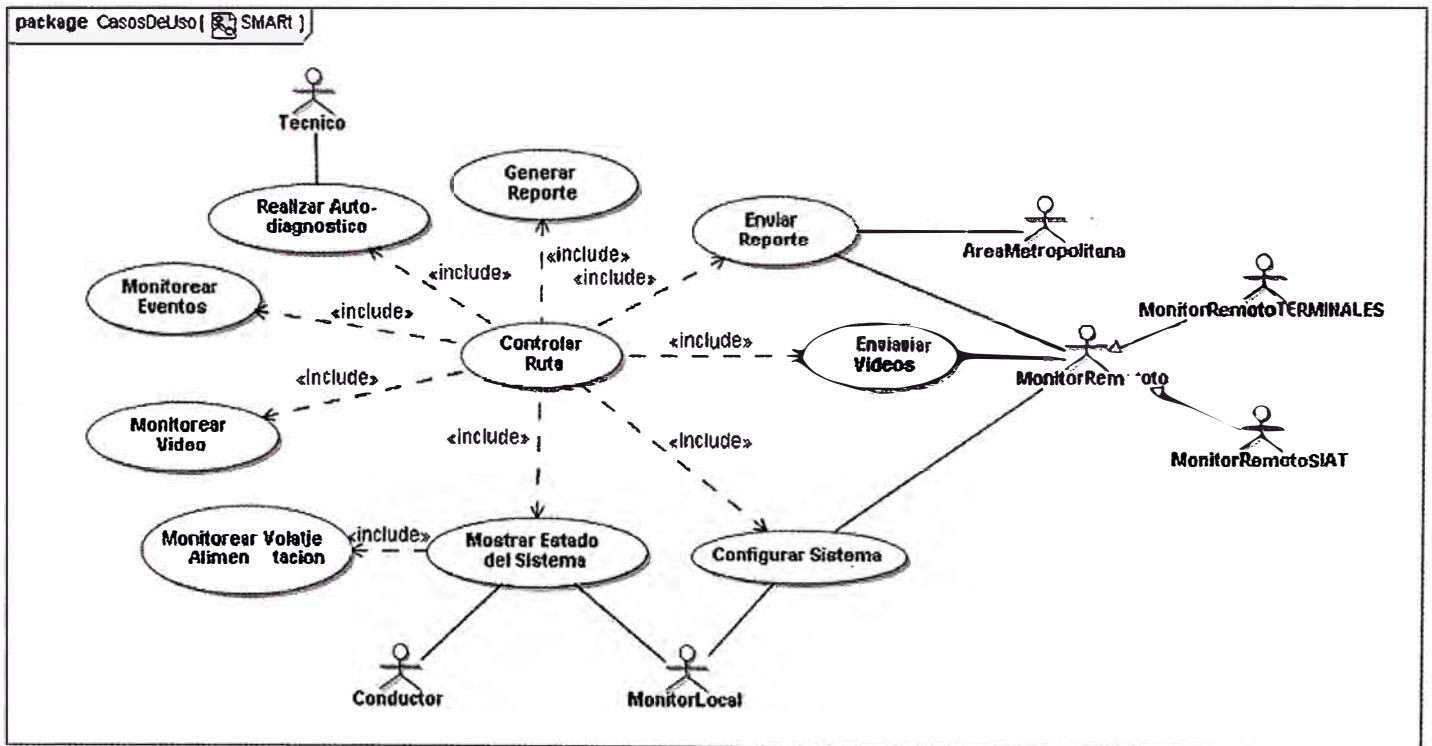


Fig. 4 Casos de uso general.

Arquitectura de software

Tal como se ha mencionado previamente, el sistema cuenta con un software de soporte que

permitirá su gestión e intercambio de información con los diferentes actores interesados. La Figura 5 muestra la arquitectura global del software que soportará el proyecto.

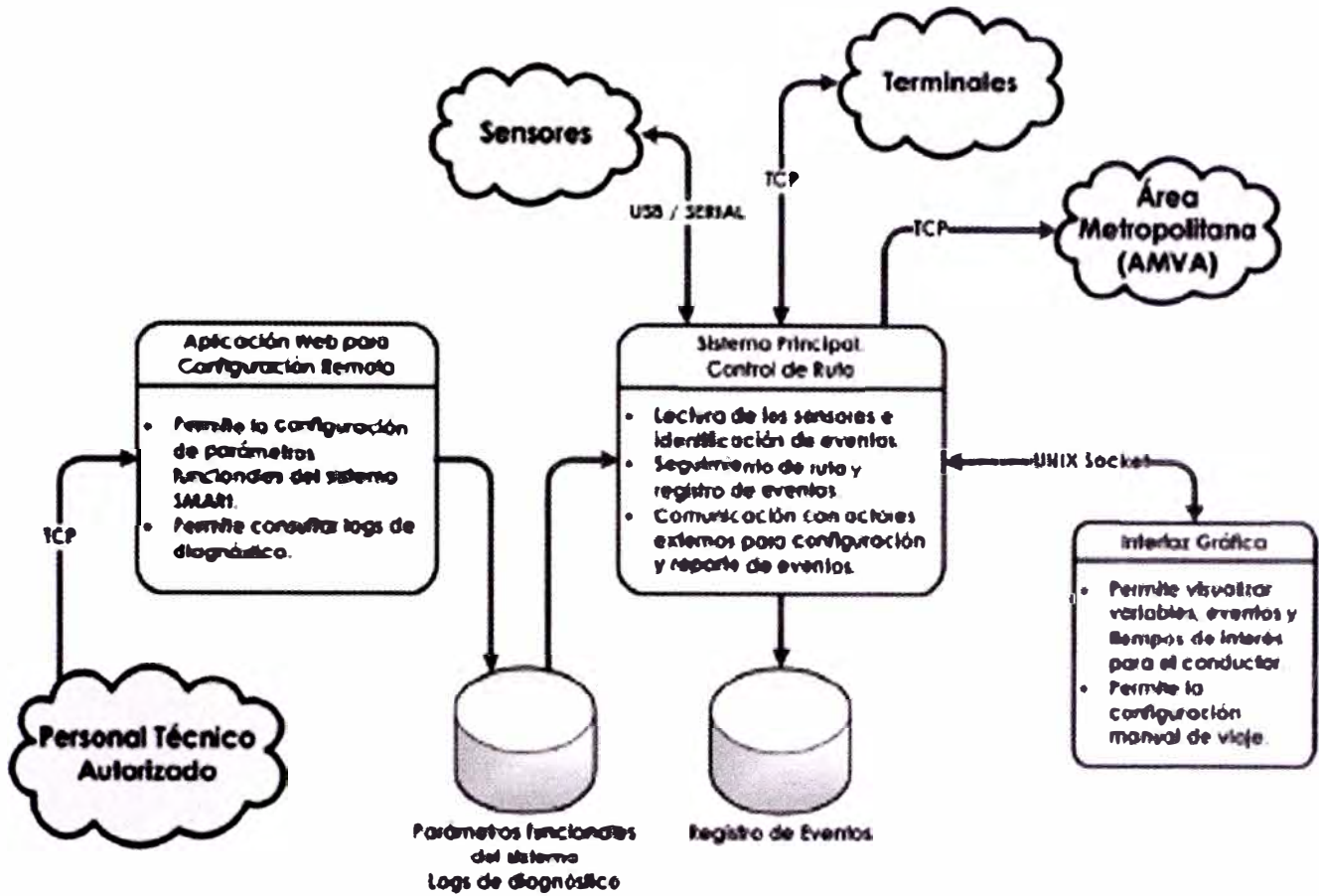


Fig. 5 Arquitectura de software.

De la figura anterior es posible observar que el SMART contará con tres elementos software que coexistirán e interactuarán de forma coordinada. El primero, denominado Sistema Principal, se encargará de controlar las funciones de control de ruta y estará inmerso en el dispositivo. Así mismo, con el fin de cumplir con la normatividad actual, este módulo deberá establecer comunicación directa con el organismo de control municipal (Área Metropolitana) para entregar la información de la ruta y garantizar que estos datos lleguen sin manipulaciones a las entidades oficiales de tránsito.

El segundo módulo software es la denominada interfaz gráfica, elemento que se convierte en canal de interacción del usuario con el Sistema.

Finalmente, el módulo a bordo tendrá conectividad con una aplicación web que permitirá la configuración remota del dispositivo, guardará el registro de los diferentes eventos que se presenten y servirá de punto de acceso a las

funcionalidades del sistema para las empresas prestadoras del servicio.

CONCLUSIONES

Los Sistemas Inteligentes de Transporte se estructuran como una necesidad para que las ciudades logren afrontar los retos actuales en cuanto a la gestión de la movilidad, ya que permitirán establecer un control sobre los elementos involucrados en la prestación del servicio público a la vez que logran organizarlos en torno a una normativa clara.

El proyecto S.M.A.R.t. plantea una solución de costo apropiado a las necesidades actuales de los sistemas de transporte público colectivo colombianos, adaptándose a la regulación establecida y estructurándose como un elemento diferenciador frente a los elementos tecnológicos que utilizan la mayoría de empresas en la actualidad.

El artículo presenta los componentes de diseño asociados a la generación de la solución, estando actualmente en ejecución la etapa de integración y pruebas y restando el montaje del prototipo en un vehículo operativo.

Si bien hubiese sido deseable presentar resultados asociados a las pruebas del prototipo, es importante mencionar que en la etapa en que se encuentra el proyecto esto no es posible, motivo por el que la discusión se centró en el diseño de los diferentes componentes, esperando que para futuras ocasiones se puedan relacionar resultados tangibles de la implementación en campo del Sistema.

REFERENCIAS

1. **GSMA Company. Guide to Smart Cities.** “Technical Report. February 21, 2013. URL”: <http://www.gsma.com/connectedliving/guide-to-smart-cities>.
2. **John A. Halkias., Shahram Malek.,** “Transit-Management Systems. Chapter 6. In *Advanced Transportation Management Technologies*”. United States. Federal Highway Administration. Office of Technology Applications, Vigen Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Halkias Traffic Analysis Consultants. 1997.
3. **Automatic Vehicle Location (AVL) for Pupil Transportation.** “Technical Memorandum. School Transportation Group”. Institute for Transportation Research and Education (ITRE) at North Carolina State Institute. URL: <http://www.itre.ncsu.edu/pupil/STG/documents/AVL.pdf>, 2013.
4. **Santos, J. M.,** Presidente. “Plan Nacional de Desarrollo (2010-2014) Prosperidad para Todos”. Ley 1450 del 16 de junio del 2011. Congreso de Colombia.
5. **Resolución 1694** del 11 de noviembre de 2010. “Gaceta Oficial. Alcaldía de Medellín. Secretaria de transporte y tránsito”. 2010.
6. **Transportes Medellín-Castilla (TMC).** <http://masmedellin.com/> Acceso en julio del 2013.

¹Proyecto desarrollado por los grupos de investigación SISTEMIC y GITA de la Universidad de Antioquia (Colombia) y cofinanciado por la empresa Transportes Medellín Castilla, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Investigación de Colombia – COLCIENCIAS y la convocatoria Estrategia para la sostenibilidad de los grupos de investigación 2014-2015 de la Universidad de Antioquia.

Correspondencia: gpathn@gmail.com

Recepción de documentos: enero 2015

Aceptación de documentos: abril 2015