



**Diseño de una arquitectura TI para el Sistema Avanzado de Transporte Público en el
Área Metropolitana Centro Occidente
TESIS DE GRADO**

Luz Natalia Giraldo Martínez

**Asesor
Luis Daniel Benavides Navarro
M.Sc en Gestión de la Informática y las Telecomunicaciones**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES
SANTIAGO DE CALI
2014**

**Diseño de una arquitectura TI para el Sistema Avanzado de Transporte Público en el
Área Metropolitana Centro Occidente**

Luz Natalia Giraldo Martínez

**Tesis de grado para optar al título de
Máster en Gestión de Informática y Telecomunicaciones con Énfasis
en Gerencia de TIC**

**Asesor:
Luis Daniel Benavides Navarro
M. Sc. Gestión de la Informática y las Telecomunicaciones**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES
SANTIAGO DE CALI
2014**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, Diciembre de 2014

CONTENIDO

	pág.
1 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	9
2 RESUMEN.....	11
3 INTRODUCCIÓN.....	12
3.1 Contexto del Trabajo.....	13
3.2 Planteamiento del Problema	16
3.3 Objetivos	17
3.3.1 Objetivo General.....	17
3.3.2 Objetivos Específicos.....	17
4 MOTIVACIÓN	18
5 MARCO TEÓRICO	19
5.1 Sistemas Funcionales de los Sistemas Inteligentes de Transporte.....	20
5.2 Arquitecturas de referencia	25
5.2.1 Modelo de referencia ISO para las arquitecturas ITS.....	26
5.2.2 Arquitectura ITS de Estados Unidos	27
5.2.3 Arquitectura Lógica de ITS de Estados Unidos	31
5.2.4 Arquitectura Física de ITS de Estados Unidos.....	32
5.3 Modelo Europeo de Arquitectura ITS	33
5.3.1 Alcance de la Arquitectura FRAME.	35
5.4 Arquitectura ITS de Japón	36
5.5 Arquitectura ITS en Colombia	43
5.5.1 Los ITS y el Sistema de Transporte público del Área Metropolitana Centro Occidente	45
5.6 Cimientos para la ejecución de una arquitectura empresarial.....	47
5.6.1 Modelo Operativo	48
5.6.2 Arquitectura Empresarial	48
5.6.3 Modelo de Gobierno de TI.....	48
5.7 Beneficios de definir una arquitectura empresarial	49
5.7.1 Costos reducidos de TI.....	49
5.7.2 Mejores tiempos de respuesta.....	49
5.7.3 Mejor administración del riesgo	49

5.8	El método	50
6	ARQUITECTURA EMPRESARIAL PROPUESTA	51
6.1	Puntos de vista de la arquitectura empresarial.....	51
6.1.1	La capa institucional	52
6.1.2	La capa de Transporte	56
6.1.3	La capa de comunicación	61
6.2	Diagrama Único de Arquitectura TI para el APTS en el AMCO	64
6.2.1	Paquetes de servicio que brindará la arquitectura propuesta	65
6.2.1.1	APTS01 - Monitoreo de vehículos de transporte.....	65
6.2.1.2	APTS02 - Operación de rutas ajustadas	65
6.2.1.3	APTS03 – Operación de transporte ajustada a la demanda real	65
6.2.1.4	APTS04 – Administración del recaudo electrónico	66
6.2.1.5	APTS05 – Gestión de flota de transporte.....	66
6.2.1.6	APTS06 - Coordinación multimodal	66
6.2.1.7	APTS07 - Información al viajero.....	66
6.2.1.8	APTS08 - Conteo de pasajeros.....	66
6.3	Modelo de Madurez	67
7	EVALUACIÓN	72
7.1	Comparativo con otras arquitecturas ITS.....	72
7.1.1	Evaluación de paquetes de servicios	73
7.1.1.1	Monitoreo de vehículos de transporte	73
7.1.1.2	Operación de rutas fijas.....	74
7.1.1.3	Operación de transporte ajustada a la demanda real.....	74
7.1.1.4	Administración del recaudo electrónico.....	75
7.1.1.5	Gestión de flota de transporte	75
7.1.1.6	Coordinación multimodal.....	75
7.1.1.7	Información al viajero	76
7.1.1.8	Conteo de pasajeros	76
7.2	Estrategia de proyectos.....	76
8	CONCLUSIONES.....	78
8.1	Resultados y conclusiones.....	78
8.2	Trabajo futuro y aplicabilidad en otros sistemas.....	79

9 BIBLIOGRAFÍA..... 81

LISTA DE TABLAS

	pág.
<i>Tabla 1: Paquetes de usuario Arquitectura ITS Estados Unidos.</i> _____	28
<i>Tabla 2: Paquetes de servicio al usuario ITS Japón.</i> _____	37
<i>Tabla 3. Niveles de madurez.</i> _____	67
<i>Tabla 4. Identificación de procesos APTS</i> _____	68
<i>Tabla 5. Convenciones de tabla de comparación</i> _____	72
<i>Tabla 6. Comparación con otras arquitecturas a nivel mundial.</i> _____	72
<i>Tabla 7. Estrategia de implementación de proyectos</i> _____	76

LISTA DE FIGURAS

	pág.
<i>Figura 1. Visualización de monitoreo en InnoBUS Masivo</i> _____	14
<i>Figura 2. Integración tecnológica InnoBUS Masivo.</i> _____	15
<i>Figura 3. InnoBUS ATIS en portal miruta.net</i> _____	25
<i>Figura 4. Descripción del modelo ITS de referencia ISO/TR 14813-2:1999</i> _____	27
<i>Figura 5. Arquitectura Lógica ITS de Estados Unidos</i> _____	32
<i>Figura 6. Arquitectura física de ITS de Estados Unidos</i> _____	33
<i>Figura 7. Arquitectura ITS Europea - FRAME</i> _____	34
<i>Figura 8. Modelo FRAME para creación de subprocesos ITS</i> _____	35
<i>Figura 9. Componentes de una implementación ITS en la perspectiva física.</i> _____	36
<i>Figura 10. Arquitectura Física ITS Japón</i> _____	43
<i>Figura 11. Arquitectura Nacional ITS de Colombia</i> _____	45
<i>Figura 12: Arquitectura física de sistema de transporte en el AMCO</i> _____	47
<i>Figura 13. Cimientos para la ejecución.</i> _____	48
<i>Figura 14. Metodo para implementar la arquitectura empresarial.</i> _____	50
<i>Figura 15. Capas de Arquitectura ITS</i> _____	51
<i>Figura 16. Política de transporte urbano y movilidad</i> _____	55
<i>Figura 17. Capa institucional Arquitectura APTS</i> _____	56
<i>Figura 18. Capa de transporte Arquitectura APTS</i> _____	61
<i>Figura 19. Capa de Comunicación Arquitectura APTS</i> _____	63
<i>Figura 20. Diagrama único de arquitectura TI para el APTS en el AMCO</i> _____	64
<i>Figura 21. Análisis de comportamiento operador en la vía.</i> _____	74

1 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

pág.

RESUMEN

Presenta el resumen del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Se realiza introducción sobre los ITS y su aplicación en Colombia.

CONTEXTO DE TRABAJO

Se describe brevemente las aplicaciones de ITS hasta ahora desarrolladas en Colombia y específicamente en el AMCO.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se describe el problema o necesidad identificada para la realización de este proyecto.

OBJETIVOS

Se presenta el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos que permitirán el objetivo general.

RESUMEN DE LA PROPUESTA

Es el resumen del aporte que realiza este proyecto al sector de transporte en Colombia.

MOTIVACIÓN

Se describen los beneficios potenciales de la aplicación del proyecto presentado.

MARCO TEÓRICO

El estado del arte de arquitecturas ITS implementadas en el mundo.

ARQUITECTURA EMPRESARIAL PROPUESTA

Describe la arquitectura APTS que propone este proyecto para ser implementada en el AMCO.

CONCLUSIONES

Se detallan las conclusiones de este proyecto y los trabajos futuros a partir del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Relaciona las fuentes usadas para realizar este proyecto.

2 RESUMEN

Dados los diferentes desarrollos enfocados a la consolidación de un APTS en el AMCO, se presenta la necesidad de desarrollar una arquitectura específica para integrar estos sistemas de información y asegurar la información que se le entrega al usuario y la que es usada por las diferentes empresas de transporte público de pasajeros.

Integra S.A. es una operadora del Sistema de Transporte Masivo MEGABÚS y ha liderado el desarrollo de diferentes tecnologías para lograr generar en la región un APTS, de esta manera, en concurso con el ente gestor del sistema Megabús S.A. se estableció como necesidad contar con una arquitectura que soporte la correcta integración de los paquetes tecnológicos de un APTS para su correcta integración futura con otras áreas de servicio de un ITS

El objetivo general de este proyecto es desarrollar un modelo de arquitectura APTS con aplicación al sistema de transporte público del AMCO, y para lograr este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a) Desarrollar un documento que contenga el estado del arte de arquitecturas ITS implementadas en el mundo.
- b) Identificar procesos, datos, tecnologías e interfaces de usuario en el sistema de transporte público del AMCO.
- c) Seleccionar los sistemas de información a integrar en la arquitectura.
- d) Definir un modelo operativo de la arquitectura.

Este proyecto se convertirá en la hoja de ruta para implementar proyectos aplicados al sector de Transporte Urbano de pasajeros para la consolidación de un ITS en el AMCO.

3 INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han transformado la manera de realizar la labor diaria de muchas industrias incluyendo la del transporte terrestre. El desarrollo de las TIC en este sector ha permitido tener a los administradores de sistemas de transporte y las oficinas de planeación urbana una visión holística del comportamiento de la movilidad en la ciudad, debido a la posibilidad de obtener información relevante, precisa y en tiempo real sobre lo que hacen los vehículos y los usuarios durante todo momento.

La incorporación y aplicación de las TIC en los sistemas de gestión, infraestructura y modos de transporte ha desarrollado el concepto de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS por sus siglas en inglés de *Intelligent Transportation System*). Un ITS está compuesto por las siguientes áreas de servicios así: un Sistema Avanzado de Administración de Emergencias (AEMS por sus siglas en inglés de *Advanced Emergency Management System*), un Sistema de Administración de Archivos de Datos (ADMS por sus siglas en inglés de *Advanced Data Management System*), un Sistema Avanzado de Información para viajeros (ATIS por sus siglas en inglés de *Advanced Traveler Information System*), un Sistema Avanzado de Gestión del Tráfico (ATMS por sus siglas en inglés de *Advanced Transit Management System*), un Sistema Avanzado de Control y Seguridad de Vehículos (AVCSS por sus siglas en inglés de *Advanced Vehicle Control and Safety System*), un Sistema Avanzado de Transporte Público (APTS por sus siglas en inglés de *Advanced Public Transport System*), un Sistema para la Operación de Vehículos Comerciales (CVO por sus siglas en inglés de *Commercial Vehicle Operation*) y un Sistema de Gestión para Vehículos de Mantenimiento y Construcción (MCMS por sus siglas en inglés de *Maintenance Construction Management System*), cada una de las anteriores áreas de servicios están compuestas por elementos denominados “Paquetes de Servicios” según la Arquitectura Nacional de ITS del Departamento de Transporte de EEUU.

Los ITS son el método más económico y eficiente para gestionar el transporte y resolver el problema de movilidad sin cambiar mayormente la infraestructura vial (CINTEL, 2010b), pues permiten vincular la infraestructura de transporte, el vehículo, el

conductor, y el usuario usando procesamiento de información, navegación, localización, radio, reconocimiento de imágenes, redes y otras técnicas.

Actualmente en el Área Metropolitana Centro Occidente AMCO existen empresas que han desarrollado algunos de los componentes de un (APTS), es el caso de INTEGRA S.A. y ASEMTUR que cuentan con soluciones desarrolladas a su medida para realizar gestión y control a su flota de transporte; así mismo se encuentran los demás actores del sistema de transporte como lo son MEGABÚS (Ente gestor de transporte masivo en Pereira), la secretaría de tránsito y movilidad, el Área Metropolitana como ente regulador de transporte en el AMCO, entre otros, que cuentan con diferentes desarrollos de software y hardware que han implementado para gestionar el transporte en la ciudad.

Este proyecto presenta un modelo de arquitectura adecuada para integrar las diferentes soluciones de hardware y software que componen un APTS.

3.1 Contexto del Trabajo

El transporte público urbano de pasajeros en Colombia se ha desarrollado en su gran mayoría de manera empírica, los ITS son pieza fundamental en las alternativas para solucionar los problemas de este importante sector y se constituyen en una oportunidad para modernizar los sistemas de transporte en Colombia (CINTEL, 2010b).

Desde la Asociación de Empresas de Transporte Urbano del Área Metropolitana Centro Occidente (ASEMTUR) se han logrado obtener desarrollos de software que apoyan principalmente la mejora del nivel de servicio prestado a los usuarios de transporte público en el AMCO y suplen algunos componentes de un APTS tal y como está contemplado en el estudio cualitativo de ITS en Colombia realizado por CINTEL (CINTEL, 2010a).

Uno de los *software* desarrollados es InnoBUS Masivo, que es una solución de tipo ERP (*Enterprise Resource Planning*) desarrollada especialmente para las empresas de transporte público terrestre de pasajeros en Colombia y orientada a la consolidación de un sistema único de información de carácter transversal a todas las fases de planificación de recursos. Esta plataforma permite la simplificación y reducción en los tiempos dedicados a

la operatividad administrativa del negocio, al tiempo que proporciona respaldo y retroalimentación oportuna en las decisiones directivas y los procesos estratégicos de la organización.

InnoBUS Masivo (Ver Figura 1) se apoya en la integración de tecnologías de *Hardware* (GPS¹ y Pantallas táctiles instalados en cada vehículo y Redes GPRS²) y de *Software* (Bases de datos, Portales *Web* y Aplicaciones móviles) permitiendo elevar el nivel de automatización de las prácticas operativas como el monitoreo de la flota, comunicación bidireccional entre el centro de control de la empresa y los conductores, envío de alertas a todos los vehículos en operación a través de las pantallas táctiles, reportes de la operación haciendo seguimiento a las técnicas de conducción analizando la velocidad en ruta y las aceleraciones; al realizar estas actividades, desde InnoBUS Masivo también se presenta una disminución de los costos totales en la prestación del servicio de transporte, como lo han experimentado varias empresas de transporte asociadas a ASEMTUR que han implementado el software.

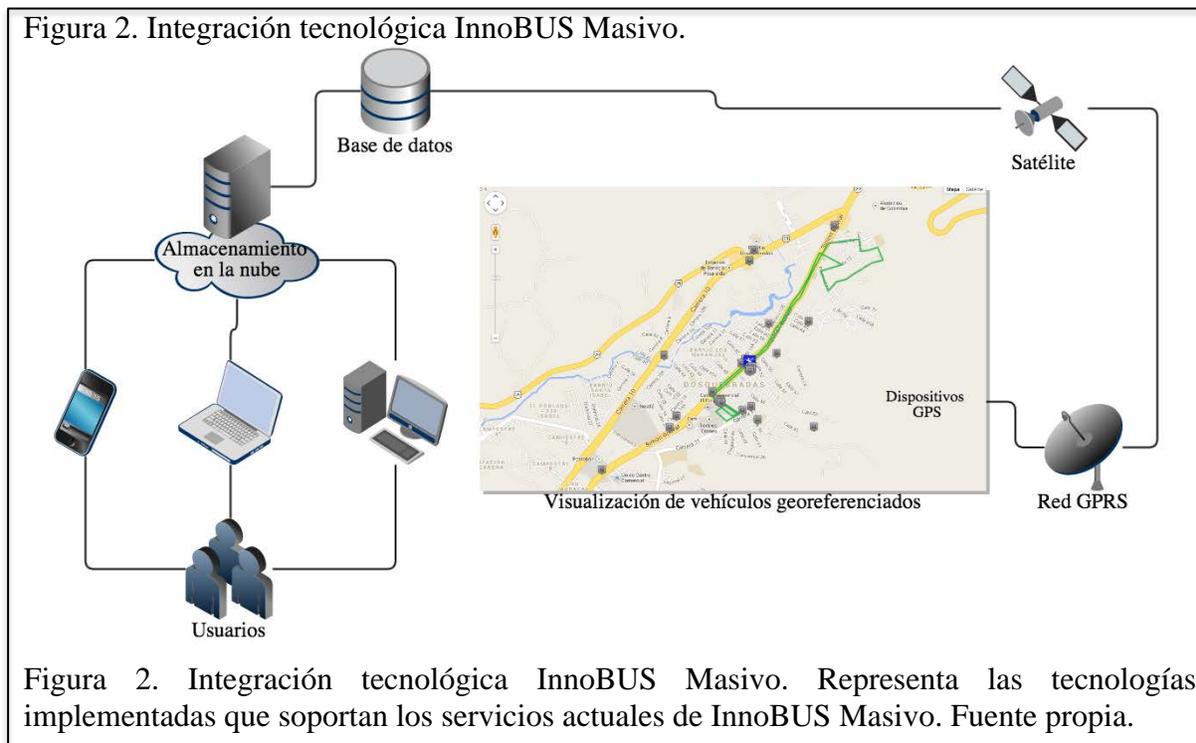
Figura 1. Visualización de monitoreo en InnoBUS Masivo



¹ GPS: Sistema americano de navegación y localización mediante satélites.

² GPRS: Servicio general de transferencia de datos.

Gracias a la metodología y arquitectura (ver Figura 2) utilizada para el desarrollo de InnoBUS Masivo se posibilita el acceso remoto a la información a través de cualquier dispositivo que cuente con un navegador web y acceso a internet, por medio de la creación de perfiles de accesibilidad permitiendo la consulta y/o edición de la información en forma diferenciada.



La figura 1, representa la arquitectura actual de la solución InnoBUS Masivo, basada en una plataforma web que recibe la información en tiempo real de la flota de transporte por medio del servicio GPRS; esta plataforma web almacena los datos recibidos en un servidor virtual con redundancia de datos en la nube.

Otro software desarrollado es InnoBUS ATIS que pone a disposición del usuario, la información de los medios de transporte disponible como: Rutas, frecuencia, y tiempos de espera, facilitando la planificación de viajes sugiriéndole la mejor ruta y mostrando los vehículos que pueden ofrecerle esta ruta en tiempo real, apoyado en la integración que existe entre este software con InnoBUS Masivo.

InnoBUS ATIS cuenta con la información en tiempo real del 100% de la flota de una empresa operadora de transporte masivo y el 100% de la flota de dos empresas operadoras de transporte colectivo en el AMCO, aproximadamente 350 vehículos.

Dados los diferentes desarrollos enfocados a la consolidación de un APTS en el AMCO, se presenta la necesidad de desarrollar una arquitectura específica para integrar estos sistemas de información y asegurar la información que se le entrega al usuario y la información que es usada por las diferentes empresas de transporte público de pasajeros, par soportar la gestión óptima de la flota y la prestación correcta del servicio para entregar una buena experiencia de viaje a los pasajeros.

Integra S.A. es una operadora del Sistema de Transporte Masivo MEGABÚS y ha liderado el desarrollo de diferentes tecnologías para lograr generar en la región un APTS, de esta manera, en concurso con el ente gestor del sistema Megabús S.A. se estableció como necesidad contar con una arquitectura ITS que soporte la correcta integración de los paquetes tecnológicos de un APTS para su correcta integración futura con otras áreas de servicio de un ITS.

3.2 Planteamiento del Problema

Desarticulación de los sistemas de información de transporte ATIS, APTS y las plataformas de información sobre el estado de vías hasta ahora implementados en el AMCO.

En la actualidad se cuenta con cinco herramientas que apoyan la gestión del sistema de transporte público en el AMCO, estos son: el centro de control de Megabús S.A., el sistema de gestión de flota InnoBUS Colectivo del que disponen dos 2 empresas de transporte colectivo, el sistema de información avanzada al usuario ATIS de ASEMUR, el sistema de gestión de flota InnoBUS Masivo del que dispone uno de los operadores de transporte Masivo Integra S.A. y el sistema de semaforización inteligente del que dispone la secretaría de transito municipal de Pereira.

Como solución se plantea la definición de una arquitectura APTS con aplicación al sistema de transporte público del AMCO.

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo General.

Desarrollar un modelo de arquitectura APTS con aplicación al sistema de transporte público del AMCO.

3.3.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un documento que contenga el estado del arte de arquitecturas ITS implementadas en el mundo.
- Identificar procesos, datos, tecnologías e interfaces de usuario en el sistema de transporte público del AMCO.
- Seleccionar los sistemas de información a integrar en la arquitectura.
- Definir un modelo operativo de la arquitectura.

4 MOTIVACIÓN

La implementación de ITS trae consigo diversos beneficios que pueden ser divididos en dos clases, la primera es la solución de problemas asociados al tráfico tales como las congestiones, contaminación del aire y accidentes de tráfico. La segunda clase de beneficio es la mejora de servicios para los usuarios y el incremento en la eficiencia de los sistemas de transporte. A continuación se muestran algunos de estos beneficios y sus problemas asociados según (Yokota, 2004):

- **Movilidad:** Uno de los principales beneficios es la mejora de la movilidad de las personas y las flotas vehiculares en todos los modos de transporte, implementando diversos mecanismos como la información a los viajeros para que estos puedan evitar congestión en las vías, la administración de los semáforos para optimizar los tiempos de cambio de las luces y aumentar la eficiencia del tráfico y la administración de vehículos comerciales para incrementar la seguridad y eficiencia de las vías.
- **Congestión vial:** Los ITS pueden ayudar a la disminución de las congestiones en las vías al permitir que los usuarios planeen sus viajes, sugiriendo rutas alternativas y tiempos de viaje.
- **Seguridad:** Los ITS están cambiando la seguridad en el transporte, pasando de sistemas como el cinturón de seguridad, que minimiza las consecuencias de un impacto, a la implementación de tecnologías para reducir la severidad de los accidentes además de prever que estos sucedan.

La implementación de ITS en Colombia necesita una visión concertada entre los actores de los diferentes sistemas de transporte para que puedan compartir información y recursos con el propósito de llegar a tener un sistema de transporte de pasajeros más eficiente y eficaz, convirtiéndose la aplicación de TIC al sector transporte en un elemento diferenciador que permite establecer comunicaciones más ágiles, disminuir la congestión de tráfico, aumentar la seguridad vial mejorando de esta manera la eficiencia y competitividad del sector (CINTEL, 2010b).

5 MARCO TEÓRICO

Las TIC han transformado la manera de realizar la labor diaria de muchas industrias incluyendo entre ellas, los distintos modos de transporte. La incorporación y aplicación de las TIC en los sistemas de gestión, infraestructura y modos de transporte han desarrollado el concepto de los Sistemas Inteligentes de Transporte ITS.

Los sistemas de transporte han evolucionado mediante la implementación de computadoras, sensores y las TIC, cambiando su nombre por el de “Sistemas Inteligentes de Transporte” o “ITS” por sus siglas en inglés “*Intelligent Transport Systems*”. Gracias a esta transformación, los ITS poseen la habilidad de reunir, organizar, analizar, utilizar y compartir información; siendo estos, elementos cruciales para la construcción y operación económica de los ITS.

La mejora en la eficiencia del transporte, su seguridad y la preocupación por el medio ambiente son los principales motivos para la introducción de los ITS en todo el mundo, siendo Europa, Estados Unidos y Japón los líderes en su implementación. Sin embargo, cada uno posee fortalezas particulares en ITS como es el caso del suministro de información del tráfico en tiempo real en Japón y Corea del Sur; cargos diferenciales de peajes de acuerdo a las horas de congestión en Suecia, los Estados Unidos y Singapur; cargos de acuerdo a las distancias recorridas en Holanda y Alemania; recolección electrónica de peajes en Japón, Australia y Corea del Sur; y APTS en Corea del Sur, Singapur y Francia. En particular, la implementación de TIC en el transporte público permite mejorar significativamente el rendimiento del sistema de transporte, incluyendo no sólo la reducción de la congestión, sino también el aumento de la seguridad del ciudadano, de su comodidad y optimización en la prestación del servicio de viaje.

La implementación de un ITS requiere el desarrollo de una arquitectura ITS, con la cual se planea y se definen requerimientos para cada uno de los actores del sistema así como los protocolos e interfaces de comunicación entre los mismos.

Una arquitectura ITS es un marco global que muestra los componentes de un ITS y sus interconexiones, además identifica y describe las interfaces que permiten la comunicación de dichos componentes para lograr un trabajo consistente del ITS.

Acorde a la nota técnica No 5 de (Yokota & Weiland, 2004), una arquitectura ITS provee un marco para la planeación, definición, desarrollo e integración de un ITS por medio de:

- Los servicios de usuario. Estos describen las actividades que el ITS y sus aplicaciones desarrollan o soportan.
- Las entidades. Estas pueden ser lugares como los centros de administración de tráfico y de transporte público, personas que interactúan con el ITS o sistemas que envían información del ITS o adquieren información del mismo; sin ser parte de este.
- El flujo de datos e información. Este flujo de datos e información conecta los servicios de usuario y las entidades en el marco del ITS.

Los ITS nacieron como una solución tecnológica para mejorar el tránsito y resolver el problema de la congestión vehicular que se ha generado a partir del incremento de la demanda por transporte asociado a mayores niveles de desarrollo en la población y al crecimiento demográfico. Los ITS son un estándar internacional que contempla la integración de diferentes tecnologías de hardware y software sofisticados, que permiten analizar y manipular datos de movilidad que proveen información útil para los diferentes actores en un sistema de transporte (CINTEL, 2010a).

5.1 Sistemas Funcionales de los Sistemas Inteligentes de Transporte

El Departamento de Transporte de los Estados Unidos describe los siguientes sistemas funcionales relacionados con los ITS (Transportation, 2014):

- Sistema de Administración de Archivos de Datos ADMS. Permite el manejo de datos relacionados con las operaciones transporte, tales como la planificación y la medición del desempeño de movilidad.
- Sistema Avanzado de Información para viajeros ATIS. Hacen uso de tecnologías de comunicaciones avanzadas, las cuales permiten que los usuarios tengan acceso a la información de las vías y/o carreteras en tiempo real, en el automóvil, en la casa, en la oficina o al aire libre, convirtiéndose ésta herramienta como la referencia a la hora de elegir modos de transporte, viajes y rutas de viaje (CINTEL, 2010a).
- Sistemas Avanzados de Gestión del Tráfico ATMS, el cual debe contener una red de vigilancia, una sonda de vigilancia vial, un control de señales de tráfico, un sistema de medición continua de tráfico, sistema de administración de carriles de alta ocupación, difusión de información del tráfico, administración regional del tráfico, sistemas de gestión de incidentes de tráfico, soporte a las decisiones de transporte y gestión de la demanda, sistema de recaudo automático de peajes, sistema de gestión y monitoreo de emisiones, sistema de control de iluminación lateral de carretera, normativa de cruces de ferrocarriles, sistema avanzado de información de cruces de ferrocarriles, sistema de gestión de facilidad de parqueo, sistema de gestión de parqueo regional, gestión de carriles reversibles, alertas de velocidad y control, gestión de puentes sobre nivel, gestión de cierres viales, sistema de información de límites de velocidad, gestión de carriles dinámicos y bahías, sistema de alertas dinámicas en la carretera, pago de uso de carreteras por kilómetro recorrido y sistemas de alertas multiuso.
- Sistemas Avanzados de Control y Seguridad de Vehículos AVCSS, ayudan a los conductores a controlar sus vehículos con el fin de reducir accidentes y mejorar la seguridad del tráfico. Este sistema contiene: el monitoreo de seguridad de vehículos, el monitoreo de seguridad del conductor, sistemas de alertas laterales de seguridad en vehículos, sistemas de alertas de

seguridad longitudinales en vehículos, paquetes de abordaje para prevención de choques, sistemas de aumento de visibilidad para conductores, sistemas avanzados de alertas laterales de seguridad en vehículos, sistemas avanzados de alertas de seguridad longitudinales en vehículos, sistemas anticollisiones en intersecciones, operaciones automatizadas de vehículos y sistemas de cooperativos de seguridad a bordo.

- Sistemas Avanzados de Transporte Público APTS, el cual contiene los servicios de seguimiento del tránsito de vehículos de transporte público, la operación de tránsito de vehículos de transporte público en una ruta fija, el ajuste de la operación del transporte público a la demanda, la gestión de pagos de tarifa de transporte público, la gestión de la seguridad en el tránsito de transporte público, la administración de flotas de transporte público, la coordinación multimodal, la información de transporte público a los pasajeros y conexiones multimodal de pasajeros. Sobre este sistema funcional se desarrollará este proyecto de grado para el diseño de una arquitectura TI que lo pueda soportar.
- Sistema para las Operaciones de Vehículos Comerciales CVO. Este sistema también aplica tecnología ATMS, ATIS y AVCSS en la operación vehículos comerciales, tales como camiones, buses, ambulancias y taxis con el fin de mejorar su eficiencia y seguridad. Está compuesta por: gestión de operación y administración de flotas, administración de la carga, liquidación electrónica de servicios, administración de procesos de vehículos comerciales, compensación electrónica fronteriza internacional, pesaje en movimiento, seguridad en carretera, seguridad al interior de vehículos, mantenimiento de flotas de transporte, mantenimiento de materiales peligrosos, detección y mitigación de riesgos en carretera para materiales peligrosos, sistema de seguridad de autenticación de conductores para vehículos, seguimiento a la asignación de carga.

- Sistemas Avanzados de Administración de Emergencias AEMS. Este sistema debe contener los servicios para atención de llamadas de emergencia y despacho de servicios, rutas de emergencia, soporte de alarmas, servicio de patrullas de carretera, protección de infraestructura de transporte, amplia red de alertas, sistemas de información temprana, rescate y respuestas a desastres, sistemas de gestión de evacuación y reingreso a áreas de desastre y el sistema de información de desastres al viajero.
- Sistemas de gestión para vehículos de mantenimiento y construcción MCMS. Este sistema de gestión contiene el seguimiento a los vehículos para construcción y mantenimiento y sus equipamientos, la gestión del mantenimiento de vehículos para construcción y mantenimiento, recolección de información del clima, distribución y procesamiento de la información del clima, tratamiento automatizado de carreteras, mantenimiento en invierno, gestión de flota para mantenimiento y construcción en carretera, gestión de tráfico en zonas de trabajos de mantenimiento, gestión y monitoreo para en zonas de trabajos de mantenimiento, coordinación de actividades de mantenimiento y construcción, vigilancia de sonda ambiental y monitoreo de infraestructura.

El flujo de información en un ITS puede dividirse en 4 fases: adquisición, transmisión, procesamiento y aplicación. Para las variables que tienen que ver con la optimización de redes de transporte en APTS, según lo analizado hasta ahora para este proyecto, la tendencia es recolectar datos en tiempo real sobre la mayor cantidad de corredores posibles para los diferentes modos a través de medios de comunicación como Vehículo a Infraestructura (V2I por sus siglas en inglés de *Vehicle-to-Infrastructure*) y vehículo a vehículo (V2V por sus siglas en inglés de *Vehicle-to-Vehicle*).

La información de seguimiento de los vehículos puede ser usada en múltiples aplicaciones, como el reporte de eventos en tiempo real (accidentes, congestión, entre otras novedades que se pueden presentar en la vía), donde se cuenta con información no sólo de localización de los dispositivos móviles, sino que vinculan al modelo otros sensores

(acelerómetros, micrófono, cámaras de video) que permiten un afinamiento de la predicción del estado del tráfico. Otra importante aplicación es la identificación del modo de transporte elegido por los usuarios (peatón, bicicleta, bus, automóvil, taxi), en donde se aplican técnicas de aprendizaje de máquina para identificar los patrones de dirección, velocidad, aceleración, paradas y otras variables con el fin de caracterizar cada uno de los distintos modos y luego pasar a hacer la clasificación (Reddy et al., 2010) y (Stenneth, Wolfson, Yu, & Xu, 2011).

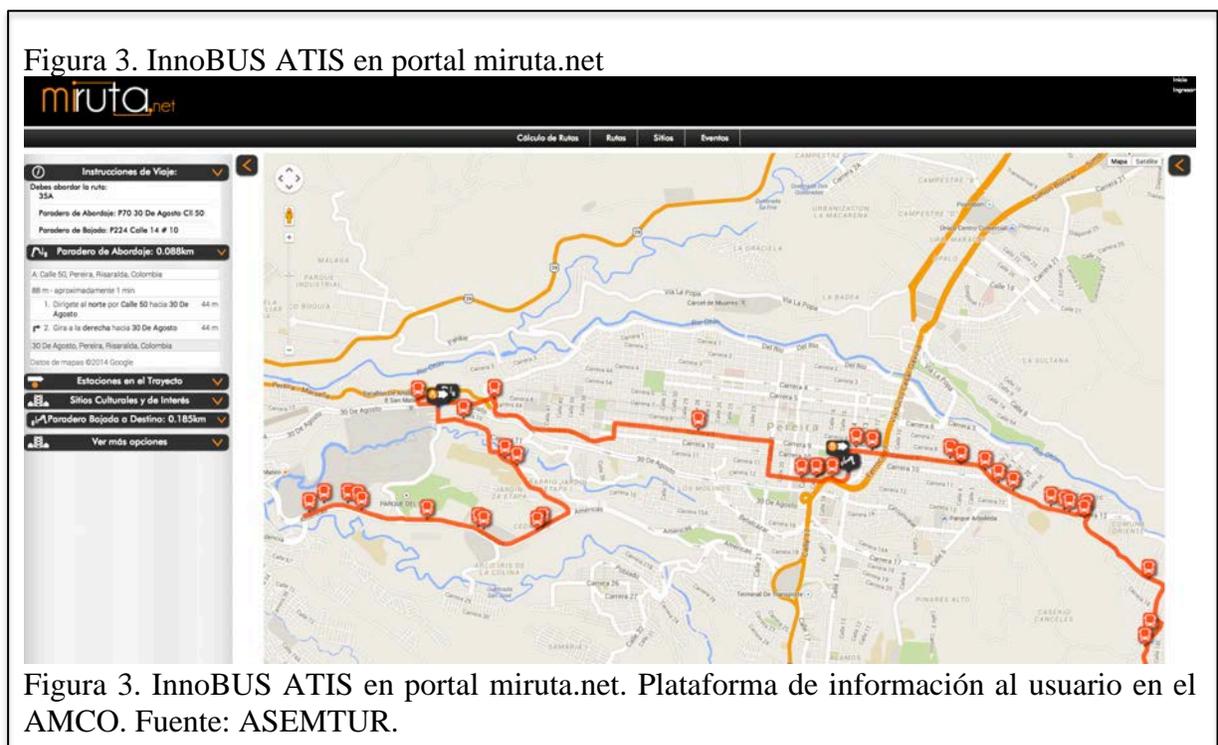
Los ITS son una solución que está siendo utilizada en otros países (Australia, Francia, Alemania, Japón, Holanda, Nueva Zelanda, Suecia, Singapur, Corea del Sur, Reino Unido y Estados Unidos) para administrar y operar de mejor manera la infraestructura de transporte existente. Muchos de estos países tienen fortalezas particulares en ITS como es el caso del suministro de información del tráfico en tiempo real en Japón y Corea del Sur; cargos diferenciales de peajes de acuerdo a las horas de congestión en Suecia, los Estados Unidos y Singapur; cargos de acuerdo a las distancias recorridas en Holanda y Alemania; recolección electrónica de peajes en Japón, Australia y Corea del Sur; y sistemas avanzados de transporte público en Corea del Sur, Singapur y Francia (Ezell, 2010).

En particular, la implementación de TIC en el transporte público permite mejorar significativamente el rendimiento del sistema de transporte, incluyendo no solo la reducción de la congestión, sino también el aumento de la seguridad del ciudadano, de su comodidad y optimización en la prestación del servicio de viaje (Ezell, 2010).

A nivel nacional Bogotá y Medellín son las ciudades en las que se evidencian avances hacia la consolidación de un ITS enmarcados principalmente en componentes de hardware como circuitos cerrados de TV, paneles informativos, semaforización inteligente, cámaras de foto detección y dispositivos de hardware a bordo de los vehículos de transporte público para la gestión de la flota desde un centro de control; Medellín está ejecutando el proyecto Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM), el cual busca enfrentar los inconvenientes de movilidad a través de soluciones tecnológicas (Medellín, 2014). Por su

parte la Ciudad de Cali ha implementado las cámaras de foto detección con las cuales se ha logrado regular la velocidad vehicular en la zona urbana de la ciudad.

A nivel local ASEMUR ha desarrollado un ATIS, apoyado en la web, que permite planificar viajes y consultar en tiempo real la posición de la flota de los diferentes operadores del sistema de transporte público de la ciudad, esta plataforma está disponible para el usuario en www.miruta.net (Ver Figura3). Además, actualmente se cuenta con una plataforma web para el control de la flota InnoBUS Masivo e InnoBUS Colectivo (localización de vehículos, e informes de desempeño de los vehículos y conductores) usando las nuevas tecnologías de la información y de las telecomunicaciones TIC. También se ha implementado la semaforización inteligente desde el instituto municipal de tránsito y transporte apoyado en varias investigaciones del grupo SYRIUS de la Universidad Tecnológica de Pereira, el cual se ha enfocado principalmente al componente ATMS de los ITS.



5.2 Arquitecturas de referencia

Según (Yokota & Weiland, 2004), en la mayoría de los países incluyendo los países desarrollados y en desarrollo, la correcta implementación de ITS se debe realizar

gradualmente y por etapas enfocándose principalmente en las partes de ITS que más valor agreguen a los sistemas de transporte. Los países desarrollados han tomado el liderazgo del desarrollo de diferentes arquitecturas ITS, entre estos los Estados Unidos, La Unión Europea y Japón; basados en estas arquitecturas otros países desarrollados y en desarrollo han tomado dichas arquitecturas como referencia para crear sus propios ITS.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) cuenta con un grupo de trabajo en arquitecturas ITS (WG1) y un comité técnico de ITS (TC2014), este grupo ha publicado varias normas entre ellas la ISO 14813-5:2010 que define los requerimientos para la descripción de una arquitectura en un estándar ITS; esta norma también cuenta con definiciones y términos a usar en la documentación de una arquitectura ITS.

5.2.1 Modelo de referencia ISO para las arquitecturas ITS

La principal función de una arquitectura ITS es ayudar a definir un estándar ITS para las interfaces entre los componentes y los actores de un Sistema Inteligente de Transporte. Es así como el comité técnico de ITS de la Organización Internacional de Estándares (ISO/TC204) ha desarrollado una arquitectura que contribuye a definir sus actividades estándares de ITS. Esta arquitectura sirve como modelo base para el desarrollo de otras arquitecturas ITS, está disponible como un estándar ISO 14813 (ISO, 2014), este modelo se representa con una descripción a alto nivel en la figura 2.

Figura 4. Descripción del modelo ITS de referencia ISO/TR 14813-2:1999

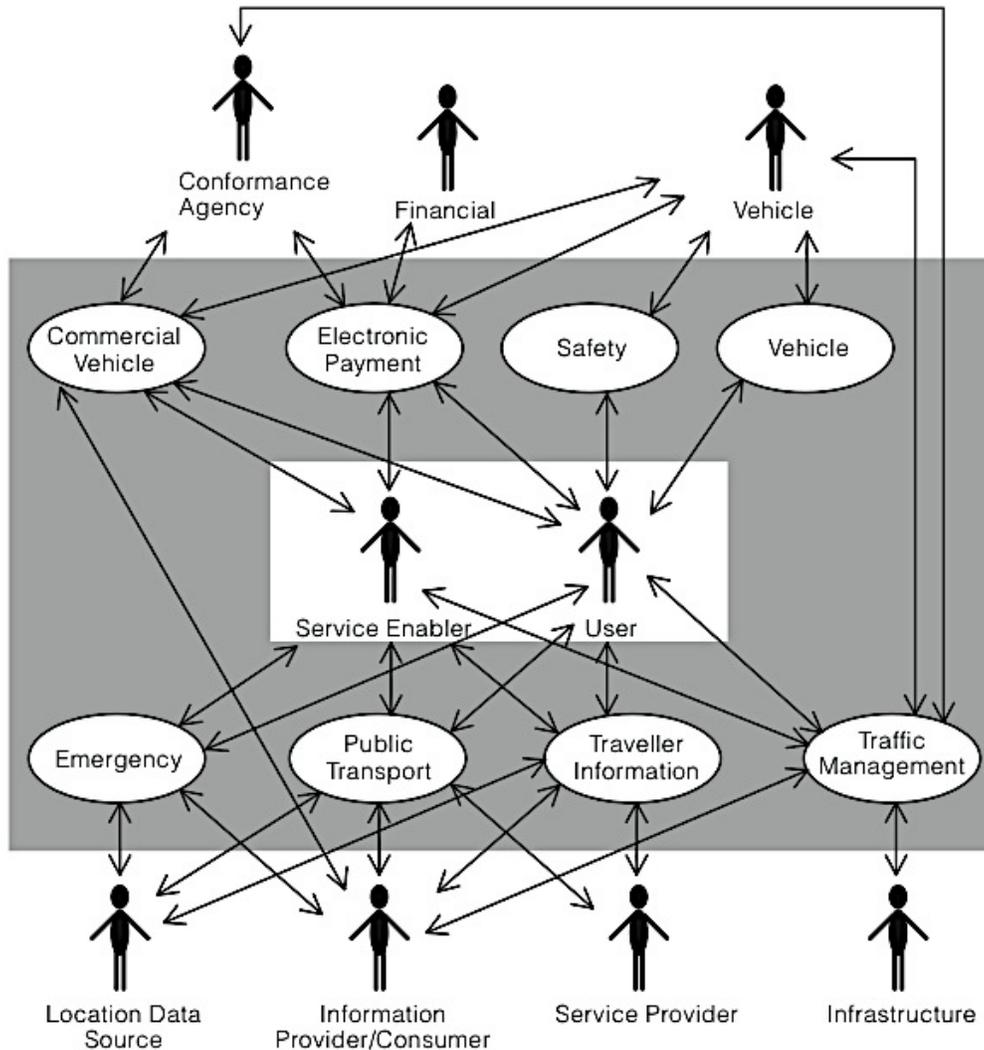


Figura 4. Descripción del modelo ITS de referencia ISO. Adaptado de Norma ISO/TR 14813-2:1999.

5.2.2 Arquitectura ITS de Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los pioneros en el desarrollo de arquitecturas ITS desde 1990, incluso su arquitectura ITS hace parte del acta de eficiencia de la superficie intermodal de transporte de 1991, también cuenta con una fundación dedicada al estudio de los ITS “ITS América”, la cual es una fuerte proponente para el desarrollo de los ITS en el mundo (Yokota & Weiland, 2004).

La arquitectura de los Estados Unidos consiste en una colección de servicios de usuario, con sus respectivos requerimientos, una lógica arquitectural y una arquitectura física que soportan el desarrollo de estándares ITS. Esta arquitectura se compone de 97 servicios de usuarios divididos en 8 áreas como se muestra en la tabla 1 (Yokota & Weiland, 2004).

Tabla 1: Paquetes de usuario Arquitectura ITS Estados Unidos.

Área	Cod. Paquete	Nombre
Administración de Datos	AD1	Clasificación de Datos
	AD2	Bodega de datos
	AD3	Bodega de datos virtual
Transporte Público	APTS01	Monitoreo de vehículos de transporte
	APTS02	Operación de rutas ajustadas
	APTS03	Operación de transporte ajustada a la demanda real
	APTS04	Administración del recaudo electrónico
	APTS05	Seguridad en el transporte público
	APTS06	Administración de la flota de transporte
	APTS07	Coordinación multi-modal
	APTS08	Información al viajero
	APTS09	Priorización de señales de tránsito
	APTS10	Conteo de pasajeros
	APTS11	Protección de conexiones multimodales
Información al viajero	ATIS01	Difusión de información al viajero
	ATIS02	Información interactiva al viajero
	ATIS03	Guía de ruta autonoma
	ATIS04	Guía de ruta dinamica
	ATIS05	Viaje basado en planificación y guía de ruta
	ATIS06	Intercambio de datos de operación de transporte
	ATIS07	Información y reseva de servicios de viaje
	ATIS08	Compartimiento dinámico de ruta entre usuarios
	ATIS09	Señalización desde el vehículo
	ATIS10	Comunicación de la información de rango corto para el viajero
Administración de Tráfico	ATMS01	Red de vigilancia
	ATMS02	Sonda de vigilancia de tráfico
	ATMS03	Control de señales de tránsito
	ATMS04	Medición de tráfico

Área	Cod. Paquete	Nombre	
	ATMS05	Administración de líneas reservadas por ocupación de vehículo (HOV lanes).	
	ATMS06	Difusión de información de tráfico	
	ATMS07	Administración de tráfico regional	
	ATMS08	Administración de incidentes	
	ATMS09	Soporte de toma de decisiones y gestión de la demanda	
	ATMS10	Recolección electrónica de peajes	
	ATMS11	Seguimiento y gestión de emisiones	
	ATMS12	Control del sistema de iluminación en carretera	
	ATMS13	Estandarización de los grados de cruce de las vías ferreas	
	ATMS14	Grados de cruce de vías ferreas avanzadas	
	ATMS15	Coordinación de operación de vías ferreas	
	ATMS16	Administración de parqueo	
	ATMS17	Administración regional de parqueo	
	ATMS18	Administración de carril reversible	
	ATMS19	Advertencia de velocidad y control	
	ATMS20	Administración de puentes levadizos	
	ATMS21	Administración de cierre de vías	
	ATMS22	Variables de límites de velocidad	
	ATMS23	Administración de líneas dinámicas y uso de líneas adyacentes	
	ATMS24	Advertencia de cambios de vía	
	ATMS25	Carril de usuario pago VMT	
	ATMS26	Uso combinado de sistemas de alertas	
	Seguridad en Vehículos	AVSS01	Monitoreo de seguridad de vehículo
		AVSS02	Monitoreo de seguridad del conductor
		AVSS03	Advertencia de seguridad longitudinal
		AVSS04	Advertencia de seguridad lateral
AVSS05		Advertencia de seguridad en intersección	
AVSS06		Advertencia de colisión	
AVSS07		Mejora de visibilidad del conductor	
AVSS08		Control avanzado longitudinal de vehículo	
AVSS09		Control avanzado lateral de vehículo	
AVSS10		Evasión de colisión en intersección	
AVSS11		Operación automática de vehículos	

Área	Cod. Paquete	Nombre
	AVSS12	Cooperación de Sistemas de seguridad para vehículos
Operación de Vehículos Comerciales	CVO01	Gestión de operadores y flota de transporte
	CVO02	Administración de carga
	CVO03	Liquidación electrónica
	CVO04	Procesos administrativos de vehículos comerciales
	CVO05	Liquidación electrónica de frontera internacional
	CVO06	Peso en movimiento
	CVO07	Vía segura para CVO
	CVO08	Seguridad a bordo
	CVO09	Gestión de flota de vehículos comerciales
	CVO10	Administración de materiales peligrosos
	CVO11	Mitigación y detección de materiales peligrosos en carretera
	CVO12	Autenticación segura del conductor de CVO
	CVO13	Seguimiento a la asignación de carga
Administración de Emergencias	EM01	Recepción y despacho de llamada de emergencia
	EM02	Ruteamiento de emergencia
	EM03	Soporte de alarmas y llamados de emergencia
	EM04	Patrullas de servicio de carreteras
	EM05	Protección de infraestructura de transporte
	EM06	Zonificación
	EM07	Sistemas de alerta temprana
	EM08	Respuesta y recuperación a desastres
	EM09	Gestión de evacuación y reingreso
	EM10	Información de desastres al viajero
Mantenimiento y Construcción	MC01	Mantenimiento y construcción de vehículos y seguimiento de los equipos
	MC02	Mantenimiento de vehículos de construcción
	MC03	Información del estado del tiempo para viaje
	MC04	Procesamiento y distribución de la información del estado del tiempo
	MC05	Tratamiento automático de carreteras
	MC06	Mantenimiento de invierno
	MC07	Mantenimiento y construcción de carreteras
	MC08	Administración de zonas de trabajo
	MC09	Monitoreo de seguridad de la zona de trabajo

Área	Cod. Paquete	Nombre
	MC10	Coordinación de actividades de mantenimiento y construcción
	MC11	Vigilancia ambiental
	MC12	Monitoreo de infraestructura

Nota: Adaptado de <http://www.iteris.com/itsarch/html/mp/mpindex.htm> “*The National ITS Architecture 7.0*” por Departamento de Transporte de Estados Unidos, 2014.

Mediante la ley TEA-21 (por sus siglas en inglés de *Transportation Equity Act*) de 1997, las entidades de transporte de los estados y áreas metropolitanas de los Estados Unidos deben alinearse a la arquitectura nacional ITS para ser elegibles de recibir fondos federales para el desarrollo de nuevos proyectos de transporte. Es así como el Departamento de Transporte de los Estados Unidos ha implementado arquitecturas ITS regionales basadas en la arquitectura nacional y adaptadas a las condiciones locales de cada área o estado (Yokota & Weiland, 2004).

5.2.3 Arquitectura Lógica de ITS de Estados Unidos

La arquitectura lógica ilustra el ITS de Estados Unidos a varios niveles de detalle; en esta se trata de explicar la configuración de los servicios. Esta arquitectura se representa mediante un diagrama de flujo de datos (DFD) dónde los procesos son los círculos, las entidades son los rectángulos, el flujo de datos se representa por las flechas y el almacenamiento de datos se representa por medio de dos líneas paralelas; la fundación ITS América especifica cada proceso en un nuevo diagrama de flujo con nivel de detalle adicional (Transportation, 2014). Ver figura 5.

Figura 5. Arquitectura Lógica ITS de Estados Unidos

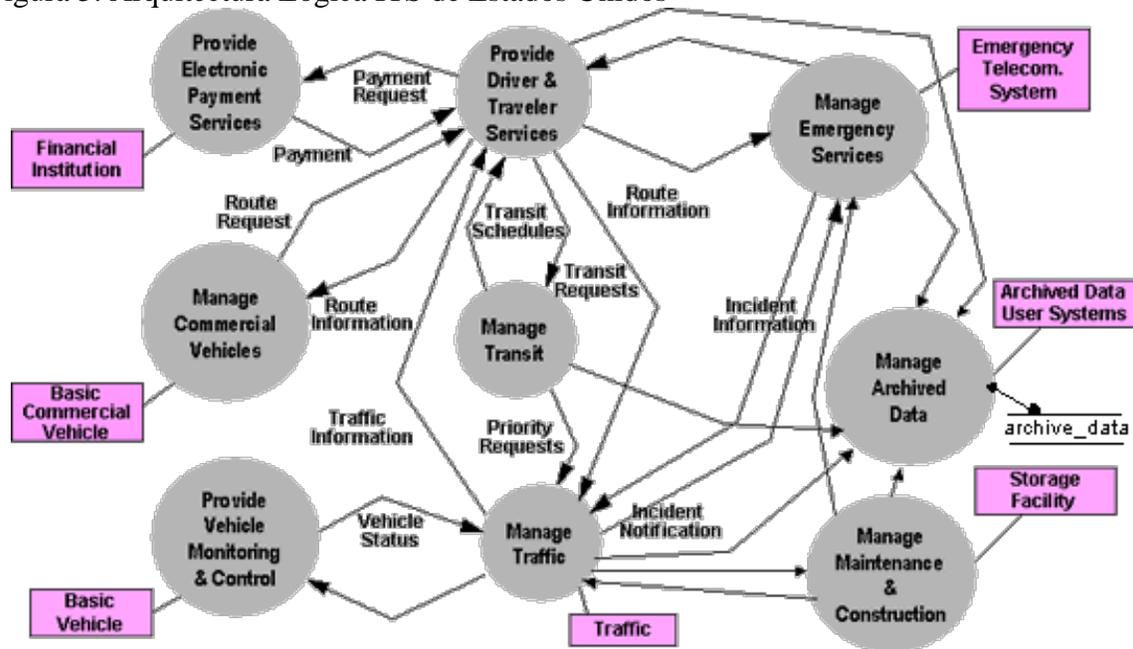


Figura 5. Arquitectura Lógica ITS de Estados Unidos. Adaptado de <http://www.iteris.com/itsarch/html/glossary/glossary-d.html> "The National Architecture 7.0" por Departamento de Transporte de Estados Unidos. 2014.

5.2.4 Arquitectura Física de ITS de Estados Unidos

La arquitectura física del ITS de Estados Unidos. está representada por las interfaces más importantes del ITS y los componentes más relevantes. Los principales elementos en la arquitectura física son las entidades y el flujo de datos que conecta estas entidades en toda la estructura ITS. Estos flujos de datos y su correspondiente requerimiento de comunicación define las interfaces que son el enfoque principal del estándar desarrollado en los Estados Unidos. Ver Figura 6.

Figura 6. Arquitectura física de ITS de Estados Unidos

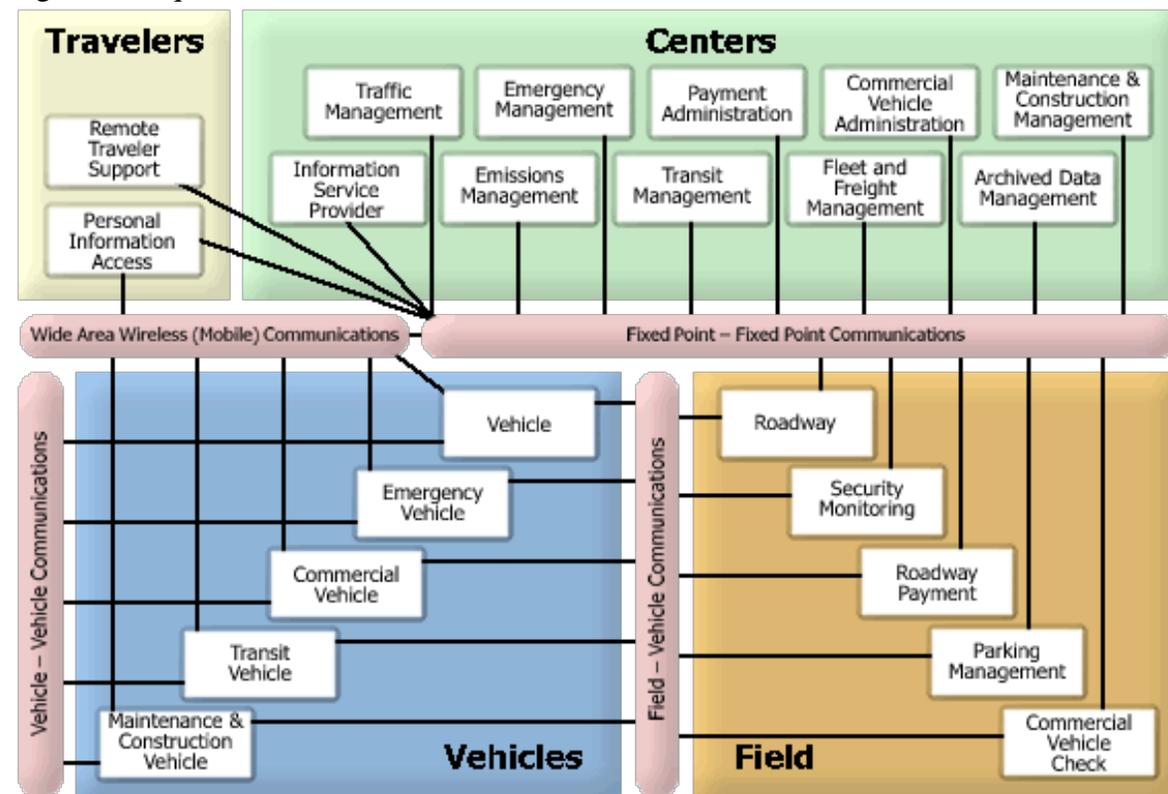


Figura 6. Arquitectura Física ITS de Estados Unidos. Adaptado de <http://www.iteris.com/itsarch/html/glossary/glossary-p.html> “The National Architecture 7.0” por Departamento de Transporte de Estados Unidos. 2014.

5.3 Modelo Europeo de Arquitectura ITS

La primera versión del modelo Europeo de arquitectura ITS fue creado por el proyecto KAREN (por sus siglas en inglés de *Keystone Architecture Required for European Networks*) y publicado en el año 2000. Este modelo de arquitectura es llamado FRAME (por sus siglas en inglés de *Framework Architecture Made for Europe*), el cual no es estrictamente una arquitectura sino un modelo de referencia para los países y regiones Europeas en la construcción de ITS adaptados a sus necesidades.

La arquitectura FRAME fue creada para proveer un lenguaje común para implementar ITS en la Unión Europea (Project, 2014).

Figura 7. Arquitectura ITS Europea - FRAME

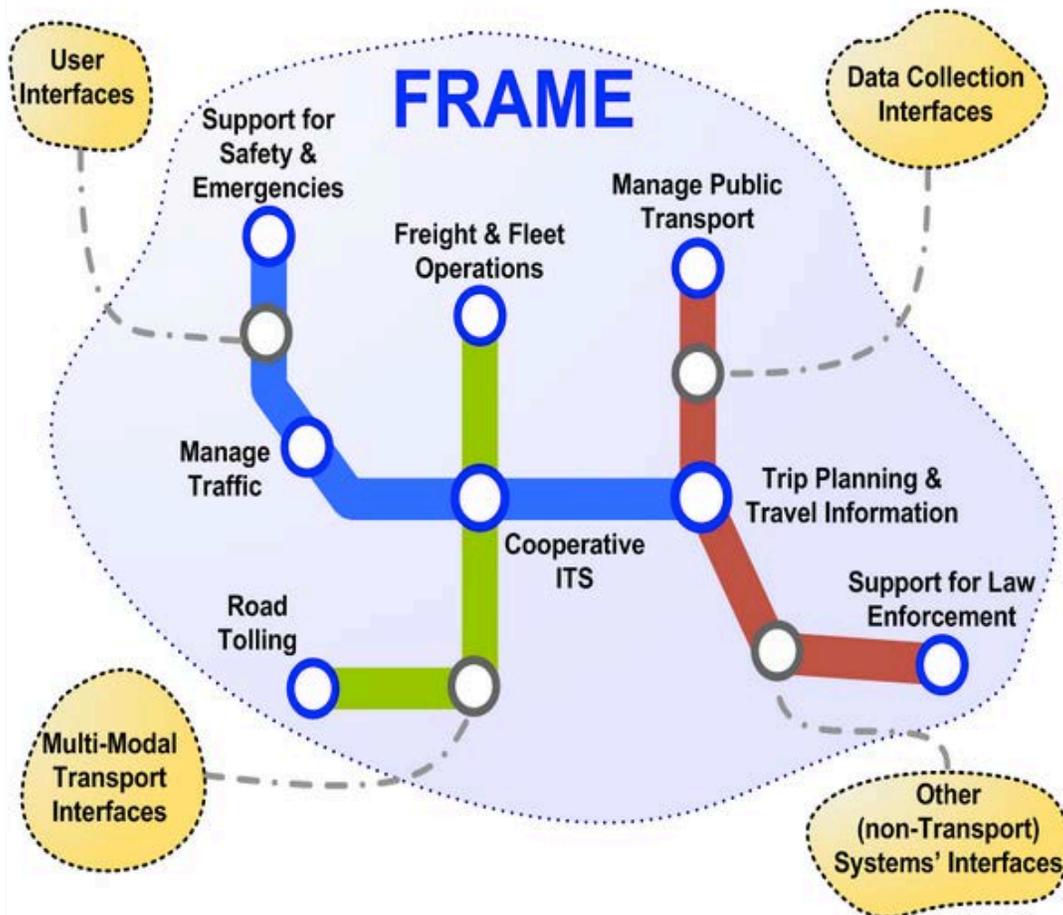


Figura 7. Arquitectura ITS Europea – *FRAME Framework Architecture Made for Europe*. Adaptado de <http://www.frame-online.net/>, 2014.

Según la información disponible en el portal <http://www.frame-online.net/>, la arquitectura FRAME cubre casi todo ITS de Europa, ya que la mayoría de las aplicaciones y servicios que son nombrados en el Plan ITS de Europa, están contenidas en la arquitectura FRAME (ITS, n.d.) .

La arquitectura FRAME es un modelo lógicamente consistente, en el cual se pueden crear subprocesos para usarlos en una arquitectura adaptada a la región que esté implementando ITS. Estas nuevas arquitecturas adaptadas se definen según el siguiente esquema que suministra FRAME, en el que se pueden definir los requerimientos específicos de la región y la tecnología disponible para la implementación de una arquitectura basada en FRAME.

Figura 8. Modelo FRAME para creación de subprocessos ITS

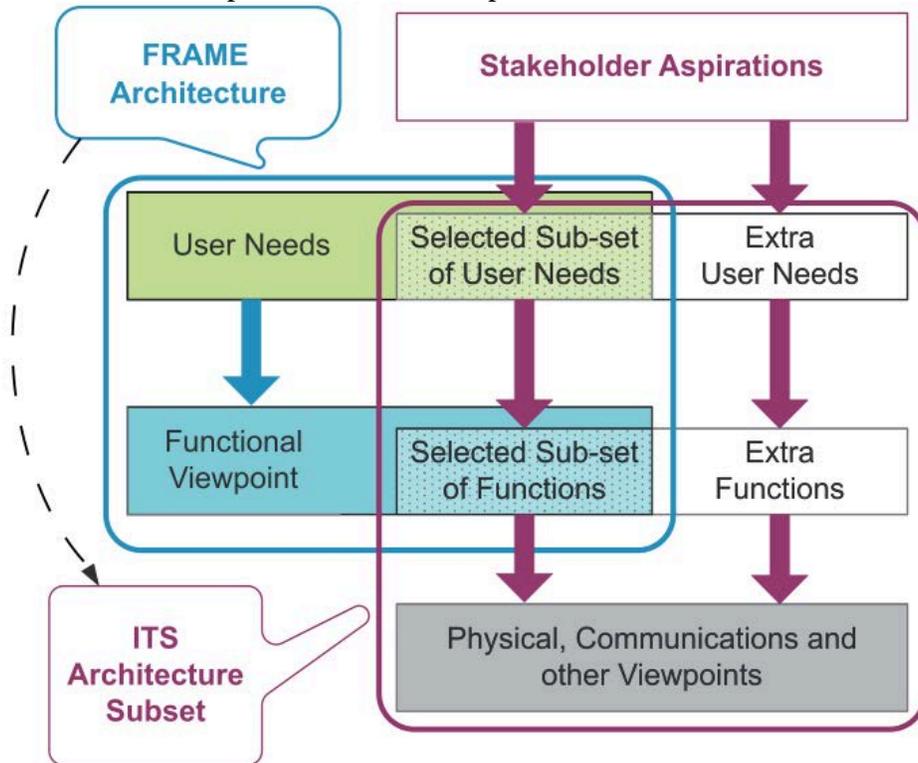


Figura 8. Modelo FRAME para la creación de subprocessos ITS. Adaptado de “FRAME & ITS Action Plan Europe”, 2011.

5.3.1 Alcance de la Arquitectura FRAME.

La arquitectura FRAME cubre las siguientes áreas:

- Recaudo electrónico de la tarifa.
- Notificación y respuesta a emergencias.
- Gestión de tráfico.
- Gestión de transporte público.
- Sistemas para colaboración entre vehículos.
- Sistemas de información al viajero.
- Soporte para cumplimiento de regulaciones.
- Gestión de flota de carga.
- Sistemas de soporte al transporte.
- Interfaces multimodales.

Figura 9. Componentes de una implementación ITS en la perspectiva física.

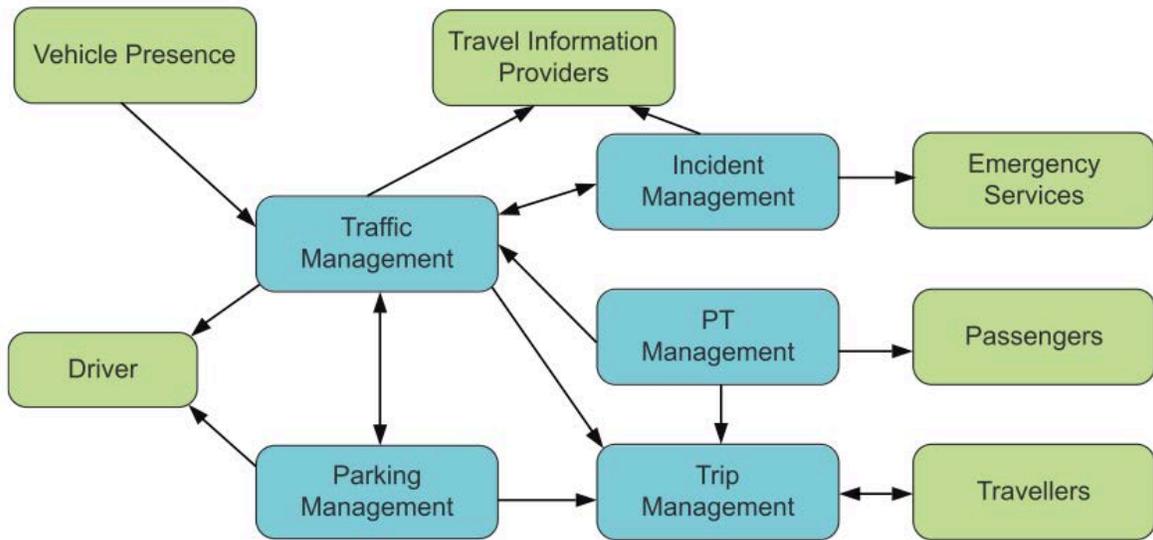


Figura 9. Componentes de una implementación ITS en la perspectiva física. Adaptado de “FRAME & ITS Action Plan Europe”, 2011.

El marco FRAME de la arquitectura ITS de Europa resalta tres puntos de vista que deben ser tenidos en cuenta al la hora de implementar una arquitectura ITS local:

- Comunicaciones: los requerimientos para la comunicación entre los componentes.
- Organizacional: los propietarios y administradores de cada uno de los componentes de la arquitectura.
- Información: Atributos y relaciones usadas entre los componentes de la arquitectura.

Existe un plan de acción para implementar ITS en Europa basados en el marco de referencia FRAME llamado “*Booklet of the E-FRAME Project*”, en este plan se especifican las áreas que comprende el FRAME y cómo debe ser implementado localmente (Project, 2014).

5.4 Arquitectura ITS de Japón

La arquitectura ITS de Japón fue definida en 1999 gracias a los esfuerzos de los ministerios de su gobierno interesado en los ITS, en cooperación con VERTIS (ahora ITS Japón). La arquitectura ITS de Japón tiene como objetivos promover la construcción

eficiente de un ITS integrado, expandible y sostenible; así como también el desarrollo de estándares regionales e internacionales de ITS .

El desarrollo de la arquitectura ITS Japonesa fue guiado por dos principios:

Asegurar que la arquitectura pudiera ser flexible de y acomodarse a las necesidades de los cambios sociales y las tecnologías en constante evolución.

Asegurar que la arquitectura pudiera conducir a un ITS que fuese interoperable y con la capacidad de conectarse con otras partes de los sistemas avanzados de información y comunicación de Japón.

Al igual que los demás sistemas nacionales de arquitectura ITS, la arquitectura Japonesa incluye diversos servicios a los usuarios, posee una arquitectura física lógica y áreas para la creación de estándares ITS. En la tabla 2 se muestran las áreas de desarrollo y los servicios a los usuarios que conforman dicha arquitectura (Ministry of land, infrastructure, 2014).

Tabla 2: Paquetes de servicio al usuario ITS Japón.

Áreas de Desarrollo	Servicios al Usuario
Avances en sistemas de navegación	Provisión de ruta guiada con información de tránsito
	Provisión de información relacionada con el destino
Sistemas electrónicos de recaudo	Recaudo electrónico
Asistencia para conducción segura	Provisión de información de conducción y condición de las vías
	Advertencias de peligro
	Asistencia para conducir
Optimización de la administración de tráfico	Sistemas automatizados de vías rápidas entre regiones
	Optimización de flujo de tráfico
Incremento en la eficiencia de la administración de vías	Provisión de información de restricciones de tráfico en caso de incidentes
	Mejora en el mantenimiento de la operación
	Administración de vehículos comerciales con permisos especiales
	Provisión de información sobre riesgo en la

Áreas de Desarrollo	Servicios al Usuario
	vía
Soporte para transporte público	Provisión de información para transporte público
	Asistencia para las operaciones del transporte público y la administración de su operación
Incrementar la eficiencia de la operación de vehículos comerciales	Asistencia para la administración de la operación de vehículos comerciales
	Regulación automática de vehículos comerciales
Soporte a los peatones	Rutas guiadas para peatones
	Prevención de accidentes vehículo-peatón
Soporte para operaciones de vehículos de emergencia	Notificaciones automáticas de emergencia
	Rutas guiadas para vehículos de emergencia y soporte para actividades de alivio
General	Utilización de información avanzada disponible en la sociedad de información avanzada y telecomunicaciones

Nota: Adaptado de *System Architecture for ITS in JAPAN*, 1999.

Cada área de desarrollo tiene asociados una serie de servicios a los usuarios, los cuales poseen una gran cantidad de servicios y sub-servicios específicos, enfocados en dar respuesta a las diversas necesidades de los ITS.

1. Avances en sistemas de navegación: esta área ofrece dos paquetes de servicios enfocados en:
 - a. Provisión de ruta guiada con información de tránsito: Este paquete de servicios se encarga de proveer toda la información sobre la mejor ruta, las diferentes opciones de rutas, información de tráfico, guía a través de la ruta seleccionada y el intercambio de información en los vehículos que están transitando.
 - b. Provisión de información relacionada con el destino: Suministra información detallada a los usuarios sobre su lugar de destino, disponibilidad de zonas para gente mayor y niños en el lugar de destino,

información y reservas en el sitio de destino e información sobre el clima en el lugar de destino.

2. Sistemas electrónicos de recaudo, esta área se encarga principalmente de la recolección de peajes, tiquetes de parqueo, *ferry* y demás tarifas utilizando el recaudo electrónico, para que dichos pagos puedan ser realizados mientras los usuarios se encuentran en las vías.
3. Asistencia para conducción segura esta área tiene cuatro paquetes de servicios:
 - a. Provisión de información de conducción y condición de las vías que suministra información sobre las condiciones climáticas, el comportamiento de las vías y las condiciones de la superficie de las mismas, obstáculos presentes en las vías, señales de tránsito y demás.
 - b. Advertencias de peligro debido a comportamiento de las vías, vehículos que se encuentren adelante o atrás, conductores peligrosos, obstáculos o peatones; también ofrece advertencias debido a cambios de carril, intersecciones, y unión o separación de carriles.
 - c. Asistencia para conducir a los usuarios para mantener distancias con un vehículo líder y bajo velocidades especificadas, asiste en la detención de los vehículos durante las paradas de emergencia, cuando los vehículos cambian de carril, en intersecciones y unión o separación de carriles; también ofrece asistencia cuando los usuarios conducen bajo condiciones anormales.
 - d. Sistemas automatizados de vías rápidas entre regiones, que provee servicios de viajes automáticos en líneas dedicadas, a través de túneles de gran tamaño, en clima fuerte y cuando se presentan congestiones de tráfico en estas vías rápidas; también ofrece servicios de parqueo automático en el lugar de parqueo.
4. Optimización de la administración de tráfico, tiene los siguientes paquetes de servicios:

- a. Optimización de flujo de tráfico que ofrece asistencia para la planeación de la administración de tráfico, administración de centros de operación, asistencia en políticas de parqueo, avances en la asistencia a los conductores, asistencia para actividades policiales, mantener el orden del y control dinámico de líneas.
 - b. Provisión de información de restricciones de tráfico en caso de incidentes para la administración de tráfico cuando ocurre un desastre, cuando se presentan condiciones atípicas de tráfico o cuando se presenta clima inusual.
5. Incremento en la eficiencia de la administración de vías, cuenta con los siguientes paquetes de servicios:
- a. Mejora en el mantenimiento de la operación que ofrece asistencia en la toma de decisiones involucradas en el levantamiento de algunas restricciones de tráfico, asistencia en la recolección de información cuando ocurre un desastre, proporciona asistencia en la ubicación de vehículos e información de tráfico para la recuperación después de un desastre.
 - b. Administración de vehículos comerciales con permisos especiales que se encargan de mejorar las obras de aprobación para vehículos comerciales con permisos especiales, provee información sobre la disponibilidad de rutas para la operación de estos vehículos, monitorea las operaciones de vehículos sobrecargados y recolecta información sobre la operación de vehículos con carga peligrosa.
 - c. Provisión de información sobre riesgo en la vía que suministra información sobre las restricciones de tráfico y su levantamiento, también provee información sobre desvíos.
6. Soporte para transporte público: esta área se encarga de suministrar información a los usuarios sobre el transporte público para mejorar su calidad por medio de dos paquetes de servicios:

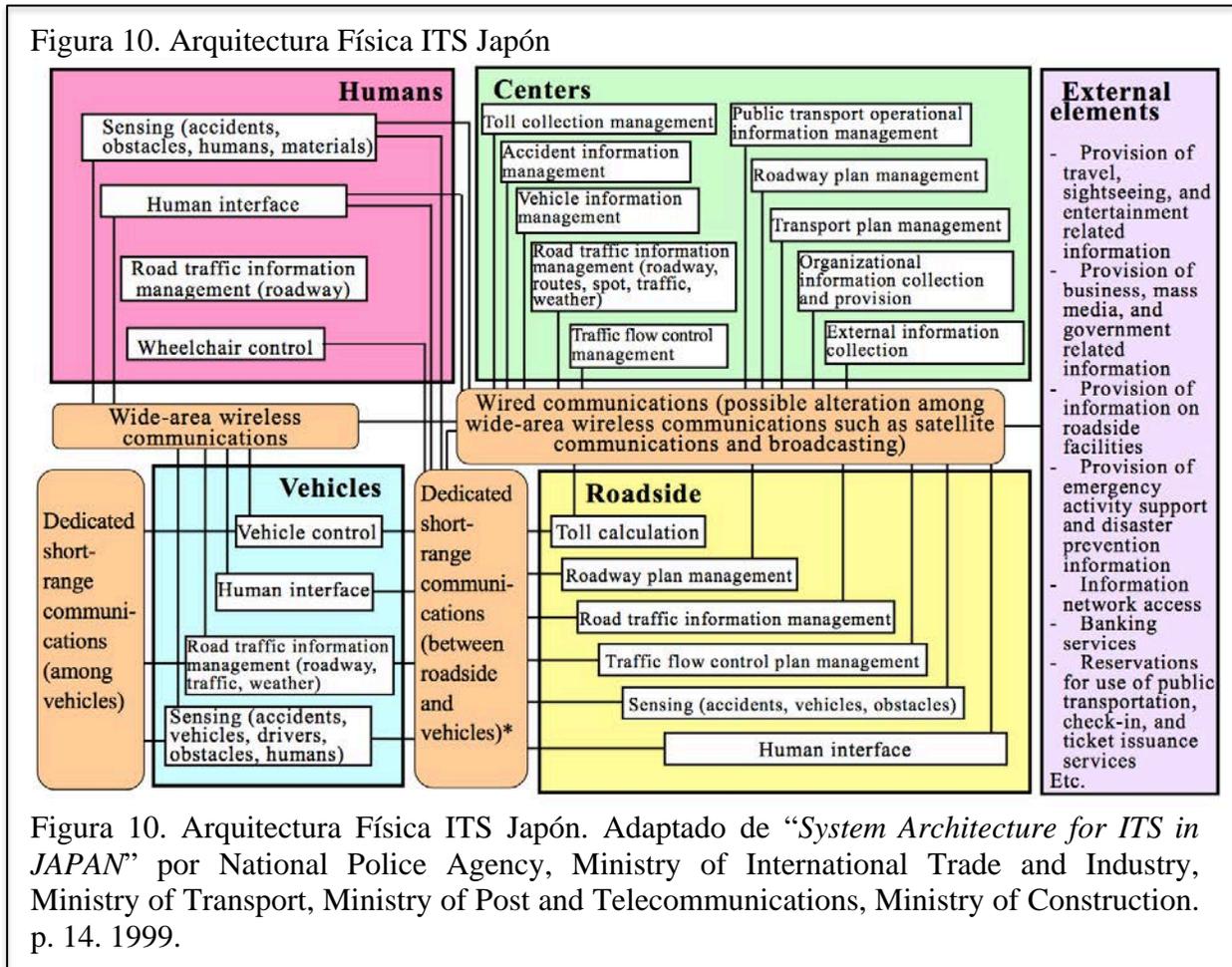
- a. Provisión de información para transporte público que provee información con anticipación sobre el transporte público, los vehículos que se encuentran en ruta, demoras o accidentes de estos vehículos e información sobre diversos servicios de transporte público mientras el usuario se encuentra utilizándolo y la asistencia para la utilización de buses y taxis.
 - b. Asistencia para las operaciones del transporte público y la administración de su operación que ofrece señales de prioridad para buses y tramos, monitorea la operación de líneas dedicadas tales como las especiales para buses o usuarios de rutas expresas de bus, suministra información sobre ocurrencia de emergencias en el transporte público.
7. Incrementar la eficiencia de la operación de vehículos comerciales ofrece información que permite mejorar la operación de los vehículos comerciales mediante los siguientes paquetes de servicios:
- a. Asistencia para la administración de la operación de vehículos comerciales que provee los vehículos comerciales con información sobre el tráfico en las vías y emergencias de vehículos comerciales cuando estas ocurran, también provee información sobre la flota vehicular y otros modos de operación de transporte.
 - b. Regulación automática de vehículos comerciales para implementar la regulación automática de vehículos comerciales en camiones y en camiones en líneas dedicadas.
8. Soporte a los peatones, esta área de desarrollo se enfoca en ofrecer servicios a los peatones para mejorar la seguridad y los tiempos de desplazamiento con los siguientes paquetes de servicios:
- a. Rutas guiadas para peatones que proveen información sobre la ubicación de el peatón y de las instalaciones en las que se encuentra, suministra una ruta guiada para el peatón hasta llegar a su locación de destino, evitando lugares

peligrosos para personas con discapacidades visuales o usuarios en silla de ruedas.

- b. Evitación de accidentes vehículo-peatón que asegura la seguridad de los peatones mediante el control de las señales de control de tráfico, alerta a los peatones sobre vehículos que se aproximan, restringe la velocidad de los vehículos involucrados con peatones, asegura la seguridad en los cruces de los usuarios en silla de ruedas, provee notificación automática de accidentes de peatones e información sobre la posición actual de los usuarios mayores y demás usuarios de forma automática.
9. Soporte para operaciones de vehículos de emergencia, los servicios que ofrece esta área se encuentran contenidos los siguientes paquetes de servicios:
- a. Notificaciones automáticas de emergencia para notificar sobre accidentes y desastres e informar a los vehículos cercanos a el lugar del accidente.
 - b. Rutas guiadas para vehículos de emergencia y soporte para actividades de alivio que se encargan de guiar los vehículos de emergencia a través de las rutas óptimas, controlar las señales de tráfico para dar prioridad a los vehículos de emergencia, informar a los vehículos sobre los vehículos de emergencia que se aproximan, administrar la operación de los vehículos de emergencia y asistir a los vehículos en los procesos de restauración y trabajos de rescate durante los desastres.
10. General: esta área de desarrollo ofrece servicios de información diversa, enmarcados en un gran paquete de servicios:
- a. Utilización de información avanzada disponible en la sociedad de información avanzada y telecomunicaciones que se encargan de suministrar información mientras se viaja sobre tiendas, acceso a la red de información, utilización de servicios bancarios y demás servicios; a su vez permite realizar reservas de transporte desde el hogar, trabajo o incluso mientras se

esta viajando. También se encarga de la coordinación entre las funciones de los ITS con los sistemas avanzados de información disponibles en la sociedad.

La arquitectura ITS de Japón expone la arquitectura física en la que se integran los componentes y actores del sistema, ver Figura 10.



5.5 Arquitectura ITS en Colombia

El Plan Nacional de Desarrollo 2010 -2014 de Colombia (DNP, n.d.) identifica los ITS como parte del esquema de ayudas técnicas y tecnológicas del Ministerio de Infraestructura y Transporte (MIT), además define que el Gobierno nacional desarrollará un Plan Maestro de los ITS, adecuado al contexto y a las características de todos los sistemas

de transporte a escala nacional y urbana, y que establezca el marco general y las estrategias para implementar ITS de una manera coordinada, armónica, eficiente e integrada.

Hasta ahora no existe un plan maestro de ITS para Colombia elaborado por el Gobierno Nacional; la empresa ConSysTec dedicada a la consultoría, desarrollo y aplicación de procesos de ITS, desarrolló un modelo de arquitectura nacional ITS para Colombia (Ver Figura 11), la cual se puede consultar en el link de su portal web <http://www.consystem.com/colombia/web/index.htm> , dicho modelo fue desarrollado en Marzo de 2010 y su última actualización es de Junio de 2010, esta arquitectura es hasta ahora la descripción más amplia de una arquitectura nacional para Colombia, ya que en las principales ciudades como Bogotá y Medellín se evidencian avances hacia la consolidación de un ITS enmarcados principalmente en componentes de hardware como circuitos cerrados de tv, paneles informativos, semaforización inteligente, cámaras de fotodetección y dispositivos de hardware a bordo de los vehículos de transporte público para la gestión de la flota desde un centro de control; Medellín está ejecutando el proyecto Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM), el cual busca enfrentar los inconvenientes de movilidad a través de soluciones tecnológicas; pero no son basados en un plan maestro de ITS y mucho menos en una arquitectura nacional de ITS.

Figura 11. Arquitectura Nacional ITS de Colombia

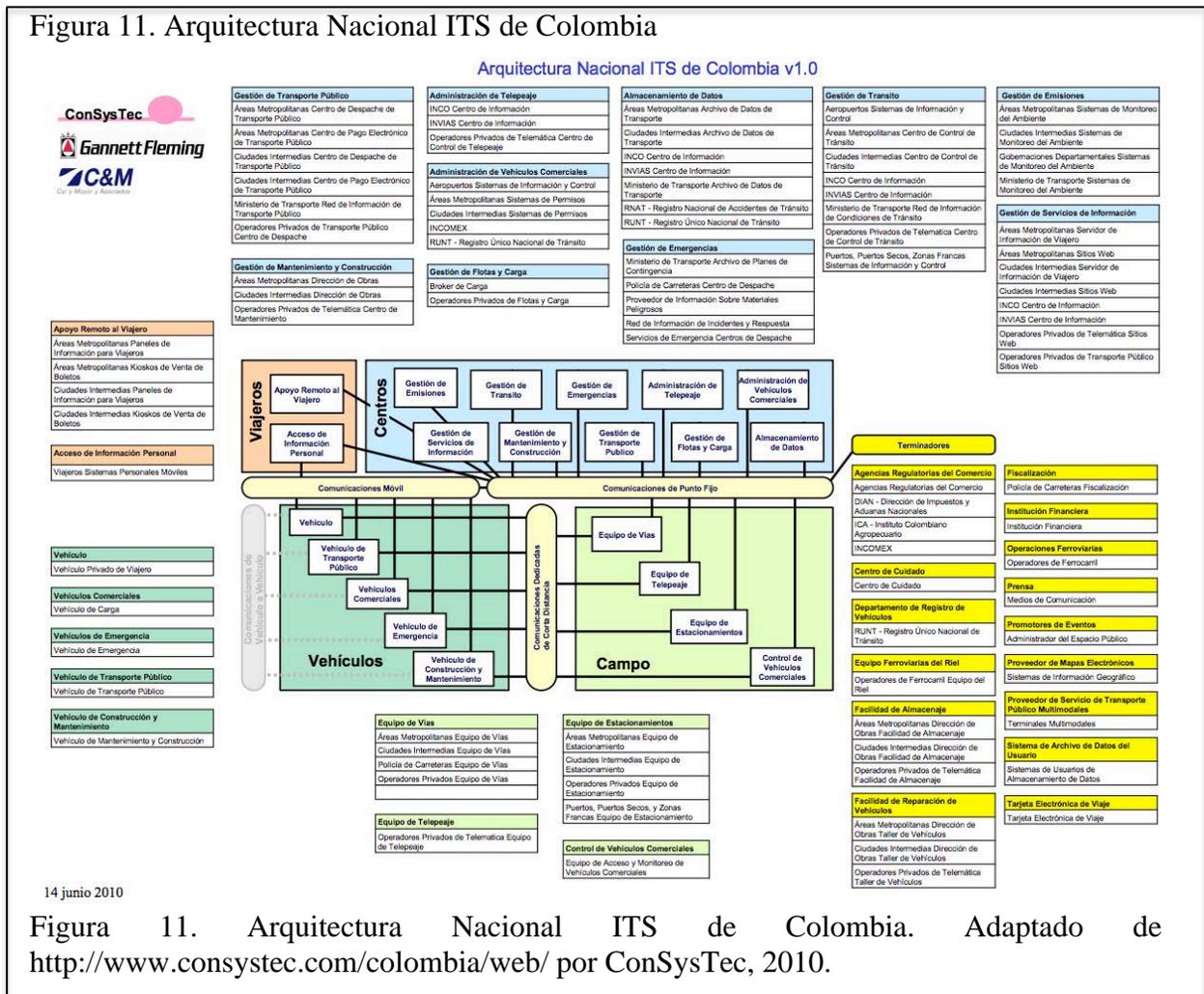


Figura 11. Arquitectura Nacional ITS de Colombia. Adaptado de <http://www.consystec.com/colombia/web/> por ConSysTec, 2010.

5.5.1 Los ITS y el Sistema de Transporte público del Área Metropolitana Centro Occidente

El Área Metropolitana Centro Occidente cuenta con un sistema de transporte que se compone de Transporte Colectivo operado por 7 empresas de transporte colectivo tradicional y un sistema de transporte masivo (SITM) MEGABÚS operado por 2 empresas de buses de tránsito rápido (BRT por sus siglas en inglés de Bus Rapid Transit).

La aplicación de ITS en el SITM del Área Metropolitana Centro Occidente se ha podido adelantar en gran medida gracias a que estos sistemas son mucho más organizados y estandarizados que las empresas de transporte colectivo tradicional, sin embargo los adelantos de ITS en el SITM se ha podido replicar en varias de las empresas de transporte colectivo, es el caso de soluciones de gestión de flota y plataformas de información al

usuario que se han implementado en INTEGRA S.A. una de las empresas operadoras del SITM del AMCO y también en la COOPERATIVA SAN FERNANDO, URBANOS PEREIRA y SUPERBUSES estas últimas operadoras de transporte colectivo.

Las soluciones implementadas son InnoBUS Masivo e InnoBUS Colectivo como soluciones para la gestión de la flota, y como soluciones de información al usuario está InnoBUS ATIS que se puede encontrar en el portal disponible al público www.miruta.net , allí los usuarios pueden planear su viaje seleccionando un punto de origen y otro de destino, además pueden encontrar la información de las rutas disponibles de diferentes modos de transporte en el AMCO, estos desarrollos de software hasta ahora adelantados por la Asociación de Empresas de Transporte Urbano del Área Metropolitana Centro Occidente “ASEMTUR” son los avances a la consolidación de un APTS (Giraldo, Marín, & Orrego, 2014).

En la Secretaría Municipal de Tránsito cuentan con adelantos relacionados con el control y la gestión de tráfico, específicamente un sistema de semaforización inteligente en toda la ciudad de Pereira; grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira han profundizado en este tema, desarrollando proyectos de simulación de tráfico apoyados en el sistema de semaforización inteligente.

Aunque en el AMCO existen adelantos que aportan a la consolidación de un ITS, no están soportado en una arquitectura ITS local como marco general para aplicar estrategias de implementación de ITS de una manera coordinada, armónica, eficiente e integrada, como lo dispone el PND de 2014 (DNP, n.d.).

La Figura 12 representa la arquitectura física del sistema de transporte actual en el AMCO, en esta se identifican los actores del sistema y la comunicación entre estos.

Figura 12: Arquitectura física de sistema de transporte en el AMCO

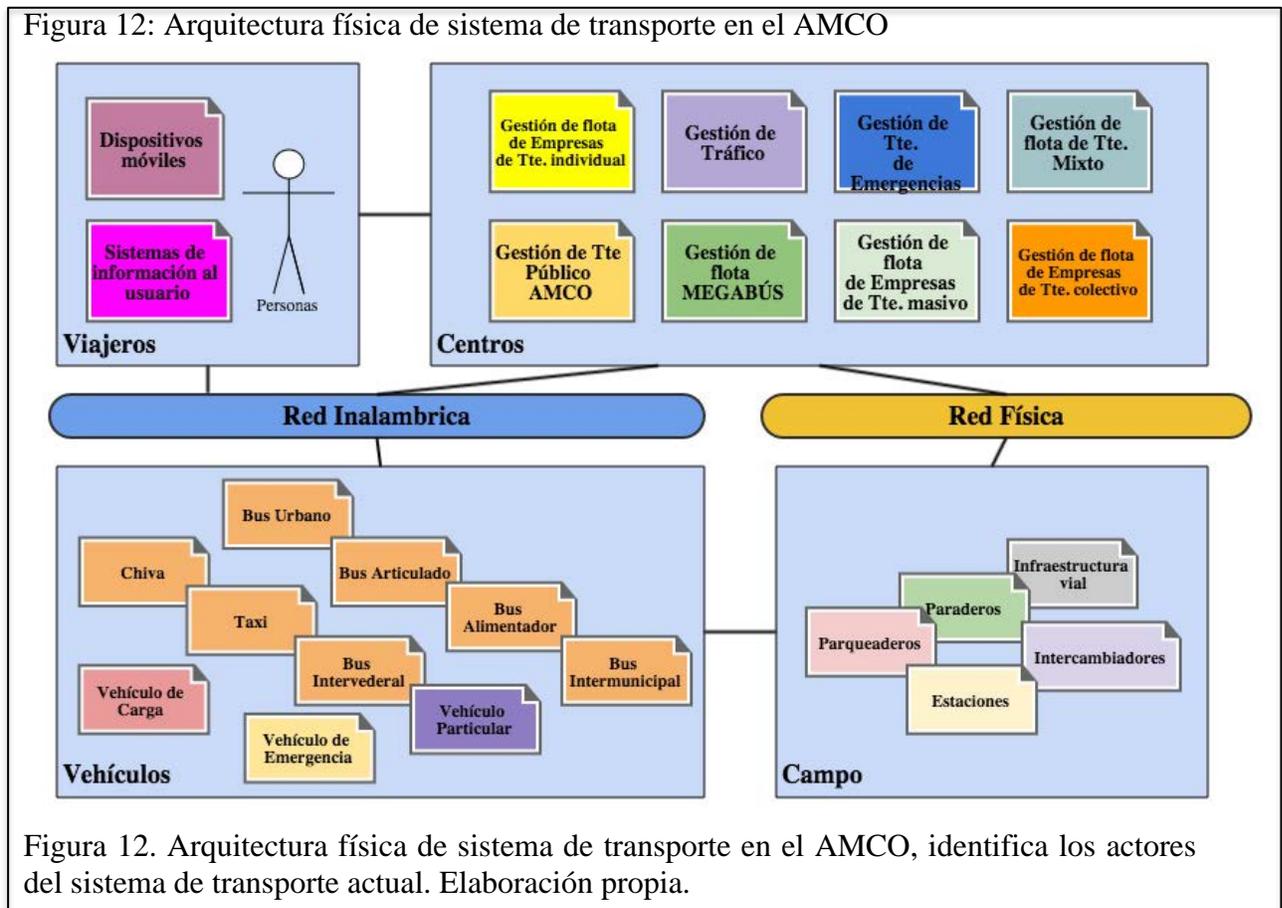


Figura 12. Arquitectura física de sistema de transporte en el AMCO, identifica los actores del sistema de transporte actual. Elaboración propia.

5.6 Cimientos para la ejecución de una arquitectura empresarial

Según (Jeanne Ross, Peter Weill, 2006) el objetivo de definir un marco o arquitectura TI en una organización es identificar explícitamente los cimientos para la ejecución de proyectos que automatizan las capacidades fundamentales de la organización, estos cimientos se construyen seleccionando los sistemas de información y los procesos que se deben integrar. Los cimientos para la ejecución son, ver figura 11:

Figura 13. Cimientos para la ejecución.

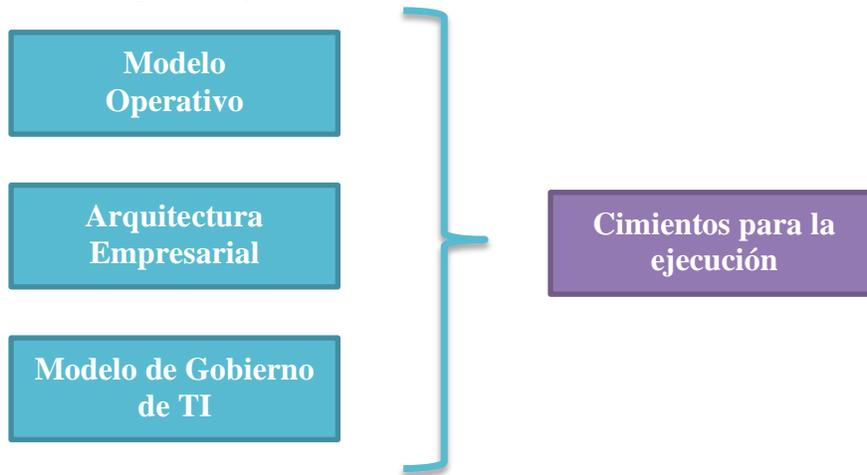


Figura 13. Cimientos para la ejecución, en los que se identifican el modelo operativo, la arquitectura empresarial y el modelo de gobierno de TI. Adaptado de (Jeanne Ross, Peter Weill, 2006)

5.6.1 Modelo Operativo

El modelo operativo es el nivel necesario de integración y estandarización de los procesos para entregar bienes y servicios a los clientes. La integración habilita los procesos de principio a fin al mismo tiempo que los presenta de una manera simple al cliente.

5.6.2 Arquitectura Empresarial

Es la lógica que organiza los procesos y la infraestructura TI de acuerdo al modelo operacional reflejando los requerimientos de estandarización e integración de la organización. La arquitectura empresarial provee una amplia visión de los procesos, sistemas y tecnologías para desarrollar proyectos que aumenten las capacidades de la organización y no solo aportar soluciones inmediatas. Al implementar una arquitectura empresarial, una organización puede recorrer 4 etapas: Silos de negocios, tecnología estandarizada, arquitectura *core* optimizada y arquitectura de negocio modular.

5.6.3 Modelo de Gobierno de TI

El modelo de gobierno de TI define mecanismos que aseguran que los proyectos de negocio logren sus objetivos. El modelo de gobierno de TI se encarga de influenciar que decisiones de proyectos sean guiadas por la arquitectura empresarial.

5.7 Beneficios de definir una arquitectura empresarial

Al definir una arquitectura empresarial se identifican procesos, datos tecnologías e interfaces de usuarios que permiten traer el modelo operacional de la organización a una realidad y además permite comunicar de una manera clara los requerimientos de alto nivel de los diferentes procesos de negocio y TI de una organización.

La definición de una arquitectura empresarial facilita la planeación de proyectos futuros alineados a las necesidades de mediano y largo plazo de la organización.

5.7.1 Costos reducidos de TI

La implementación de una arquitectura empresarial permite reducir los costos a la hora de implementar TI, ya que los costos unitarios de servicios como el acceso a la red, la mesa de ayuda, el correo electrónico, entre otros, pueden disminuir; la reducción de los costos también se da en el mantenimiento de aplicaciones.

5.7.2 Mejores tiempos de respuesta

Al estandarizar la tecnología en una organización es posible mejorar los tiempos de respuesta dado que los ejecutivos de TI usan menos tiempo eligiendo tecnología para nuevos proyectos y menos tiempo atendiendo problemas inesperados, así mismo los se reducen los tiempos de nuevos desarrollos.

5.7.3 Mejor administración del riesgo

Implementar una arquitectura empresarial de TI permite la planeación estratégica de tecnología y por lo tanto facilita la administración del riesgo, mejorando la tolerancia al desastre y administrando mejor la seguridad de la información.

5.8 El método

Figura 14. Método para implementar la arquitectura empresarial.

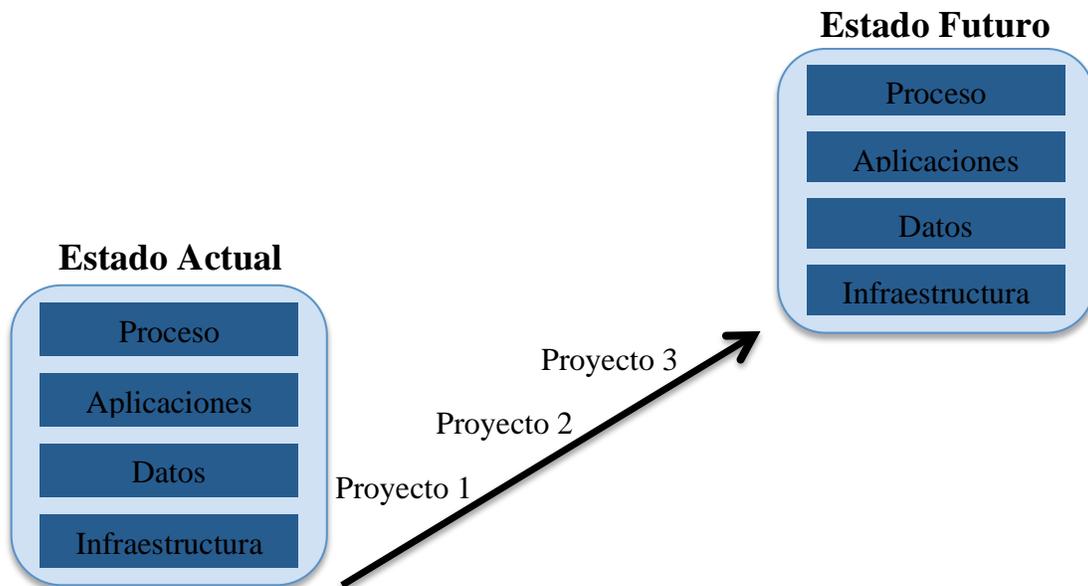


Figura 14. Método para implementar la arquitectura empresarial. Adaptado de Asignatura Arquitecturas Empresariales de la Universidad ICESI de Cali. 2014.

El método que *Ross et al* proponen para generar una arquitectura empresarial detallada de TI, consiste en identificar el estado actual de los procesos, aplicaciones, datos y la infraestructura TI de la organización, definir el estado o modelo objetivo y por medio del desarrollo de proyectos de TI, ir desde el estado actual de la arquitectura TI hasta el modelo objetivo como se describe en la Figura 14.

6 ARQUITECTURA EMPRESARIAL PROPUESTA

La arquitectura empresarial que propone este proyecto provee un marco para planear, programar e implementar los Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS) como parte de los Sistemas Inteligentes de Transporte, acorde a la revisión del marco teórico para el desarrollo de este proyecto, la arquitectura de referencia seleccionada es la arquitectura ITS de Estados Unidos la cual se puede adaptar para generar un modelo general para Colombia y específicamente para el AMCO.

6.1 Puntos de vista de la arquitectura empresarial

La arquitectura se compone de dos capas técnicas o puntos de vista (Capa institucional y Capa de transporte) que deberán operar en el contexto institucional actual del AMCO, y una tercera capa, la de comunicaciones que soporta la conexión entre las dos primeras. Ver Figura 13.

Figura 15. Capas de Arquitectura ITS



Figura 15. Representación de las tres capas que componen una arquitectura ITS. Elaboración propia.

6.1.1 La capa institucional

La capa institucional incluye las instituciones, políticas, mecanismos y procesos que se requieren para implementar y mantener un Sistema Avanzado de Transporte Público; esta capa es la base de la arquitectura propuesta ya que comprende las entidades encargadas de la toma de decisiones efectivas para el sistema, en esta capa se desarrollan los objetivos y requerimientos para establecer un ITS, se definen las políticas que se componen de procesos para las empresas de transporte que al acatar estos procesos prestan el servicio público de transporte a los ciudadano del AMCO.

Las instituciones.

- Ministerio de Transporte

Es el organismo del Gobierno Nacional que tiene como objetivo primordial “la formulación y adopción de las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo y la regulación técnica de transporte y tránsito de los modos carretero, fluvial y férreo.”. (artículo 1º del decreto 087 de 2011). El Ministerio de transporte tiene dentro de sus funciones generar una política de implementación de ITS en Colombia, y acorde a esta política se deben articular los proyectos de ITS de cada región.

- Departamento Nacional de Planeación

Es una entidad que se encarga de impulsar la implantación de una visión estratégica en los aspectos sociales, económicos y ambientales mediante el diseño, orientación y evaluación de las políticas públicas del país, el manejo y asignación de la inversión pública y la transformación de las mismas en planes, programas y proyectos del Gobierno. El Departamento Nacional de Planeación desde el año 2010 viene trabajando en un “Plan ITS” para Colombia, según el FORO ITS desarrollado el pasado 23 de Octubre en la Ciudad de Bogotá, el DNP está desarrollando un documento Conpes el cual contendrá este “Plan ITS”.

- Alcaldías (Pereira, La Virginia y Dosquebradas).

Es la autoridad que se encarga de hacer cumplir las normas relacionadas con licencias de construcción, uso del suelo, tarifas de parqueadero, funcionamiento de establecimientos comerciales, reparación y mantenimiento de las vías y una serie de servicios a la comunidad como asesorías legales y jurídicas. La misión de la alcaldía de Pereira es “Formular directrices de desarrollo de la ciudad de Pereira para que le permita al sector público y privado visualizar una imagen objetivo de ciudad deseada, proyectando el futuro y actuando ordenadamente para alcanzarlo”.

Pereira, La Virginia y Dosquebradas son ciudades en las que el transporte público de pasajeros hace parte vital para el desarrollo de cada una, y por lo tanto por medio del AMCO existen oportunidades de desarrollar proyectos enfocados en ITS que pueden traerle grandes beneficios a dichas ciudades.

- El AMCO

El Área Metropolitana Centro Occidente (AMCO) es la primera entidad encargada de la gestión de transporte en Pereira, La Virginia y Dosquebradas la cual tiene por misión "Propender por el desarrollo armónico, coordinado y sostenible de los municipios que la conforman, mediante la planeación, la gestión y ejecución de proyectos con impacto metropolitano que la conduzcan a su fortalecimiento y consolidación territorial. Este compromiso se fundamenta en el respeto por la autonomía municipal, la concertación, el interés ciudadano y el liderazgo institucional de todo el equipo de trabajo comprometido por el desarrollo de la ciudad región". (extraído de <http://amco.gov.co/contenido-mision-y-vision-108.html> el 20 de noviembre de 2014).

El AMCO como primera autoridad de transporte ha identificado la necesidad e implementación de tecnología en el sector y por lo tanto su administración se ha mostrado muy receptiva a la implementación de proyectos ITS que aumenten la eficiencia y eficacia del transporte.

- ASEMTUR

Es la Asociación de Empresas de Transporte Urbano Colectivo y Masivo del Área Metropolitana del Centro Occidente que consolida como ente gremial, las expectativas de desarrollo de sus asociadas, mediante mecanismos de gestión que garantizan su continuo crecimiento, el respaldo a sus derechos cumpliendo con la normatividad vigente; unificando criterios administrativos y operativos, bajo los principios de democracia, equidad y proyección social.

ASEMTUR se ha destacado por el desarrollo de proyectos de tecnología aplicados a sus empresas de transporte asociadas, es así como hoy el AMCO cuenta con algunos de los servicios que debe proveer un APTS.

- MEGABÚS

Es una empresa en su totalidad pública que se encarga del control, planeación y gestión del sistema de transporte masivo de Pereira, La Virginia y Dosquebradas denominado MEGABÚS, se dedica al servicio de transporte público masivo de pasajeros en el Área Metropolitana Centro Occidente, busca operar bajo condiciones de seguridad, confiabilidad, eficiencia y economía; garantizando su sostenibilidad y rentabilidad social, ambiental y económica, y contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población del AMCO.

Políticas.

- Política nacional de transporte

El documento Conpes 3260 “Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo” presenta la política del Gobierno Nacional para impulsar la implantación de sistemas integrados de transporte masivo SITM en las grandes ciudades y áreas metropolitanas del país para fortalecer la capacidad institucional para planear y gestionar el tráfico y transporte, con el propósito de incrementar su calidad de vida y productividad, e impulsar procesos integrales de desarrollo urbano, dentro de un marco de eficiencia fiscal que promueva nuevos espacios para la participación del sector privado en el desarrollo y operación del transporte urbano de pasajeros (MinHacienda., 2003).

El PND 2010 – 2014 define la política de transporte urbano y movilidad en varios frentes. Ver figura 16.

Figura 16. Política de transporte urbano y movilidad



Figura 16. Política de transporte urbano y movilidad. Adaptado de (Lota, n.d.).

- Política de transporte en el AMCO

El acuerdo No. 017 de 2001 define el AMCO como única autoridad de transporte terrestre automotor colectivo, individual y mixto (AMCO, 2001). Por medio de este acuerdo el AMCO como única autoridad de transporte delega en las empresas de transporte de la región, las responsabilidades que se desprenden de la política de transporte urbano y movilidad.

Figura 17. Capa institucional Arquitectura APTS

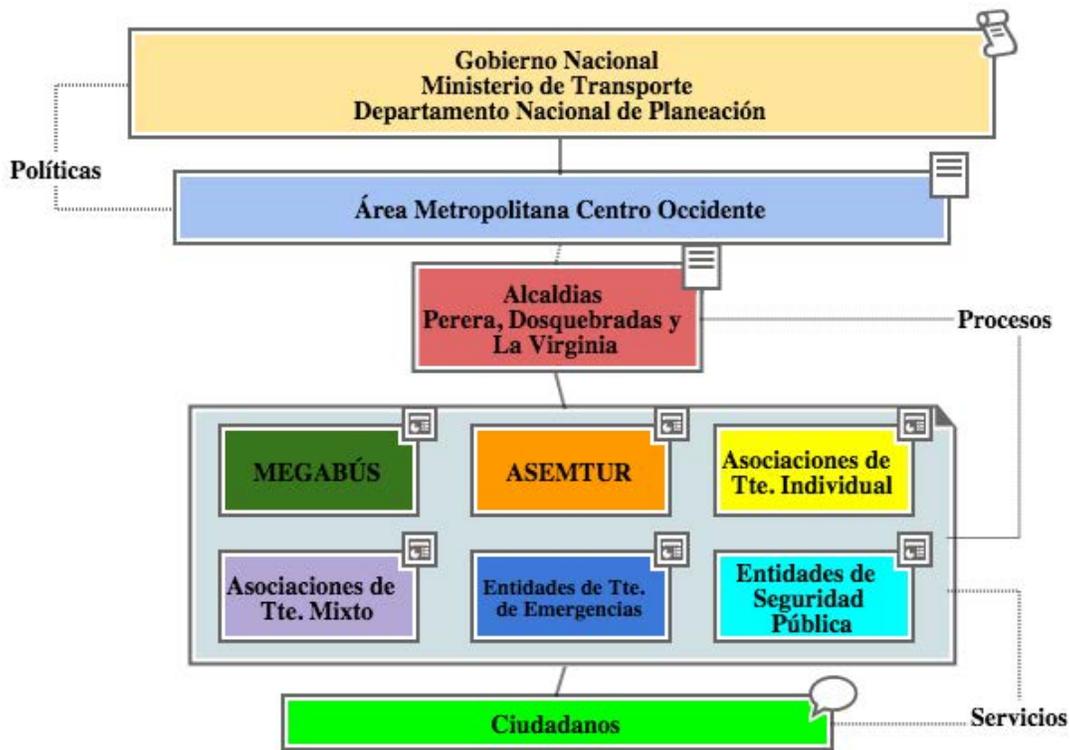


Figura 17. La Capa Institucional de la arquitectura representa las instituciones, políticas y procesos que harán parte del APTS. Elaboración propia.

6.1.2 La capa de Transporte

La capa de transporte comprende los sistemas o interfaces que aportan soluciones de transporte, allí también se define las funcionalidades y la información requerida para cada servicio de transporte, esta capa es la más importante de un Sistema Avanzado de Transporte Público como parte de los ITS, ya que provee un marco para implementar tecnología consistente a las necesidades de la región o país.

En la capa de transporte también se definen los elementos que representan los otros sistemas, personas y condiciones físicas con los que el sistema de transporte deba tener alguna interface. Se incluyen también terminadores que permiten visualizar el contexto de la arquitectura y lo que es considerado fuera del alcance de la misma.

Acorde al estudio del marco teórico las entidades en la capa de transporte generalmente se agrupan en cuatro clases, Centros, Campo, Vehículos y Viajeros:

Centros

En la clase de centros se encuentran las entidades que proveen la gestión, administración y soporte de las funciones del sistema de transporte. Cada centro debe poder comunicarse con los otros para coordinar entre los diferentes modos de transporte al mismo tiempo que se deben comunicar con el campo y los vehículos para obtener y proveer información.

Los centros identificados para el sistema de transporte del AMCO son:

- Centro de gestión de transporte público del AMCO.
- Centro de gestión de flota de MEGABÚS.
- Centro de gestión de flota de empresas operadoras de transporte Masivo
- Centro de gestión de flota de empresas operadoras de transporte Colectivo.
- Centro de gestión de flota de transporte individual.
- Centro de gestión de flota de transporte mixto.
- Centro de gestión de tráfico.
- Centro de gestión de transporte de emergencias.

Campo

En esta clase se agrupan las entidades que proveen interface directa a las vías, vehículos en la vía o a transeúntes. Las entidades del sistema de transporte del AMCO que deben agruparse en esta clase son:

- Infraestructura vial

Son todos los elementos que permiten un desplazamiento vehicular de un punto a otro de manera segura, incluyendo las vías urbanas e interurbanas.

- Paraderos de transporte público de pasajeros

Son espacios públicos destinados a recibir los usuarios del sistema de transporte que se encuentran a la espera de un bus con cierta ruta que lo llevará a su destino.

- Parqueaderos

Son lugares destinados para estacionar vehículos. Los parqueaderos pueden ser públicos o privados.

- Estaciones

Son espacios públicos destinados para recibir usuarios del sistema de transporte mientras estos esperan por un bus que los lleve a su destino, a diferencia de los paraderos, en las estaciones es necesario realizar el pago del viaje para poder ingresar y adicionalmente estas ofrecen servicios de recarga de las tarjetas viajeras. A las estaciones llegan exclusivamente buses articulados

- Intercambiadores

Son espacios públicos similares a las estaciones, su diferencia radica en la llegada de buses articulados y alimentadores, lo que le brinda a los usuarios una mayor cantidad de rutas para llegar a sus destinos finales.

Vehículos

En esta clase se incluyen todo tipo de vehículo que haga parte del sistema de transporte, especialmente los vehículos que comparten información sobre su localización, estado e incluso información sobre las vías.

Los tipos de vehículos identificados en el sistema de transporte del AMCO son:

- Vehículo particular.

Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización, de personas, animales o cosas. (artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002)

- Vehículo de emergencia.

Vehículo automotor debidamente identificado e iluminado para transitar a velocidades mayores que las reglamentadas con objeto de movilizar personas afectadas en salud, prevenir o atender desastres o calamidades, o actividades policiales, debidamente

registrado como tal con las normas y características que exige la actividad para la cual se matricule. (artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002)

- Camión.

Vehículo automotor que por su tamaño y destinación se usa para transportar carga. (artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002).

- Bus.

Vehículo automotor destinado al transporte colectivo de personas y sus equipajes, debidamente registrado conforme a las normas y características especiales vigentes. (artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002). Dentro del AMCO se identifican varias clases de buses, de acuerdo a el servicio que presan.

- Intermunicipal: Transporte de pasajeros entre municipios.
- Alimentador: Transporte de pasajeros desde y hacia las estaciones troncales del sistema.
- Bus articulado: Transporte de pasajeros entre estaciones troncales. Se caracterizan por tener dos secciones de tipo módulo.
- Urbano: Transporte de pasajeros exclusivamente dentro de la ciudad.
- Interveredal: Transporte de pasajeros entre las veredas del AMCO.

- Taxi.

Vehículo automotor destinado al servicio público individual de pasajeros. (artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002).

- Chiva.

Vehículo automotor destinado al transporte simultáneo de personas y carga o mercancías, con carrocería de madera y silletería compuesta por bancas transversales. (Artículo 5 del decreto 4190 de 2007)

Viajeros

Esta clase incluye los dispositivos móviles personales y los sistemas dirigidos al usuario, que son operados por los viajeros que hacen uso del sistema de transporte y los viajeros que no usan ningún dispositivo o sistema de información pero hacen uso del sistema de transporte, estos son:

- Personas

Son todos los usuarios del sistema de transporte.

- Computadoras portátiles

Es una computadora pequeña, con un bajo peso, que puede ser transportada y no necesita estar permanentemente conectada a una red eléctrica para su funcionamiento; lo cual ofrece una autonomía considerable.

- Teléfonos inteligentes

Es un teléfono celular que posee un sistema operativo el cual permite ejecutar diversas aplicaciones, motivo por el cual puede navegar en internet, consultar correo electrónico, tener acceso a las redes sociales, tomar y editar fotos, jugar, entre otras. Se caracterizan por tener un teclado QWERTY, es decir que sus teclas están dispuestas de la misma manera que en un teclado de computador.

- Tablet

Es un dispositivo electrónico portátil, es decir que no requiere estar permanentemente conectado a una red eléctrica para funcionar, que se caracteriza por tener una pantalla táctil con la cual se controlan todos los aspectos del sistema. Este dispositivo puede realizar gran cantidad de las tareas que realizan los computadores personales como navegar en internet, consultar correo electrónico, reproducir videos, jugar, funcionar como un GPS y algunas otras que un computador personal no puede hacer.

- Sistemas de información al usuario

Es un portal con toda la información sobre el sistema de transporte, el cual se encuentra a disponible para el uso de los viajeros y posee la información pertinente para realizar la planeación de su viaje.

Figura 18. Capa de transporte Arquitectura APTS

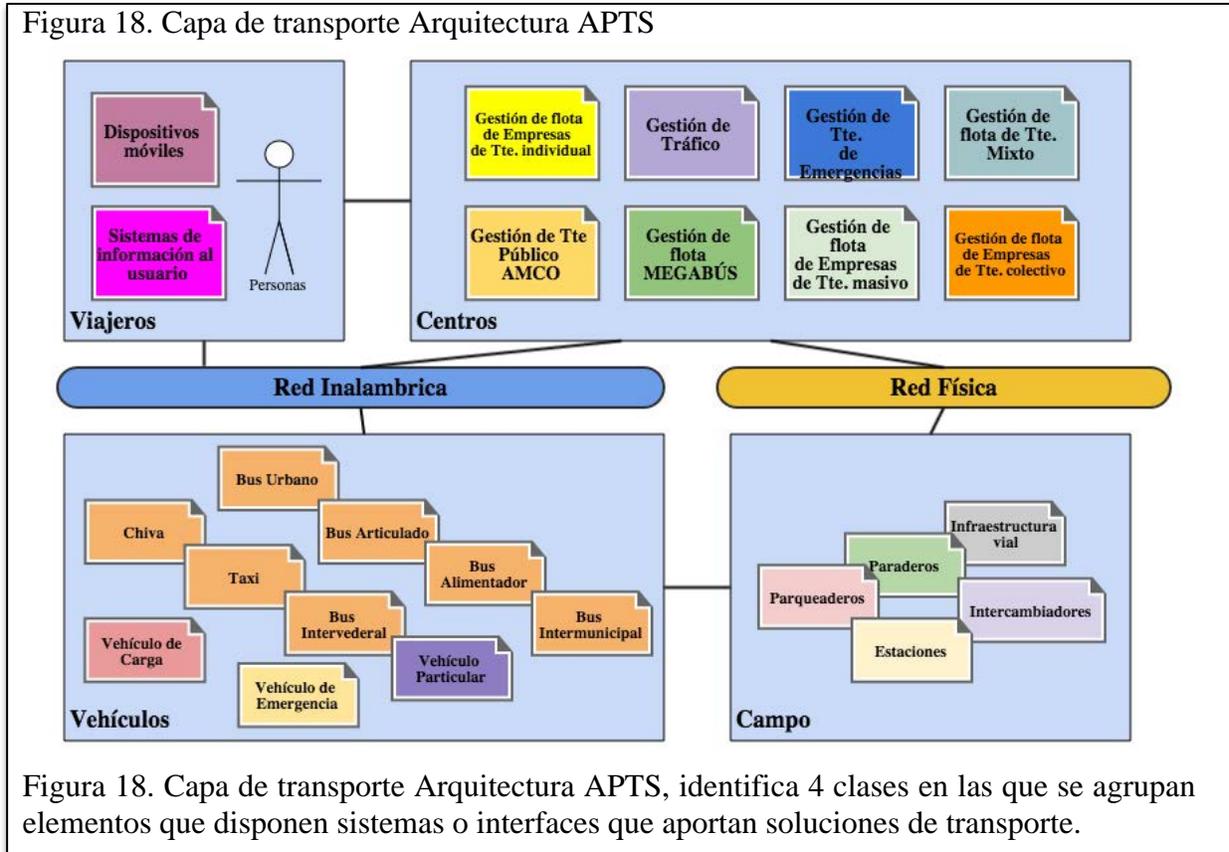


Figura 18. Capa de transporte Arquitectura APTS, identifica 4 clases en las que se agrupan elementos que disponen sistemas o interfaces que aportan soluciones de transporte.

6.1.3 La capa de comunicación

La capa de comunicación provee un marco que conecta el transporte y las telecomunicaciones para facilitar la implementación de los servicios de usuario de los ITS.

Identifica 4 principales tipos de comunicación que soportan las comunicaciones requeridas en todo el ITS, estas son Comunicación con vehículos, Comunicaciones de punto fijo, Comunicación entre vehículo y Comunicación inalámbrica Ver Figura 19:

Comunicación con vehículos

Comprende un canal de comunicación inalámbrica desde la infraestructura vial más próxima hacia los vehículos; esto permite la localización específica de los vehículos y la

comunicación de situaciones relevantes del ITS en cuestión, como la proximidad de peajes, estado de tránsito e información del conductor.

Comunicaciones de punto fijo

En este tipo de comunicación se incluyen los canales de comunicación entre las entidades pertenecientes al ITS, estos canales soportan el monitoreo y mantenimiento de los servicios del ITS. Aunque la topología recomendada es la de punto a punto, esto dependerá del flujo de información de la capa de transporte.

Comunicación entre vehículos (V2V)

Comprende la comunicación inalámbrica de corto alcance entre vehículos que soportan esta tecnología, esto permite evitar colisiones, compartir información de la vía y una coordinación activa entre los sistemas avanzados de control de vehículos.

Comunicación inalámbrica

Comprende un sistema inalámbrico de amplia cobertura que permite la comunicación con los vehículos y con los dispositivos móviles de los viajeros en cualquier ubicación dentro o fuera de la vía, estas comunicaciones se pueden presentar en una sola dirección (Broadcast) o en ambas (Interactiva).

Figura 19. Capa de Comunicación Arquitectura APTS

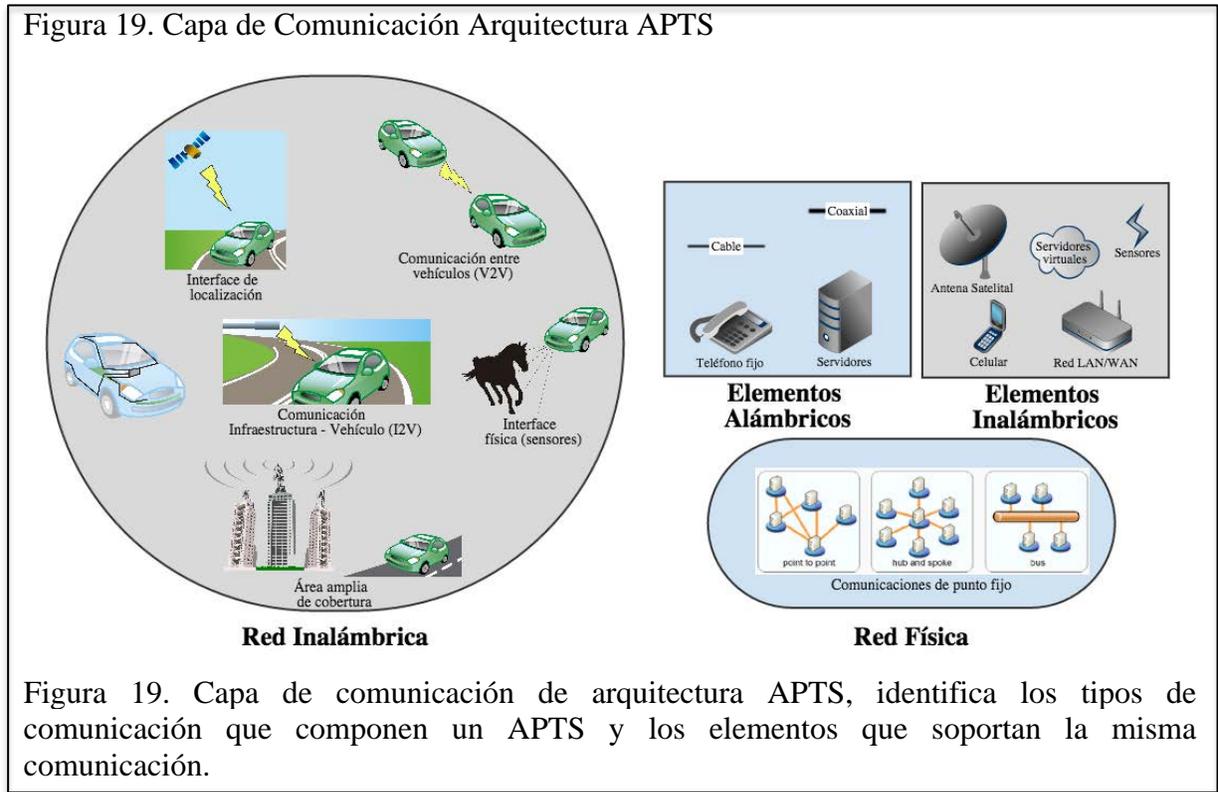


Figura 19. Capa de comunicación de arquitectura APTS, identifica los tipos de comunicación que componen un APTS y los elementos que soportan la misma comunicación.

6.2 Diagrama Único de Arquitectura TI para el APTS en el AMCO

Luego de identificar las capas y los paquetes de servicio del APTS, se propone un modelo de arquitectura TI unificado para reflejar la lógica de los procesos de negocio y la infraestructura TI, dejando una visión global que permitirá en proyectos futuros la identificando los requerimientos de integración y estandarización del modelo propuesto.

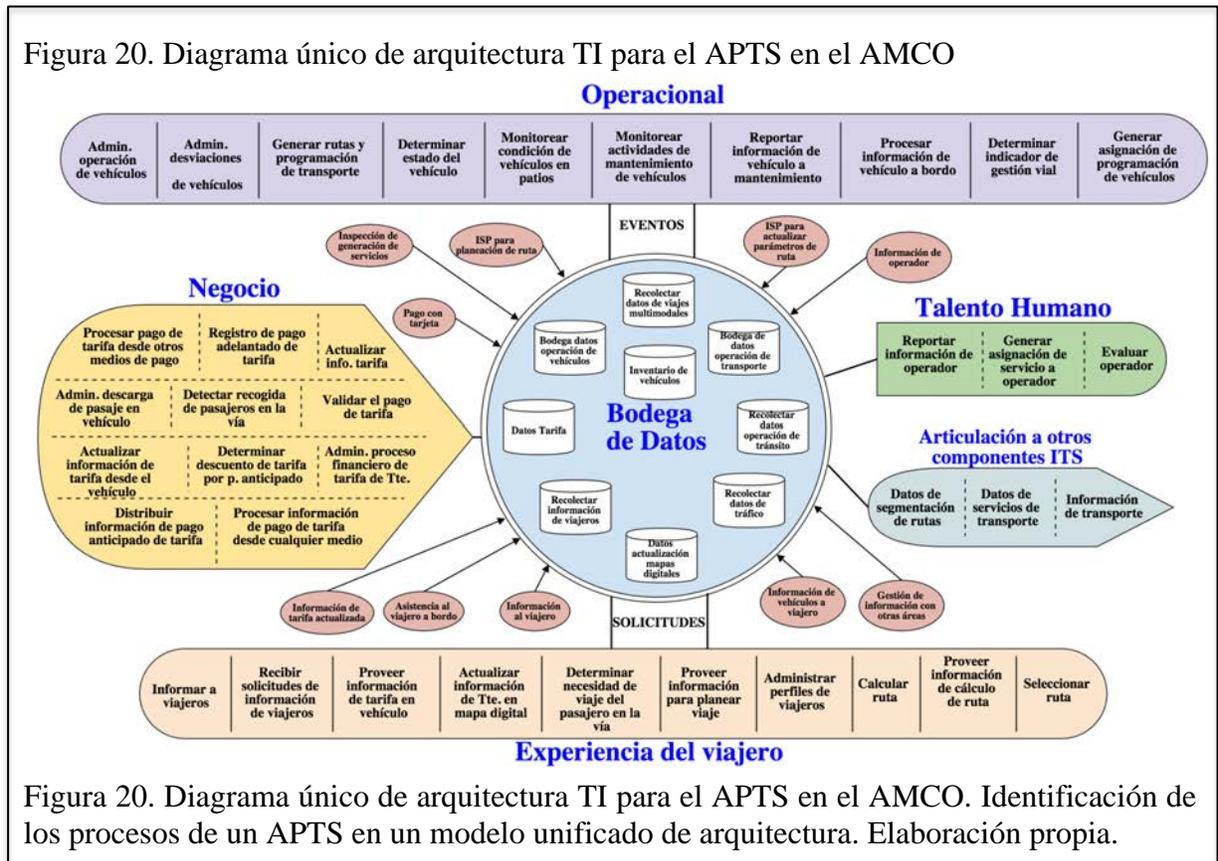


Figura 20. Diagrama único de arquitectura TI para el APTS en el AMCO. Identificación de los procesos de un APTS en un modelo unificado de arquitectura. Elaboración propia.

Este diagrama (Ver Figura 20) representa un modelo operativo unificado que agrupa los procesos acorde a su área de acción (Operacional, Negocio, Talento Humano, Experiencia del viajero y Articulación a otros componentes ITS), así mismo los procesos encargados de suministrar alguna interface entre el sistema y el usuario del mismo (ovalos rosados). El diagrama de arquitectura permite comunicar los requerimientos de alto nivel de los procesos necesarios en el APTS, identificando las tecnologías clave para la automatización de los mismos y así soportar los servicios necesarios para la estrategia de implementación del APTS. Los paquetes de servicio que componen el APTS son los siguientes:

6.2.1 Paquetes de servicio que brindará la arquitectura propuesta

Para proveer cada servicio, se deben relacionar varios subsistemas, equipos, terminales y funcionalidades, por lo que se denominan paquetes de servicios que en conjunto suplen las necesidades del sistema de transporte, se proponen entonces los siguientes paquetes de servicio para el APTS del AMCO:

6.2.1.1 APTS01 - Monitoreo de vehículos de transporte

Este paquete de servicio es el encargado de monitorear los vehículos en tiempo real haciendo uso de un sistema de georeferenciación. La información suministrada por este paquete es usada para actualizar en tiempo real el cumplimiento de la programación del vehículo y hacer seguimiento a las técnicas de conducción del operador del mismo. Una comunicación bidireccional entre el centro de control y el vehículo permite el ajuste de rutas en operación acorde a la situación del tráfico o novedades presentadas en la vía.

6.2.1.2 APTS02 - Operación de rutas ajustadas

Este paquete de servicio es el encargado del desempeño automático de despacho y el sistema de monitoreo para los servicios de rutas ajustadas y flexibles, este servicio adapta las actividades de programación y creación de horarios según la asignación del operador, determinando el desempeño de cada viaje verificando contra la programación inicial.

6.2.1.3 APTS03 – Operación de transporte ajustada a la demanda real

Este paquete de servicios se encarga de realizar despachos automatizados y monitorear el sistema para dar respuesta a la demanda, desempeñando actividades de planificación y de asignación de operadores, monitoreando el estado de la flota vehicular en tiempo real y asignando el recurso disponible de la flota a los requerimientos de servicio que se presenten, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico.

6.2.1.4 APTS04 – Administración del recaudo electrónico

Este paquete de servicios es el encargado de la gestión de recolección de la tarifa utilizando medios electrónicos, permitiendo a los usuarios utilizar una tarjeta de viajero o cualquier otro medio electrónico para realizar el pago de su viaje.

6.2.1.5 APTS05 – Gestión de flota de transporte

Este paquete de servicios apoya la programación y el monitoreo automatizado del mantenimiento de la flota de vehículos, la administración del inventario de flota en patios y las condiciones de la flota vehicular que se encuentra en servicio.

6.2.1.6 APTS06 - Coordinación multimodal

Este paquete de servicios establece una comunicación bidireccional entre múltiples entidades de transporte para mejorar la coordinación entre las mismas, incrementando la comodidad de los viajeros en los puntos donde deben cambiar su medio de transporte y de esta manera mejorar la eficiencia operativa del sistema de transporte.

6.2.1.7 APTS07 - Información al viajero

Este paquete de servicios proporciona a los usuarios del sistema toda la información necesaria para realizar su viaje, esta información incluye anuncios de paradas de tránsito, anuncios de arribo, horarios de ruta en tiempo real, itinerarios de transporte y demás información que pueda ser valiosa para la planeación del viaje de los usuarios.

6.2.1.8 APTS08 - Conteo de pasajeros

Este paquete de servicio se encarga de contar el número de pasajeros que entran y salen de los vehículos, utilizando sensores a bordo, y envía la información recolectada de vuelta a el centro de gestión.

6.3 Modelo de Madurez

Para diseñar un modelo de madurez de la arquitectura APTS en el AMCO, se identificaron los procesos necesarios para suplir cada paquete de servicio propuesto en el APTS, al identificar dichos procesos también se identificaron paquetes tecnológicos o aplicaciones que se deben implementar o replicar en otras entidades para lograr un APTS completo y funcional. Cada nivel representa la existencia o inexistencia del proceso en cuestión y en la cantidad de entidades que está implementado.

El modelo de madurez diseñado contempla los siguientes niveles de madurez para verificar de cada proceso, ver tabla 3:

Tabla 3. Niveles de madurez

NIVEL	DESCRIPCIÓN
0	Procesos inexistentes
1	Proceso existe en una entidad.
2	Proceso existe en las entidades necesarias.
3	Proceso existe en todas las entidades del sistema.
4	Proceso existe en necesarias y está documentado.
5	Buenas prácticas implementadas y automatizadas.

En la tabla 4 se presentan los procesos que hacen parte del APTS propuesto para el AMCO, así mismo se identifica el nivel actual de cada proceso y el nivel deseado necesario para llegar a la arquitectura objetivo representada en el Figura 18.

Como se describió en la introducción de este proyecto, existen desarrollos de software y hardware que soportan varios de los procesos que la siguiente tabla presenta, por lo que en estos se presenta un nivel actual mayor que 0, el nivel deseado requerirá una réplica de los desarrollos actuales y en algunos casos nuevos desarrollos para suplir los paquetes de servicios seleccionados en el APTS propuesto.

Tabla 4. Identificación de procesos APTS

PAQUETE DE SERVICIOS	PAQUETE TECNOLÓGICO	PROCESO	NIVEL ACTUAL	NIVEL DESEADO
APTS01 - Monitoreo de vehículos de transporte.	Centro de Control para seguimiento de vehículos	Proveer el estado de vehículos e información histórica.	2	3
		Administrar la operación de vehículos.	2	3
		Actualización de información de transporte en mapa digital	2	3
	Sistema GPS y Tablet a bordo del vehículo.	Proveer información sobre la ubicación de los vehículos	2	3
APTS02 - Operación de rutas fijas	Centro de Operación de rutas fijas	Administrar las desviaciones de los vehículos	2	3
		Administrar la operación de vehículos.	2	3
		Generar rutas de transporte.	0	2
		Generar programación de transporte.	1	3
		Producir información de transporte para uso interno y externo	1	3
		Proveer interface de inspección de la generación de servicios de transporte	2	3
		Administrar la bodega de datos de operación de transporte	0	2
	Asignación operador – vehículo.	Evaluar desempeño, disponibilidad, eficiencia y elegibilidad de operador de vehículo	2	3
		Generar asignaciones de servicios a operadores de vehículo	1	3
		Reportar la información del operador de vehículo	1	3
		Proveer interface de información de operador de vehículo.	0	2
Gestión de la programación a bordo.	Determinar el estado del vehículo	2	3	
APTS03 – Operación de transporte ajustada a la	Asignación operador – vehículo.	Evaluar desempeño, disponibilidad, eficiencia y elegibilidad de operador de vehículo	2	3
		Generar asignaciones de servicios a operadores de vehículo	1	3

PAQUETE DE SERVICIOS	PAQUETE TECNOLÓGICO	PROCESO	NIVEL ACTUAL	NIVEL DESEADO
demanda real		Reportar la información del operador de vehículo	1	3
		Proveer interface de información de operador de vehículo.	0	2
APTS04 – Administración del recaudo electrónico	Administración de recolección remota de tarifa	Detectar recogida de pasajeros en la vía	0	1
		Determinar la necesidad de viaje del pasajero en la vía	0	1
		Proveer interface de datos de tarifa actualizada.	0	1
		Actualizar la información de tarifa	0	1
		Proveer a los viajeros una interfaz de tarjeta	1	3
	Centro de administración de tarifa de transporte.	Administrar la bodega de datos de operación de transporte	0	1
		Proveer interface para otras gestiones de información de transporte	0	1
		Registro de pago adelantado de tarifa	1	3
		Determinar el descuento de tarifa pagada adelantada.	1	3
		Administrar el proceso financiero de la tarifa de transporte.	1	3
		Verificar el pago adelantado de la tarifa de transporte.	1	3
		Validar el pago de la tarifa	1	3
		Actualizar la información de la tarifa	1	3
	Procesar el pago de la tarifa desde otros medios de pago	0	1	
	Administración de tarifa a bordo.	Proveer interface de asistencia al viajero a bordo	0	1
		Administrar la descarga del pasaje en el vehículo	0	1
		Proveer interface de pago de tarifa en el vehículo	1	3
Actualizar la información de tarifa desde el vehículo		1	3	
Proveer información de tarifa en el vehículo		1	3	
APTS05 - Gestión de flota de transporte	Mantenimiento de vehículos en patios	Proveer el estado de vehículos e información histórica.	2	3
		Actualización de información de transporte en mapa digital	2	3
		Monitorear las condiciones de los vehículos	1	3
		Generar, monitorear y verificar las actividades de mantenimiento del vehículo	1	3
		Reportar información de los vehículos en mantenimiento	1	3
		Administrar el inventario de vehículos	2	3
		Administrar la bodega de datos de operación de vehículos	0	2
	Asignación de vehículos de transporte	Actualización de información de transporte en mapa digital	2	3
		Generar asignaciones de programación de vehículos	1	3

PAQUETE DE SERVICIOS	PAQUETE TECNOLÓGICO	PROCESO	NIVEL ACTUAL	NIVEL DESEADO
	mantenimiento de vehículo a bordo	Procesar la información del sistema a bordo (info desde tableta).	1	3
	Gestión de la programación a bordo.	Determinar el estado del vehículo	1	3
APTS06 - Coordinación Multimodal	Coordinación multimodal.	Determinar el indicador de estado para la gestión la red vial	0	1
		Recolección de información del componente de tráfico	0	1
	Centro de coordinación multimodal	Administrar las desviaciones de los vehículos	2	3
		Proveer el estado de vehículos e información histórica.	2	3
		Actualización de información de transporte en mapa digital	2	3
		Generar programación de transporte.	1	2
		Producir información de transporte para uso interno y externo	1	2
		Proveer interface de inspección de la generación de servicios de transporte	2	3
	Gestión de la programación a bordo.	Proveer interface para otras gestiones de información de transporte	0	1
		Determinar el estado del vehículo	1	2
APTS07 - Información al viajero	Infraestructura dispuesta para planear el viaje	Proveer información para planear viaje	2	3
		Proveer al operador de ISP con una interfaz para los parámetros de la planeación de la ruta	2	3
		Administración de perfiles de viajeros	0	1
		Suministrar información de selección de ruta multimodal	2	3
		Calcular la ruta	2	3
		Proveer información del calculo de ruta	2	3
		Proveer al operador de ISP una interfaz de los parámetros de la ruta	2	3
		Seleccionar la ruta	2	3
		Distribuir información de pagos anticipados	0	1
		Procesar información sobre los pagos realizados por cualquier medio	0	1
	Recolección de datos del viajero	Recolectar información diversa de los viajeros	0	1
		Recolectar datos de tráfico	0	1
		Recolectar datos de la operación de tránsito	0	1
		Recolectar datos de viajes multimodales	0	1
		Recolectar datos del sistema de emergencia	0	1

PAQUETE DE SERVICIOS	PAQUETE TECNOLÓGICO	PROCESO	NIVEL ACTUAL	NIVEL DESEADO
		Proveer al operador de ISP una interfaz de recolección de datos	0	1
		Proveer al operador de ISP una interfaz para actualizar los mapas	0	1
		Proveer datos de segmentación de rutas a otras áreas	0	1
		Recolección de datos sobre tarifas en el ITS	0	1
	Recepción interactiva de información personal	Recibir solicitudes de información de los viajeros	2	3
		Proveer a los viajeros la información solicitada	2	3
		Proveer a los viajeros una interfaz personal	0	1
		Proveer a los viajeros una interfaz de tarjeta	1	3
	Servicios remotos de información de tránsito	Proveer a los viajeros en las estaciones con una interfaz de datos de los vehículos	0	1
		Informar a los viajeros	0	1
	Centro de transporte para servicios de información	Proveer el estado de vehículos e información histórica.	2	3
		Actualización de información de transporte en mapa digital	2	3
		Producir información de transporte para uso interno y externo	1	3
		Producir datos de servicio de transporte para su uso en otras áreas	0	1
		Proveer interface para otras gestiones de información de transporte	0	1
	Servicios de información de transporte a bordo	Proveer interface de asistencia al viajero a bordo	0	1
	APTS08 - Conteo de pasajeros.	Centro de transporte para conteo de pasajeros	Actualización de información de transporte en mapa digital	2
Administrar la bodega de datos de operación de transporte			0	2
Conteo de pasajeros a bordo		Procesar la información del sistema a bordo (info desde tableta).	1	3

7 EVALUACIÓN

7.1 Comparativo con otras arquitecturas ITS.

Como parte de la evaluación de la propuesta de esta tesis, se presenta una comparación cualitativa entre los servicios que prestará la arquitectura diseñada y los servicios que prestan las arquitecturas de Estados Unidos, Japón y Europa.

Se evidencia que la arquitectura propuesta está alineada al estándar de arquitecturas de los países más destacados en ITS en el mundo, en la Tabla 6 se presenta la lista de los servicios que debe proveer un ITS y se compara la arquitectura propuesta con las demás arquitecturas de referencia. También se presenta la línea base de la arquitectura actual del AMCO, así se puede identificar la alineación de la arquitectura propuesta con los estándares mundiales y los servicios que se pueden implementar en trabajos futuros.

En la Tabla 5 se describe las convenciones de la tabla 6.

Tabla 5. Convenciones de tabla de comparación

Dibujo	Descripción
✓	El paquete de servicio existe y está documentado en la arquitectura.
!	Existen algunos procesos del paquete de servicios.
✗	No existe.

Tabla 6. Comparación con otras arquitecturas a nivel mundial.

Paquetes de Servicio	AMCO (Actual)	APTS Propuesto	USA	JAPÓN	EUROPA
Monitoreo de vehículos de transporte.	!	✓	✓	✓	✓
Operación de rutas fijas	!	✓	✓	✓	✓
Operación de transporte ajustada a la demanda real.	!	✓	✓	✓	✓
Administración del recaudo electrónico.	!	✓	✓	✓	✓
Gestión de flota de transporte	!	✓	✓	✓	✓
Coordinación Multimodal	✗	✓	✓	✓	✓
Información al viajero	!	✓	✓	✓	✓
Conteo de pasajeros	✗	✓	✓	✓	✓
Notificación y respuesta a emergencias	✗	✗	✓	✓	✓

Paquetes de Servicio	AMCO (Actual)	APTS Propuesto	USA	JAPÓN	EUROPA
Gestión de tráfico	X	X	✓	✓	✓
Gestión de flota de carga	X	X	✓	X	✓
Sistemas de colaboración entre vehículos	X	X	✓	X	✓
Asistencia para conducción segura	X	X	X	✓	✓
Priorización de señales de tránsito	X	X	✓	✓	X
Administración de las vías	X	X	X	✓	X
Soporte a los peatones	X	X	X	✓	X

La arquitectura APTS propuesta contiene los paquetes de servicio necesarios que debe disponer el sistema de transporte público en el AMCO, teniendo en cuenta la capacidad tecnológica de los actores y los servicios que demandan los usuarios de transporte público. En la tabla anterior se evidencia que ya existe un avance en la mayoría de los paquetes de servicio (Columna AMCO actual) de los que recomienda la arquitectura propuesta (Columna APTS propuesta).

7.1.1 Evaluación de paquetes de servicios

A continuación se detallan los paquetes de servicios evaluados que hacen parte del APTS propuesto para el AMCO:

7.1.1.1 Monitoreo de vehículos de transporte

Este paquete de servicio es necesario en el APTS propuesto dado que suplente los servicios de actualización de mapas digitales, servicio de escucha de los vehículos en operación, envío de información al centro de control, análisis de comportamiento de operador en la vía (Ver Figura 21), entre otros; en el AMCO varias empresas operadoras de transporte ya cuentan con parte de estos servicios y por lo tanto en la tabla 6 se evidencia dicho avance, además este paquete se encuentra relacionado en las arquitecturas de referencia de USA, Japón y Europa.

Figura 21. Análisis de comportamiento operador en la vía.



Figura 21. Análisis de comportamiento de operador en la vía. Software especializado de transporte InnoBUS Masivo. Fuente: INTEGRA S.A.

7.1.1.2 Operación de rutas fijas

El paquete de servicio operación de rutas fijas, realiza las actividades de programación y ejecución de la operación de transporte de flota, actualmente INTEGRA S.A. operadora de transporte masivo y otras dos empresas operadoras de transporte colectivo cuentan con una herramienta que alcanza a suplir todos los servicios que incluye este paquete de servicio, pero en la tabla 6 no se evidencia como completado dado que estos servicios aún no están totalmente articulados con la gestión de tráfico y una bodega de datos, este paquete al ser esencial para la operación de transporte está incluido en el APTS propuesto.

7.1.1.3 Operación de transporte ajustada a la demanda real

La operación de transporte ajustada a la demanda real, es uno de los paquetes de servicios que permite la optimización de recursos en las compañías operadoras de transporte, es aquí dónde las TIC cobran la mayor importancia a la hora de la toma de decisiones efectivas y en tiempo real, cuando en la ejecución de la operación se presenta aumento o disminución de la demanda y por lo tanto se deben realizar cambios en la

programación inicial, por lo tanto, aunque ya se cuentan con algunos servicios de este paquete en las empresas del AMCO, el APTS propuesto incluye este paquete para completar las soluciones que actualmente se usan en algunas empresas.

7.1.1.4 Administración del recaudo electrónico

Aunque existe una empresa operadora de recaudo RECISA en el sistema de transporte masivo del AMCO y esta ya tiene implementado paquetes tecnológicos para realizar el recaudo electrónico, la operación de transporte colectivo no cuenta con las tecnologías necesarias para implementar el recaudo electrónico en este modo de transporte, se hace necesario completar este paquete de servicios en las empresas operadoras de transporte colectivo y así llevar a cabo el recaudo electrónico de la tarifa apoyado en una infraestructura y arquitectura tecnológica, por lo tanto este paquete se incluye en el APTS propuesto en este trabajo.

7.1.1.5 Gestión de flota de transporte

El paquete de servicios de Gestión de flota de transporte, es uno de los más adelantados en INTEGRA S.A. gracias al software InnoBUS Masivo que permite hacer monitoreo y gestión de flota a los vehículos en operación, así como programar los horarios en que deben ser operados acorde al plan de servicios asignado por MEGABÚS. Este paquete de servicios se debe implementar también en las demás empresas operadoras de transporte y por lo tanto está incluido en el APTS propuesto por este trabajo.

7.1.1.6 Coordinación multimodal

La coordinación multimodal es necesaria en el sistema de transporte del AMCO, toda vez que se cuenta con varios modos de transporte (Masivo y Colectivo principalmente), por lo tanto para prestar un mejor servicio al usuario de transporte, se debe disponer de un canal o interface entre las soluciones TIC de los diferentes modos de transporte además de la infraestructura física en el sistema de transporte.

7.1.1.7 Información al viajero

El usuario de transporte público debe poder acceder a la información sobre las rutas disponibles y el sistema que las soporta para mejorar su experiencia e incentivar el uso del transporte público en el AMCO, para esto ya se dispone de una plataforma de información al usuario miruta.net la cual permite planear el viaje al usuario y además obtener información sobre los horarios de las rutas; en la tabla 6 se evidencia avance en este paquete de servicio pero no está completo debido a que no se tiene la información de todo el sistema de transporte del AMCO, por lo tanto el APTS propuesto incluye completar este paquete de servicio en línea con las arquitectura referencia de USA, Japón y Europa.

7.1.1.8 Conteo de pasajeros

El conteo de pasajeros en el sistema de transporte público del AMCO se hace necesario para estimar la demanda de transporte y así optimizar el uso de la flota de transporte, se deben desarrollar soluciones que habiliten funcionalidades de conteo de pasajeros dentro de los vehículos en operación, por lo tanto este paquete se incluye en el APTS propuesto.

7.2 Estrategia de proyectos

Al desarrollar el modelo de madurez, se identifican las necesidades que pueden ser suplidas con el desarrollo de proyectos de investigación aplicada, varios de esos proyectos ya han sido tratados en las empresas de transporte como INTEGRA S.A. que están liderando la implementación de un ITS en el AMCO, para lograr el nivel deseado en la tabla 4, aplicando el método propuesto por Ross *et al*, se plantea en la tabla 7 una estrategia de proyectos enfocados a llevar la arquitectura TI actual a un estado futuro en un tiempo aproximado según la cuarta columna de la siguiente tabla.

Tabla 7. Estrategia de implementación de proyectos

Proyecto	Descripción	Aplicación	Paquetes de servicio que suple	Tiempo
P1	Implementar un ADMS para gestionar los datos generados en el APTS.	Operadores de transporte	APTS02, APTS03, APTS06, APTS10	2 años
P2	Réplica de InnoBUS en todas las empresas de colectivo e implementación de centro de control de colectivo y centro de control de masivo.	Operadores de transporte colectivo, Ente gestor transporte colectivo y transporte masivo.	APTS01, APTS02, APTS03, APTS06, APTS10	3 años
P3	Actualización de plataforma de información al usuario.	miruta.net	APTS08, APTS10	1 año
P4	Desarrollo de plataforma integrada de gestión e información de tarifa.	Operadores de recaudo	APTS04	3 años
P5	Actualización de software especializado de transporte para realizar coordinación multimodal. Centro de coordinación multimodal	Entes gestores	APTS07	2 años
P6	Desarrollo de módulo de información de tarifa en plataforma de información al usuario	Operadores de recaudo, entes gestores y operadores de transporte	APTS04, APTS08	1 año

Acorde a la revisión del marco teórico de este trabajo, (Yokota & Weiland, 2004), argumenta que la correcta implementación de ITS se debe realizar gradualmente y por etapas enfocándose principalmente en las partes de ITS que más valor agreguen a los sistemas de transporte, así las cosas, esta tesis propone implementar inicialmente los servicios que compone un APTS adaptado al AMCO, esta implementación se realizará por medio de la ejecución de los proyectos descritos en la tabla 7, los cuales suplen todos los paquetes de servicio del modelo propuesto, así se asegura el desarrollo de soluciones que suplen dichos servicios teniendo en cuenta los desarrollos actuales de ITS en el AMCO.

8 CONCLUSIONES

8.1 Resultados y conclusiones

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS por sus siglas en inglés de *Intelligent Transport System*) se presentan como una solución completa a la necesidad latente de los sistemas de transporte en Colombia, la concepción de un sistema inteligente de transporte integra todos los actores del mismo para una operación y gestión de transporte coordinada y eficiente. Existen arquitecturas estándar debidamente documentas en Estados Unidos, Japón, Europa, Korea, entre otros, que definen los procesos necesarios para cada componentes de un ITS así como la articulación y la aplicación en diferentes sistemas de transporte (Transporte de pasajeros, transporte de emergencias, de carga, entre otros). La implementación de TIC en el sector de transporte de pasajeros, apalanca el desarrollo de las ciudades y gracias a la implementación de proyectos de tecnología en los últimos años en la empresas operadoras de transporte masivo y colectivo del Área Metropolitana Centro Occidente (AMCO), la brecha tecnológica del sector transporte en el AMCO se ha reducido, dejando la región a la vanguardia de la tecnología en una era donde la globalización exige un transporte más eficiente y económico y donde los principales beneficios son recibidos por los usuarios aumentando su seguridad en los viajes, mejoras en la calidad del servicio y disminución en los tiempos de espera.

Este proyecto presenta el diseño de una arquitectura empresarial para implementar un Sistema Avanzado de Transporte Público (APTS por sus siglas en inglés de *Advanced Public Transport System*) de un ITS, dejando un marco para planear, programar e implementar soluciones tecnológicas que permitan proveer los servicios del APTS en el AMCO y aprovechar los beneficios económicos y sociales que se desprenden de proyectos como este. Es importante entonces que el sector transporte en Colombia destine recursos para el gasto en TIC, y así mismo la industria de tecnología debe preocuparse cada vez más por diseñar, crear y desarrollar soluciones que estén dentro del marco del ITS en desarrollo.

Al desarrollar esta investigación de ITS y sus aplicaciones en el mundo, se identificó la línea base de ITS en Colombia y específicamente en el AMCO, permitiendo marcar un punto de partida para fortalecer un ITS regional enfocando las empresas de

transporte y las demás entidades en plan de implementación de proyectos de TIC al transporte confirmando que la investigación aplicada mejora la competitividad de la industria, en este caso la industria del transporte de pasajeros por medio de esta arquitectura y la estrategia de proyectos planteada podrá transmitir las necesidades de desarrollo en la academia fortaleciendo también las relaciones Universidad – Empresa – Estado. Es necesario que la estrategia de proyectos planteada, se desarrolle de forma concertada entre los diferentes actores del sistema de transporte, ya que de la visión compartida de los actores del sistema depende en gran parte el éxito de dichos proyectos.

Los ITS forman parte del concepto de ciudades inteligentes, ya que en la mayoría de los modelos de *smartcity*, una ciudad inteligente es un sistema interconectado que presta servicios a los ciudadanos de manera dinámica apalancándose en diferentes áreas, el transporte es el medio por el cual se prestan servicios de primera necesidad a los ciudadanos, al implementar la estrategia de proyectos planteada para implementar una arquitectura APTS, se estarían supliendo servicios de forma dinámica en las ciudades del AMCO y por lo tanto se estaría dando los primeros pasos importantes hacia una ciudad inteligente.

El concepto de arquitecturas empresariales y las arquitecturas ITS de referencia (USA, Japón y Europa), fueron de gran ayuda para revisar desde diferentes puntos de vista (comunicaciones, transporte e institucional) el sistema de transporte en el AMCO, dejando evidencia de su aplicabilidad en el mismo para planear, organizar y desarrollar de una forma progresiva un ITS en la región, comenzando por diseñar la arquitectura APTS que documenta principalmente los procesos que debe tener una gestión de transporte eficiente y eficaz.

8.2 Trabajo futuro y aplicabilidad en otros sistemas

Este proyecto define un marco para planear, programar e implementar soluciones que soporten los paquetes de servicios de un APTS, por lo tanto es posible usar este marco en otras ciudades o regiones, que cuenten con un sistema de transporte público urbano.

Al llevar a cabo la estrategia de proyectos planteada bajo el método de *Ross et al* y lograr un APTS completo y funcional, un trabajo futuro será diseñar e implementar la arquitectura para los demás componentes de un ITS.

Replicar esta arquitectura para el componente AEMS (Sistema Avanzado de Gestión de Emergencias) ya que es un modelo operacional similar al del APTS por tratarse de vehículos (Bomberos, Ambulancias, Policía) que deben cumplir con rutas en este caso rutas de emergencia, deben transportar personas y deben contar con un proceso de gestión y monitoreo en tiempo real de la flota.

9 BIBLIOGRAFÍA

- AMCO. AMCO - Acuerdo No. 017.pdf (2001).
- CINTEL. (2010a). INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS - ITS - EN COLOMBIA. *Estudios Sectoriales*, 5.
- CINTEL. (2010b). Movilizando el transporte con Tecnología. *Revista Colombiana de Telecomunicaciones*, 17.
- DNP. Plan Nacional de Desarrollo. Colombia.
- Ezell, S. (2010). *Explaining International IT Application Leadership: Intelligent transportation systems. Transportation in the new millennium* (p. 54). Retrieved from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=639268>
- Giraldo, N., Marín, C., & Orrego, D. (2014, September). ADVANCES FOR AN ADVANCED PUBLIC TRANSPORT SYSTEM “APTS” AT WEST CENTRAL METROPOLITAN AREA COLOMBIA.
- ISO. (2014). International Standards Organization. Retrieved from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46008
- ITS, F. (n.d.). FRAME Project Europa. Retrieved from <http://www.frame-online.net/>
- Jeanne Ross, Peter Weill, D. R. (2006). *Enterprise Architecture As Strategy: Creating a Foundation for Business Execution*.
- Lota, L. F. (DNP). (n.d.). *Programa Nacional de Transporte Urbano*.
- Medellín, A. de. (2014). Sistema Inteligente de Movilidad Medellín. Retrieved from <http://www.medellin.gov.co/SIMM/>
- MinHacienda., D. M. (2003). Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo.
- Ministry of land, infrastructure, transport and tourism. (2014). Japanese ITS System Architecture. Retrieved from <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/topindex/SystemArchitecture.pdf>
- Project, E.-F. (2014). FRAME. Retrieved July 15, 2014, from <http://www.frame-online.net/>
- Reddy, S., Mun, M., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., & Srivastava, M. (2010). Using mobile phones to determine transportation modes. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 6(2).

Stenneth, L., Wolfson, O., Yu, P. S., & Xu, B. (2011). Transportation mode detection using mobile phones and GIS information. In *19th ACM SIGSPATIAL International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, ACM-GIS 2011*.

System Architecture for ITS in JAPAN. (1999).

Transportation, U. D. of. (2014). ITS América - Arquitectura Nacional de ITS. Retrieved January 15, 2014, from <http://www.iteris.com/itsarch/index.htm>

Yokota, T. (2004). ITS for Developing Countries. *ITS Technical Note 1 for Developing Countries, 1*.

Yokota, T., & Weiland, R. J. (2004). ITS System Architecture for Developing Countries. *ITS Technical Note 5 for Developing Countries, 5*.