



Esquemas de implantación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina: estudios de casos y recomendaciones

Esquemas de implantación
de tecnologías inteligentes de transporte
en América Latina: estudios de casos
y recomendaciones

Título:

Esquemas de implantación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina:
estudios de casos y recomendaciones

Depósito Legal: DC2019000302

ISBN: 978-980-422-130-9

Editor: CAF

Vicepresidencia de Infraestructura

Antonio Pinheiro Silveira, Vicepresidente Corporativo

Sandra Conde, Directora de Análisis y Evaluación Técnica de Infraestructura

Autores:

GSD+

Equipo CAF:

Soraya Azán

Milnael Gómez

Daniela Zarichta

Consultores:

Juan Pablo Bocarejo

Julio César Chávez

Equipo Afd Bogotá:

Manon Goutorbe, Encargada de Proyectos de Desarrollo urbano y transporte

Natalia Cárdenas, Responsable de Desarrollo Urbano e Infraestructura

Pierre Jamin, Encargado de Proyectos de Desarrollo urbano y transporte

Equipo Afd París:

Arnaud Dauphin, Jefe de Proyectos de Transporte

Priscille De Coninck, Jefe de Proyectos de Transporte

Jérémie Bonhomme, Coordinador para Perú/Bolivia/Argentina

Dominique De Longevialle, Jefe de Proyectos de Transporte

Diseño gráfico: Estudio Bilder / Buenos Aires

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

La versión digital de este libro se encuentra en: scioteca.caf.com

© 2018 Corporación Andina de Fomento Todos los derechos reservados

Índice

1 Introducción	7
2 Estado actual de los SIT y sus avances	11
Introducción	11
Clasificación de los SIT	12
Principales SIT implementados en América Latina	16
Estandarización para los SIT	19
3 Estado del arte de la contratación de SIT	23
Introducción	23
Modelos de contratación (Distribución del trabajo)	24
Tipos de contrato	39
Métodos de adjudicación de contratos	44
4 Conclusiones	53
5 Bibliografía	55

1 Introducción

La construcción de nueva infraestructura de transporte con frecuencia tiene altos costos económicos, sociales y ambientales. Para disminuir estos costos, las autoridades de transporte buscan formas más eficientes de operar la infraestructura existente, con el fin de atender la demanda, sin necesidad de construir nueva infraestructura. Para ello los sistemas inteligentes de transporte (SIT) juegan un papel fundamental. Estos sistemas aplican tecnologías de la información y las comunicaciones, en conjunto con estrategias de gestión de una manera integrada, para planear y operar sistemas de transporte. Los SIT permiten mejorar la eficiencia, la sostenibilidad, la seguridad y el desempeño de estos sistemas.

Para el sector público la implementación de SIT presenta varias dificultades:

- Es un reto especificar correcta y completamente los sistemas tecnológicos para satisfacer las necesidades particulares de una autoridad de transporte.

- La definición de los estándares y especificaciones que deben cumplir los SIT requiere de un asesoramiento especializado en el momento de preparación de los términos de referencia para la contratación.
- Las tecnologías que componen un SIT pueden avanzar tan rápidamente que durante el tiempo entre la concepción de un sistema y su implementación, estas pueden terminar siendo obsoletas.
- Los proveedores usualmente ofrecen tecnologías cerradas, creando un monopolio sobre un sistema esencial para el funcionamiento de la movilidad, e imponiendo condiciones desventajosas para su expansión, reposición y mantenimiento.
- Es difícil garantizar la interoperabilidad de diversas tecnologías, lo cual facilitaría la implementación de sistemas con múltiples proveedores.
- La apropiación de las tecnologías, e incluso su aprovechamiento, requiere que personal idóneo de la entidad contratante sea capacitado por los proveedores.
- En procesos de contratación del suministro y operación de sistemas tecnológicos se generan dificultades para contar con una adecuada supervisión de su eficiencia, confiabilidad y costos asociados.

Debido a estas complejidades, las formas de contratación tradicionales, utilizadas por autoridades de transporte para la implementación de infraestructura, no siempre son apropiadas para la implementación de SIT. Sin embargo, en muchos países de América Latina y el mundo estas formas de contratación han sido adoptadas para la adquisición y operación de SIT, en lugar de concebir métodos basados en las características intrínsecas de los SIT, que los diferencian de un puente o una carretera. Estas características incluyen las siguientes:

Los costos de operación y mantenimiento de un proyecto de implementación de SIT representan entre 40% y 45% del costo total del proyecto, mientras que para los proyectos de infraestructura estos costos representan solo entre 15% y 20% del costo total. [1] Esto quiere decir que a la hora de implementar un SIT es crucial tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema, incluyendo su operación y mantenimiento, y la reposición de equipos.

- El sector de la construcción ha desarrollado normas técnicas que garantizan la integración y consistencia entre distintos componentes de un proyecto. La integración entre componentes de un SIT es más compleja. Los esfuerzos para desarrollar estándares que garanticen esta integración, no han alcanzado el nivel de madurez de su equivalente en el sector

de la construcción. En la mayoría de países de América Latina no se han adoptado o desarrollado estándares para SIT.

- En los proyectos de implementación de SIT es fundamental definir la propiedad de los intangibles del proyecto, tales como la información generada y almacenada en el sistema.

Puesto que el método de contratación tiene una gran influencia en el éxito de un proyecto de implementación de SIT, las autoridades de transporte deben considerar el uso de métodos de contratación innovadores, seleccionados para satisfacer las necesidades particulares de la entidad contratante y de cada proyecto específico.

En ese sentido, el objetivo del estudio es generar recomendaciones prácticas sobre tecnologías y esquemas de operación público-privadas, que generen un buen valor agregado a las ciudades de América Latina.

Existen trabajos recientes que documentan el estado actual y avances de los SIT, incluyendo sus funcionalidades y las tecnologías utilizadas para su implementación. [2, 3, 4] Por lo tanto, este informe se limita a presentar un resumen breve de estos aspectos, indicando fuentes para obtener mayor información, y se centra más en el estado actual y los avances en la contratación de SIT.

El resto del documento está organizado en los siguientes capítulos:

1. Capítulo 2: propone una clasificación de los SIT basada en áreas de aplicación. Para cada área se describen los objetivos, las principales aplicaciones y las tecnologías más utilizadas. Luego se listan los proyectos SIT más relevantes implementados en América Latina. Finalmente, el capítulo explica una tendencia importante en la implementación de SIT: la estandarización.
2. Capítulo 3: describe los esquemas de contratación utilizados para la adquisición y operación de SIT, presentando sus características, sus ventajas y desventajas, y ejemplos de utilización.
3. Capítulo 4: presenta las conclusiones del informe.
4. Bibliografía: presenta el listado de documentos consultados, de acuerdo con el desarrollo de cada capítulo.

2

Estado actual de los SIT y sus avances

Introducción

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son facilitadores clave para alcanzar los objetivos de las políticas públicas de transporte y tránsito. Estos sistemas permiten optimizar el uso de la infraestructura existente incrementando el control, la efectividad, la eficiencia y la seguridad de los sistemas y la infraestructura de transporte, con el fin de acomodar y gestionar mejor la creciente demanda de movilidad. Esto se logra por medio de la integración de tecnologías de comunicación, control y procesamiento de información para crear una cadena de información (adquisición de datos, comunicación de datos, procesamiento de datos, distribución de la información y utilización de la información) que permite tanto a usuarios como a las entidades públicas tomar mejores decisiones con respecto al uso, gestión y proyección a futuro de la infraestructura.

Este capítulo tiene el propósito de presentar de una forma resumida el estado actual y los avances de los SIT aplicables al entorno urbano. Muchos SIT se pueden utilizar tanto en entornos urbanos como en entornos interurbanos. Ejemplos incluyen los sistemas de gestión de transporte de carga, los sistemas de información al viajero y los sistemas de asistencia al conductor. También existen SIT que son aplicables específicamente a un entorno o al otro. Por ejemplo, los sistemas de control de arterias e intersecciones son utilizados en entornos urbanos, mientras que los sistemas de control de carreteras se utilizan en entornos interurbanos.

Aunque los objetivos generales de los diversos sistemas son los mismos (mejorar el flujo del tráfico, disminuir tiempos de viaje, aumentar la seguridad, reducir las emisiones y/o incrementar la eficiencia de la infraestructura), las necesidades específicas que buscan atender pueden diferir significativamente.

En entornos urbanos existe la necesidad de gestionar el parqueo, gestionar el tráfico intermodal, gestionar el despacho de vehículos, etc. En entornos interurbanos existe la necesidad de controlar el peso de los vehículos de carga para evitar el deterioro acelerado de la infraestructura.

Este documento se centra en los SIT aplicables al entorno urbano, cuya adquisición y operación presenta mayores retos para las autoridades de transporte debido a su complejidad superior (asociada a la complejidad de las redes viales y el tráfico urbano), su frecuente necesidad de interoperabilidad con otros sistemas, y la gran variedad de la oferta, la cual dificulta una selección apropiada de soluciones y proveedores.

En ese sentido, primero se identifican las áreas de aplicación de estos SIT con sus objetivos, sus principales aplicaciones y las tecnologías utilizadas en cada área. Luego se presentan ejemplos de proyectos SIT implementados en los principales países de América Latina. Posteriormente, se explica la importancia y los objetivos de una tendencia actual en el campo de los SIT: la estandarización, y se indica cuáles son las organizaciones que han venido liderando el desarrollo de estándares para los SIT.

Clasificación de los SIT

Según el *ITS Toolkit for Intelligent Transport Systems for Urban Passenger Transport* [4] preparado por el Banco Mundial como parte del programa Subsahariano de políticas de transporte (SSATP, por sus siglas en inglés – *Sub-Saharan Africa Transport Policy Programme*), se debe diferenciar las aplicaciones SIT de las tecnologías SIT. Una aplicación describe la parte funcional del SIT mientras que las tecnologías son los dispositivos, software y herramientas

específicas necesarias para implementar un SIT. En este orden de ideas las tecnologías son intercambiables durante la vida de la aplicación SIT. [5]

Las aplicaciones SIT se pueden clasificar en ocho áreas de aplicación¹: gestión de operaciones, ayudas al conductor, sistemas de pago electrónico, información al viajero, gestión de tráfico, monitoreo y protección ambiental, seguridad pública y transporte por demanda. La Tabla 1 lista estas áreas y para cada una de ellas describe sus objetivos, las principales aplicaciones de esa área y las tecnologías más representativas utilizadas para implementar dichas aplicaciones. Información detallada sobre estas áreas, aplicaciones y tecnologías se encuentra en las siguientes referencias: [4, 6, 7, 8, 9].

Tabla 1
Aplicaciones SIT para el entorno urbano y características asociadas

Fuente: elaboración propia

ÁREAS DE APLICACIÓN	OBJETIVOS	APLICACIONES PRINCIPALES	TECNOLOGÍAS REPRESENTATIVAS
Gestión de operaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorear el desempeño de un sistema de transporte - Controlar la operación de una flota - Supervisar el desempeño de conductores - Detectar y atender incidentes y emergencias - Disminuir costos de operación - Incrementar la eficiencia de los sistemas de transporte de carga - Optimizar las actividades de cargue y descargue de mercancías 	<ul style="list-style-type: none"> - Despacho de vehículos asistido/Monitoreo automático de vehículos (<i>Computer-Aided Dispatch/Automatic Vehicle Monitoring</i>) - Monitoreo de las condiciones de ruta - Soporte al cumplimiento de horarios - Cumplimiento de contratos de servicios - Cumplimiento de estándares de conducción - Manejo de incidentes y emergencias - Reprogramación horaria dinámica - Monitoreo a bordo 	<ul style="list-style-type: none"> - Localización automática de vehículos - Consola del conductor - Unidad a bordo - Sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés - <i>Geographic Information Systems</i>) - Botones de pánico - Sensores de velocidad, aceleración y curvas muy cerradas - Software de programación y optimización de recursos - Software de control de flota
Ayudas al conductor	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir los servicios programados - Facilitar la conducción efectiva y segura - Disminuir tiempos de viaje - Disminuir el consumo de combustible - Mejorar la seguridad a bordo - Prevenir accidentes - Informar la disponibilidad de espacios para estacionar 	<ul style="list-style-type: none"> - Informe del tiempo de viaje previsto - Monitoreo de las condiciones del vehículo - Precisión de acoplamiento (p. ej., Bus-Plataforma) - Información en tiempo real sobre las condiciones de la vía - Asistencia para la conducción eficiente - Vigilancia de pasajeros - Información sobre puestos de estacionamiento disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema global de navegación por satélite (GNSS, por sus siglas en inglés -- <i>Global Navigation Satellite System</i>) - Sistema de información en vehículos (In-vehicle information system) - Sensores de obstáculos - Alarmas visuales y auditivas - Sensores magnéticos - Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

Continúa →

1. Esta es una de las clasificaciones posibles, basada en el *ITS Toolkit*. No existe una forma estandarizada de clasificar las aplicaciones SIT.

ÁREAS DE APLICACIÓN	OBJETIVOS	APLICACIONES PRINCIPALES	TECNOLOGÍAS REPRESENTATIVAS
Sistemas de pago electrónico	<ul style="list-style-type: none"> - Recaudar tarifas de servicios de transporte - Recaudar tarifas por el uso de infraestructura (vías, parqueaderos, etc.) - Permitir una definición de tarifas flexible por tipos de usuario, tipo de servicio y muchos otros criterios - Disminuir tiempos de acceso - Disminuir los costos del recaudo - Reducir la evasión - Realizar pagos multiusos (Interoperables) 	<ul style="list-style-type: none"> - Venta y pago de pasajes - Cálculo y cobro de tarifas - Autorización de acceso y evidencia correspondiente - Gestión de transbordos - Cálculo y distribución de ingresos - Cobro por congestión - Cobro por contaminación - Cobro por estacionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Cajas de cobro (<i>farebox</i>) - Tarjetas inteligentes y de banda magnética - Otros medios de pago electrónico (p. ej., celulares, reloj o llavero con chip) - Máquinas de emisión de tarjetas - Validadores de medios de pago - Recargadores de medios de pago - Barreras de control de acceso - Transpondedores (transmisor/contestador) - Lectores RFID (<i>Radio Frequency IDentification</i>) - Cámaras ANPR (<i>Automatic Number Plate Recognition</i>) - Aplicaciones móviles - Parquímetros electrónicos
Información al viajero	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar el atractivo del transporte público - Incentivar el cambio de modo de transporte - Dar información a los usuarios antes del viaje - Dar información a usuarios durante el viaje - Reducir tiempos de espera, desplazamiento y transbordos - Comunicar información turística y de eventos - Difundir información sobre condiciones de la vía 	<ul style="list-style-type: none"> - Información al viajero en PC/Internet - Información al viajero en teléfonos móviles - Información en tiempo real en estaciones y terminales - Información en tiempo real en paradas de buses - Información en el vehículo - Planeadores de viajes dinámicos - Anuncios en la vía o puntos de parada de vehículos - Servicio de alertas y recomendaciones en casos de emergencia 	<ul style="list-style-type: none"> - GIS - Internet y la Web - Aplicaciones móviles - Paneles de información variable - Sistemas de altavoz - Sistemas de navegación

Continúa →

ÁREAS DE APLICACIÓN	OBJETIVOS	APLICACIONES PRINCIPALES	TECNOLOGÍAS REPRESENTATIVAS
Gestión del tráfico	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorear y controlar el tráfico - Disminuir la congestión - Disminuir el consumo de combustible y reducir emisiones - Reducir tiempos de viaje - Gestionar el uso de las vías - Mejorar las condiciones de seguridad en la vía - Hacer cumplir las normas de tránsito - Reducir la ocurrencia y la severidad de accidentes - Gestionar el uso de estacionamientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo de la red vial - Control de tráfico urbano - Coordinación semafórica - Priorización semafórica - Peajes urbanos - Control de acceso a infraestructura - Control de carriles para vehículos de alta ocupación - Coordinación de carriles reversibles - Coordinación de pasos a nivel con vías férreas - Detección de infracciones - Detección y gestión de incidentes - Monitoreo y control de velocidad - Monitoreo y divulgación de condiciones climatológicas y de la vía - Alerta de riesgo de colisión - Administración de estacionamientos 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas semafóricos - Radars de tráfico - Peanas (base para sensores diversos) - Transpondedores - Lectores RFID - Cámaras ANPR - CCTV - Sensores - Tarjetas inteligentes - Lectores de tarjetas - Paneles de información variable
Monitoreo y Protección Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir las emisiones de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno - Reducir el consumo de combustible - Reducir la contaminación auditiva 	<ul style="list-style-type: none"> - Asistencia para la conducción eficiente - Cobros por contaminación - Gestión de zonas de baja emisión - Control de acceso restringido en áreas de la ciudad - Control de carriles para carros compartidos (<i>Car sharing/Car Pool</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas semafóricos adaptativos - GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>) - GIS - Transpondedores - Lectores RFID - Cámaras ANPR - CCTV - Radars - Sensores
Seguridad pública	<ul style="list-style-type: none"> - Salvar vidas - Reducir el impacto de desastres - Evitar actos terroristas - Reducir la ocurrencia y la severidad de accidentes - Prevenir la delincuencia - Proteger a los ciudadanos vulnerables - Registro de eventos delictivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Priorización para vehículos de emergencia - Señalización y priorización de rutas de evacuación - Evaluación de amenazas en la vía - Inspección de vehículos y contenedores sospechosos - Seguimiento de vehículos y de carga - Monitoreo de mercancías peligrosas - Vigilancia a bordo - Vigilancia en estaciones y terminales - Vigilancia en la vía - Vigilancia en infraestructura e instalaciones - Seguridad de peatones - Seguridad de ciclistas 	<ul style="list-style-type: none"> - CCTV - Cámaras ANPR - Paneles de información variable - Localización automática de vehículos - Aplicaciones móviles - Sensores - Sistemas de altavoz

ÁREAS DE APLICACIÓN	OBJETIVOS	APLICACIONES PRINCIPALES	TECNOLOGÍAS REPRESENTATIVAS
Transporte por demanda (DRT, por sus siglas en inglés – <i>Demand Responsive Transport</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Adaptar el servicio de transporte a las necesidades del usuario Proporcionar un servicio de transporte para segmentos especiales de usuario, tales como los usuarios en situación de discapacidad Proporcionar un servicio de transporte en áreas de demanda baja 	<ul style="list-style-type: none"> Reservas Asignación del servicio al pasajero Optimización de rutas Registro de recogida y dejada de pasajeros Recaudo para DRT 	<ul style="list-style-type: none"> Software especializado: Reservas Asignación óptima del servicio Optimización de rutas Pago Unidad a bordo

Principales SIT implementados en América Latina

En la Tabla 2 se presentan los ejemplos más representativos de proyectos SIT implementados en América Latina y las áreas de aplicación correspondientes.

Tabla 2
Ejemplos de SIT implementados en los principales países de América Latina
Fuente: elaboración propia

PAÍS	PROYECTO SIT	ÁREAS DE APLICACIÓN
Argentina	Medio de pago electrónico SUBE Es una tarjeta inteligente de pago sin contacto que permite a los usuarios, utilizar diferentes servicios de transporte de manera integrada. Estos servicios son el pago en las líneas de colectivos nacionales, provinciales y municipales del área metropolitana de Buenos Aires, en Premetro y metro de Buenos Aires, en 7 líneas de ferrocarril y también en los peajes de las autopistas del área metropolitana de Buenos Aires. [10]	Sistemas de pago electrónico Gestión del tráfico
	Parking en la ciudad de Buenos Aires Es un sistema de información a los conductores compuesto por cuatro paneles de información variable. El sistema les permite a los conductores saber cuántos estacionamientos libres hay en cada dirección de una intersección determinada. [11]	Información al viajero Gestión del tráfico
	Centro de Monitoreo del Sistema de Transporte Urbano de Pasajeros y el Sistema de Información Dinámica al Usuario de Rosario Es un sistema integrado compuesto por un sistema de localización automática de vehículos por GPS que permite a los usuarios saber cuánto deben esperar hasta que el autobús llegue a su parada. También informa al usuario en línea sobre las líneas de transporte disponibles entre dos paradas. Las consultas pueden hacerse en la aplicación web o por SMS. [12]	Información al viajero Gestión del tráfico Seguridad pública

Continúa →

PAÍS	PROYECTO SIT	ÁREAS DE APLICACIÓN
Brasil	<p>SINTRAM: Sistema de gestión integrada multimodal de Belo Horizonte</p> <p>El sistema realiza el recaudo del BRT y el metro de Belo Horizonte a través del medio de pago electrónico <i>Otímo</i>. También incluye un centro de control de flota de más de 3500 vehículos que optimiza y cámaras de reconocimiento facial a bordo para el control de la evasión de pago. (Empresa 1, s.f.)</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión de operaciones</p> <p>Seguridad pública</p>
	<p>Sistema de peajes electrónicos <i>Sem parar</i></p> <p>Es un sistema interoperable de cobro de peajes electrónicos a través de un único tag (dispositivo electrónico transmisor/emisor de informaciones). Con el mismo sistema, los conductores también pueden pagar el estacionamiento en centros comerciales y aeropuertos. Actualmente tiene cobertura en 12 de los 26 estados brasileños, entre ellos Sao Paulo (100% de cobertura) y Rio de Janeiro, y en el distrito federal. (Vantagens Sem Parar, 2015; Barbosa, 2013)</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión del tráfico</p>
	<p>Centro de Control Operacional – CCO – de Curitiba</p> <p>Es uno de los componentes del Sistema integrado de movilidad que está implementando la alcaldía de la ciudad, que permitirá integrar la gestión de tránsito y transporte. El CCO está compuesto por circuitos cerrados de televisión (CCTV), paneles de mensajería variable para información de los usuarios, red de fibra óptica y softwares que permiten la gestión y control de flota de la red integrada de transporte (RIT). Por su parte, RIT es una red integrada multimodal de buses urbanos, interurbanos y BRT que permite al usuario hacer intercambios de ruta en estaciones tubo con un solo pago de tarifa a través de una tarjeta inteligente. (http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/monitoramento-cco, 2015)</p>	<p>Gestión de operaciones</p> <p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Información al viajero</p> <p>Gestión del tráfico</p> <p>Seguridad pública</p>
Chile	<p>Sistema de Telepeaje de las Autopistas Urbanas de Santiago de Chile</p> <p>Este sistema de cobro electrónico de Santiago funciona bajo un esquema MLFF (Multi Lane Free Flow). El sistema está compuesto por un sistema central, un centro de control por cada concesionario perteneciente al sistema, equipos a bordo de los vehículos y equipos en las autopistas. Los equipos en las autopistas permiten hacer lectura de tags y lectura de placas por medio de cámaras ANPR. El sistema permite la reducción y control del flujo vehicular en las autopistas urbanas de Santiago.</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión del tráfico</p>
	<p>Sistema de Gestión de Tráfico de Santiago de Chile</p> <p>La plataforma tecnológica en campo del sistema está compuesta por semáforos, controladores semafóricos, cámaras de TV, letreros de mensaje variable y estaciones de conteo. La UOCT (Unidad Operativa de Control de Tránsito) cuenta con la información centralizada del sistema de gestión de tráfico de la ciudad. El sistema permite la detección de incidentes y la actualización de los planes semafóricos de las intersecciones conforme a las necesidades de priorización. (ITS Chile, 2010)</p>	<p>Información al viajero</p> <p>Gestión del tráfico</p>
	<p>Sistema de Recaudo, Gestión de Flota e Información al usuario de Transporte Público de Santiago (Transantiago)</p> <p>El sistema cuenta con un subsistema de recaudo, un subsistema de gestión de flota y un subsistema de información al usuario. El sistema integra los servicios de buses de transporte público y el metro. (ITS Chile, 2010; Directoría de Transporte Público Metropolitano, s.f.)</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión de operaciones</p> <p>Información al viajero</p>

Continúa →

PAÍS	PROYECTO SIT	ÁREAS DE APLICACIÓN
Colombia	<p>SIRCI: Sistema Integrado de Recaudo, Control e Información y servicio al usuario del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá</p> <p>Este sistema integra tres subsistemas: recaudo, gestión y control de flota e información al usuario, para el Sistema TransMilenio y los buses zonales del SITP. El sistema de recaudo incluye dispositivos en estaciones y buses, una red de recarga externa, centros de personalización de tarjetas y un centro de control. El sistema de gestión y control de flota incluye dispositivos a bordo, un centro de control en Transmilenio y centros de control para cada uno de los operadores de transporte del sistema zonal. El sistema de información al usuario incluye paneles de información en estaciones y buses, un centro de llamadas, página Web y centros de personalización de tarjetas donde también se atienden peticiones, quejas, reclamos y sugerencias de los usuarios.</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión de operaciones</p> <p>Información al viajero</p>
	<p>SIMM: Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín</p> <p>Es un sistema compuesto por un centro de control donde se gestionan los sistemas, una red de cámaras de fotodetección (ANPR) para detección de infracciones, un circuito cerrado de televisión (CCTV) para vigilancia, paneles de información variable, un sistema de información al ciudadano y un sistema de planeación semafórica. (Alcaldía de Medellín, 2013)</p>	<p>Gestión de operaciones</p> <p>Información al viajero</p> <p>Gestión del tráfico</p> <p>Seguridad pública</p>
	<p>Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) implementados en varias ciudades del país.</p> <p>Ciudades importantes como Bucaramanga (Metrolínea), Barranquilla (Transmetro), Cali (Mio) y Pereira (Megabús) han implementado sistemas BRT que permiten a los usuarios acceder al servicio de transporte en estaciones a través de un medio electrónico de pago. En las estaciones, los usuarios acceden al servicio con una tarjeta inteligente y encuentran información actual sobre el estado del servicio.</p>	<p>Gestión de operaciones</p> <p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Información al viajero</p>
México	<p>Sistema de Telepeaje de México</p> <p>El sistema de cobro electrónico de peajes de México es interoperable. Los usuarios pueden con un único tag acceder a los peajes del sistema y recibir una única cuenta de cobro. El sistema de Telepeaje está compuesto por: tags a bordo de los vehículos, un sistema de back office para cada concesionario perteneciente al sistema y un sistema central encargado de la compensación financiera del sistema. El sistema permite la reducción y control del flujo vehicular en las carreteras de México.</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p> <p>Gestión del tráfico</p>
	<p>Sistema Integrado de Recaudo de Transporte Público de Ciudad de México</p> <p>El Sistema integrado de recaudo de la ciudad de México permite el acceso con la TDF (Tarjeta del Distrito Federal) a los servicios de transporte público del Metro, BRT (Metrobús), Tren (STE) y Bicicletas Públicas (Ecobici). El sistema está compuesto por: equipos de front-end (validadores y máquinas de venta y recarga de medios de pago), sistemas centrales para cada servicio de transporte y una cámara de compensación para el cruce de dineros por transacciones interoperables.</p>	<p>Sistemas de pago electrónico</p>
	<p>Sistema de control de Tráfico de la Autopista inteligente Arco Norte de la Ciudad de México</p> <p>El sistema de control de tráfico de la autopista cuenta principalmente con: i) un subsistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de flujo de la autopista, ii) un subsistema de control de incidentes automatizado, y iii) medios de comunicación electrónica actualizables en tiempo real para suministro de información a conductores. (Americas Resources)</p>	<p>Gestión del tráfico</p> <p>Información al viajero</p>

Continúa →

PAÍS	PROYECTO SIT	ÁREAS DE APLICACIÓN
Perú	Sistema de Gestión Integral de Tránsito de Callao El sistema está compuesto por tres subsistemas: i) el subsistema de monitoreo y control de tránsito vehicular y peatonal, cuenta con un Centro de control de Tránsito y Seguridad Ciudadana y 40 cámaras en campo, ii) el subsistema centralizado de semaforización, este subsistema está constituido por una central semafórica que gestiona 140 intersecciones semafóricas y iii) el subsistema de fiscalización electrónica, este sistema cuenta con pórticos equipados con cámaras ANPR y radares de velocidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)	Seguridad pública Gestión del tráfico
	Centro de Control de Operaciones CCO de la Vía Parque Rímac de Lima El Centro de Control de Operaciones supervisa 21 cámaras integradas (CCTV), las cuales ayudan a la identificación y atención oportuna de emergencias en la vía. Adicionalmente, permiten el monitoreo de ambulancias, grúas livianas y pesadas, y mantenimiento de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)	Gestión de operaciones
	Sistema de Recaudo, Apoyo a la Explotación e Información al Usuario del BRT de Lima (Metropolitano) El sistema de autobuses de tránsito rápido de Lima está compuesto por tres subsistemas: i) Sistema de Recaudo, que permite el acceso al sistema con medios de pago electrónicos, ii) el Sistema de Apoyo a la explotación, que permite la gestión y el control de la flota troncal y alimentadora, y iii) el Sistema de información al usuario, que suministra información a través de un call center, una página web, módulos de atención y VMS .	Sistemas de pago electrónico Gestión de operaciones Información al viajero

Estandarización para los SIT

En varios países desarrollados se observa una tendencia en el campo de los SIT: la elaboración de estándares. Con el fin de ilustrar la importancia de la estandarización para los SIT, a continuación se describe lo que ocurrió en el Reino Unido.

La Oficina Nacional del Departamento de Transporte del Reino Unido realizó varias implementaciones de sistemas de gestión para distintas redes viales. [22] Estos sistemas incluían los siguientes componentes: semáforos, paneles de información variable, información al pasajero en tiempo real, cámaras ANPR, CCTV y sensores para detección de tráfico. La implementación de estos sistemas se llevó a cabo a través de distintos contratistas. Cada uno de ellos instaló sus equipos de forma independiente y utilizando tecnologías y protocolos propietarios. La consecuencia fue que, a la hora de expandir el sistema y llevar a cabo la renovación tecnológica del mismo, era necesario volver a contratar al mismo contratista pues era la única forma de lograr que los nuevos equipos pudieran intercambiar información e integrarse con los equipos existentes. Además, la falta de interoperabilidad entre los sistemas se convirtió en una limitante para poder utilizar todos los

sistemas de forma conjunta con el fin de hacer una mejor gestión de la red vial e informar a los conductores.

Con el objetivo de garantizar interoperabilidad entre los diversos proveedores y desarrollar una base de datos centralizada que permitiera el intercambio de información entre los distintos sistemas, la Oficina Nacional del Departamento de Transporte del Reino Unido decidió desarrollar un sistema para la gestión y el control del tráfico urbano (UTMC, por su siglas en inglés – *Urban Traffic Management & Control*). Este proyecto consistió en el desarrollo de una base de datos común para la gestión del tráfico y de un conjunto de especificaciones y estándares para los centros de control y las aplicaciones en vía. Estos estándares garantizaban que la entidad pública definiera y tuviera el conocimiento de todos los protocolos de comunicación, las tramas y estructuras de datos que los futuros contratistas debían utilizar para el diseño y la implementación de centros de control o cualquier aplicación en vía como semáforos, paneles de información variable, CCTV, etc. De esta forma garantizó que futuras expansiones e implementaciones se pudieran integrar e interoperar sin problemas y sin quedar amarrado a un solo contratista o proveedor.

La estandarización para los SIT es justamente eso, un proceso donde se definen las normas técnicas para el desarrollo de un servicio, bien, producto o proceso que garantiza compatibilidad, reproducción, expansión, seguridad y calidad de elementos que se desarrollan independientemente dentro de un sistema. [23]

Utilizar estándares para la contratación e implementación de SIT puede generar beneficios adicionales a la interoperabilidad, como los que se listan a continuación.

- Calidad de los SIT implementados: Los estándares son desarrollados con base en las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de implementaciones pasadas. El uso de estándares minimiza el riesgo de implementar sistemas poco eficientes o que no cumplan su propósito.
- Pluralidad de fabricantes y proveedores de equipos: Los estándares permiten pluralidad de proveedores y fabricantes de equipos para un mismo SIT. Ya sea en etapa de implementación, expansión o renovación tecnológica.
- Reducción de costos a través de economías de escala: La creación de estándares permite que los fabricantes puedan diseñar y fabricar un mismo equipo para distintas implementaciones de SIT y no fabricar equipos hechos a la medida de cada SIT. Esto permite a los fabricantes incrementar el volumen de determinado producto lo que conlleva una amortización de los costos administrativos, de manufactura, investigación y desarrollo en un mayor número de equipos.

→ Reducción de los tiempos y costos de contratación: Adoptar estándares existentes reduce el tiempo y los costos invertidos en la preparación de la documentación técnica ya que los estándares incluyen una gran parte de las definiciones técnicas y funcionales que se necesitan para la contratación de un SIT.

Clasificación de estándares

Los estándares pueden clasificarse en cuatro grupos [24]: (1) Ad Hoc, (2) Interfaz, (3) Producto y (4) Servicio.

Los estándares Ad Hoc son desarrollados por la organización que implementa el proyecto y pueden ser específicos para un proyecto o para un conjunto de ellos. Los estándares de interfaz definen los protocolos de comunicación, los métodos de transmisión, los datos y la información que debe ser compartida entre dos sistemas independientes. Los estándares de producto definen las características, especificaciones y funcionalidades que debe tener un producto. Los estándares de servicios hacen las mismas definiciones que los de producto, pero para la provisión de servicios. Adicionalmente, los estándares pueden ser regionales, nacionales o internacionales, según la región geográfica para la cual se busca la interoperabilidad, y se definen teniendo en cuenta necesidades comunes de la región, el país o el mundo. [25]

Organizaciones que desarrollan estándares para los SIT

Existen varias organizaciones que han publicado estándares para SIT. A continuación se listan las más reconocidas en este tema.

Tabla 3
Organizaciones con publicaciones de estándares para SIT

ABREVIACIÓN	NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
CEN	<i>European Committee for Standardization (Comité Européen de Normalisation)</i>
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)</i>
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>

La Tabla 4 presenta ejemplos de estándares desarrollados por las organizaciones anteriores para las áreas de aplicación de SIT.

Tabla 4
Estándares para las áreas de aplicación de SIT

ESTÁNDARES	ÁREAS DE APLICACIÓN DE SIT							
	GESTIÓN DE OPERACIONES	AYUDAS AL CONDUCTOR	SISTEMAS DE PAGO ELECTRÓNICO	INFORMACIÓN AL VIAJERO	GESTIÓN DE TRÁFICO	MONITOREO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL	SEGURIDAD PÚBLICA	DRT
ISO	ISO 14814		ISO 24014	ISO 17185	ISO 16508		ISO 27037	
CEN	CEN/TC 278		CEN/TC 278	CEN/TC 278				
CENELEC							CENELEC TC79	
ETSI	ETSI TR 102 021-4		TS 102 486-1					
ITU								
IEEE			IEEE 1609.3					
SAE		SAE J2735		SAE J2369				
ASTM	ASTM E2259		ASTM E2213					

3 Estado del arte de la contratación de SIT

Introducción

Los SIT requieren de un diseño, una implementación, operación, mantenimiento y financiación. Todas estas etapas deben ser consideradas y quedar reflejadas en los procesos de contratación. Para las entidades contratantes, reflejar todas estas etapas en los documentos contractuales y determinar los requerimientos y especificaciones del sistema representa un desafío. Para asumirlo, las agencias y entidades necesitan determinar un esquema de contratación que esté alineado con sus necesidades, capacidades técnicas y financieras. Un esquema de contratación cuenta con tres elementos importantes: (1) el modelo de contratación, que se refiere a cómo se dividen los riesgos y las responsabilidades entre la entidad contratante y el contratista, (2) el tipo de contrato, que es la manera como se pacta el pago del mismo, y (3) el método de selección de propuestas; es decir, la forma como la entidad selecciona una propuesta y adjudica el contrato. Cada elemento

tiene diferentes enfoques con el que se han contratado proyectos de SIT mundialmente. El uso de cada enfoque dependerá de la complejidad del proyecto y las capacidades de las entidades contratantes en términos de recursos, personal y experiencia.

En este capítulo se abordan los diferentes enfoques para los distintos elementos de un esquema de contratación (modelo de contratación, tipo de contrato y método de adjudicación del contrato), para cada enfoque se presenta una descripción, las ventajas y desventajas y un ejemplo donde se haya utilizado ese enfoque para la implementación de un SIT en el mundo. [26, 27]

Modelos de contratación (Distribución del trabajo)

Un elemento importante de un esquema de contratación es el modelo de contratación o la distribución del trabajo. Este consiste en definir cómo se distribuye el trabajo asociado al diseño, implementación y operación de un proyecto SIT y quién debe asumir los distintos riesgos. Como se podrá ver a lo largo de esta sección, estas decisiones dependen de criterios como la capacidad de la entidad contratante y del mercado, la complejidad del sistema, los tiempos requeridos para la implementación del proyecto y las fuentes de financiación que se van a utilizar. A continuación se presentan los modelos de contratación más utilizados. Para cada modelo se describen sus características, ventajas y desventajas, y se presenta un ejemplo de implementación en el mundo.

Compra de bienes y servicios personalizados – Customized-off-the-shelf (COTS)

Un contrato de compra de bienes y servicios personalizados es la adquisición de tecnologías que ya están disponibles en el mercado y que se personalizan dependiendo del proyecto y sus necesidades puntuales. Esta contratación se recomienda para usos específicos y en casos donde las entidades o agencias procuren ahorrar costos, disminuir los tiempos de implementación y reducir los costos de mantenimiento. Sin embargo, en este modelo de contratación las entidades contratantes deben asumir los riesgos de diseño, integración y operación. Por esta razón es necesario que las entidades cuenten con la experiencia y capacidad técnica suficiente para el diseño, integración, operación y mantenimiento del sistema. De no contar con la experiencia o capacidad técnica suficiente las entidades pueden

contratar servicios para suplir aquellas actividades que la entidad no tiene la capacidad de llevar a cabo como el diseño o el mantenimiento. [27]

A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas de esta forma de contratación.

Ventajas

- Las tecnologías implementadas ya han sido previamente evaluadas y probadas.
- Disminución de los tiempos de contratación e implementación.
- Los bienes y servicios pueden ser evaluados y probados antes del proceso de contratación.

La mayoría de productos son estandarizados. [28]

- La calidad tiende a ser mejor debido a que ya se ha creado un mercado con competencia.
- Se adecuan fácilmente a los cambios que pueda tener el sistema o alguno de sus componentes, para cumplir con los requerimientos del sistema.

Desventajas

- Las soluciones COTS pueden quedar obsoletas con mayor facilidad, pues son tecnologías que se renuevan constantemente por la naturaleza del mercado.
- Riesgo que la entidad contratante no cuente con la experiencia o el conocimiento necesario, para definir las especificaciones del sistema para un proyecto SIT.
- Las soluciones COTS pueden no ofrecer todas las funcionalidades deseadas, o pueden ofrecer funcionalidades no relevantes.
- Las soluciones COTS pueden no ajustarse a todos los proyectos.

Puede haber manos criminales interesadas en adquirir la información generada por los sistemas SIT. Los softwares utilizados en los sistemas SIT son

vulnerables a los ataques informáticos, si el proveedor no cumple los requerimientos de seguridad y confidencialidad de la información. [29]

Ejemplo: Implementación del sistema de gestión y control de tráfico – Australia

El departamento de planeación, transporte e infraestructura (DPTI, por sus siglas en inglés – *Department of Planning, Transport and Infrastructure*–) identificó la necesidad de implementar un solo sistema de gestión y control de tráfico para reemplazar los múltiples sistemas que se estaban usando en el sur de Australia [30]. Para ello, el DPTI solicitó expresiones de interés, en las cuales se debía hacer una descripción general del diseño e implementación de dicho sistema. A esta expresión de interés se presentaron 5 propuestas, y la entidad emitió una lista corta con 3 de ellas. El DPTI visitó a cada proponente en la lista corta, para observar con mayor detalle los procesos y productos necesarios. Finalmente, el escogido fue Transmax, al cual se le adjudicaron 3 contratos. El primer contrato se realizó con el fin de determinar las especificaciones técnicas y requerimientos funcionales de la arquitectura del *software* STREAMS, que iba a ser usado para el sistema de gestión y control de tráfico. En el segundo se contrató el desarrollo y la implementación de STREAMS. El tercer y último contrato tuvo en cuenta el mantenimiento, las actualizaciones y el soporte técnico del sistema, el cual se revisa anualmente. Adicionalmente, la entidad adjudicó pequeños contratos a proveedores particulares para realizar cambios en los sistemas existentes de SCATS y SCADA, para que sean interoperables con STREAMS. Para este caso, el sistema contratado fue un *software* ya disponible en el mercado en donde se personalizaron algunos módulos.

La implementación del sistema de gestión y control de tráfico fue catalogado como un proyecto exitoso de SIT. Antes de la adjudicación de los contratos, el DPTI visitó el departamento de transporte y vías principales de Queensland para observar el funcionamiento de STREAMS en un contexto real. Además, antes de comenzar la ejecución de los contratos, el contratista desarrolló un glosario de términos que ayudó a que todos los actores involucrados tuvieran una mejor comunicación. Lo anterior permitió que la entidad estuviera mejor informada de los inconvenientes que podían haber durante la implantación y mejores prácticas de comunicación entre la entidad y el contratista y demás actores del proyecto.

Administrador de sistemas – Systems manager

En este modelo de contratación el proceso de diseño lo realiza una sola organización (administrador de sistemas), la cual además, es la encargada de coordinar y planificar las diferentes fases de implementación y todos los

elementos que conforman el sistema. También es responsabilidad del administrador de sistemas hacer la gestión de interfaces², preparar la documentación para la contratación, coordinar múltiples contratos, y la realización de pruebas y certificaciones de los equipos e instalaciones que provean otros contratistas. Sin embargo, la suscripción de los contratos de suministro, implementación, operación y mantenimiento son responsabilidad de la entidad contratante en donde el administrador de sistemas puede proveer soporte técnico durante los procesos contractuales.

Este modelo de contratación es útil cuando la entidad contratante no tiene experiencia ni la suficiente capacidad técnica para definir las especificaciones técnicas y funcionales del sistema y para coordinar la implementación del sistema. En este sentido, estos riesgos son transferidos al administrador de sistemas quien tiene la experiencia y la capacidad técnica para realizar los diseños del sistema y coordinar la implementación del mismo. [24, 9]

Este modelo de contratación se ha utilizado en distintas partes del mundo como Estados Unidos y Europa. Por lo general se utiliza en los siguientes casos:

- No existe un contratista con la capacidad para implementar todo el sistema o hay uno o pocos con las capacidades para implementar el sistema, en consecuencia existe poca competencia, lo que podría aumentar costos y generar dependencia de la entidad contratante en el contratista.
- La entidad no tiene la experiencia, el conocimiento, ni la capacidad para implementar el sistema, pero el sistema es de baja complejidad y los costos corresponden principalmente a equipos disponibles en el mercado y con múltiples fabricantes.

Las siguientes son algunas ventajas y desventajas de esta forma de contratación.

Ventajas

- Se transfiere el riesgo de diseño y queda en manos de un solo responsable.
- El diseño es desarrollado por un tercero con la experiencia y capacidad técnica necesaria para minimizar errores en el diseño.
- En el caso que exista una norma técnica hay un solo responsable por garantizar la interoperabilidad del sistema.

2. Relación existente entre dos procesos (o contratos) desarrollados por dos actores distintos donde las salidas de un proceso serán entradas que permitirán activar el otro proceso.

- Puede reducir el costo de los equipos, ya que al dividir el suministro de equipos en varios contratos con menos exigencias para los contratistas, va a haber mayor competencia y se pueden obtener mejores precios.
- Sistemas complejos y nuevas tecnologías, que no pueden ser suministradas por un solo proveedor, se pueden acoplar fácilmente con el apoyo de múltiples contratos de implementación bajo la responsabilidad del integrador de sistemas.
- Puesto que la entidad es dueña de los diseños y el suministro de equipos y tecnologías no está concentrado en un solo proveedor, la entidad contratante no tiene una gran dependencia de los proveedores, reduciendo los riesgos cuando se requiera cambiar a un proveedor por razones de calidad, incumplimiento o costos.

Desventajas

- Los tiempos de contratación e implementación del sistema pueden ser más largos, ya que se necesitan suscribir distintos contratos en la etapa de implementación.
- Al existir un mayor número de contratistas, existe un mayor riesgo de inconvenientes y disputas entre contratistas y la misma entidad en las interfaces de los contratos.
- Requiere de una alta dedicación y capacidad de la entidad contratante para desarrollar y supervisar todos los procesos de contratación, requeridos para el suministro de equipos y servicios de obra civil y eléctrica.
- Si el administrador de sistemas no tiene éxito, todo el proyecto fracasa.
- El rol de un administrador de sistemas requiere una amplia variedad de habilidades y experiencias para desempeñarse exitosamente, por ende puede ser difícil encontrar una organización con dichas características. Esto limita la competencia y aumenta el costo.

Caso revisado: Implementación de un sistema de gestión de tráfico – Las Vegas, USA

El departamento de transporte de Nevada (NDOT, por su sigla en inglés –*Nevada Department of Transportation*–) decidió implementar un sistema de gestión de tráfico para autopistas y calles arteriales, en la ciudad de Las Vegas, Estados Unidos [31]. La implementación de dicho sistema

incluía la integración del antiguo sistema computacional de tráfico (LVACTS, por sus siglas en inglés –*Las Vegas Area Computer Traffic System*) y un nuevo sistema de transporte de autopistas y calles arteriales (FAST, por sus siglas en inglés –*Freeway and Arterial System of Transportation*–). Para ello se realizaron dos contratos, el primero fue la actualización del LVACTS, pues el actual sistema no podía expandirse más debido a su capacidad. El segundo contrato fue la creación del FAST, enfocado en la disminución de la congestión y el aumento de las condiciones de seguridad vial. Si bien se buscaba la integración de ambos sistemas, cada uno de ellos estaba bajo el control de dos entidades públicas diferentes (LVACTS es jurisdicción del NDOT, y el FAST del *Regional Transportation Commission of Southern Nevada*).

Para la actualización del LVACTS se contrató un administrador de sistemas, quien se encargó de los diseños, la preparación de cronogramas de trabajo, la elaboración de las especificaciones técnicas, la estimación de costos, evaluación del sistema en la etapa de implementación y la integración con el FAST. Como parte de este mismo proyecto, se realizaron 3 contratos de suministros: La implementación del subsistema de comunicación a través de microondas para las vías troncales, la instalación de controladores semafóricos y la construcción del centro de control. La suscripción y supervisión de estos contratos fue responsabilidad de la entidad contratante pero el administrador de sistemas apoyó en la parte técnica y en el desarrollo de los documentos de contratación. La gerencia del proyecto también fue responsabilidad del administrador de sistemas. Este proyecto fue uno de los primeros en integrar ambos sistemas y centralizarlos en un mismo centro de control en los Estados Unidos y en el mundo.

Integrador de sistemas – *Systems integrator*

Este modelo de contratación es similar al administrador de sistemas pero va un paso más allá y asigna al integrador el riesgo de implementación. Esto quiere decir que el integrador, a diferencia del administrador de sistemas, es también responsable del suministro de equipos, instalación, obras civiles y eléctricas que sean necesarias. Este modelo de contratación permite una reducción en los tiempos de contratación debido a que la entidad no necesita realizar distintos contratos para el suministro e instalación de equipos ya que el contrato con el integrador incluye estas actividades. En este modelo, las entidades buscan que bajo un mismo contrato se transfieran los riesgos de diseño e implementación a un mismo actor. Un menor número de contratos facilita la supervisión por parte de la entidad contratante en especial cuando la entidad no cuenta con la capacidad y personal suficiente para supervisar distintos contratos al mismo tiempo. [24]

Para resumir este modelo de contratación, a continuación se listan las principales actividades que son responsabilidad del integrador de sistemas.

- Diseño detallado del sistema.
- Coordinación y planificación de las diferentes fases de implementación y de todos los elementos que conforman el sistema.
- Preparación de la documentación para la contratación.
- Coordinación de los múltiples proveedores y subcontratistas.
- Gestión de interfaces³.
- Pruebas y certificaciones de los equipos e instalaciones.
- Soporte técnico durante los procesos contractuales.
- Suministro de equipos, instalación, obras civiles y eléctricas.
- Capacitación y entrenamiento de los operadores del sistema.
- Documentación del sistema.

A continuación se listan algunas ventajas y desventajas de esta forma de contratación.

Ventajas

- Se transfiere el riesgo de diseño e implementación y queda en manos de un solo responsable.
- En el caso que exista una norma técnica hay un solo responsable por garantizar la interoperabilidad del sistema.
- Al reducir el número de contratos, se disminuye el tiempo para llevar a cabo los procesos de contratación. Para este caso, la entidad solo realiza un proceso de contratación.

Para sistemas complejos, existen muchos factores desconocidos al principio. En este modelo de contratación, se minimiza la barrera entre las fases de diseño y de implementación, por ende es más fácil manejar este tipo de problemas durante el desarrollo del proyecto. [24]

- Al ser el mismo contratista el responsable por el diseño e implementación del sistema, pueden existir sinergias que generen ahorros en los costos del proyecto.

3. Relación existente entre dos procesos (o contratos) desarrollados por dos actores distintos donde las salidas de un proceso serán entradas que permitirán activar el otro proceso.

Desventajas

Este modelo tiende a favorecer grandes proveedores con la experiencia, capacidad técnica y financiera requerida para ejercer ambos roles (diseño e implementación). [24]

- El rol de un integrador de sistemas requiere una amplia variedad de habilidades, experiencia, capacidad técnica y financiera para desempeñarse exitosamente, por ende puede ser difícil encontrar una organización con dichas características. Esto limita la competencia y aumenta el costo.

El éxito del proyecto solo depende del integrador de sistemas porque él adquiere todo el riesgo. [24]

- Requiere que la entidad contratante desarrolle muy bien las especificaciones y requerimientos funcionales pues a diferencia del administrador de sistemas, donde la entidad contratante tenía control sobre la compra de equipos, obras civiles y eléctricas al suscribir estos contratos, el integrador tiene mayor independencia y podrá elegir los equipos que el considere siempre y cuando cumpla con las especificaciones y requerimientos funcionales definidos su contrato.

Caso revisado: Implementación de un centro de gestión de transporte – Michigan, USA

En 1981, En Michigan – Estados Unidos, se implementó un centro de gestión de transporte que cubría 32.5 millas. Basados en el buen desempeño de este centro de gestión, se decide expandir el sistema para cubrir un total 180 millas de autopistas urbanas [32]. El proceso de contratación se realizó con el modelo de integrador del sistema a precio fijo, donde se contrató a una sola organización para el diseño e implementación de la expansión del sistema. Este sistema se compuso de equipos tales como detectores de tráfico, circuito cerrado de televisión, canal de radio para los usuarios de las autopistas, comunicación por microondas y una red de fibra óptica. Adicionalmente, el contrato también incluyó el diseño e implementación del centro de control, desde el cual se maneja la totalidad del sistema de gestión de transporte. Una vez que el contratista acabó las etapas de diseño e implementación, el sistema fue entregado a la entidad contratante. En este caso, el integrador también prestó los servicios de entrenamiento y documentación relacionada a la operación del sistema. Cabe señalar que, debido a que la entidad no tenía la capacidad para la operación, recurrió a un privado para esta actividad.

En este ejemplo, la entidad contratante no tenía la capacidad técnica necesaria para realizar la expansión del centro de gestión de transporte. Por ello,

se decidió un método de contratación de integrador de sistemas a precio fijo, en donde la entidad no asumía los riesgos de diseño ni implementación del sistema. Finalmente, uno de los factores claves de este proyecto fue el entrenamiento y la documentación de operación a quienes iban a estar encargados de la operación, pues se garantizó una transición sin interrupción en la prestación del servicio.

Diseño e implementación en dos fases – *Design-then-build*

Este modelo de contratación transfiere los riesgos de diseño y construcción a dos organizaciones distintas. Primero, la entidad contratante debe realizar los diseños detallados del SIT que desea implementar. Para esto tiene dos opciones, si la entidad cuenta con la capacidad y conocimiento para realizar los diseños al interior de la entidad puede utilizar su personal y recursos para desarrollarlos; si por el contrario, no cuenta con esta capacidad, la entidad debe iniciar un proceso para contratar un experto consultor que tenga las capacidades y conocimientos para desarrollar los diseños detallados de la solución. En cualquiera de las dos opciones el diseño es propiedad de la entidad. En Europa la fase de diseño con frecuencia incluye el desarrollo o adopción de una norma técnica que garantice la interoperabilidad del sistema. Este no ha sido el caso en América Latina [24].

La segunda fase de este modelo de contratación corresponde a la implementación del sistema. La entidad contratante puede desarrollar esta fase de dos formas, dependiendo de varios factores como la capacidad y conocimientos de la entidad contratante, las capacidades y tamaño del mercado, y la complejidad del sistema. Las dos formas que son utilizadas principalmente son las siguientes:

- Implementación de la solución al interior de la entidad
 - Es poco utilizada ya que requiere que la entidad tenga los conocimientos y capacidades técnicas para desarrollar la solución de manera *in house*.
- Implementación de la solución por parte de un tercero
 - Es la más utilizada a nivel mundial. Se trasladan todos los riesgos de implementación a un tercero, pero la entidad contratante conserva los riesgos de diseño. Tiene una limitante, y es que el mercado deb contar con la capacidad y conocimiento para que a través de un solo contratista se pueda implementar el sistema.

Esta forma de contratación tiene las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas

- La entidad contratante es dueña de los diseños detallados. En el mejor de los casos, ha desarrollado o adoptado una norma técnica o estándar. Esto permite que tenga mayor independencia del contratista, reduciendo riesgos y facilitando la transferencia del sistema a otro contratista en el caso de ser necesario.
- En el caso que durante la fase de diseño se desarrolle o adopte un estándar o norma técnica, es posible garantizar la interoperabilidad del sistema.
- Al contar con unos diseños detallados antes de contratar la implementación, es menor la incertidumbre para los posibles adjudicatarios de la implementación, y la entidad contratante puede obtener propuestas más económicas.
- La entidad, al ser dueña de los diseños detallados, no depende de un solo contratista, permitiendo que exista competencia, pluralidad y flexibilidad en las propuestas que se presenten durante la contratación de la implementación del sistema.
- Entre más detallados los diseños menor incertidumbre y riesgo, pues el contrato de diseño debió haber realizado las pruebas pertinentes que garantizan la funcionalidad del sistema. El contratista que implementa la solución se limita a implementar lo expuesto en el diseño detallado. Esta dinámica reduce el valor del contrato de implementación.

Desventajas

- El proceso de contratación e implementación del sistema puede tomar más tiempo, ya que se requieren dos procesos de contratación, uno para el diseño y otro para la implementación del sistema.
- En el caso que durante la fase de implementación u operación se encuentren errores de diseño del sistema, estos los debe asumir la entidad. Una práctica que se ha desarrollado para que el riesgo se pueda transferir al contratista que va a implementar el sistema, sin perder las ventajas de este modelo de contratación, es entregar los diseños al contratista únicamente como referencia, y exigir cumplimiento de solo aquellas especificaciones que garanticen la interoperabilidad del sistema. En este caso, el

contratista deberá realizar la última versión de los diseños detallados del sistema que serán un producto entregable del contrato de implementación. En consecuencia se debe incluir los diseños detallados como parte del contrato de implementación. Esto permite conservar las ventajas de tener un diseño detallado antes de contratar la implementación (presupuesto más realista, menor incertidumbre, y mejor identificación y cuantificación de los riesgos del proyecto) y transferir el riesgo de diseño al contratista encargado de la implementación del sistema.

- La entidad contratante debe tener un buen sistema de gestión de proyectos, para que el diseño y la implementación se hagan de acuerdo con sus necesidades. Además, debe asegurar una comunicación efectiva entre todos los actores involucrados en el proyecto.

Caso revisado: Renovación del sistema de recaudo – Oslo, Noruega

En el año 2002, AS Oslo Sporveier (OS), el operador de transporte público del área metropolitana de Oslo-Noruega, decidió renovar su antiguo sistema de recaudo a un sistema con tarjetas sin contacto para el sistema de buses, tranvía, metro y botes [33]. Para ello llevó a cabo un total de 5 procesos de contratación (adjudicados entre 2002 y 2004): Verificación del concepto de negocio para el sistema de recaudo, preparación de los diseños detallados para el sistema de recaudo, suministro para el sistema de recaudo, operación del sistema de recaudo y servicio/mantenimiento del sistema de recaudo. En este caso, se realiza un solo contrato al tiempo, siendo que cada contrato es prerequisite para la elaboración del siguiente. Para los contratos de implementación, los proponentes debían generar una propuesta con un valor total a través de precios unitarios para los sistemas, subsistemas y equipos del sistema de recaudos. Esto se realiza para hacer un contrato a precio fijo y con el fin de que el contratista de suministro asuma los riesgos de la implementación. Adicionalmente, este nuevo sistema de recaudo debía ser interoperable con los otros prestadores del servicio, como Stor-Oslo Lokaltrafikk (SL) encargado de las regiones cercanas a Oslo, y NSB, la compañía nacional de trenes, con el fin de que los usuarios pudieran acceder a estos tres sistemas con una misma tarjeta.

Cada prestador de servicio público tuvo diferentes contratos para el diseño y el suministro del sistema, lo que conllevó a que estos tres actores (OS, SL y NSB) realizaran diseños, que si bien garantizaban interoperabilidad, se ajustaran a sus propios objetivos y necesidades. Aunque se trató de realizar una reforma para el cálculo tarifario, no se llegó a un acuerdo sino hasta el año 2011, cuando realmente se implementó todo el sistema de recaudo. Esto terminó siendo un problema para la implementación del proyecto porque la tecnología usada fue insuficiente para

lidar con las complejidades del sistema en cuestión tarifaria. Otro de los problemas identificados fue que se publicaron los estándares para los sistemas de recaudo electrónicos en Noruega en el año 2004, cuando los contratos de diseño y de suministro ya estaban adjudicados. Lo anterior representó un incremento en el costo y el tiempo de implementación, pues el contratista tuvo que adecuar los diseños para que se cumpliera con los nuevos estándares.

Diseño, implementación, operación y mantenimiento – *Design, build, operate and maintain*

En este modelo de contratación se asigna el riesgo de diseño, implementación y operación a un solo contratista. La entidad contratante define unos requerimientos, que por lo general se limitan a funcionalidades, especificaciones técnicas y unos niveles de servicio que debe cumplir el sistema. El contratista es el encargado de hacer los diseños de detalle, implementar, operar y mantener el sistema.

Algunas ventajas y desventajas de este modelo de contratación se listan a continuación.

Ventajas

- Se transfieren al privado los riesgos de diseño, implementación, operación y mantenimiento.
- Se puede reducir el tiempo en el proceso de contratación, pues en un solo contrato se pactan 3 o más servicios diferentes (diseño, implementación y operación, como mínimo)
- La entidad no necesita tener personal especializado capacitado para implementar y operar un SIT de alta complejidad. Simplemente puede definirlo a un nivel conceptual de funcionalidades y niveles de servicio esperados.
- Se obtienen las eficiencias y flexibilidad del sector privado en la operación del sistema.
- Cuando los niveles de servicio y su forma de cálculo están bien definidos, la entidad contratante tiene herramientas contundentes para exigir su cumplimiento.

Desventajas

- El contratante termina dependiendo del contratista o concesionario para la expansión y modificación del sistema.
- Nuevos servicios o innovaciones pueden verse afectadas y postergadas por el contratista.
- La entidad pierde control total, por un periodo de tiempo, sobre la operación del sistema y el derecho a prestar el servicio o producto que ha contratado.
- La responsabilidad de todo el sistema es de una sola organización. Debido al nivel de responsabilidad, el riesgo y el costo del contrato pueden ser mayores.
- En muchos casos no se especifica que la información generada y almacenada en el sistema pertenece a la entidad contratante por lo que existe una pérdida de información. No solo es importante dejar claro en el contrato que la información pertenece a la entidad, sino que también se debe definir cómo el contratista ha de entregar la información, indicando que esta debe estar disponible y actualizada cuando la entidad lo requiera.
- Con frecuencia los niveles de servicio no quedan bien definidos o no se especifica claramente su forma de cálculo, lo cual dificulta exigir su cumplimiento.
- Puede haber falta de comunicación entre la entidad y el contratista, lo que conlleva a que durante la etapa de operación no se cumpla con los requerimientos funcionales buscados por la entidad.

El modelo de contratación Diseño, Implementación, Operación y Mantenimiento puede variar en la forma de remunerar al contratista, dependiendo de la manera en que se financie el sistema y los riesgos que se quiere que asuma el contratista. Las principales formas se resumen a continuación.

Recursos públicos

Si la entidad cuenta con los recursos y puede financiar el proyecto, entonces elabora un contrato donde paga al contratista por los diseños e implementación del sistema un monto fijo y después paga por los servicios de operación y mantenimiento del sistema un monto variable que dependa del cumplimiento por parte del contratista de los niveles de servicio fijados en el contrato.

Ventajas

- La tarifa cobrada al usuario para usar determinado sistema SIT no incluye los costos asociados a la inversión de capital; solamente refleja la operación del sistema.

Desventajas

- La entidad contratante debe realizar una inversión inicial significativa.

Recursos privados o mixtos

Para poder implementar el proyecto utilizando recursos del sector privado, se puede hacer una alianza público-privada (APP), cuya forma más conocida y utilizada es la concesión. Bajo este modelo de contratación un grupo de organizaciones o empresas compiten por el derecho a ofrecer un producto o servicio de forma exclusiva por un periodo de tiempo y en una zona geográfica definida. Las personas u organizaciones que deseen utilizar este servicio o producto deberán pagar a la concesión. Los periodos de tiempo de una concesión suelen ser largos; en general, entre 15 y 20 años, para que el concesionario pueda recuperar la inversión realizada.

En algunos casos el riesgo de demanda se transfiere o comparte con el concesionario. Esto se debe analizar bien pues tiene ventajas, como incentivar al concesionario a fomentar la demanda y prestar un buen servicio, pero por otro lado el sector privado muchas veces no está dispuesto a asumir este riesgo y si lo asume cobrará un precio mayor por hacerlo.

Por lo general, durante el tiempo de concesión, el propietario del sistema es el concesionario, pero una vez finalizada la concesión, el sistema es transferido a la entidad contratante. Es importante resaltar que no siempre se transfiere la totalidad del sistema ya que muchos de los equipos tecnológicos habrán cumplido su vida útil y serán obsoletos. Por esta razón en algunas concesiones la transferencia es parcial y corresponde a las obras civiles, eléctricas y aquellos equipos que todavía tengan vida útil considerable por delante.

Este modelo de contratación se suele utilizar para proyectos de implementación de SIT cuando se requiere capital privado para la ejecución del proyecto. Al ser proyectos grandes en términos de recursos requeridos, su implementación y/u operación usualmente son complejas.

Algunas ventajas y desventajas de este modelo de contratación de listan a continuación:

Ventajas

- Los recursos públicos necesarios para la implementación y operación del sistema son bajos o nulos.
- El proceso de implementación puede ser más corto que para otros modelos de contratación ya que no hay demoras en la aprobación y consecución de dineros públicos.
- Se puede transferir al privado el riesgo de demanda.

Desventajas

- La tarifa cobrada al usuario para usar determinado sistema SIT incluye los costos asociados a la inversión de capital, además de los costos de operación del sistema.
- Puede llegar a costar más si los riesgos transferidos al concesionario son percibidos por este como altos. Esto es especialmente cierto para los casos en que se transfiere el riesgo de demanda al contratista.

Caso revisado: Colombia

Este modelo de contratación se ha utilizado en numerosas ocasiones para implementar SIT en América Latina. Por ejemplo, en Colombia muchos gestores de los sistemas de transporte masivo han concesionado los sistemas de recaudo, gestión y control de flota e información al usuario. Las razones para hacer esto han sido principalmente para utilizar financiación privada, por la complejidad de los sistemas, y por el poco conocimiento técnico y experiencia de las entidades contratantes. Este modelo de contratación ha permitido que se implementen estos sistemas, los cuales muy probablemente no se hubieran podido construir en muchas ciudades sin los recursos privados. Sin embargo, ya se han empezado a evidenciar algunos problemas.

El mayor problema se presentó en Bogotá, cuando el distrito entregó en concesión -a una nueva empresa- el sistema de recaudo para la Fase III del Sistema TransMilenio y el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), donde ya existía un concesionario encargado del sistema de recaudo de la Fase I y II del Sistema TransMilenio. El distrito encontró grandes problemas para lograr la integración de los sistemas de recaudo, de manera que los ciudadanos pudieran utilizar una sola tarjeta para acceder al transporte público. Al ser los concesionarios los que

elaboraron el diseño detallado de cada solución y los dueños de estos diseños, el distrito no tuvo la información técnica necesaria para garantizar que los sistemas fueran interoperables. Tres años después de la entrada en operación de las primeras rutas del SITP, los sistemas aún no se han integrado del todo.

Otro problema que se ha evidenciado en varios sistemas de transporte masivo es que el riesgo de demanda se ha transferido completamente a los concesionarios, los pronósticos de demanda estimados en los estudios previos no se han cumplido y la demanda ha sido mucho menor que la esperada. Una de las principales causas del incumplimiento de los pronósticos de demanda es el aumento desmesurado de transporte informal que afecta varias ciudades de Colombia. Las autoridades de tránsito, quienes son las que mejor pueden controlar este fenómeno, han transferido todo el riesgo a los concesionarios, quienes no tienen suficientes herramientas para combatir el problema y ahora se encuentran en dificultades financieras que pueden afectar la operación del sistema.

Tipos de contrato

Los tipos de contrato varían, según el grado de responsabilidad asumida por el contratista sobre los costos del proyecto y las utilidades, y la naturaleza de los incentivos económicos ofrecidos por el contratante para lograr o superar las especificaciones y los objetivos del contrato. Para los proyectos SIT se han utilizado cuatro tipos de contrato: (1) precio fijo, (2) costos reembolsables, (3) tiempo y materiales, e (4) incentivos. Para cada uno de estos, a continuación se describen sus características principales, ventajas y desventajas, y un ejemplo de implementación de SIT en el mundo.

Precio Fijo

En este tipo de contrato se pacta un producto, bien o servicio a un precio fijo (o con ajuste económico dependiendo del plazo en el que se desarrolla el proyecto). Es responsabilidad del proveedor asumir los costos de ejecución, los costos adicionales y las ganancias o pérdidas del proyecto, es decir, el contratista asume todos los riesgos económicos. Este tipo de contrato se recomienda cuando las entidades contratantes no tienen la experiencia necesaria para la supervisión de un proyecto SIT, o cuando no tienen la capacidad para realizar algunas labores y desean tercerizar los proyectos. [27]

Ventajas

- El riesgo económico no es asumido por la entidad contratante.
- Para la entidad contratante es más fácil preparar el presupuesto.
- La entidad contratante no debe preocuparse por los costos variables del proyecto.

Desventajas

- El sistema puede tener un mayor costo, debido a que se debe pagar una suma mayor de dinero para que el contratista asuma el riesgo.
- Se pierde flexibilidad en el proyecto. Puede ser que durante el proyecto cambien los requerimientos, pero estos estarán por fuera del alcance del contrato inicial.
- Requiere mayor detalle y tiempo para la elaboración de los documentos de contratación.

Ejemplo: Escocia

Existen varios proyectos exitosos que han optado por tener un contrato a precio fijo. Por ejemplo, en Escocia se contrató un proyecto de SIT que incluía la instalación y mantenimiento de pórticos para la instalación de paneles de información variable, detectores de tráfico, ductos y cables. [34] En este caso la entidad contratante, perteneciente al departamento de transporte de Escocia, tercerizó el servicio de instalación y mantenimiento a una tarifa fija, y evitó incurrir en gastos adicionales por la falta de experiencia de la entidad en este tipo de implementaciones.

Costos Reembolsables

Para este tipo de contrato, la entidad contratante paga una suma de dinero que corresponde al costo de ejecución real de un determinado proyecto SIT (incluyendo mano de obra, materiales, costos administrativos y gastos generales) más una utilidad que es un valor fijo negociado entre el contratante y el contratista. En estos contratos, el riesgo económico es compartido entre ambas partes. Por un lado, el contratante asume el riesgo económico por un posible aumento de trabajo y costos asociados. Por el otro, el contratista asume el riesgo por demoras en los tiempos de entrega, los

cuales pueden redundar en demoras en los pagos correspondientes y posibles sanciones por incumplimiento de plazo y metas. El uso de este tipo de contrato es recomendado cuando el alcance del proyecto no es completamente claro, de manera que se requieren cambios durante la ejecución del mismo y no es posible estimar a priori el costo del proyecto. [27]

Ventajas

- Permite flexibilidad en el desarrollo del proyecto.
- Para cubrir los costos del proyecto, se hace un desembolso de dinero solamente por el trabajo ejecutado realmente.
- No existe un aumento en el precio negociado de la utilidad del contratista. Independientemente de cambios en el alcance y la duración del proyecto, el proveedor tendrá el mismo pago.

Desventajas

- Implica un mayor riesgo económico, dado que los requerimientos adicionales identificados durante la ejecución del proyecto pueden tener un mayor costo para la entidad contratante.

Ejemplo: Australia

En Australia se amplió la vía que comunica Brisbane e Ipswich y se implementó un sistema de gestión de autopistas para mejorar el flujo de tráfico y las condiciones de seguridad vial. [26] El sistema de gestión de autopistas incluía una red de fibra óptica, un sistema de detección y clasificación de vehículos, paneles de información variable, CCTV, teléfonos de emergencia, señales de rampa, señales para la gestión del uso de carriles, sensores de velocidad, un sistema de monitoreo de las condiciones climáticas y semáforos. Para los semáforos se utilizó un contrato de precio fijo, pero para todos los demás componentes se suscribió un contrato de costos reembolsables por tratarse de un sistema complejo, donde fue difícil estimar un precio fijo. Adicionalmente, fue complicado definir las especificaciones y requerimientos para el sistema de gestión de autopistas, aumentando la complejidad y el riesgo del proyecto.

Tiempo y Materiales

Este tipo de contrato es similar al de costos reembolsables ya que el contratante paga una suma de dinero que corresponde al costo de ejecución real del proyecto más una utilidad. Pero en este caso, la utilidad no es un valor fijo. Específicamente, el contratante paga una tarifa por hora, la cual incluye mano de obra, costos administrativos, gastos generales y la utilidad, y paga por los materiales de forma separada. Al igual que un contrato de costos reembolsables, el uso de este tipo de contrato es recomendado cuando no hay definido un alcance claro sobre el proyecto y no es posible estimar el costo del proyecto de antemano, por ende se necesita una forma de contrato flexible. Este tipo de contrato, se ha aplicado cuando la entidad contratante tiene el personal necesario para desarrollar el proyecto y solo requiere apoyo para algunos aspectos específicos, de alcance limitado. En los contratos de tiempo y materiales, la entidad contratante asume todo el riesgo económico, ya que cubre todos los costos del contratista y asegura su utilidad típica, independientemente de la duración del proyecto. [27]

Ventajas

- Permite flexibilidad en el desarrollo del proyecto.
- Para cubrir los costos del proyecto, se hace un desembolso de dinero solamente por el trabajo ejecutado realmente.

Desventajas

- Implica un mayor riesgo económico, dado que los requerimientos adicionales identificados durante la ejecución del proyecto pueden tener un mayor costo para la entidad contratante.
- La utilidad pagada al contratista varía, con cambios en el alcance y la duración del proyecto.

Ejemplo: Australia

Para el puente del puerto de Sídney se implementó un sistema de limitación de velocidad. El sistema incluía paneles de información variable, señales de límite de velocidad variable, controladores de grupo, modems y cableado. El proyecto fue desarrollado por una entidad pública, la cual contrató algunos proveedores para componentes específicos, utilizando contratos de tiempo y materiales. La entidad tenía personal idóneo para la

implementación del proyecto y solo requería el suministro de algunos equipos particulares. Para ello recurrió a proveedores con los cuales ya tenía una relación y un registro histórico de éxitos.

Incentivos

En un contrato por incentivos, el contratante establece metas y objetivos a alcanzar con determinado proyecto SIT relacionados con indicadores cuantificables. El pago del proyecto involucra una parte variable, que depende del resultado de los indicadores. Por ejemplo, si el objetivo es reducir la longitud de la fila en las intersecciones semaforicas, entonces el monto del pago incrementa a medida que la reducción de la fila es mayor. Este tipo de contratos se usa cuando existe una incertidumbre asociada a los resultados esperados, pues carecen de estudios para determinar los beneficios de implementar algún tipo de tecnología. Es importante aclarar que el contrato por incentivos puede ser complementario a cualquiera de los tipos de contrato mencionado anteriormente. Los indicadores que se pueden evaluar en este tipo de contrato incluyen fechas de entrega, costo, desempeño técnico, o cualquier concepto cuantificable. [27]

Ventajas

- Mejor disposición del dinero ya que el pago solo se realiza si se cumplen los objetivos requeridos.
- Se adecua fácilmente a cualquier tipo de contrato (Precio fijo, costos reembolsables, y tiempo y materiales)

Desventajas

- Se corre el riesgo de determinar erróneamente los indicadores de evaluación.
- Mayor tiempo en la definición de los indicadores a los que se les aplica incentivos.

Ejemplo: USA

El departamento de transporte de Arizona (ADOT, por sus siglas en inglés - *Arizona Department of Transportation*), adoptó una herramienta SIT para

apoyar las operaciones en las zonas de trabajo durante la ampliación y reconstrucción de la ruta estatal 68 (SR 68). [35] Para este caso, la ADOT utilizó incentivos en la contratación con el fin de que el contratista minimizara los tiempos de demoras en las zonas de trabajo durante el tiempo de construcción. En este sentido, entre mayor la reducción del tiempo de demora en las zonas de trabajo, mayor la remuneración recibida por el contratista.

Métodos de adjudicación de contratos

Los métodos de adjudicación son las maneras en que las entidades contratantes evalúan diferentes propuestas y seleccionan un contratista para la implementación de un proyecto. Para proyectos que involucran SIT, se han identificado tres métodos tradicionales, en los que la evaluación se desarrolla en una fase, y un método innovador, el cual evalúa los candidatos en dos fases. Este último ha demostrado ser eficiente, especialmente en proyectos de tecnología complejos. A continuación se explica cada método de adjudicación de contratos, se identifican sus ventajas y desventajas, y se presenta un ejemplo de aplicación del método.

Evaluación de proponentes en una fase

Subasta inversa

Es una modalidad de adjudicación en la que el factor determinante para seleccionar el contratista es el precio. En general, la subasta inversa es utilizada cuando el producto o servicio a contratar está claramente definido por el contratante. Resulta especialmente útil si se trata de proyectos en los que no se involucra un alto grado de innovación o no se incluyen tecnologías con proveedores exclusivos y por ende es posible que varios contratistas estén habilitados. [36, 37, 38]

Ventajas

- Puede resultar en una reducción del costo del proyecto.
- Es un método simple y claro.
- Todos los oferentes cumplen los requerimientos mínimos exigidos.

Desventajas

- Proyectos con mucha complejidad pueden ser desarrollados con una calidad menor a la esperada dado que el alcance de la propuesta técnica se ve limitado por la propuesta económica.
- El bajo precio de cierre puede llevar al oferente a reducir costos en un porcentaje tal que afecte la calidad del proyecto.
- El proyecto puede no ser adjudicado al oferente más calificado.

Ejemplo: USA

El departamento de transporte de Minnesota utilizó el método de subasta inversa para la adjudicación del proyecto de construcción de la autopista T.H. 100 en Golden Valley. [37] El proyecto incluía un sistema de señalización e iluminación. Dado que era un proyecto de rutina y además el objetivo principal era la pavimentación de la autopista, no requería ningún tipo de implementación innovadora. La selección se desarrolló mediante la evaluación mínima de requerimientos y posterior adjudicación a la oferta menos costosa.

Contratación eficiente/Relación costo-calidad óptima

En contraste con la metodología de subasta inversa, la adjudicación a través de contratación eficiente no tiene en cuenta únicamente el factor financiero para seleccionar el contratista sino que busca un balance entre precio, calidad, experiencia y capacidad financiera que permita hacer una evaluación más detallada de acuerdo con las necesidades específicas de cada proyecto. [36, 37]

Ventajas

- Es un método flexible.
- Permite tener en cuenta ventajas de cada proponente además del precio.
- Permite la innovación y la optimización del valor agregado.
- En proyectos complejos (como lo son la mayoría de proyectos SIT), se concentra en evaluar los requerimientos específicos que sean prioritarios en cada caso.
- El resultado final del proyecto está más orientado a beneficiar al usuario.

Desventajas

- El proceso puede ser más lento respecto a otros procedimientos de adjudicación.
- Los costos de los procesos de contratación aumentan dada la complejidad de la evaluación de las propuestas.
- Todos los requerimientos para la selección deben analizarse y ajustarse para proyectos específicos.
- Puede ser necesario un comité especializado conformado por expertos para la evaluación de las propuestas.
- En general, los requerimientos técnicos y expectativas del proyecto deben ser desarrollados más detalladamente.

A continuación se explican en detalle las metodologías para determinar la relación costo-beneficio óptima en los proyectos SIT.

A+B

Es la más simple de las variaciones de la contratación eficiente. En esta metodología solo existe un factor adicional al precio para la evaluación del proyecto: el tiempo de duración del mismo. El tiempo de duración ofrecido por cada proponente en días es multiplicado por el valor de un día de trabajo, se suma al precio ofrecido, y la propuesta con menor resultado es la seleccionada. Esta modalidad es especialmente útil cuando el desarrollo del proyecto interviene vías o infraestructuras críticas y representan un alto impacto para el público. [36]

Ejemplo: USA

El departamento de transporte de Iowa, utilizó el proceso de selección A+B para el reemplazo y ampliación del puente entre la calle 24 y la Interestatal 29/80 en Council Bluffs. [39] El proyecto incluía la actualización del SIT del puente, compuesto por dos cámaras y dos sensores a cada lado de la vía para determinar irregularidades del tráfico. Dado que la zona a intervenir era crítica y con alto flujo de vehículos, era prioridad de la entidad contratante minimizar la duración de la obra. El periodo de restricción de tráfico estimado por la entidad era de 215 días, sin embargo, gracias al método de selección empleado, se logró que el cierre de la vía fuera de tan sólo 175 días.

Oferta ajustada

Es otra variación de contratación eficiente, en la cual son considerados más aspectos además del precio. Consiste en ajustar la oferta económica de modo que se refleje el valor de la propuesta técnica. [37] Una de las fórmulas más comunes para hacer dicho ajuste es dividir el precio ofertado entre la calificación técnica. Sin embargo, la entidad es libre de formular el valor de la oferta ajustada siempre y cuando el ajuste refleje el valor de los aspectos técnicos requeridos. Otro aspecto clave es que la oferta es ajustada únicamente para la evaluación de los proponentes. El valor del contrato será aquel que el contratista definió en su propuesta económica. Resulta útil aplicar esta metodología cuando es importante obtener un precio bajo, pero que no comprometa la calidad del proyecto. [36]

Ejemplo: Canadá

La provincia de British Columbia utilizó la metodología de la oferta ajustada para contratar al encargado de ejecutar el proyecto de Evergreen Line Rapid Transit, el cual consistía en diseñar y construir la extensión de una línea del metro de Vancouver. [40] Para esta selección, la entidad contratante estaba interesada en cumplir con ciertos requisitos técnicos que permitieran la interoperabilidad del sistema con la nueva línea antes que contratar a un bajo precio. Por lo tanto, evaluó dos componentes distintos al factor económico: el cumplimiento mínimo de requerimientos técnicos y el nivel de riesgo de condiciones variables en obra (*risk of differing site conditions*) asumido por el proponente. Si el proponente decidía asumir todo el riesgo, el valor de su propuesta económica se mantenía igual. Por el contrario, si el proponente decidía compartir el riesgo con la entidad contratante, su oferta económica era ajustada mediante la adición de \$30 millones. Las ofertas económicas fueron evaluadas y clasificadas basándose en si se cumplían los requerimientos técnicos y el nivel de riesgo seleccionado. Una vez que se hizo el ajuste de precios, se determinó como ganadora a la propuesta con menor oferta ajustada.

Calificación ajustada

Siguiendo la idea de la oferta ajustada, esta metodología igualmente tiene en cuenta el precio ofertado y aspectos técnicos, con la diferencia de que cuando se usa calificación ajustada, es porque la entidad contratante tiene un interés mayor en la calidad técnica que en el precio. Adicionalmente, algunas veces tiene en cuenta el precio estimado del proyecto, que se determina mediante un estudio previo elaborado o contratado por la entidad. Una de las fórmulas más comunes utilizadas en este método de evaluación

es multiplicar la calificación técnica por el precio estimado del proyecto y dividir el resultado entre el precio ofrecido por el proponente. Sin embargo, la entidad es libre de formular el valor de la calificación ajustada siempre y cuando refleje la capacidad técnica de los proponentes. La adjudicación se hace a la propuesta con calificación ajustada más alta. Cuando se implementa esta variación, el proyecto debe tener objetivos claramente definidos, deben existir varias maneras de cumplir con dichos objetivos y la calidad técnica debe ser más importante para la entidad contratante, que el precio. [36, 37]

Ejemplo: USA

El proyecto de implementación de carriles express con cobro a lo largo de las vías SR 826/Palmetto Expressway e I-75 en el condado de Miami-Dade, Florida, se otorgó mediante calificación ajustada. [41] La fórmula que usó el departamento de transporte de Florida (FDOT, por sus siglas en inglés – *Florida Department of Transportation*) para calcular la calificación ajustada, fue la división de la oferta económica entre la calificación técnica. En este caso la fórmula utilizada fue igual a la de oferta ajustada (y es la que FDOT define como calificación ajustada), sin embargo lo que se tuvo en mente fue que el diseño podía tener varias soluciones ya que la entidad contratante admitió la presentación de Conceptos técnicos alternativos (*Alternative Technical Concepts*) de modo que era posible llegar a la misma solución de muchas maneras.

Calificación por pesos

La metodología de la calificación por pesos consiste en asignar un peso a cada aspecto del proyecto, incluyendo la propuesta económica, y usar la calificación ponderada para seleccionar un proponente. Para esta modalidad al precio también se le da una calificación. Esta metodología tiene la ventaja, con respecto a las otras variaciones, de que es posible identificar más claramente los requerimientos y prioridades de la entidad contratante pues los pesos reflejan la necesidad de enfatizar en algún (o algunos) componente(s) específico(s) del proyecto. También es común que el precio juegue un rol aún menos importante. [36, 37]

Ejemplo: Escocia

La autoridad de transporte de Escocia (*Transport Scotland*) necesitaba reemplazar el sistema de peaje del Forth Road Bridge, y para adjudicar el proyecto usó la modalidad de calificación por pesos. [42] Se pudo evidenciar

que el interés de la entidad contratante no era el precio más bajo, pues el peso de la propuesta económica fue de tan solo 20% contra el 80% de peso de la propuesta técnica. Además, si el proponente no lograba una calificación técnica mayor a 50 puntos, dicha oferta era descartada.

Costo fijo – Mejor propuesta

Por último, se encuentra la modalidad más reciente de contratación eficiente, precio fijo-mejor propuesta, donde la adjudicación dependerá únicamente de los aspectos técnicos del proyecto. Como su nombre lo indica, la entidad contratante fijará el costo del proyecto mientras que serán los proponentes quienes determinen el alcance del mismo a través de las propuestas técnicas. La propuesta que ofrezca la mejor solución por el precio establecido será quien desarrolle el proyecto, lo cual promueve altamente la innovación para cumplir o superar las expectativas del contratante así como también la optimización del presupuesto. Esta modalidad resulta útil cuando la complejidad del proyecto es tal que no permite a la entidad determinar su alcance real y se quiere promover la calidad y mejor servicio al público optimizando el presupuesto. [36, 37]

Ejemplo: USA

El proyecto COSMIX (Colorado Springs Metro Interstate Expansion) fue uno de los más grandes proyectos en materia de transporte desarrollados en el estado de Colorado. Este proyecto consistió en la expansión de la autopista I-25, la cual transporta alrededor de 100 mil vehículos al día. [43] El proyecto era tan grande e importante que el Departamento de transporte de Colorado simplemente estableció un presupuesto de 150 millones de dólares y permitió que los proponentes ofrecieran diferentes características técnicas, aprovechando todo el presupuesto y llegando a soluciones más innovadoras. [44]

Contratación directa

Es la selección de un contratista sin que se genere competencia por el producto o servicio. Se usa cuando existe evidencia clara de que sólo un proveedor/contratista tiene las habilidades, experiencia y capacidades necesarias para proveer un producto o servicio. [24] Este método de selección es particularmente útil cuando el tiempo de ejecución del proyecto es muy limitado. [27, 38]

Ventajas:

- La contratación es más sencilla.
- La administración del proceso de contratación es más fácil.
- Ahorro de tiempo en la contratación.

Desventajas:

- Se pierde el principio de competencia de los procesos normales de contratación.
- La oferta económica puede estar sobrevalorada.
- Puede estar en contra de las regulaciones para procesos de contratación.
- Riesgo de seleccionar un proveedor que no sea el idóneo para el proyecto de SIT.

Ejemplo: Australia

La autopista M1 en Melbourne, Australia, es una autopista donde se llevó a cabo la adecuación de 75 Kilómetros que requerían la construcción de carriles adicionales, el mejoramiento de las intersecciones, el fortalecimiento de un puente y un sistema de gestión de autopistas. [45] Dicho sistema se consideró de alta complejidad y de alto riesgo debido a la implementación de tecnología de punta. El componente de SIT incluía la contratación de un software para el sistema de control. Para ello, VicRoads (entidad contratante) realizó una búsqueda mundial para encontrar una plataforma SIT que se adecuara a las necesidades del proyecto. Finalmente, VicRoads seleccionó a Transmax para la realización de una prueba piloto. En dichas pruebas, Transmax probó ser el único proveedor que cumplía con los requerimientos para este proyecto, lo cual dio vía libre para realizar la contratación directa con dicha empresa. El contrato incluyó el diseño, suministro, instalación, pruebas y mantenimiento del software central de control durante ocho años.

Evaluación de proponentes en dos fases

Este método de selección se realiza usualmente cuando la entidad identifica la necesidad de implementar un sistema SIT, pero no está en la capacidad de definir los requerimientos del sistema o de financiar el proyecto. Por ello,

se decide dividir el proceso de adjudicación en dos fases diferentes. En una primera fase, la entidad realiza la precalificación de potenciales proponentes. En dicha precalificación, los proponentes deben demostrar la capacidad técnica y financiera para llevar a cabo el proyecto. En una segunda fase, los proponentes calificados en la primera fase son llamados para hacer un diálogo competitivo, es decir un proceso de diálogos para definir los términos de referencia en la parte técnica y en la experiencia del personal a realizar el proyecto. Una vez establecidos los términos de referencia finales, los proponentes presentan una propuesta técnica y financiera final, la cual es evaluada con algunos de los métodos explicados en la sección 3.4.1. [36, 38]

El diálogo competitivo es: "Un procedimiento en el que cualquier operador económico puede solicitar su participación y mediante el cual la autoridad contratante dirige un diálogo con los candidatos admitidos en dicho procedimiento, con el fin de desarrollar una o más alternativas apropiadas capaces de cumplir con los requerimientos, y sobre la base del cual los candidatos seleccionados son invitados a presentarse a licitación" [46]. El diálogo competitivo ha sido usado cuando los proyectos son de gran complejidad y de alto costo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las entidades contratantes deben tener previo conocimiento de las posibles soluciones y una preparación para realizar el proceso de diálogo efectivamente. El diálogo competitivo usualmente se utiliza en el caso de alianzas público-privadas (APP), pero puede aplicarse en otros procesos de contratación. [47]

A continuación se identifican ventajas y desventajas de este método de adjudicación de contratos. [36, 47, 48]

Ventajas

- Permite a las entidades públicas mantener el control del proceso de definición de la estrategia óptima para desarrollar un proyecto.
- La entidad contratante no necesita tener definido lo que se va a hacer, cómo se va a hacer y qué estándares deben usarse. Estas preguntas se resuelven durante el diálogo competitivo, antes del proceso de contratación.
- Durante el diálogo se pueden aclarar las necesidades de la entidad contratante y definir soluciones apropiadas e innovadoras, antes de la contratación.
- La primera fase permite garantizar que los proveedores/contratistas que se presenten a la licitación tengan la experiencia y el conocimiento necesarios para ejecutar el proyecto exitosamente.

- Menor costo de implementación del proyecto debido a que pueden existir varias empresas calificadas para desarrollo y se incentiva la competencia.

Desventajas

- El proceso de contratación toma más tiempo.
- Puede incrementar los costos de contratación, pues se requiere más personal para realizar ambas fases del proceso.
- No hay una manera clara para saber si la fase de diálogos debe tener un enfoque consultivo, investigativo o ambos.
- Se corre el riesgo de que la fase de diálogo sea una discusión para una misma solución, pero con diferentes formas de implementar, en vez de tener varias soluciones de diferentes proponentes.

Ejemplo: Inglaterra

En febrero de 2003 se adoptó un sistema de manejo de tráfico en Londres, Inglaterra, que realiza un cobro a los vehículos particulares y de carga para desincentivar su uso en el centro de la ciudad, con el fin de mejorar las condiciones de tráfico en ese sector. Debido a la complejidad del proyecto, el proceso de contratación se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase, *Transport for London*, la entidad contratante, realizó la precalificación de potenciales proponentes. Esta primera etapa evaluó la experiencia, capacidades y recursos para la elaboración de proyectos similares. Las empresas preseleccionadas fueron invitadas a un diálogo competitivo en el cual se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: técnicos, comerciales, requerimientos/solución, negociaciones, precios, diseño del estudio y creación de los contratos. Cabe anotar que, para este proyecto, solo la etapa de diálogo competitivo tuvo una duración de aproximadamente 9 meses. Sin embargo, este proceso tuvo como resultado una solución innovadora que permitía el cobro del peaje a través de cámaras, sin necesidad de instalar casetas de peajes en todos los ingresos al área central de Londres.

4 Conclusiones

En este documento se presentaron distintos enfoques para cada uno de los elementos que conforman un esquema de contratación (modelo de contratación, tipo de contrato, método de adjudicación del contrato). Es importante resaltar que no existe un único esquema de contratación que garantice el éxito de un proyecto SIT, para ello es importante evaluar criterios como la capacidad de la entidad contratante y del mercado, la complejidad del sistema, los tiempos requeridos para la implementación del proyecto y las fuentes de financiación que se van a utilizar. De esta evaluación debe resultar la selección del enfoque a utilizar para cada uno de los elementos que componen un esquema de contratación. Esta selección es la que define el esquema de contratación que maximice las probabilidades de alcanzar los objetivos en la implementación y operación de un SIT.

A la hora de planear la implementación de un SIT es importante tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema y no únicamente su instalación y

puesta en marcha. Independientemente de si solo se va a contratar la implementación, es importante tener presente la etapa de operación y mantenimiento, ¿Quién la va a hacer?, ¿Cuánto va a costar?, ¿Cuáles son los riesgos asociados a esta etapa? Gran parte de los costos y problemas asociados a los SIT se dan durante la etapa de operación y mantenimiento. Tener en cuenta estas etapas durante el proceso de contratación ayuda a mitigar riesgos y asignarlos a quien mejor los pueda controlar.

Cuanto más complejo y difícil de especificar y presupuestar sea un SIT, más oportunidad debe darse al mercado (proponentes) de establecer las características y el costo del proyecto con base en la variedad de soluciones que pueda ofrecer y la sana competencia. Una forma de hacer esto es a través de precalificaciones y diálogos competitivos entre proponentes que permita a la entidad contratante una mejor definición de la solución requerida y una mejor estimación de los costos asociados a esta. Esto permitirá aprovechar mejor los recursos y llegar a una solución de mejor calidad al mismo tiempo.

Utilizar recursos privados o transferir más responsabilidades y riesgos al contratista no implica una pérdida de control sobre la información y condiciones de la implementación del sistema. El desarrollo y/o adopción de estándares y normas tecnológicas para SIT permite garantizar:

- Independencia del fabricante y proveedor tecnológico para el soporte, mantenimiento y operación del sistema.
- Pluralidad de proveedores en caso de requerir expandir el sistema.
- Interoperabilidad con sistemas que se implementen en paralelo o con otros operadores.
- Acceso y derechos sobre la información generada y almacenada en el sistema para su apropiación y utilización.
- Precios competitivos y confiabilidad en la operación del sistema.

Oferta en el mercado de equipos para la renovación del sistema por obsolescencia tecnológica.

5 Bibliografía

- [1] Austroads Ltd, «Best Practice Guidelines for Procurement of ITS Solutions», Austroads Ltd, Sidney, Australia, 2013.
- [2] M. Picone, S. Busanelli, M. Amoretti, F. Zanichelli y G. Ferrari, Advanced Technologies for Intelligent Transportation Systems, Springer International Publishing, 2015.
- [3] «Welcome | ITS TOOLKIT | 2DECIDE,» [En línea]. Available: <http://www.its-toolkit.eu/2decide//node/44>. [Último acceso: 30 Junio 2015].
- [4] The World Bank, «The World Bank | Intelligent Transport Systems - Home,» The World Bank Group, 2011. [En línea]. Available: <http://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publications/Toolkits/ITS%20Toolkit%20content/index.html>. [Último acceso: 30 Junio 2015].

- [5] The World Bank, «The World Bank | Intelligent Transport Systems – ITS Applications,» The World Bank Group, 2011. [En línea]. Available: <http://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publications/Toolkits/ITS%20Toolkit%20content/its-applications.html>. [Último acceso: 3 Junio 2015].
- [6] M. K. Nasir, R. M. Noor, M. A. Kalam y B. M. Masum, «Reduction of Fuel Consumption and Exhaust Pollutant Using Intelligent Transport Systems,» *The Scientific World Journal*, vol. 2014, n° Article ID 836375, 13 pages, 2014. doi:10.1155/2014/836375, 2014.
- [7] Office of the Assistant Secretary for Research and Technology (OST-R), «Applications Overview,» US Department of Transportation, 27 Febrero 2009. [En línea]. Available: <http://www.itsoverview.its.dot.gov/>. [Último acceso: 3 Junio 2015].
- [8] A. B. Nkoro y Y. A. Vershinin, «Current and future trends in applications of Intelligent Transport Systems on cars and infrastructure,» de *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Qingdao, 2014.
- [9] World Road Association, ITS Handbook, París, Francia: World Road Association, 2004.
- [10] Secretaría de Transporte de la Nación, «SUBE,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.sube.gob.ar/DondeUsarSUBE.aspx?solapa=3>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [11] «Parking en la Ciudad de Buenos Aires » ITS Argentina,» 18 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.itsargentina.org/parking-en-la-ciudad-de-buenos-aires/>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [12] «Centro de monitoreo y sistema de información de transporte urbano. Ente de la movilidad de Rosario | gobiernolocal.gob.ar,» Creative commons, [En línea]. Available: http://www.gobiernolocal.gob.ar/?q=node/3840#field_implementacion. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [13] Empresa 1, «SINTRAM: Gestão integrada multimodais » Empresa 1,» [En línea]. Available: <http://www.empresa1.com.br/index.php/cases/sintram-gestao-integrada-de-multimodais/>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [14] «Vantagens | Sem Parar,» SEM PARAR, 2015. [En línea]. Available: <http://www.sem parar.com.br/para-voce/vantagens/>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].

- [15] S. H. Barbosa, «Rodovias de pedágio aberto ou free-flow: perspectivas para a implantação no Brasil,» Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2013, pp. 60–62.
- [16] «<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/monitoramento-cco>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/monitoramento-cco>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [17] ITS Chile, «El transporte ambientalmente sustentable y la calidad de vida de las ciudades,» 25 al 27 Octubre 2010. [En línea]. Available: <http://www.codatu.org/wp-content/uploads/Sistemas-inteligentes-de-transporte-en-Chile-Jorge-Minteguiga.pdf>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [18] Directoría de Transporte Público Metropolitano, «Información del sistema | Transantiago,» [En línea]. Available: <http://www.transantiago.cl/acerca-de-transantiago/informacion-del-sistema;jsessionid=P7fuI0RZN6ES20ca4KDtnNAo>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [19] Alcaldía de Medellín, «simm – SIMM,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.medellin.gov.co/simm/>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [20] Americas Resources, «ITS Libramiento Arco Norte,» [En línea]. Available: <http://www.americasresources.com/portals/0/Americas%20Resources%20-%20ITS%20Arco%20Norte.pdf>. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [21] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, «Desarrollo de la Arquitectura y Plan de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) de Perú. Informe n° 3: Inventario de Actores y Marco Normativo Existente en ITS,» 15 Enero 2014. [En línea]. Available: https://www.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/Informe_3 ITS.pdf. [Último acceso: 1 Octubre 2015].
- [22] Urban ITS Expert Group, «Best Practices in Urban ITS,» Urban ITS Expert Group, 2013.
- [23] International Organization for Standardization ISO, «ISO Standards – ISO,» ISO, [En línea]. Available: <http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>. [Último acceso: 3 Junio 2015].
- [24] B. McQueen y J. McQueen, «ITS Procurement Strategies,» de *Intelligent Transportation Systems Architectures*, Norwood, MA, Artech House, Inc., 1999, pp. 299–322.
- [25] B. Williams, *Intelligent Transport Systems Standards*, Norwood, MA: Artech House, Inc., 2008.

- [26] Austroads Ltd, «Apéndice H,» de *Best Practice Guidelines for Procurement of ITS Solutions*, Sidney, Australia, Austroads Ltd, 2013, pp. 54–58.
- [27] K. Marshall y P. Tarnoff, «NCHRP Report 560: Guide to Contracting ITS Projects,» Transportation Research Board, Washington, D.C., 2006.
- [28] J. S. Gansler y W. Lucyshyn, «Commercial-off-the-shelf (COTS): Doing it right,» University of Maryland, School of Public Policy, Center for Public Policy and Private Enterprise, College Park, MD, 2008.
- [29] «Do COTS technologies make you less secure and more vulnerable? | Intelligent Utility,» Intelligent Utility, 2015. [En línea]. Available: <http://www.intelligentutility.com/magazine/article/410045/do-cots-technologies-make-you-less-secure-and-more-vulnerable>. [Último acceso: 22 Junio 2015].
- [30] Austroads Ltd, «Apéndice I,» de *Best Practice Guidelines for Procurement of ITS Solutions*, Sydney, Australia, Austroads Ltd, 2013, pp. 59–62.
- [31] J. Trombly y T. Luttrell, «A Case Study The Las Vegas Freeway and Arterial Management System Use of a Systems Manager Contractor to Procure ITS,» United States Department of Transportation, Washington, D.C., 2000.
- [32] Federal Highway Administration, «Metropolitan Transportation Management, A case Study Improving Safety and Air Quality While,» Washington, DC, 1999.
- [33] J. Runde Krogstad, «Tracking the Challenges of E-ticketing: An analysis,» de *Young Researchers Seminar 2013*, Lyon, Francia, 2013.
- [34] Transport Scotland, «Procurement | Transport Scotland,» Transport Scotland, [En línea]. Available: <http://www.transportscotland.gov.uk/road/forth-replacement-crossing/procurement>. [Último acceso: 3 Junio 2015].
- [35] Arizona Department of Transportation, «Intelligent Transportation Systems in Work Zones: A Case Study,» Federal Highway Administration, Office of Operations (HOP), Washington, D.C., 2004.
- [36] B. Ashuri y H. Kashani, «Recommended Guide for Next Generation of Transportation Design Build Procurement and Contracting in the State of Georgia,» Georgia Institute of Technology; Georgia Tech Research Corporation, Atlanta, GA, 2012.

- [37] S. Scott, K. Molenaar, D. Gransberg y N. Smith, «NCHRP Report 561: Best-Value Procurement Methods for Highway Construction Projects,» Transportation Research Board, Washington, D.C., 2006.
- [38] V. Sauter, D. Franke, D. Long y M. Quack, «Best Practices for Intelligent Transportation Systems (ITS) Equipment Procurement,» Missouri Department of Transportation, Rolla, MO, 2007.
- [39] Federal Highway Administration, «Project Details – Highways for LIFE – FHWA,» 25 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov/hfl/summary/ia/03.cfm>.
- [40] Partnerships British Columbia, «Evergreen Line Rapid Transit Project Request for Qualifications,» Ministry of Transportation and Infrastructure, Vancouver, 2010.
- [41] I-75 Express Lanes, Florida Department of Transportation, «Information Meeting: Corridor-Wide ITS/Tolling Integrator,» 6 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.75-express.com/docs/default-source/its/i-75-its-tolls-corridor-wide-integrator-industry-workshop-8-4-14.pdf?sfvrsn=2>. [Último acceso: 3 Junio 2015].
- [42] S. Scott, K. Molenaar, D. Gransberg y N. Smith, «Appendix D: Best-Value Case Studies,» de *NCHRP Report 561: Best-Value Procurement Methods for Highway Construction Projects*, Washington, D.C., Transportation Research Board, 2006, pp. D-41 – D-42.
- [43] Colorado Department of Transportation, «Design Build Manual,» State of Colorado, Denver, 2014.
- [44] CH2M HILL, *Colorado Springs Metro Interstate Expansion (COSMIX)*, Denver, CO: CH2M HILL, 2008.
- [45] Austroads Ltd, «Apéndice E,» de *Best Practice Guidelines for Procurement of ITS Solutions*, Sydney, Australia, Austroads Ltd, 2013, pp. 33-46.
- [46] Art. 1 (11) (c), *Directive 2004/18- Traducido al español*.
- [47] M. Burnett, «Using Competitive Dialogue in EU Public Procurement – Early Trends and Future Developments,» European Institute of Public Administration, Maastricht, 2009.
- [48] European PPP Expertise Centre, «Procurement of PPP and the use of competitive dialogue in Europe. A review of public sector practices across the EU.,» European PPP Expertise Centre, Luxembourg, 2010.

- [49] G. Ullman y J. Schroeder, «Mitigating Work Zones and Mobility Challenges through Intelligent Transportation Systems: Case Studies,» Federal Highway Administration, Office of Operations (HOP), Washington, D.C., 2014.
- [50] P. B. D. P.E, C. A. Koutalides y P. J. Lau, «The Design/ Build / Operate project delivery method.,» 10 Enero 2003. [En línea]. Available: <http://www.alt-res.com/MMA%20Q~A%202003.pdf>. [Último acceso: 30 junio 2015].

