

TECNOLOGÍA ITS DE BAJO COSTO

COMITÉ TÉCNICO B.1 OPERACIÓN DE REDES DE CARRETERAS / ITS

SOBRE LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA

La Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR) es una organización sin fines de lucro establecida en 1909 para mejorar la cooperación internacional y fomentar el progreso en el ámbito de las carreteras y el transporte por carretera.

El estudio objeto del presente informe se definió en el Plan Estratégico de la AIPCR de 2016-2019 aprobado por el Consejo de la Asociación Mundial de la Carretera, integrado por representantes de los gobiernos nacionales miembros. Los miembros del Comité Técnico responsable de este informe fueron nominados por los gobiernos nacionales miembros debido a sus competencias especiales.

Las opiniones, resultados, conclusiones y recomendaciones expresadas en esta publicación son las de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de sus entidades o agencias matrices.

Este informe está disponible en la página web de la Asociación Mundial de la Carretera: <http://www.piarc.org>

Copyright World Road Association. Reservados todos los derechos.

*Asociación Mundial de la Carretera (PIARC)
Arche Sud 5° niveau
92055 La Défense Cedex, France*

ISBN: 978-2-84060-521-8

Portada © Adobe Stock

TECNOLOGÍA ITS DE BAJO COSTO

COMITÉ TÉCNICO B.1 *OPERACIÓN DE REDES DE CARRETERAS / ITS*

AUTORES/ AGRADECIMIENTOS

Coordinación

- Jacques Ehrlich (FR)

Autores (orden alfabético):

- Ghislaine Baillemont (FR)
- Kian Keong Chin (SG)
- Jacques Ehrlich (FR)
- Galen Mc Gill (Estados Unidos)
- Azusa Goto (JP)
- Boris Jelisejevs (LV)
- Siveshni Pillay (ZA)
- Satoshi Ueda (JP)
- Paul Warren (Reino Unido)

Revisores (1ra. revisión interna Montreal, orden alfabético)

- José Nirina Andrianarivelo (MG),
- Kian Keong Chin (SG)
- Jacques Ehrlich (FR)
- Galen Mc Gill (Estados Unidos)
- Azusa Goto, (JP),
- Seong J. Namkoong (KR)
- Paul Warren (Reino Unido)
- Hidenori Yoshida (JP)

Revisores (2da. revisión interna, Munich, orden alfabético)

- José Nirina Andrianarivelo (MG),
- Kian Keong Chin (SG)
- Jacques Ehrlich (FR)
- Galen Mc Gill (Estados Unidos)
- Boris Jelisejevs (LV)
- Daniel Russomanno, (AR)
- Seong J. Namkoong (KR)
- Satoshi Ueda (JP)
- Azusa Goto (JP)

Revisión interna previa-final

- Alain Broes (BE)
- Tomas Tichy (CZ)

Revisión transversal con WGB13

- Martin Böhm (AU)
- Dieter Hintenaus (AU)
- Marek Ščerba (CZ)

Revisión completa y mejora del inglés

- Galen Mc Gill (Estados Unidos)
- Tom Kern (Estados Unidos)
- Kian Keong Chin (SG)

Última revisión y mejora antes de la traducción al castellano

- Galen Mc Gill (Estados Unidos)
- Kian Keong Chin (SG)
- Wee Ping Koh (SG)
- Jacques Ehrlich (FR)

Versión y revisión en castellano (*)

- Daniel Gerardo Russomanno (AR),

(*) Aclaración sobre la Versión en Castellano

La versión en Castellano fue obtenida desde la versión en Inglés de los escritos originales de autores de habla inglesa automáticamente traducidos a través de software DeepL Pro (<https://www.deepl.com/home>). No importa cuán bueno es un software de traducción de idiomas desde una máquina, siempre será conveniente la posterior traducción e interpretación de un traductor humano experto en el tema en cuestión. Por esta razón, las partes de este reporte que fueron automáticamente traducidas fueron cuidadosamente revisadas y corregidas. Sin embargo, a pesar de toda nuestra atención, podrían existir aún pasajes cuyo estilo no son siempre reflejo de las normas del idioma castellano; pedimos disculpas a los lectores de habla castellana por esta razón.

TECNOLOGÍA ITS DE BAJO COSTO

El concepto ITS de bajo costo se introdujo por primera vez durante el ciclo de la AIPCR 2012-2015. El concepto describía los servicios de ITS que eran atractivos para los países en desarrollo o con recursos limitados. Ésto fue posible gracias a la reciente aparición de soluciones tecnológicas de bajo costo, incluidos los sistemas de información basados en la recolección de datos por vehículos flotantes o de información de las redes sociales basadas en aplicaciones informáticas.

Sin embargo, el concepto no se definió formalmente. Tras un examen más detallado, la aplicación de los ITS de bajo costo afecta tanto a los países en desarrollo como a los desarrollados. Ésto se debe a la necesidad de reducir el gasto público, incluidos los costos de inversión y de funcionamiento durante el ciclo de vida de los servicios de ITS.

El objetivo de este informe es realizar una investigación en profundidad del concepto de ITS de bajo costo para aclarar su definición e investigar todos los aspectos relacionados (técnicos y no técnicos) a través de un enfoque de análisis comparativo.

Es importante tener en cuenta las ventajas y desventajas a la hora de desplegar un determinado servicio basado en una solución de bajo costo en comparación con una solución tradicional. Esta cuestión debe plantearse para cada aspecto a fin de diferenciar los dos enfoques. Éste es el enfoque adoptado en este documento, aunque sólo sea posible dar respuestas parciales debido a la falta de estudios comparativos rigurosos.

Por lo tanto, el informe debe considerarse como una guía para los profesionales con consideraciones que deben tener en cuenta al planificar la implementación de un servicio basado en una solución de bajo costo. Sin embargo, también es una guía para los investigadores que les ayuda a identificar y a enfocar los temas pendientes que necesitan más investigación.

Para que este documento sea más que una guía teórica hemos intentado relacionarlo con la realidad ilustrándolo con estudios de casos y con artículos de investigadores. Se hace referencia a ellos a lo largo del texto y se resumen en los capítulos 12 y 15.

Por último, el informe también pretende apoyar el enfoque estratégico de la AIPCR en el ámbito de los ITS.

Este informe describe los últimos avances en soluciones ITS de bajo costo mediante la investigación de varios aspectos emergentes técnicos y no técnicos.

En el **prólogo**, los ITS de bajo costo se presentan como un nuevo paradigma en respuesta a los obstáculos encontrados en el despliegue de los ITS, especialmente, en los países en desarrollo. Los ITS de bajo costo están relacionados con la aparición de nuevas tecnologías que son más asequibles. Su implementación conduce a una cadena de procesos simplificada para la recolección, procesamiento, difusión e implementación de datos. Las tecnologías clave y sus ventajas y desventajas se presentan en una tabla que permite la comparación con el enfoque convencional.

En la sección 2 se define el concepto de ITS de bajo costo. En primer lugar, el tema se aborda desde el punto de vista de los servicios a los usuarios, es decir, los servicios prestados a los usuarios finales y no desde un punto de vista tecnológico. Estos servicios se basan en una cadena de partes interesadas y en la cadena de valor subyacente que, en última instancia, permite asignar costos al servicio prestado. A continuación, se aborda la cuestión del despliegue. Se considera un equilibrio entre la voluntad de pagar por el servicio y su costo. Así pues, los ITS de bajo costo se definen como un concepto relativo. En un momento dado, lo que es de bajo costo para un Estado puede no serlo para otro. Así, la introducción de soluciones tecnológicas de bajo costo u otros elementos de reducción de costos como la simplificación de las partes interesadas y la cadena de valor pueden cambiar lo que se considera de bajo costo.

La sección 3 se centra en la descripción de los servicios que pueden desplegarse en este momento, así como los que serán posibles en el futuro, basándose en el enfoque de bajo costo que utiliza los teléfonos inteligentes y los vehículos de sondeo. Este capítulo muestra cuán prometedor es el enfoque de bajo costo para la prestación de nuevos servicios que antes no se hubieran podido imaginar. Sin embargo, todos estos servicios no están disponibles en este momento, y el informe los clasifica en tres categorías: disponibles hoy, dentro de los primeros 5 años o después de 5 años.

El tema de las partes interesadas y las cadenas de valor se aborda en el **capítulo 4**. En este caso, el objetivo es examinar los enfoques clásicos y bien conocidos de los ITS y ver su aplicabilidad a los ITS de bajo costo. Nuestro análisis se basa en el trabajo realizado en el marco del proyecto europeo SAFESPOT. En primer lugar, se introduce el papel de los distintos actores. A continuación, se examina la cadena de valor basándose en el ejemplo del servicio de alerta de velocidad. Mostramos cómo se organiza esta cadena de valor tanto para el enfoque convencional como para el enfoque de bajo costo.

La sección 5 trata sobre el modelo de negocio, los costos y los beneficios. Aunque en el pasado fueron principalmente los Estados los que implementaron y operaron las soluciones ITS, las cosas están cambiando gracias a la introducción de las asociaciones público-privadas. Muchas de las opciones de ITS de bajo costo se han desarrollado a partir de estos nuevos modelos. Los operadores de carreteras se enfrentan a nuevos retos, ya que los ITS de bajo costo ofrecen oportunidades para desplegar servicios que no existían en el pasado o para desplegar servicios a un costo reducido. Sin embargo, a veces, estos servicios de bajo costo no son equivalentes al enfoque clásico que sustituyen y pueden presentar riesgos que no siempre son técnicos. El tema de la equidad social es un riesgo particularmente importante que también se discute en esta sección. Los diversos aspectos de los costos (por ejemplo, implementación, operaciones, mantenimiento y reemplazo) son revisados y comparados para los dos enfoques (clásico y de bajo costo).

En la sección 6 se examinan los aspectos técnicos relacionados con la arquitectura de los ITS. Las arquitecturas ITS existen en muchos países y tienen muchas similitudes de un país a otro. Para evitar favorecer uno sobre el otro, definimos una arquitectura genérica y examinamos su uso para el servicio de tiempo de viaje. Para lograr este objetivo, debemos entrar en más detalle en la descripción de las tecnologías clave. Los avances recientes se deben, por una parte, a la aparición del sistema de asistencia a la conducción (ADAS) y, por otra, a los teléfonos inteligentes. ¿Podemos considerar que todas estas tecnologías son de bajo costo? La respuesta es NO, y proponemos una

solución intermedia que consideramos como el mejor compromiso entre el costo y la variedad y calidad de los servicios cubiertos.

¿La introducción de ITS de bajo costo disminuye la calidad? En **el apartado 7** se distingue entre datos, información y servicio, y para cada uno de estos niveles se proponen criterios de evaluación de la calidad y algunos métodos de cálculo. Lamentablemente, en la actualidad no es posible responder claramente a la pregunta debido a la falta de estudios comparativos rigurosos sobre esta cuestión. Por lo tanto, nos centramos en proporcionar una respuesta cualitativa basada en la experiencia de los expertos (véase la sección 7.3).

Otra cuestión importante es la resiliencia de los ITS de bajo costo. En **la Sección 8**, proponemos cuatro componentes de la resiliencia: a los desastres naturales, al vandalismo, a la falta de mantenimiento y a los ciberataques. Esta sección concluye con un cuadro comparativo basado en el testimonio/experiencia de expertos.

El propósito de este informe no es oponer el enfoque tradicional al enfoque de bajo costo. Por el contrario, creemos que los dos enfoques son complementarios y su combinación permite encontrar el mejor compromiso entre calidad, eficiencia y costos. Esta visión se ilustra en **la sección 9** con un estudio de caso: el despliegue en Europa, por Mediamobile, del servicio V-Traffic, basado en una multitud de fuentes de datos procedentes tanto del sector privado como del público.

La sección 10 se centra en las cuestiones reglamentarias, la privacidad y la seguridad/protección de los datos, mientras que **la sección 11** se centra en las normas. El comité ISO TC204 es muy activo en estas áreas. El Capítulo 11 intenta relacionar algunos de los servicios descritos en la Sección 3 con el trabajo realizado por el CT204. Los capítulos 10 y 11 se complementan con muchos apéndices que describen documentos normativos existentes o en borrador que pueden encontrarse utilizando los enlaces web incluidos.

Como ya se ha subrayado, la literatura de estudios comparativos es escasa, pero no está totalmente ausente. **En la sección 12** se resume una selección de tres de ellas que consideramos significativas y que arrojan luz sobre la comparación entre los dos enfoques

El informe concluye con un conjunto de propuestas de mejores prácticas y recomendaciones (**capítulo 13**) y conclusiones (**capítulo 14**).

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. EVOLUCIÓN DE LOS ITS	5
1.2. DESPLIEGUE DE LOS ITS: OBSTÁCULOS Y OPORTUNIDADES	6
1.3. EL PARADIGMA DE LOS ITS DE BAJO COSTO	11
2. HACIA UNA DEFINICIÓN DE ITS DE BAJO COSTO	15
2.1. ANTECEDENTES.....	15
2.2. UN ENFOQUE BASADO EN LOS SERVICIOS	15
2.3. DISPARADORES PARA EL DESPLIEGUE.....	15
2.4. COSTO VERSUS VOLUNTAD DE PAGO	18
2.5. DEFINICIÓN DE ITS DE BAJO COSTO	20
2.6. EJEMPLO	21
3. ÁREAS DE SERVICIOS.....	22
3.1. INTRODUCCIÓN	22
3.2. SERVICIOS PARA HOY O PARA EL FUTURO	22
3.3. PLAN DE ACCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA	27
4. PARTES INTERESADAS Y CADENA DE VALOR.....	29
4.1. INTRODUCCIÓN	29
4.2. LA CADENA DE LAS PARTES INTERESADAS.....	29
4.3. LA CADENA DE VALOR.....	32
4.4. CADENA DE PARTES INTERESADAS Y CADENA DE VALOR DE LOS ITS DE BAJO COSTO. 33	
4.5. CONCLUSIÓN.....	34
5. MODELO DE NEGOCIO, COSTOS Y BENEFICIOS	35
5.1. MODELO DE NEGOCIO	35
5.2. COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS: APLICACIÓN A LA INFORMACIÓN DEL VIAJERO	37
5.3. PROPIEDAD DE LOS DATOS	42
6. ASPECTOS TÉCNICOS	43
6.1. ESTRUCTURA DE LA ARQUITECTURA.....	43
6.2. ARQUITECTURA MARCO Y SISTEMAS COOPERATIVOS.....	45
6.3. SERVICIOS ITS: EL ENFOQUE "CLÁSICO".....	45
6.4. DESARROLLOS TECNOLÓGICOS	46
6.5. TECNOLOGÍA PARA ITS DE BAJO COSTO.....	47
6.6. EN BUSCA DE UN BUEN COMPROMISO	49
6.7. CONCLUSIÓN.....	50
7. CALIDAD	52
7.1. CALIDAD DE LOS DATOS E INFORMACIÓN SOBRE TRÁNSITO	52
7.2. CALIDAD DE LOS SERVICIOS: INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)	55
7.3. ENFOQUE CLÁSICO VS. ENFOQUE ITS DE BAJO COSTO	57

8. RESILIENCIA DEL SISTEMA	61
8.1. INTRODUCCIÓN	61
8.2. ENFOQUE DE RESILIENCIA (O VULNERABILIDAD).....	61
8.3. RESILIENCIA Y DESASTRES NATURALES.....	61
8.4. RESILIENCIA Y VANDALISMO O ROBO	62
8.5. RESILIENCIA Y FALTA DE MANTENIMIENTO.....	62
8.6. RESILIENCIA Y CIBERATAQUES.....	63
8.7. ITS DE BAJO COSTO VS. DE ALTO COSTO (BASADOS EN INFRAESTRUCTURA): UNA COMPARACIÓN TENTATIVA DE VULNERABILIDAD	64
8.8. CONCLUSIÓN.....	65
9. COMPLEMENTARIDAD ENTRE LOS DOS ENFOQUES: EL EJEMPLO DE MEDIAMOBILE	66
9.1. ASPECTOS TÉCNICOS.....	66
9.2. CONTROL DE CALIDAD	68
9.3. MODELO DE NEGOCIO	69
10. ASPECTOS LEGALES, PRIVACIDAD, RESPONSABILIDADES	70
10.1. GENERAL	70
10.2. ASPECTOS LEGALES.....	70
10.3. PRIVACIDAD.....	71
10.4.	72
10.5. CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD Y LA INTEGRIDAD.....	72
10.6. ASPECTOS DE RESPONSABILIDAD	72
10.7. ASPECTOS DE SEGURIDAD	73
11. HOMOGENEIZACIÓN	74
11.1. ANTECEDENTES	74
11.2. LAS APLICACIONES DE LA AIPCR DE BAJO COSTO	74
11.3. APLICACIONES DE BAJO COSTO DE LA AIPCR Y NORMAS ISO/TC204.....	75
12. UN ANÁLISIS COMPARATIVO: REVISIÓN DE LA LITERATURA	79
12.1. RESUMEN NR. 1.....	79
12.2. RESUMEN NR. 2.....	81
12.3. RESUMEN NR. 3.....	84
12.4. RESUMEN NR. 4.....	84
12.5. RESUMEN NR. 5.....	86
13. MEJORES PRÁCTICAS Y RECOMENDACIONES	89
13.1. RECOMENDACIONES PARA LOS PROFESIONALES.....	89
13.2. RECOMENDACIONES PARA EL SECTOR DE LA INVESTIGACIÓN.....	90

14. CONCLUSIÓN	92
15. RESÚMENES DE ESTUDIOS DE CASO	95
15.1. VAO - AVISOS SOBRE EL TRÁNSITO EN AUSTRIA	95
15.2. DETECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CLIMA MEDIANTE CCTV.....	95
15.3. SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE SEÑAL DE LOS OPERADORES DE TELEFONÍA MÓVIL REDES GSM.....	96
15.4. PLATAFORMA DEL PROGRAMA DE CIUDADANOS CONECTADOS (CCP).....	96
15.5. PROYECTO JAPONÉS C-ITS "ETC2.0 MULTI-APLICACIÓN" USANDO DSRC DE 5.8GHZ	97
15.6. RED NACIONAL DE TELEPEAJE DE AUTOPISTAS (ETC).....	97
15.7. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE CON TECNOLOGÍA BLUETOOTH	98
15.8. SUMINISTRO DE INFORMACIÓN SOBRE EL TRÁNSITO A TRAVÉS DE ASOCIACIONES ENTRE EL SECTOR PÚBLICO Y EL PRIVADO	98
15.9. GESTIÓN DE MERCANCÍAS/TRANSPORTE PÚBLICO.....	99
16. APÉNDICES	100
16.1. APÉNDICE A - ENCUESTA PARA EVALUAR LA MADUREZ DE LOS SERVICIOS DE LCI BASADOS EN LA FCD	100
16.2. APÉNDICE B - LOS PRINCIPIOS SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD DE LOS DATOS PERSONALES.....	102
16.3. APÉNDICE C - ISO 24100:2010: PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES	103
16.4. APÉNDICE D - ISO/DIS 16461: CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD Y LA INTEGRIDAD	104
16.5. APÉNDICE E - ISO/TR 17427-8:2015 - PARTE 8: ASPECTOS DE RESPONSABILIDAD	105
16.6. APÉNDICE F - ARQUITECTURA DEL SISTEMA	107
16.7. APÉNDICE G - MENSAJE, PRIVACIDAD, INTEGRIDAD	108
16.8. APÉNDICE H - COMUNICACIÓN DE CORTO Y LARGO ALCANCE.....	109
16.9. APÉNDICE I - INTERCAMBIO DE DATOS	110
17. BIBLIOGRAFÍA	112
18. GLOSARIO	114

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EVOLUCIÓN DE LOS ITS

1.1.1. Historia

El primer concepto de Sistemas Inteligentes de Transporte surgió a mediados de los años ochenta, cuando una nueva disciplina llamada Telemática, apareció en el mercado como sinergia de dos disciplinas existentes: Telecomunicaciones e informática. La primera aplicación de los sistemas telemáticos al transporte por carretera se identificó como Advanced Transport Telematics (ATT).

A mediados de los años noventa, los sistemas y proyectos ATT aumentaron en número y complejidad, por lo que el concepto ATT evolucionó en la telemática del transporte por carretera (RTT), en la que no sólo se tuvieron en cuenta los efectos de su aplicación en el tránsito y los desplazamientos.

A finales de los años 90, el concepto de telemática se amplió. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y la RTT evolucionaron hasta convertirse en Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), identificando un concepto general para una serie de tecnologías que incluyen el Procesamiento de Datos, el Control, las Comunicaciones y la Electrónica que se aplican a un Sistema de Transporte.

1.1.2. Estado actual

En la última década, ITS ha evolucionado para explotar la tecnología y los servicios de otras industrias, incluyendo software de código abierto, productos de software empresarial, productos y servicios de tecnología de la información (IT). ITS ha evolucionado desde una tecnología especializada para permitir que una base más amplia de proveedores y expertos ofrezcan sus productos y servicios. Las mejoras en los campos de la tecnología de semiconductores, pantallas electrónicas y baterías, influenciadas en parte por las mejoras de los ordenadores personales y el rápido desarrollo de la tecnología de los teléfonos inteligentes, están impulsando el uso de la electrónica de bajo costo producida en serie. Paralelamente, el desarrollo de paneles fotovoltaicos de bajo costo y alto rendimiento (paneles solares) y la mejora de la tecnología de baterías químicas respaldan el concepto de tecnología **ITS de bajo costo**. El desarrollo de la Internet de los objetos/cosas (IoT) también ofrece oportunidades para que surja un nuevo tipo de servicios de ITS a partir de la utilización de los datos y la infraestructura existentes y para que se transmitan a dispositivos electrónicos personales de amplia difusión, minimizando las inversiones provisionales y las tarifas de los usuarios. Los esquemas de precios indirectos también han aparecido ampliamente, donde los usuarios permiten que sus datos sean procesados como una tarifa más para el servicio.

A medida que el concepto de ITS sigue cambiando, se acepta que encaja en un ecosistema de transporte más amplio. Conceptos como la movilidad como servicio (MaaS) y la necesidad de sacar a la gente de los coches y promover el uso del transporte público (incluido el transporte a la carta) están cambiando la naturaleza de los ITS. Además, las influencias de las tecnologías de la información están creando eficiencias operativas con la difusión de la virtualización, las arquitecturas orientadas a servicios y las tecnologías basadas en Internet.

La llegada de los vehículos conectados y autónomos (CAV) tendrá un importante efecto disruptivo en los ITS, con la posibilidad de que en los próximos 20 a 30 años todos los sistemas de señalización y detección en carretera sean redundantes. En un entorno CAV, las señales se sustituirán por una aplicación a bordo del vehículo para mostrar la información y el vehículo estará equipado con una serie de sensores que recogerán grandes cantidades de información que podrán procesarse y utilizarse para crear conciencia sobre el rendimiento de la red de transporte hasta niveles de detalle que no son viables con la tecnología tradicional de detectores. Otro aspecto clave es el aumento de las amenazas a la ciberseguridad asociadas con el uso de tecnologías de la información y de Internet más ampliamente disponibles.

1.1.3. Futuro

Predecir el futuro es un reto debido a la incertidumbre sobre el efecto o la influencia de las tendencias y los riesgos. Hay una serie de resultados potenciales que deben considerarse. Para el propósito de este trabajo asumiremos que la flota de vehículos tiene una transición completa para el año 2040 al siguiente modo:

Totalmente autónomos con la función de gestión centralizada del tránsito - Vehículos totalmente autónomos que se comunican y comparten información a través de la tecnología de vehículo a vehículo (V2V) para servicios de seguridad y reciben instrucciones temporales de límite de velocidad desde un sistema centralizado de gestión del tránsito alojado en un entorno virtualizado y comunicándose a través de redes inalámbricas de vehículo a infraestructura (V2I) (ya sea infraestructura dedicada (ITS-G5) o redes de datos celulares comerciales (4G - 5G).

Esta visión no requerirá una infraestructura vial específica y eliminará la necesidad de señalización a los lados de la carretera (incluidos pórticos y estructuras de montaje) y el uso de sistemas permanentes de videovigilancia, ya que el vehículo proporcionará mayores detalles sobre las condiciones del tránsito y de los incidentes de los vehículos. Si es necesario, se puede desplegar un sistema de videovigilancia en un dron con videocámaras para proporcionar una visión más detallada de la situación. Sin embargo, la cobertura de red inalámbrica será necesaria para proporcionar una conectividad V2I. La infraestructura dedicada seguirá requiriendo suministros eléctricos permanentes, estructuras de montaje y, potencialmente, redes troncales de fibra óptica (ésto podría sustituirse en el futuro por redes troncales de radio).

Esta visión reducirá significativamente el nivel del capital y de los costos operativos asociados con la infraestructura física, reducirá la exposición al riesgo para los trabajadores de la carretera y proporcionará alguna forma directa de influencia para las autoridades de gestión del tránsito. La seguridad general del conductor aumentará gracias al control de la conducción autónoma.

También se observará claramente el cambio gradual de los hábitos tradicionales de movilidad de los seres humanos. Otros factores que impulsan el cambio son: el avance tecnológico, las políticas de transporte, la urbanización impulsadas por el medio ambiente y la reducción de la propiedad individual de los automóviles respecto de su valor máximo actual debido al crecimiento de la eficaz movilidad-híbrida a pedido (uso compartido de automóviles, MaaS multimodal, etc.).

1.2. DESPLIEGUE DE LOS ITS: OBSTÁCULOS Y OPORTUNIDADES

1.2.1. Obstáculos

El principio de transmisión de datos entre el vehículo y la infraestructura es ahora bastante antiguo. El sistema RDS-TMC que permite la transmisión de datos desde los centros de gestión del tránsito a los vehículos que utilizan el canal de transmisión por radio FM puede haber sido la primera forma de "sistemas cooperativos".

Desde entonces, muchos proyectos han implementado comunicaciones bidireccionales directas o indirectas entre vehículos y/o entre vehículos e infraestructura. Sus objetivos son múltiples: demostración de la viabilidad técnica de las soluciones de comunicación, desarrollo de nuevas aplicaciones, evaluación de la aceptabilidad de los usuarios y de su impacto en la seguridad vial, avance de las normas y demostración de la interoperabilidad de los sistemas a escala nacional. La mayoría de estos proyectos han dado lugar a experimentos a mediana escala en los que han participado decenas de vehículos en zonas experimentales cuyo tamaño es el de un distrito o de una pequeña ciudad que incluye unas cuantas rutas de diez kilómetros.

Las conclusiones de la mayoría de estos proyectos plantean la misma cuestión: "¿Cuál es el modelo de negocio que asegura la rentabilidad y la sostenibilidad de los servicios basados en sistemas cooperativos?" Esta cuestión aún no ha encontrado una respuesta clara. Como resultado, hasta la fecha (2018), los sistemas cooperativos no están plenamente implementados, al menos en la medida que se esperaba.

Sin embargo, Japón ha logrado un despliegue nacional excepcional de sistemas cooperativos ITS C-ITS llamado "ETC2.0". Las RSU basadas en DSRC se instalaron en todo el país en 2011, y hasta diciembre de 2017, más de 2,35 millones de usuarios habían instalado unidades ETC2.0 a bordo, con las que pueden disfrutar de múltiples aplicaciones ITS, incluyendo aplicaciones de movilidad, aplicaciones de seguridad, aplicaciones basadas en vehículos flotantes y ETC. Además, las autoridades y operadores de carreteras han comenzado a utilizar la gran cantidad de datos anónimos detectados y recopilados gratuitamente para algunas de las aplicaciones enumeradas en la Sección 0 con el fin de mejorar el funcionamiento de la red vial. Dado que el ETC2.0 se introdujo con la infraestructura ETC existente como base, el costo inicial fue relativamente bajo para las autoridades viales. Aunque se requiere que los usuarios compren una OBU cuando usan ETC2.0, no tienen que pagar por los costos de comunicación después. De esta manera, ETC2.0 ofrece varios servicios de apoyo a la conducción y posibilidades futuras para otras aplicaciones rentables. Este enfoque que contribuye al despliegue rápido y amplio del ETC2.0 podría servir como una referencia útil para los países que planean introducir y desplegar sistemas cooperativos Cooperative-ITS[1][2]).

Este modelo es mucho más difícil de encontrar en la mayoría de los países desarrollados y, en particular, en Europa, ya que hay Estados cuya capacidad de inversión es limitada. De hecho, el desarrollo de la infraestructura de comunicaciones para aplicaciones móviles ya no es la prioridad del Estado.

Otro obstáculo para el despliegue de estos sistemas es su dependencia de la tecnología a bordo de los vehículos. Aunque es posible equipar a los vehículos con plataformas de comunicación de posventa, el reequipamiento sigue siendo una opción difícil e improbable. Por lo tanto, es probable que los sistemas cooperativos sólo se utilicen en una flota renovada. Ésto, inevitablemente, introduce retrasos significativos ya que la renovación de toda la flota tarda de 15 a 20 años.

Estas cuestiones son aún más importantes en los países en desarrollo, donde las flotas son, a menudo, antiguas o incluso obsoletas y donde es casi problemático desplegar infraestructuras dedicadas a aplicaciones móviles (redes viales de unidades), dadas las inversiones y los presupuestos de mantenimiento necesarios.

Mientras tanto, surgió una revolución con el desarrollo de aplicaciones móviles que utilizan redes sociales basadas en redes celulares. Construidas sobre la infraestructura existente (las redes celulares), las aplicaciones móviles están creciendo más allá de todas las expectativas. Waze, comprado por Google en 2014 por aproximadamente 1.100 millones de dólares, es el arquetipo del éxito de este tipo de aplicaciones. A principios de 2014, según Wikipedia, Waze fue utilizado por unos 70 millones de personas en todo el mundo.

En la actualidad, los problemas de privacidad de los datos representan el principal obstáculo administrativo para la circulación sin restricciones de los datos relacionados con el transporte y esta cuestión ya está en conflicto con las capacidades de IT. La clave para resolver este problema es la total anonimización de toda la información personal vulnerable. Éste es un verdadero desafío para la industria que requiere procesos (y gastos) adicionales.

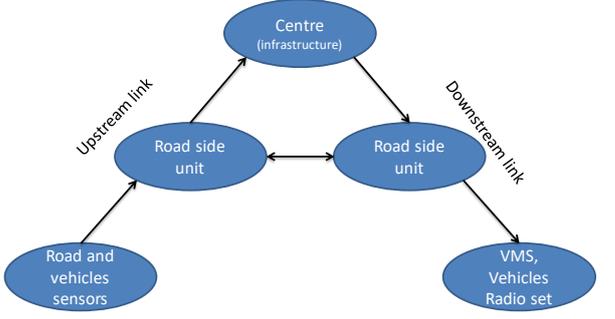
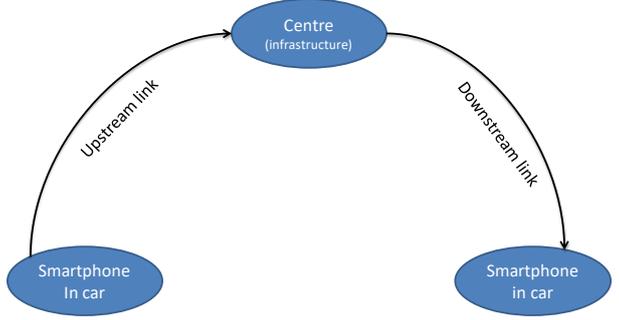
Muchas comunidades mundiales (por ejemplo, la UE) establecen las normas para la armonización de los servicios de ITS o de los flujos de datos entre bastidores (portales nacionales de datos de transporte, codificación uniforme de los datos, etc.). Sin embargo, en muchos casos, los fundamentos básicos de los servicios ITS de bajo costo todavía no pueden ser implementados fácilmente. Ésto se debe a: la necesidad de integrar soluciones muy diferentes (también adaptadas a la herencia recibida), las existentes distancias regionales en la cobertura geográfica y la falta de voluntad real de cooperación entre y de los actores clave.

1.2.2. Oportunidades

Así pues, se están desarrollando dos modelos de despliegue de los ITS: "ITS basados en la infraestructura - vehículos", basados en la infraestructura vial y en las nuevas capacidades de los vehículos y los "ITS basados en los teléfonos inteligentes" (es decir, "ITS de bajo costo") que utilizan redes celulares. Los "ITS basados en los Vehículos-Infraestructura Vial" suelen tener un alto costo inicial para las autoridades viales y su velocidad de implementación es lenta. Sin embargo, la disposición a pagar es probablemente alta, ya que tiene funciones sofisticadas y grandes beneficios. Los "ITS basados en teléfonos inteligentes" tienen un bajo costo inicial y una rápida implementación para las autoridades viales. Es operado total o parcialmente por operadores públicos y privados, a partir de los datos recogidos por los smartphones y a través de las comunidades de usuarios. Es probable que su calidad de servicio esté algo degradada, pero es suficiente para satisfacer las expectativas de los usuarios.

Estos dos modelos no son necesariamente opuestos: pueden ser complementarios, por ejemplo, los ITS basados en teléfonos inteligentes pueden ser la etapa de transición hacia ITS basados en vehículos-infraestructura vial más complejos y caros con un nivel de servicio más alto.

Estos dos modelos pueden ser diseñados por dos tipos diferentes de arquitecturas cuyas características pueden resumirse de la siguiente manera:

ITS basados en vehículos-infraestructura vial	ITS basado en Smartphones
	
<p>Principio de funcionamiento</p> <p>Los datos se recolectan a través de sensores en la carretera (o sobre el borde de la carretera) y, posiblemente, de los sensores a bordo de los vehículos (FCD).</p> <p>Los datos se envían a los centros desde la posta de la unidad lateral de la carretera (baliza)</p> <p>Los datos se procesan en centros y/o cerca de unidades de carretera (el llamado "edge computing"¹) para proporcionar información relevante para el servicio solicitado.</p> <p>La información se envía desde los centros al VMS o al sistema de radio/display del vehículo desde la posta de la unidad de carretera (por ejemplo, vía Wi-Fi).</p>	<p>Principio de funcionamiento</p> <p>Los datos son recopilados por varios proveedores de servicios (por ejemplo, Waze, BMW, T-Mobile, V-Traffic, etc.) a partir de aplicaciones Smartphone integradas en el vehículo.</p> <p>Los datos se procesan en nubes para proporcionar información relevante para el servicio solicitado.</p> <p>La información es enviada directamente por los proveedores de servicio a las aplicaciones Smartphone integradas en el vehículo, utilizando la red celular².</p>
<p>Tecnologías clave:</p> <p>En la infraestructura vial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores (por ejemplo, bucles magnéticos, videocámaras CCTV) • Unidades al borde de la carretera • Carteles de mensajes variables VMS <p>Embebido en los vehículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores, actuadores • Ordenadores (ECU³) y software que soportan los servicios solicitados • Redes digitales internas (bus CAN) • Plataforma de comunicación • Cuadro específico de mando con HMI⁴ 	<p>Tecnologías clave:</p> <p>Al lado de la carretera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de comunicación (2G, 3G, 4G) ya existente o por construir (5G) <p>Embebido en el vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teléfono inteligente • Una o varias aplicaciones que soportan los servicios solicitados <p>En la "nube"</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos de las redes sociales

¹ Ésta es una de las características de los ITS basados en la infraestructura vial. Dado que no siempre es necesario enviar datos a los centros, sino que es posible procesar los datos sólo cerca de las unidades laterales de las carreteras, este tipo de ITS es adecuado para los servicios que necesitan proporcionar información sin demora (por ejemplo, proporcionar a los vehículos conectados las condiciones del tránsito de las redes principales).

² Los contenidos y la calidad del servicio dependen de cada proveedor

³ ECU=Unidad de Control Electrónico

⁴ HMI = Interfaz hombre-máquina

<i>ITS basados en vehículos-infraestructura vial</i>	<i>ITS basado en Smartphones</i>
<p>En los centros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servidores u Ordenadores centrales • Recursos Humanos 	<p>En los centros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servidores u Ordenadores centrales • Recursos Humanos
<p>Beneficios:</p> <p>Sin costos de comunicación para los conductores</p> <p>Hardware y software basado en estándares que garantizan confiabilidad, calidad, interoperabilidad y aplicaciones multipropósito (por ejemplo, ETC⁵, WIM, etc.).</p> <p>Puede integrarse en una arquitectura marco para compartir recursos o información</p> <p>Buen control de la fiabilidad de la comunicación, tiempo de latencia y seguridad</p> <p>Buen control de la privacidad</p> <p>La misma información a todos los viajeros de una manera libre e inclusiva.</p>	<p>Beneficios</p> <p>Costo inicial económico para los conductores</p> <p>No hay necesidad de inversión en infraestructura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Económico para los operadores viales • Fácil de desplegar en los países en desarrollo <p>Rápido despliegue, ya que se basa en tecnologías muy extendidas, incluso en los países en vías de desarrollo.</p> <p>No depende de la renovación de la flota.</p> <p>Modelo de negocio alcanzado gracias a la contribución de las comunidades de usuarios</p>
<p>Inconvenientes:</p> <p>Arquitectura costosa para los conductores porque requiere una plataforma de comunicación específica. Además, sólo se equiparán los vehículos más recientes.</p> <p>Arquitectura costosa para los operadores viales, ya que requiere el despliegue de una infraestructura dedicada (unidades al borde de la carretera).</p> <p>Dado que requiere una plataforma de comunicación específica y una interfaz de usuario, en muchos casos se instala o actualiza en el momento de la sustitución de la flota.</p>	<p>Inconvenientes:</p> <p>Rendimiento limitado debido al bajo tiempo de latencia de los medios de comunicación (principalmente 3G actualmente), excluyendo algunas aplicaciones de emergencia.</p> <p>Las aplicaciones basadas en protocolos propietarios pueden afectar la interoperabilidad y/o la integración en una arquitectura marco.</p> <p>No hay control sobre la confiabilidad, seguridad y privacidad.</p> <p>En muchos casos, los conductores tienen que pagar los gastos de comunicación.</p> <p>La cobertura de la red es limitada, especialmente en las zonas rurales, por lo que no hay servicio disponible.</p> <p>Los servicios sólo se prestarán dentro de una única comunidad de flotas (BMW no hablará con Renault, T-Mobile no hablará con Orange, etc.).</p>

Cuadro 1 - ITS basados en vehículos-infraestructura vial frente a los ITS basados en teléfonos inteligentes

En general, no sólo los teléfonos inteligentes, sino también una amplia gama de dispositivos electrónicos populares nómades integrados en el coche (por ejemplo, navegadores, receptores multimedia DAB, etc.), así como el acceso a datos intrínsecos (a través de interfaces OBDII o CAN-bus) de la flota, ofrecen oportunidades para el desarrollo de ITS de bajo costo, tal y como se muestra en la sección 6

⁵ ETC= Recolección electrónica de pago del peaje, WIM= Pesaje en Movimiento

1.3. EL PARADIGMA DE LOS ITS DE BAJO COSTO

Dado que el objetivo principal de este estudio es definir y resumir los principales aspectos de los servicios de ITS de bajo costo, debe establecerse el alcance semántico adecuado y las indicaciones adecuadas. Éste es un dominio relativamente nuevo, que todavía no está cubierto por ninguna definición acreditada.

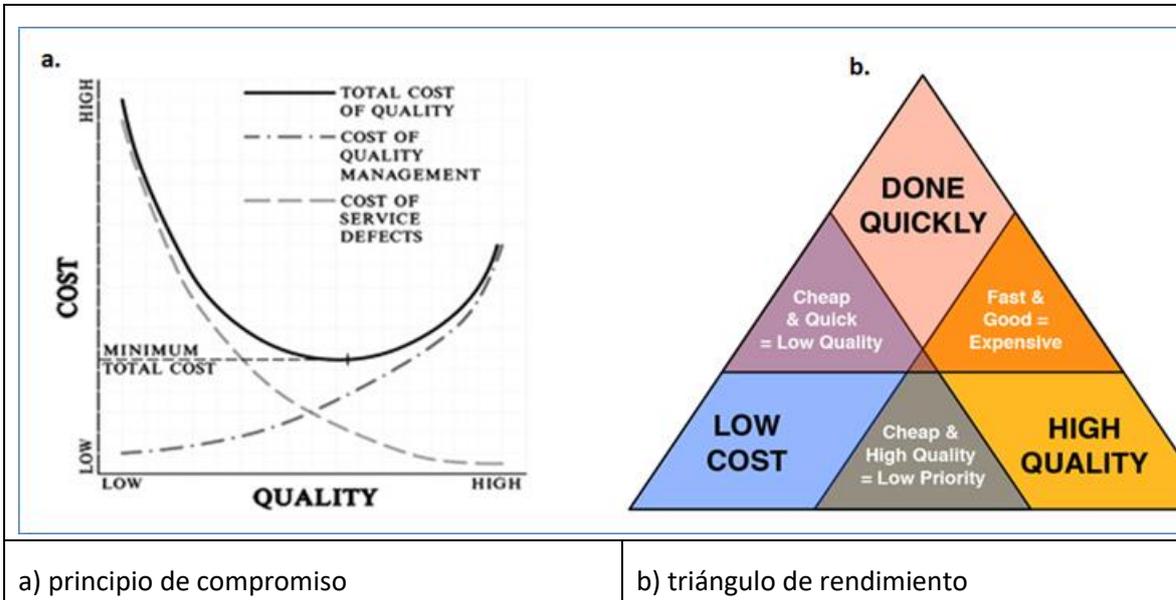


Ilustración 1 - Relaciones generales entre los criterios de costo y de rendimiento de un servicio

Los ITS, por sí solos, ya cuentan con un marco claro para la armonización técnica internacional en la que se identifican los tipos de servicios, las tecnologías básicas y los agentes implicados y se consideran las tendencias de vanguardia y los avances de la próxima generación (por ejemplo, los sistemas cooperativos, la conducción autónoma y, en última instancia, la movilidad compartida). Sin embargo, muchas facetas prácticas se manejan como dependientes del enfoque y subjetivas. Entre estos temas se encuentran los modelos de negocio provisionales y los KPI (key performance indicators – indicadores claves de performance), que están directamente dirigidos a hacer que el servicio sea extremadamente rentable a lo largo de toda la cadena de valor, mientras que se debe alcanzar un compromiso óptimo entre los costos y la calidad (Ilustración 1.a y [3]). Un punto más general: quienquiera que pague por ciertos servicios, utilizando varios esquemas de fijación de precios posibles, el desempeño final generalmente se correlacionará con la tasa de asignación general y la urgencia (Ilustración 1.b).

Así pues, las compañías aéreas de bajo costo reflejan con éxito este modelo de negocio, en el que el valor objetivo (viaje) es el mismo que el de la aviación tradicional, pero todos los costos relacionados (excluida la seguridad) se reducen drásticamente o se compensan con los costos adicionales de los clientes. Los ITS, a su vez, se basan principalmente en las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), en las que el impulso continuo de las innovaciones ofrece oportunidades reales para derivar/compilar nuevos tipos de servicios con valor añadido a partir de los ya existentes, reuniendo a diferentes industrias y evitando al mismo tiempo el cobro a los usuarios, así como cualquier asignación pública para la prestación de servicios. **En el caso marginal, nadie paga directamente por estos productos porque el proveedor genera ingresos a partir de los datos de los usuarios (seguimiento de vehículos, enlace a medios sociales e incluso marketing digital).** Por lo tanto, las cuestiones de privacidad de datos se aplican, y como piedra angular del

modelo de negocio y los requisitos de calidad, por lo general, no son tan formales como los servicios que se basan en acuerdos comerciales.

Si nos fijamos en la evidencia de las cuestiones relacionadas con los costos de los productos, el TCO (costo total de propiedad) proporciona la visión más objetiva (Ilustración2.a) y [4]. En el caso de los sistemas tradicionales de fijación de precios, el CAPEX (gastos de capital) parece ser el más importante para los clientes, ya que se concede para el corto plazo. Sin embargo, ésta es, generalmente, la parte menos significativa de los costos del cliente durante la vida útil del servicio (Ilustración2.b, Ilustración2.c). En particular, la parte de OPEX (gastos operativos) está fuertemente ligada a todo tipo de activos físicos (para ser mantenidos, reparados y actualizados); ésta es la razón por la que la **virtualización del servicio existente lleva a una reducción significativa del TCO y podría ser mencionada como transformación hacia un servicio de bajo costo.**

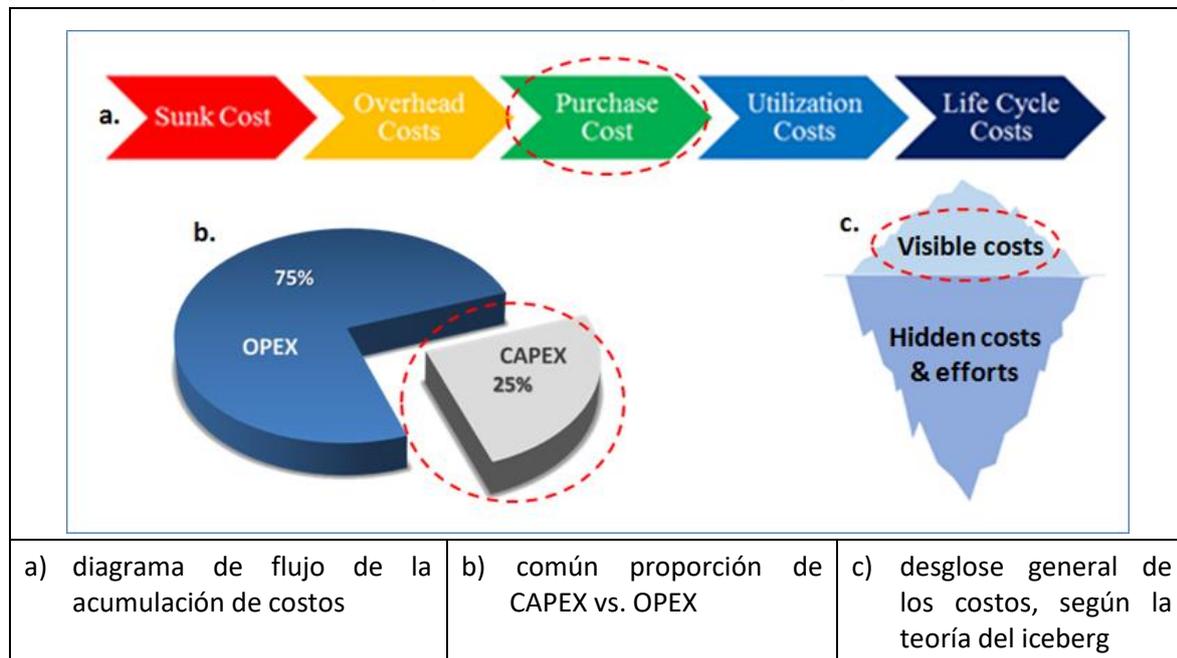


Ilustración2 - Enfoque TCO para la toma de decisiones de gestión

Definiendo el alcance de los ITS de bajo costo, este grupo no sólo debe ser altamente rentable (especialmente si se asignan fondos públicos), sino también ser claramente oportunista, cuando se debe evitar el TCO para los clientes, como principio básico de la prestación de servicios. La mayoría de los servicios de ITS existentes y de perspectiva de bajo costo provienen de proyectos de PPP (asociación público-privada), en los que la sinergia tecnológica y de colaboración pone de manifiesto el valor añadido a un precio modesto o sin cargo directo a los clientes. En algunos casos, la personalización de un servicio o la ampliación de sus funcionalidades es un cargo adicional.

Se identifican tres grupos destinatarios para la prestación de servicios de ITS de bajo costo:

- el sector público (autoridades viales, plataformas de datos de ámbito nacional, emergencias, etc.) debe promover principalmente un entorno previsible, en el que existan barreras formales. Su deber es hacer que los datos públicos sean abiertos y reutilizables, en la medida de lo posible, y apoyar amplios esquemas de cooperación institucional. Las autoridades públicas podrían difundir estos servicios o ser clientes también, pero se trata de funciones más específicas para cada caso;
- Los proveedores de servicios (poseedores de conocimientos técnicos, integradores de datos, etc.) tienen por objeto introducir en el mercado productos viables que se

- Mínimo o ningún cargo para los usuarios finales;
- El TCO está cubierto principalmente por el proveedor de servicios;
- CAPEX reducido para todos los actores, lo que significa principalmente la prestación de servicios virtuales en lugar de físicos, basados en el acceso, la cesión y la reutilización de los datos y la infraestructura existentes [22];
- El OPEX está cubierto y el flujo de ingresos globales se establece a partir de los subservicios correspondientes;
- La evaluación del cumplimiento y certificación controvertidas, ya que los servicios gratuitos tienen una regulación formal mínima;
- Alto nivel de autorregulación y motivación para el desarrollo, basado en la actitud de los usuarios (demanda o nivel de satisfacción).

Un ejemplo de servicio de ITS de bajo costo es el suministro de información sobre el tránsito en carteles publicitarios comerciales digitales al borde de la carretera. Ilustración4a. muestra una mezcla de información del tránsito con el anuncio relacionado para la transmisión usual. Otro ejemplo (Ilustración4) es la aplicación que debe ser activada sólo si hay alguna notificación crítica para los conductores. Para poner en funcionamiento estos servicios, sólo se necesitan algunos ajustes de los equipos y modos de funcionamiento existentes, aunque desde el punto de vista de los indicadores clave de performance (KPI), es posible que estas soluciones no cumplan todos los requisitos formales para las interfaces (VMS, etc.). Este uso multifuncional de los equipos de carretera beneficia a todas las partes: los conductores tienen un mayor acceso a la información sobre el tránsito, la percepción y la actitud de las autoridades y de los operadores de carteles publicitarios cambiará y estos elementos se considerarán como un método innovador para proporcionar información sobre el tránsito y no como una posible distracción del conductor. Sin embargo, la seguridad vial tiene que ser considerada al colocar los carteles publicitarios, ya que atraen la atención de los conductores hacia afuera de las carreteras.



Ilustración4- Utilización de carteles publicitarios comerciales digitales al borde de la carretera para la difusión de información sobre el tránsito (ejemplos prácticos)

2. HACIA UNA DEFINICIÓN DE ITS DE BAJO COSTO

2.1. ANTECEDENTES

Los ITS de bajo costo tienen un gran atractivo, ya que ofrecen la posibilidad de desplegar servicios que, si se basaran en tecnologías de ITS tradicionales, no serían rentables y, tal vez, no se implementarían. Sin embargo, se reconoce que la asequibilidad de los costos es relativa al país en cuestión. Por lo tanto, en nuestro intento de definir ésto, debemos considerar lo siguiente: 1) que el nivel de asequibilidad (bajo o alto costo) depende del país y es un concepto relativo; 2) lo que se está implementando debería desplegarse para satisfacer las necesidades del servicio y no estar impulsado por una tecnología o componente del sistema.

2.2. UN ENFOQUE BASADO EN LOS SERVICIOS

Para comprender mejor la cuestión de los costos, deberíamos aclarar nuestro enfoque. Ésto se ilustra en la Ilustración 5. Se trata de un enfoque basado en los servicios que se ofrece a los usuarios en lugar de un enfoque basado en los sistemas o la tecnología, que sólo está ahí para apoyar el servicio.

En la parte superior de la jerarquía están los servicios. Éstos están soportados por una arquitectura de sistema, es decir, una organización de funciones técnicas cuyo montaje permite la realización del servicio. Estas diferentes funciones son apoyadas por las partes interesadas: proveedores de tecnología, desarrolladores de soluciones y operadores que esperan beneficios financieros: ésta es la cadena de valor subyacente.

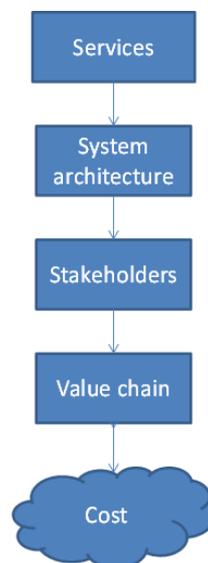


Ilustración 5 - De los servicios a la cadena de valor

Por último, el despliegue del servicio, su operación y su mantenimiento representan un costo soportado por el usuario final, las autoridades públicas o ambos.

2.3. DISPARADORES PARA EL DESPLIEGUE

Como ya se ha subrayado anteriormente, el concepto de ITS de "bajo costo" es relativo. Lo que es una solución de bajo costo para un país determinado podría ser una solución de alto costo para otro. Por lo tanto, antes de intentar dar una definición de ITS de bajo costo, debemos investigar

cuáles son los factores desencadenantes que llevaron al despliegue de un determinado servicio. **La decisión de despliegue es el resultado de un equilibrio entre el costo de la solución, por un lado y, por otro, un conjunto de desencadenantes que hay que considerar y que reagrupamos bajo el nombre de "voluntad de pago"**. Por lo tanto, se desplegará una solución si el costo es menor que la voluntad de pago. Exploraremos los dos aspectos de este equilibrio.

2.3.1. Definición del problema

Para garantizar una movilidad sostenible, es necesario tener en cuenta varios criterios antes de desplegar una solución de bajo costo. Éstos son críticos para implementar una solución que sea adecuada y efectiva para el objetivo. Antes de considerar los criterios para el despliegue está la cuestión del resultado esperado de la solución. Las siguientes preguntas deben ser consideradas cuidadosamente para definir la solución:

- Defina la pregunta. ¿Cuál es el resultado que esperamos de una solución propuesta? ¿Dónde queremos implementar esta solución?
- Considere las fuentes de datos. ¿Será posible reciclar los datos existentes? ¿Existen fuentes que proporcionen la información requerida o corroboren la información? Los ejemplos incluyen datos de sondas móviles, dispositivos GPS a bordo de vehículos, datos de pórticos de cobro electrónico de peaje.
- Considerar y evaluar la calidad de los datos disponibles. Diversas fuentes proporcionan "datos exhaustivos" que proporcionan poco valor con grandes cantidades de información o que requieren un gran análisis antes de ser útiles.
- Haga coincidir los datos disponibles con la pregunta. ¿Serán útiles los datos para la solución?
- ¿Cómo se extraerán los datos para proporcionar la solución?
- Corroboración o validación de los datos. ¿Qué fuentes adicionales de información validarán la información?
- Comparar los métodos tradicionales de recolección de datos con la solución de bajo costo? ¿Es más rentable?

2.3.2. La voluntad de pago: un conjunto de criterios de despliegue

Los siguientes criterios deben ser considerados antes de tomar una decisión de despliegue:

2.3.2.1. ¿Hay algún cliente?

La solución propuesta debe responder a una necesidad expresada por el cliente. El cliente puede ser una autoridad pública o un usuario final directo.

Cuando el cliente es una autoridad pública, la decisión de pagar por el servicio para ponerlo a disposición de los usuarios finales se tomará en algunos casos tras un análisis de costos y beneficios. Pero para los servicios de importancia vital, el análisis costo-beneficio no siempre es el criterio de decisión. Más bien, será la calidad del servicio y su capacidad para reducir un riesgo no soportable para la sociedad.

Cuando el servicio se dirige directamente al usuario final, la decisión de desplegar el servicio debe seguir teóricamente un análisis de mercado que demuestre que el servicio es solvente a través de una contribución financiera de quienes lo utilizan.

2.3.2.2. ¿Existe voluntad política?

La solución propuesta debe ser demostrada a los responsables de la toma de decisiones para comprender los beneficios derivados. Las entidades públicas son reacias a invertir en soluciones sin suficiente información, especialmente cuando se obtienen fondos de los usuarios de las carreteras. Las soluciones ITS de bajo costo ofrecen la oportunidad de demostrar mejoras dentro de una red de transporte con un costo mínimo.

2.3.2.3. Plazos y facilidad de aplicación

Las soluciones de ITS de bajo costo deberían, en teoría, proporcionar beneficios positivos y tangibles para las inversiones de bajo capital que podrían llevarse a cabo en plazos breves.

2.3.2.4. ¿Existe voluntad y cooperación de las partes interesadas?

Todo sistema exitoso requiere que múltiples partes interesadas se comprometan a utilizar el sistema con cooperación. La aplicación de esas soluciones, tanto convencionales como de bajo costo, a menudo se ve limitada por problemas institucionales relacionados con la coordinación de los diversos interesados en los sectores público y privado. Los niveles escalonados de gobierno requieren cooperación para permitir la gestión de todo el área. Por ejemplo, en Sudáfrica, cada nivel de gobierno emprende sus propias soluciones con poca o ninguna consulta con otras agencias, lo que resulta en una aplicación desarticulada e ineficaz.

2.3.2.5. ¿Es cuantificable el beneficio?

A la hora de medir la eficacia de las soluciones propuestas, los principales factores que deben tenerse en cuenta son el beneficio económico directo, el beneficio social para el usuario de la carretera y el beneficio medioambiental.

El beneficio económico, al igual que con las aplicaciones tradicionales de los ITS, tendrá en cuenta la reducción de los niveles de congestión, la reducción de los costos de explotación de los vehículos, la reducción de los índices de incidentes y una mejor gestión de la infraestructura, lo que se traduce en una mayor vida útil de las carreteras con una construcción adicional mínima.

Los beneficios sociales, aunque no son fácilmente cuantificables, benefician directamente a los usuarios individuales de la carretera. La reducción de los tiempos de viaje repercute en una mejor calidad de vida y en mejores estados de salud y de ánimo.

Los beneficios medioambientales de la reducción de la congestión incluyen una menor contaminación acústica y atmosférica.

2.3.2.6. ¿Cuáles son las habilidades y los recursos necesarios para la implementación?

El uso de la tecnología en el sector del transporte ha creado un nuevo nivel de calificación necesario para ejecutar proyectos de esta naturaleza. El modelo tradicional del ingeniero de tránsito se ha reinventado para combinar la fraternidad de la ingeniería y la de las tecnologías de la información. La capacidad de ingeniería se mejora aún más con una alta capacidad matemática para analizar grandes volúmenes de datos. La mayoría de los países en desarrollo carecen del personal necesario con este nivel de conocimientos y de la financiación necesaria para proporcionar el equipo necesario.

2.3.2.7. Comunicación con los usuarios de la carretera

Un sistema eficaz requiere, en última instancia, que el usuario de la carretera comprenda el valor de la información y la capacidad de ajustar su viaje. El objetivo sería influir en el comportamiento de los viajes, gestionando así positivamente los niveles de congestión. El usuario de la vía pública debe participar desde el principio y tener claro el beneficio que supone para él el uso de esta información. Una comunicación deficiente y una participación inadecuada de los usuarios de la vía pública darán lugar a una solución ineficaz. Es fundamental crear confianza con el usuario de la carretera desde el principio.

2.3.2.8. Comparación de los ITS tradicionales con la solución de bajo costo

Aunque los ITS de bajo costo se consideran la opción más rentable, el resultado debe ser comparable a los resultados de las aplicaciones de los ITS tradicionales. Esta comparación se discute en sus diversos aspectos (rendimiento, fiabilidad, resiliencia, etc.) en la secuela y, en particular, en la sección 12.

2.3.2.9. Asociaciones privadas

Recientemente, se ha incrementado el papel del sector privado en el análisis y la evaluación de datos complejos, lo que ofrece al usuario final una opción más conveniente. Aplicaciones como WAZE y Google Maps son ejemplos típicos de intervenciones del sector privado. Esta función podría ser beneficiosa para el sector público y debería estudiarse más a fondo como una alternativa de bajo costo. No obstante, los operadores públicos viales deben tener siempre en cuenta los riesgos de dejar que las entidades privadas cumplan a veces obligaciones críticas para la seguridad.

2.4. COSTO VERSUS VOLUNTAD DE PAGO

Se desplegará un servicio cuando exista la voluntad de pago o cuando el costo del servicio esté por debajo de un umbral de costo aceptable para una autoridad pública o una comunidad de usuarios. Se entiende que el nivel de umbral aceptable es relativo.

Una vez planteadas las nociones de servicio, actores, cadenas de valor y la voluntad de pagar, es posible proponer una definición de ITS de bajo costo.

Ilustración6 ilustra ésto. De abajo hacia arriba encontramos el servicio, sus pilares fundamentales funcionales, las partes interesadas que desarrollan, operan y mantienen estos bloques básicos y la cadena de valor relacionada.

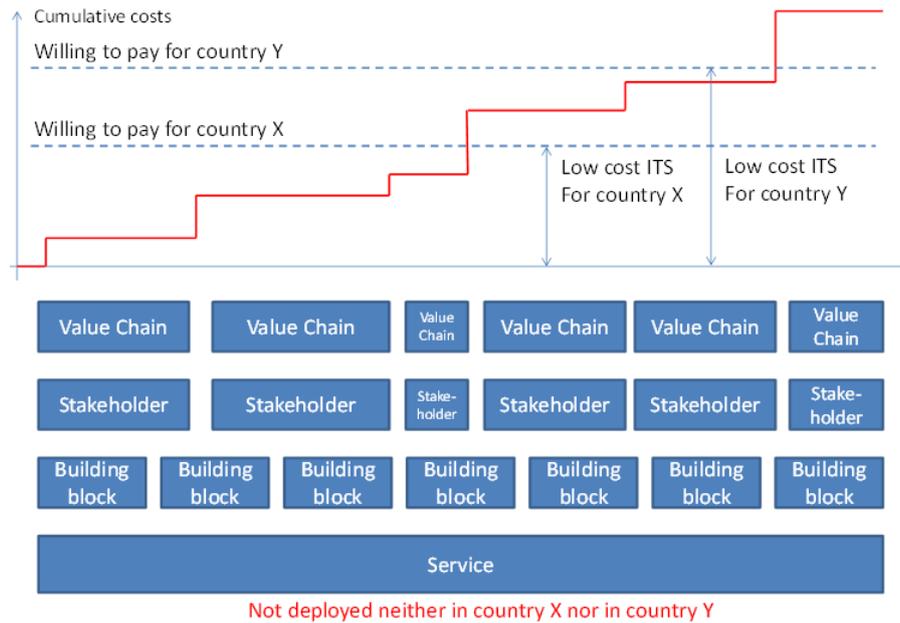


Ilustración 6

Cabe señalar que, no existe necesariamente una relación de uno a uno entre los bloques funcionales y los actores, ya que un actor puede operar la totalidad o parte de varios bloques funcionales.

Por último, cada parte interesada espera obtener beneficios financieros por el servicio que presta, siendo el costo total del servicio la suma de los costos de cada parte interesada. Ésto se ilustra en el gráfico de costos acumulados de la parte superior de la ilustración. Hemos incluido dos líneas horizontales punteadas que representan la voluntad de pago para el país X y el país Y. Como el costo total es superior a estos niveles, el servicio no puede desplegarse ni en el país X, ni en el país Y.

En la ilustración 7, el costo del servicio se reduce ya que dos de los grupos de interés producen su servicio a un costo menor. Ésto puede explicarse, por ejemplo, por la aparición de una nueva tecnología de menor costo. Como resultado, el servicio puede desplegarse en el país Y, para el que este servicio se ha convertido en un servicio ITS de bajo costo. Por otra parte, el servicio no puede desplegarse en el país X.

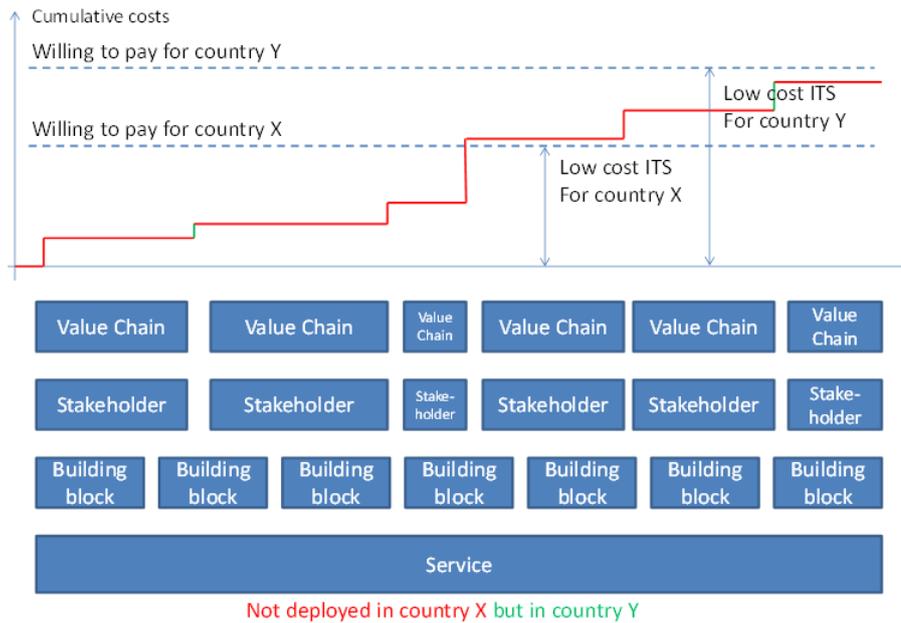


Ilustración 7

La ilustración 8 muestra una reorganización de los grupos de interés y de la cadena de valor debido a las fusiones entre ellos, lo que permite una reducción significativa de los costos [7]. Como resultado, el servicio ahora puede desplegarse también en el país X.

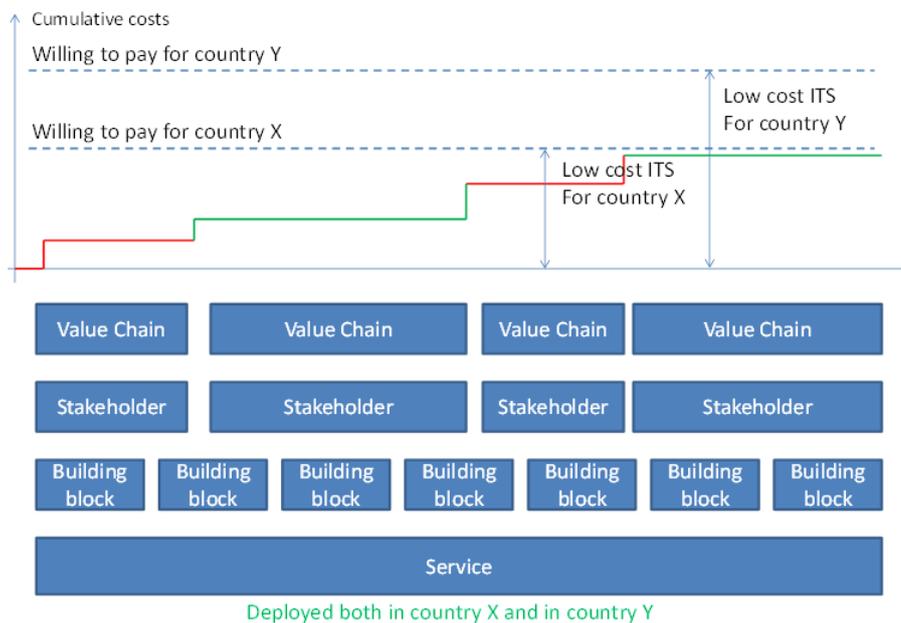


Ilustración 8

2.5. DEFINICIÓN DE ITS DE BAJO COSTO

Como conclusión, diremos que un servicio ITS se convierte en un servicio de bajo costo cuando su costo cae por debajo del nivel de voluntad de pago de los clientes que lo solicitan (autoridades públicas, usuarios finales). El bajo costo puede obtenerse mediante un avance tecnológico (por ejemplo, una nueva tecnología de sensores, nuevos medios de comunicación, etc.), una reorganización de las partes interesadas y de las cadenas de valor o cualquier otro medio, todo lo cual contribuye a que el servicio sea más barato que los enfoques tradicionales.

Cabe señalar, sin embargo, que el bajo costo también puede lograrse mediante una nueva asignación de costos entre operadores y usuarios. El uso de vehículos flotantes para la estimación del tiempo de viaje es un buen ejemplo. En el enfoque clásico, los tiempos de viaje se calculan a partir de los datos proporcionados por los sensores de la infraestructura (por ejemplo, bucles magnéticos, videocámaras). Sus costos de inversión, explotación y mantenimiento corren a cargo de los operadores (que los transfieren a los clientes). Por el contrario, en el enfoque de "bajo costo", los datos son proporcionados por los sensores del vehículo de los usuarios (o de sus Smartphones) y el conductor soporta sus costos de inversión y mantenimiento. Sin embargo, este costo adicional se enmascara para el conductor que no pagó por los sensores en sí, sino por un sistema de asistencia a la conducción que hace uso del sensor.

Por último, la definición del término "bajo costo" no se refiere únicamente a la voluntad de pagar y al concepto de relación costo-beneficio, sino que podría definirse de forma general con las siguientes palabras clave: bajas inversiones, sistemas indirectos de fijación de precios para los usuarios, avances tecnológicos, dispositivos personales generalizados, valor añadido impulsado por la innovación a partir de los datos existentes y el uso de la infraestructura.

2.6. EJEMPLO

Para ilustrar nuestro punto, tomemos el ejemplo del conocimiento preciso de los orígenes y de los destinos en áreas urbanas. Esta es una necesidad expresada por los operadores a cargo de la planificación urbana, para decidir, por ejemplo, sobre futuros desarrollos viales o mejoras a los existentes. Para ser verdaderamente representativo, este conocimiento detallado es costoso porque requiere mediciones en muchos lugares en diferentes épocas del año. Imaginemos la situación hace 10 años. Dicha solicitud expresada en un país (llamado país X) donde los recursos financieros son altos podría satisfacerse rápidamente, especialmente si ya existía una red de sensores (bucles magnéticos, cámaras) para realizar las mediciones o si era posible pagarle a la gente hacer mediciones visuales. A la inversa, un país de bajos ingresos (llamémoslo País Y) no pudo satisfacer la demanda o sólo la satisfizo parcialmente debido a la falta de recursos. Diez años más tarde, los teléfonos portátiles se han vuelto ampliamente disponibles tanto en el país X como en el Y. El rastreo de teléfonos permite tener un conocimiento preciso de los movimientos y el tiempo real y, por lo tanto, hacer un mapeo del origen-destino deseado. A un costo de explotación de datos moderado, el servicio se vuelve accesible para el país Y. La disposición a pagar no ha cambiado, pero el costo del servicio ha disminuido: por lo tanto, se puede implementar.

En el ejemplo anterior, el solicitante es una autoridad pública. El mismo tipo de razonamiento puede aplicarse cuando el solicitante es el usuario. Por ejemplo, muchos automovilistas han renunciado durante mucho tiempo a la ayuda proporcionada por un sistema de navegación GPS debido a su costo cuando se lo proponía como equipo original en un vehículo. Algunos de ellos han recurrido a la compra de sistemas de posventa, otros simplemente no los instalaron. Aquí nuevamente, la llegada de los teléfonos inteligentes ha cambiado la situación. Aplicaciones equivalentes o incluso superiores están disponibles. Aquí, la cuestión de la disposición a pagar ni siquiera surge, porque estas aplicaciones se proporcionan en forma gratuita ... o parecen serlo. En realidad, el usuario remunera al proveedor del servicio con otro servicio: la provisión de datos de viaje, comportamiento, etc.

3. ÁREAS DE SERVICIOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Existen varias aplicaciones potenciales para el enfoque de bajo costo de los ITS que pueden clasificarse en áreas de servicio específicas y evaluarse en función de su nivel actual de madurez. Las aplicaciones se clasifican en tres niveles de madurez: 1) actualmente en uso generalizado, 2) en uso limitado/pruebas y/o que es posible que se desplieguen de forma más amplia en los próximos cinco años, o 3) que puedan desplegarse en el futuro, después de más de cinco años. (Mayor detalle acerca de la categorización está dada en el Apéndice A – Sección 16.1).

Las aplicaciones de ITS de bajo costo pueden clasificarse generalmente en dos categorías: las que recogen información sobre las características de funcionamiento de la red vial y las que proporcionan información a los usuarios del sistema de transporte. A efectos de este análisis, las aplicaciones de bajo costo son aquellas que recogen los datos necesarios de fuentes no basadas en la infraestructura. Típicamente, esto es de las siguientes fuentes:

- Fuente de múltiples datos - datos recopilados, generalmente, a través de aplicaciones de teléfonos inteligentes, directamente desde los usuarios del sistema de transporte.
- Vehículos flotantes- datos recopilados de forma pasiva a través de equipos OEM o del mercado de accesorios en vehículos o desde teléfonos celulares.

Las aplicaciones de bajo costo que entregan información a los usuarios de sistemas de transporte, generalmente, también lo hacen a través de métodos no basados en la infraestructura, incluyendo la entrega de información a través de teléfonos celulares o directamente al vehículo a través de equipos OEM o del mercado de accesorios.

Así, en resumen, las aplicaciones de bajo costo se basan en datos transmitidos desde vehículos o teléfonos inteligentes a un sistema de back-office que recopila y procesa los datos. Algunas aplicaciones transmiten información adicionalmente desde los datos agregados en los sistemas de back office a los usuarios del sistema a través de teléfonos inteligentes o equipos a bordo de vehículos. Las siguientes áreas de servicio ofrecen el mayor potencial para la implementación de ITS de bajo costo. Esta sección del informe se basa en un informe anterior de la AIPCR sobre sistemas cooperativos de carreteras para vehículos, publicado por el Comité Técnico 2.1 de la Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR) en 2016 [8].

3.2. SERVICIOS PARA HOY O PARA EL FUTURO

3.2.1. Información para el viajero

Muchos operadores de redes viales proporcionan servicios que alertan a los conductores sobre las interrupciones en las operaciones normales de las carreteras. Éstos incluyen cosas como impactos climáticos, incidentes, eventos especiales, construcción o cierres de carreteras. La información se entrega normalmente a través de sitios web de operadores viales, sistemas telefónicos o señales de mensajes dinámicos en ruta. Esta información se facilita cada vez más a través de sitios web del sector privado, aplicaciones de telefonía inteligente e integración en sistemas a bordo de vehículos como los sistemas de navegación.

Aplicación	Madurez ⁶
Sitios web de información al viajero previos a los viajes del sector privado/Aplicaciones telefónicas inteligentes - Sistemas de información al viajero operados por entidades distintas del operador vial	1 (nivel X sobre 3)
Señalización en el vehículo/Información al viajero integrada en el vehículo - Información al viajero entregada al fabricante del equipo original o al equipo posventa dentro del vehículo.	1

3.2.2. Gestión de incidentes de tránsito

El funcionamiento activo del sistema de transporte incluye la detección, respuesta y eliminación rápida de incidentes que interrumpen el funcionamiento normal. Tradicionalmente, los operadores detectan incidentes a través de sistemas de CCTV, sensores que monitorean el flujo de tránsito, análisis de video o intercambio de datos con otras organizaciones para la primer respuesta. Cada vez más, la información de origen de la multitud está disponible desde aplicaciones de teléfonos inteligentes o desde el procesamiento y la agregación automática de mensajes de medios sociales públicos.

Aplicación	Madurez
Informes de incidentes de fuentes múltiples a través de aplicaciones de teléfonos inteligentes: Waze u otras aplicaciones basadas en teléfonos inteligentes que permiten a los usuarios del sistema informar sobre la presencia y el estado de los incidentes de tránsito.	1,2 (nivel X sobre 3)
Procesamiento automatizado de medios sociales - Monitoreo y procesamiento automatizado de mensajes de los medios sociales públicos para detectar información sobre incidentes de tránsito.	2

3.2.3. Cargos por uso de carreteras

Muchas localidades están trabajando para implementar la tecnología de cobro por el uso de carreteras como un reemplazo para el impuesto al combustible que está declinando en viabilidad como mecanismo de financiamiento del transporte. El enfoque utiliza equipo en el vehículo para registrar las distancias recorridas como forma de pagar por el uso del sistema de transporte. Aunque se está explorando como una alternativa a un impuesto sobre los combustibles, la tecnología también tiene el potencial de reemplazar los enfoques más tradicionales de peaje basados en la infraestructura para cobrar por el uso de las carreteras. La mayoría de las tecnologías que se están explorando tienen la capacidad de rastrear millas por área geográfica. Algunas jurisdicciones también están explorando la capacidad de aplicar precios de congestión con este enfoque. Sin embargo, la tecnología no es lo suficientemente precisa en este momento como para reemplazar los precios específicos de los carriles para aplicaciones como los carriles HOV.

⁶ Los niveles de madurez indicados en esta tabla provienen de la encuesta discutida en el Apéndice A (sección 16.1).

Aplicación	Madurez
Cobro por uso de carreteras en una ruta o dentro de un área geográfica.	1,2 (nivel X sobre 3)
Cobro por Congestión - precio variable que se cobra entre los períodos de mayor y menor consumo.	3
Precios específicos por carril: permite el uso de un carril especial, como un carril para vehículos de alta ocupación, con el pago de un peaje.	3

3.2.4. Aplicaciones de señales de tránsito

Muchas de las aplicaciones de vehículos conectados propuestas prevén la comunicación de vehículo a infraestructura a lo largo de la carretera; sin embargo, hay varias compañías que han comenzado a implementar algunas de estas aplicaciones a través de conexiones de sistemas de back office. Las tecnologías actuales de los sistemas de comunicaciones todavía no son suficientes para las aplicaciones de seguridad en las que se requiere una latencia baja, pero las aplicaciones que no tienen este requisito pueden implementarse compartiendo los datos de fase de la señal y los datos de temporización de los sistemas de señal central con otros organismos. Entre los ejemplos existentes se incluyen los servicios ofrecidos por los Servicios de Tecnología de Tránsito (www.traffictechservices.com), que consumen los datos de tiempos y fases de tránsito de la agencia a través de conexiones de back office. Ellos procesan estos datos y actualmente proporcionan datos para una aplicación OEM en vehículos Audi llamada Personal Signal Assistant. Las aplicaciones incluyen la velocidad óptima de onda verde, la gestión del motor para vehículos híbridos y el tiempo hasta el verde para alertar a los conductores, que a menudo no están atentos esperando la señal, cuando la señal está a punto de cambiar a verde. Una compañía llamada Connected Signals (www.connectedsignals.com) ha desarrollado una aplicación para teléfonos inteligentes llamada Enlighten que proporciona velocidades de progresión óptimas similares para un corredor señalizado y el tiempo en verde para los conductores que esperan la señal.

Aplicación	Madurez
Progresión Óptima Velocidad/Eco-conducción en un corredor vial señalizado.	2 (nivel X sobre 3)
Alerta de señal verde/verde - Notifique a los conductores cuando la señal se esté poniendo a verde.	2

3.2.5. Monitoreo de la red de carreteras

Tradicionalmente, los operadores de redes viales han supervisado y recopilado información sobre el rendimiento del sistema mediante el despliegue de sensores y equipos al borde de la carretera. Ésto no sólo tiene un costo, sino que el monitoreo se limitó a los pocos lugares que fueron instrumentados. El procesamiento de los datos de las sondas ha avanzado drásticamente en los últimos años, lo que significa que la mayoría de los datos recopilados por los operadores viales están ahora disponibles como un servicio que cubre una parte mucho mayor de la red vial. Algunas

empresas también afirman ahora la capacidad de proporcionar información precisa sobre el recuento del tránsito basada en el análisis de datos.

Aplicación	Madurez
Estimación del tiempo de viaje en una ruta mediante el agregado de los tiempos conseguidos por vehículos flotantes en los tramos de carretera.	1 (nivel X sobre 3)
Detección y caracterización de la congestión (posición, longitud, velocidad media de congestión) mediante el agregado de baja velocidad o velocidad nula en una zona determinada.	2
Detección de colas: Para detectar la ubicación/longitud actual de una cola de tránsito.	2
Análisis de cuellos de botella: Detectar y reportar ubicaciones de cuellos de botella recurrentes en el sistema.	1,2
Conteo vehicular: Medir y resumir los recuentos de tránsito de los tramos de carretera.	1

3.2.6. Aplicaciones de Comportamiento del Conductor

Las empresas y organizaciones han comenzado a analizar conjuntos de grandes volúmenes de datos de vehículos flotantes para proporcionar información adicional sobre el uso del sistema por parte de los conductores. Estos ítems no han estado disponibles o han requerido estudios costosos e intensivos en tiempo para determinar.

Aplicación	Madurez
Información Origen-Destino: capacidad de entender los patrones en el uso del sistema de transporte que es importante para los esfuerzos de planificación del sistema.	2 ⁷ (nivel X sobre 3)
Detección de zonas potencialmente peligrosas: el comportamiento anormal recurrente de los vehículos, como frenadas bruscas, tasa de guiñadas o velocidades por encima de los valores normales, podría interpretarse como una señal de advertencia para el operador de la red vial sobre la necesidad de aplicar contramedidas.	7

3.2.7. Monitoreo de las condiciones climáticas

Aplicación	Madurez
Detección de lluvia: la observación en un área determinada de vehículos que operan simultáneamente sus limpiaparabrisas puede interpretarse como señales de advertencia de lluvia.	1,2 (nivel X sobre 3)

⁷Nivel no evaluado en la encuesta (nivel propuesto por J. Ehrlich)

Detección de hielo: hoy en día, los datos procedentes de multitudes a través de aplicaciones de teléfonos inteligentes u observaciones compartidas a través de plataformas de redes sociales proporcionan datos adicionales sobre las condiciones meteorológicas. Las capacidades futuras serán posibles a través de los sensores a bordo del vehículo que ya están disponibles para ABS y ESP.	1,2
Detección de niebla: la presencia en una zona determinada de que los vehículos encienden simultáneamente los faros y los faros antiniebla es una información que puede caracterizar la presencia de niebla.	1,2
Distancia de visibilidad en la niebla: gracias a las técnicas de visión por ordenador que utilizan videocámaras a bordo, es posible estimar la distancia de visibilidad en la niebla delante del vehículo. Entonces, el agregado de información desde múltiples vehículos ayuda a calcular una estimación de la distancia de visibilidad en un área o itinerario dado. Esta información también podría fusionarse con la información descargada automáticamente de las estaciones meteorológicas situadas en algunos aeródromos (por ejemplo, los mensajes METAR).	2,3

3.2.8. Control de las situaciones de emergencia en las carreteras

Esta aplicación se reúne pasivamente sobre la superficie de la carretera o la interacción del vehículo con la geometría de la carretera a través de sensores a bordo del vehículo o, en algunos casos, sensores en un teléfono inteligente. Esta aplicación tiene el potencial de complementar o reemplazar el monitoreo o la prueba de los segmentos de carretera por parte de los operadores viales y aumentar la conciencia de las áreas problemáticas.

Aplicación	Madurez
Diagnóstico de la superficie de la carretera: la información para detectar zonas de reducida resistencia al derrape es la misma que la mencionada anteriormente para la detección de hielo. El disparo recurrente de los sistemas ABS, ESP y ASR en una ubicación dada son indicadores que podrían ser interpretados para detectar áreas con una resistencia al derrape reducida. Sin embargo, su fusión con los datos meteorológicos es necesaria para discriminar las causas: lluvia, nieve, hielo o degradación del pavimento de la carretera o combinación de ambas causas.	1,2 (nivel X sobre 3)
Detección de la degradación de la superficie de la carretera: la presencia en un lugar determinado de vehículos sujetos a aceleraciones verticales de gran tamaño puede indicar la degradación de la superficie de la carretera como ahueyamientos, surcos, baches, roturas, grietas que causan movimientos verticales de la carrocería del vehículo. El vehículo flotante deberá estar equipado con sensores suficientemente sensibles para detectar estos movimientos. Estudios recientes muestran que los sensores (acelerómetros) integrados en algunos Smartphones tienen la sensibilidad requerida.	1,2
Geometría de la carretera inadecuada para los límites de velocidad: véase el apartado "Detección de zonas potencialmente peligrosas". La misma información puede utilizarse para diagnosticar un límite de velocidad inadecuado o una geometría de carretera peligrosa (radio de curvatura, peralte).	2,3

3.3. PLAN DE ACCIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

Como se ha subrayado anteriormente, los ITS de bajo costo ofrecen perspectivas muy prometedoras en términos de servicio en este momento o para el futuro. Después de aproximadamente tres décadas de desarrollo gradual como sector sustantivo de promoción de la movilidad, los ITS ya cuentan con una descripción funcional y una clasificación bien definidas de las áreas de servicio. Dado que el enfoque de despliegue de los ITS podría ser claramente específico para cada Estado, las prioridades, el nivel de innovación y la participación de los sectores público y privado varían mucho en todo el mundo. Allí también se establecerá una relación con el paradigma de los servicios de bajo costo. La graduación principal de los servicios de ITS pone de manifiesto sus áreas distintivas de uso:

- difusión de información sobre el tránsito (en general, el ámbito número uno de los servicios de bajo costo, que es bastante flexible en lo que se refiere a las cuestiones de provisión y de autoenriquecimiento; estos servicios también llevan aparejada cierta parte de la autorregulación de los flujos de transporte);
- control del tránsito (se trata de un proceso muy estricto y formal, en el que un enfoque de bajo costo hoy en día podría dar la oportunidad de reducir el TCO, no de proporcionar un servicio factible por sí solo);
- control de acceso y peaje (similar al anterior, en el que una parte importante de un servicio sigue siendo estrictamente oficial (por ejemplo, las transacciones financieras), aunque algunas funciones (por ejemplo, el control de pruebas) pueden optimizarse a bajo costo);
- gestión del tránsito (debe alcanzarse un alto nivel de calidad sin concesiones, es factible un enfoque de bajo costo para realizar principalmente funciones de apoyo aunque no la principal); y
- herramientas para la gestión de carreteras (una cuna del dominio de los ITS), basadas inicialmente en el uso de las estaciones de telemetría dedicadas, que ahora tienen un fuerte vínculo con la gestión de activos y proporcionan conjuntos de datos específicos a los ITS en general; en este caso, el enfoque de bajo costo es muy factible cuando los datos deseados pueden capturarse o derivarse para el sistema central de manera más rentable que las mediciones tradicionales, aunque a veces, con desviaciones significativas (debido a la agregación y derivación de datos y no a las mediciones dedicadas) respecto a los niveles de calidad certificados.

Como se observó anteriormente, el enfoque de bajo costo es factible cuando el valor agregado de la nueva funcionalidad se genera a partir de la sinergia de los procesos existentes y no de inversiones directas. En el Cuadro 2 (por ejemplo, áreas de servicio de ITS definidas por la UE) se resume la información y el potencial de las principales áreas de servicio de ITS.

Área de servicio	Enfoque de bajo costo	Tecnologías que hay detrás	Ejemplos de servicios
Información al viajero	Altamente factible a lo largo de toda la cadena de valor	FCD (datos de vehículos flotantes), entrada directa de datos de los usuarios, transmisión a las interfaces de usuario existentes (dispositivos).	Waze - navegación interactiva con elementos integrados de la red social de los conductores

Gestión del tránsito	Factible, cuando el uso multifuncional (reparto de costos) de los recursos provisionales se aplica efectivamente.	Virtualización del control del tránsito (por ejemplo, VMS); beneficio indirecto de los servicios de bajo costo de información al viajero o de la mezcla de ambos.	En la señalización del tránsito de vehículos (sistemas cooperativos)
Tarificación y pagos electrónicos	Factible en las diversas etapas, principalmente para acciones de apoyo, por ejemplo, control de pruebas.	Evitar inversiones en infraestructura de peaje; detección multifuncional (por ejemplo, ANPR avanzado).	Servicios de peaje basados en GNSS
Flete y logística	Factible para muchas necesidades (también específicas del cliente)	Virtualización de procedimientos formales; integración de datos de diferentes fuentes a lo largo de ciertos procesos de negocio.	GoSift - reserva remota y cola virtual para el cruce de la frontera estonia con Rusia
Sistemas de seguridad para vehículos	Económicamente factible como una fusión a bordo de métodos de detección y asistencia a la conducción	Detección multifuncional (principalmente procesamiento inteligente de imágenes de video), evitando el uso excesivo de muchos sensores. Existe una amplia gama de desarrollos propios de los fabricantes de automóviles	El camino hacia la conducción autónoma, donde las acciones de I+D consumen recursos, pero potencialmente no conducen a costosos sistemas integrados en el coche.
Infraestructura TIC	Altamente factible, cuando se transforman los sistemas heredados y se introducen nuevos métodos de detección en el campo de la gestión de carreteras.	Métodos de detección baratos (oportunos), mezclados con geoetiquetas y algoritmos de toma de decisiones.	Vionice - software simplificado de inventario de carreteras, utilizando teléfonos inteligentes

Cuadro 2 - Utilización de un enfoque de bajo costo para los ámbitos de servicio de los ITS en el plan de acción de la UE en materia de ITS

4. PARTES INTERESADAS Y CADENA DE VALOR

4.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo y despliegue de los servicios de ITS depende de una multitud de partes interesadas.

Pueden participar en todas las etapas del ciclo de vida del servicio: diseño, construcción, pruebas y validación, operación, mantenimiento y desmantelamiento. En teoría, todos estos actores esperan un retorno financiero por su contribución (excepto cuando estos actores son funcionarios públicos).

La definición de la cadena de actores es un tema complejo. Existen tantas cadenas de actores como servicios. Por lo tanto, nuestro objetivo no es entrar en una descripción exhaustiva de todas las cadenas de actores asociados a todos los servicios, sino describir la metodología utilizada para identificarlos. Para ello, nos inspiramos en gran medida en el trabajo realizado en el marco del proyecto SAFESPOT [9], influenciado a su vez por el proyecto italiano ARTIST [10].

Más allá de la cadena de las partes interesadas está la cadena de valor, que también depende del servicio. Para entenderlo, se requerirá un buen conocimiento de cómo se divide el servicio en proceso y sub-proceso (es decir, la arquitectura lógica del servicio), la cual se asigna a las partes interesadas.

Los conceptos de “partes interesadas” y de “cadena de valor” no son específicos de los ITS de bajo costo. Se aplica a todos los ITS. Lo que hace la diferencia es que, en el caso de los ITS de bajo costo, algunos enlaces en la cadena pueden estar ausentes o los costos asociados pueden ser más bajos.

Finalmente, examinaremos, para un servicio dado, cómo se podría simplificar la cadena de valor y a los grupos de interés en función de si el servicio se implementa mediante soluciones de alto o bajo costo.

4.2. LA CADENA DE LAS PARTES INTERESADAS

4.2.1. Roles

El análisis de la cadena de las partes interesadas se basa en la definición del papel que cada una de ellas desempeña en un servicio. Un rol es un conjunto de procesos (a veces llamados tareas o actividades) que deben llevarse a cabo para la prestación de servicios.

Sin embargo, no existe una relación unívoca entre el papel y las partes interesadas: en la práctica, una parte interesada puede tener varias funciones y, a la inversa, una puede ser compartida por varias partes interesadas.

Por ejemplo, la función de proporcionar información sobre un vehículo puede asignarse al fabricante del vehículo si el dispositivo de visualización es un equipo original o a un proveedor de la industria del automóvil en el caso de un equipo posventa.

En SAFESPOT, se identificaron trece (13) partes interesadas para apoyar la implementación general del sistema y, entre ellas, once (11) son relevantes para cualquier sistema cooperativo (no SAFESPOT).

Se resumen a continuación:

4.2.2. Las partes interesadas y sus funciones

4.2.2.1. Autoridades públicas

Las autoridades públicas pueden considerarse a varios niveles: una unión de Estados o un Estado federal (por ejemplo, la Unión Europea o los Estados Unidos), o un país o región de un país (autoridad local). Su papel puede ser diferente dependiendo del nivel considerado. En el nivel superior (unión de Estados o Estado federal) las funciones incluyen: apoyo financiero, armonización piloto, elaboración de leyes, normas y requisitos de alto nivel (por ejemplo, servicios de la Unión Europea para el primer día). A nivel de los países o regiones: adaptación de las normas al contexto local, hojas de ruta para el despliegue, apoyo a las pruebas operativas sobre el terreno, acuerdos de corredores experimentales, subvenciones a los usuarios, incentivos para las asociaciones público-privadas, etc.

4.2.2.2. Organismos centrales de normalización

Normalmente incluyen organizaciones como ISO, ETSI, IEEE o consorcios de fabricantes de automóviles y proveedores de equipos (por ejemplo, Car2Car, CLEPA, etc.). Su función consiste en elaborar y publicar normas y especificaciones teniendo en cuenta las limitaciones jurídicas e industriales. Un ejemplo es el ETSI por su papel en la normalización de sus estaciones G5 (ITSS) o mensajes (CAM, DENM, etc.). ERTICO, CEDR, POLIS, AIPCR, etc. también pueden considerarse organismos centrales por su papel de apoyo a la CTI en diferentes formas: coordinación de las partes interesadas, iniciadores de nuevos proyectos, difusores de conocimientos, etc.

4.2.2.3. Operador de la red de carreteras

Su función es operar la red vial para proporcionar al usuario una carretera segura y eficiente. Incluye proporcionar información y reaccionar rápidamente ante cualquier evento que pueda afectar la seguridad y la eficiencia. Son responsables de la adquisición y explotación de equipos viales tales como la recopilación, el procesamiento y la difusión de información. También son responsables de la gestión de los centros de tránsito. Además, proporcionan a los cartógrafos información sobre la geometría de la carretera, los datos de señalización y las⁸ características de la carretera (estado del firme, pendientes, peralte, deterioro, etc.).

4.2.2.4. Fabricantes de automóviles

También son responsables de la interfaz entre este equipo, el vehículo y el suministro de datos que se transmitirán a los vehículos vecinos o a la infraestructura (V2V, V2I, I2V). También deben prestar servicios de mantenimiento, actualización y adaptación.

4.2.2.5. Proveedores de mapas

Son responsables de la representación digital de la infraestructura en todas sus dimensiones: edificio, trazado, características geométricas, condiciones de la carretera, señalización estática o dinámica, eventos, etc. Esto puede tomar la forma de una base de datos de información georeferenciada⁹ y actualizada en tiempo real, es decir, el mapa digital. Estos mapas digitales

⁸ Ubicación y contenido de la señalización (límite de velocidad, obras, etc.)

⁹ A veces llamado Mapa Dinámico Local.

pueden integrarse en todos los nodos de la red cooperativa (vehículos, unidades de carretera, centros de gestión de tránsito, dispositivos móviles peatonales, etc.).

4.2.2.6. Proveedores de automatización

Son responsables del suministro de equipos (hardware y software) y de las aplicaciones destinadas a ser integradas en los vehículos. En la práctica, esto incluye la plataforma de comunicación (V2V, V2I, I2V), la función de geolocalización (GNSS), la interfaz con el vehículo (CAN bus), el software de aplicación y la interfaz hombre-máquina (HMI).

4.2.2.7. Proveedores de infraestructuras

Su papel es el mismo que el de los proveedores de la industria del automóvil, pero para el lado de la infraestructura. Proporcionan unidades viales que incluyen la plataforma de comunicación (V2I, I2V) y posiblemente los sensores asociados (bucles magnéticos, cámaras y otros sensores), así como el software de aplicación. También pueden contribuir a proporcionar el mapa digital.

4.2.2.8. Organismos de certificación

Esta función incluye entidades que aplicarán los procedimientos necesarios para verificar y certificar la conformidad de las instalaciones con las leyes, reglamentos y especificaciones proporcionados por las autoridades u organismos públicos y para verificar y validar la interoperabilidad del sistema en un conjunto de países (por ejemplo, la UE) o un Estado federal (por ejemplo, los EE.UU.).

4.2.2.9. Proveedores de contenido

Su función es proporcionar información externa a las instalaciones y equipos del sistema cooperativo. Por ejemplo, podría incluir información proporcionada por terceros, como información meteorológica, puntos de interés y disponibilidad de aparcamiento, información sobre vehículos de emergencia (grúas, vehículos de rescate, etc.).

4.2.2.10. Proveedores de servicios de valor agregado (VASP)

Son entidades ajenas al sistema que desarrollan servicios de información al usuario utilizando los datos producidos por el sistema cooperativo y puestos a su disposición. Incluye información sobre tarifas de peaje, restricciones de acceso, posición y disponibilidad de aparcamiento/estacionamiento, recomendaciones de rutas, gestión de flotas de mercancías, servicios de entretenimiento (para pasajeros), información turística, publicidad, etc. Estos servicios pueden desempeñar un papel importante para facilitar la aceptabilidad del sistema.

4.2.2.11. Operadores de telecomunicaciones y proveedores de componentes de telecomunicaciones

Los operadores de telecomunicaciones proporcionan conectividad (V2I, I2V) para el intercambio bidireccional de información entre vehículos e infraestructura (inalámbrica) o entre equipos y centros de carretera (alámbricos o inalámbricos). Las tecnologías clave son el ITS G5 o DSRC para comunicaciones de baja latencia de corto alcance o 3G/4G para comunicaciones de largo alcance y alta latencia, pero sólo este último requiere operadores de telecomunicaciones. Los proveedores de componentes de telecomunicaciones proporcionan plataformas de comunicación integradas,

equipos de infraestructura y dispositivos nómadas (por ejemplo, teléfonos inteligentes). Contribuyen ampliamente a la definición de normas y hojas de ruta para el despliegue.

4.2.3. Arquitectura lógica

La realización de un servicio ITS se basa en una multitud de procesos. La organización de estos procesos y sus interacciones constituyen la arquitectura lógica del servicio (o sistema) que puede describirse como un gráfico de flujo de datos en el que los nodos representan los procesos y las flechas representan los flujos de información.

La descripción de la arquitectura lógica es un paso preliminar para definir los actores involucrados en la realización de un servicio y la cadena de valor subyacente. Cada servicio tiene su propia arquitectura lógica, pero todas estas arquitecturas forman parte de un modelo genérico desarrollado en cada país (FRAME en Europa, ACTIF en Francia, ARTIST en Italia, ARC-IT en EEUU, NIAF en Australia, etc.).

Más detalles sobre la arquitectura se encuentran en la sección 6 de este informe.

4.2.4. Metodología

La metodología utilizada para definir la cadena de actores para un servicio dado se basa en los siguientes pasos:

- Especificación del servicio,
- Identificación de los procesos necesarios para conseguirlo,
- Descripción de la arquitectura lógica, y
- Asignación de procesos a los grupos de interés.

Se ilustrará con un ejemplo que figura a continuación.

4.3. LA CADENA DE VALOR

Inicialmente, se desarrolló el concepto de cadena de valor para analizar el costo de producción de un producto dentro de la misma empresa. El objetivo es asociar un costo a cada actividad necesaria para la realización del producto.

El concepto se extendió luego al análisis de costos de un sistema cuya realización no se basa en una única empresa sino en un conjunto de partes interesadas, como es el caso de los sistemas cooperativos.

Por último, esto debería proporcionar una visión global del costo, y permitir a cada actor evaluar los costos que tendrá que soportar y los beneficios que puede esperar.

Consiste en complementar la metodología descrita anteriormente añadiendo un paso que consiste en asignar un valor financiero a cada proceso.

Sin embargo, no siempre existe una correspondencia personalizada entre los procesos y los actores que deben ejecutarlos. Ésto lleva a refinar la descripción de los procesos descomponiéndolos en sub-procesos que pueden ser asignados a actores individuales.

Esto requiere un amplio conocimiento de la arquitectura lógica descrita anteriormente e incluye los principales elementos de costo asociados a cada subproceso, así como los márgenes de beneficio obtenidos por los diferentes actores, etc.

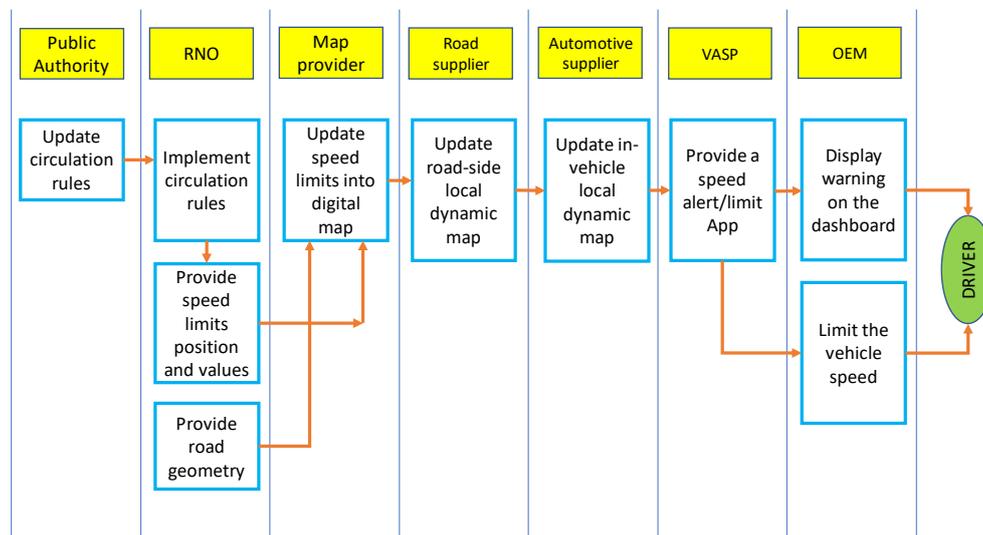
4.4. CADENA DE PARTES INTERESADAS Y CADENA DE VALOR DE LOS ITS DE BAJO COSTO.

El vínculo entre la arquitectura lógica y la cadena de partes interesadas es fuerte. De hecho, para poder describir la cadena de las partes interesadas, primero es necesario tener una visión clara de cómo se organiza un servicio dado. Entonces, podemos identificar a los actores que apoyarán a esta organización. Ésto se muestra en la Ilustración 9 y en la Ilustración 10, como se detalla a continuación.

4.4.1. Ejemplo 1: Alerta de velocidad y adaptación inteligente de la velocidad

La figura 9 es un ejemplo simplificado de arquitectura lógica y asignación de sub-procesos a las partes interesadas para el logro de un servicio de alerta de velocidad.

Cada columna representa una parte interesada, los rectángulos azules representan los sub-procesos y las flechas describen el flujo de información entre ellos. Hay que tener en cuenta que el operador de telecomunicaciones no aparece de forma explícita en esta página web. Su papel, sin embargo, está presente porque asegura el intercambio de información representado por ciertas flechas en . Cabe señalar que los servicios incluyen tanto la alerta como la limitación de la velocidad de los vehículos.



7 - Una arquitectura lógica muy simple que describe cómo se asignan los procesos (rectángulo azul) a las partes interesadas (columnas) para la implementación de un servicio de alerta/limitación de velocidad.

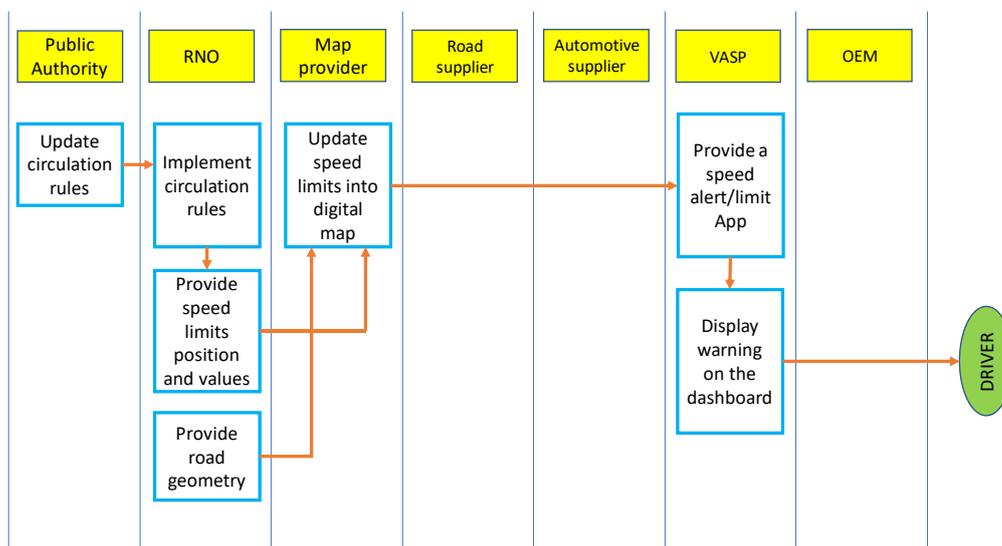
Los ITS de bajo costo se basan principalmente en la recopilación y difusión de datos desde y hacia los teléfonos móviles. El resultado es una reducción de la cadena de actores: 1) autoridades públicas, 2) organismos centrales, 3) cartógrafos, 4) proveedores de contenidos 5) proveedores de

servicios de valor añadido/agregado (VASP), 6) organismos de certificación y 7) operadores de telecomunicaciones.

Cabe señalar, sin embargo, que en el caso de la conexión del Smartphone con el vehículo (a través de la toma de diagnóstico OBD), el fabricante se integra de nuevo en la cadena de las partes interesadas. Por el contrario, el organismo certificador puede estar ausente para los servicios prestados "tal cual" sin que ello implique responsabilidad alguna.

4.4.2. Ejemplo 2: alerta de velocidad basada en una solución de bajo costo

La ilustración 10 representa la cadena de valor de un servicio similar basado en un enfoque de **bajo costo**. Gracias al uso exclusivo del smartphone, se ahorran los costos asociados al equipamiento a bordo, a las unidades en carretera y a la integración en el vehículo. El inconveniente es que el servicio se degrada, ya que se reduce a proporcionar una alerta y excluye la posibilidad de limitar automáticamente la velocidad del vehículo.



8 - Cadena de valor para el servicio de alerta rápida basado en ITS de bajo costo

4.5. CONCLUSIÓN

Para abordar la cadena de valor relacionada con la realización de un servicio, primero es necesario identificar a los diferentes actores y sus respectivos roles. Es necesario entonces describir la arquitectura lógica del servicio, su descomposición en subprocesos, su organización y sus interacciones. El siguiente paso es asignar estos sub-procesos a los diferentes actores. Por último, queda por asignar los elementos de costo a cada uno de estos subprocesos para conocer el valor de cada uno de los elementos de la cadena.

5. MODELO DE NEGOCIO, COSTOS Y BENEFICIOS

5.1. MODELO DE NEGOCIO

5.1.1. Introducción

El uso del término ITS de bajo costo parece un tanto irónico, ya que el ímpetu detrás del desarrollo de los ITS fue su bajo costo en comparación con las soluciones tradicionales de transporte que se centraban en la expansión de la capacidad. Sin embargo, a medida que la tecnología sigue avanzando, están surgiendo métodos de menor costo para ofrecer soluciones de ITS. Las soluciones ITS utilizan tecnología para mejorar la eficiencia y seguridad del sistema de transporte en una fracción de los enfoques tradicionales de construcción. Por ejemplo, la aplicación de la medición de rampa como estrategia de gestión de autopistas mejora los tiempos de viaje y la seguridad a una fracción del costo de la construcción de nuevos carriles de autopistas. Uno de los estudios más conocidos de medición en rampa en los Estados Unidos en Minneapolis/St. Paul reportó una relación costo-beneficio de 15:1[11]. Un estudio de la Gestión Integrada de Corredores Viales en los Estados Unidos en el Estado de Virginia reportó relaciones de costo-beneficio de 4:1 a 6:1[12]. Un estudio de la operación de señales de tránsito adaptativas en la ciudad estadounidense de Pittsburgh, Pensilvania, reportó una relación de costo-beneficio de 20:1[13]. Estos son sólo algunos ejemplos que ilustran que las aplicaciones ITS proporcionan soluciones rentables a los problemas de transporte.

Típicamente, la entrega de soluciones ITS ha sido a través de un modelo de negocio en el que el operador de la red de carreteras ha retenido la responsabilidad de la construcción, operación y mantenimiento de las soluciones ITS implementadas. Las agencias varían en cuanto a si los empleados de la agencia son responsables o no de estas diversas funciones, pero ya sea que el trabajo sea realizado por empleados de la agencia o por contratistas, la agencia es responsable de los costos del sistema a lo largo de su ciclo de vida.

5.1.2. Modelo de negocio alternativo

Más recientemente, han comenzado a surgir modelos de negocio alternativos, y el sector privado está desempeñando un papel más importante en la aplicación de las soluciones de ITS. Ésto tiene el potencial de eliminar los costos que antes soportaba el operador de la red de carreteras, transfiriendo los costos al sector privado o al usuario del sistema de transporte. Por ejemplo, el Operador de la Red de Carreteras tradicionalmente ha tenido la responsabilidad de recopilar datos sobre las características operativas del sistema de transporte para utilizarlos en los esfuerzos de planificación o en la toma de decisiones operativas. Esto se hace típicamente a través del despliegue de sensores temporales y permanentes al borde de la carretera. Si bien esta necesidad aún no se ha eliminado, el sector privado ha seguido aumentando su capacidad para recopilar datos sobre las características operativas de los sistemas de transporte a través de la conectividad al estilo de Internet de las Cosas (Internet of Things - IoT) para sondear los dispositivos de la red vial.

Un segundo ejemplo de la evolución de los modelos de negocio para la entrega de soluciones de ITS es el suministro de información al viajero a los usuarios de los sistemas de transporte. Los primeros sistemas de información al viajero eran operados principalmente por operadores de redes viales. Esto incluía herramientas de planificación previas al viaje, como sitios web y sistemas telefónicos, y equipos al borde de la carretera, como señales de mensaje variable y transmisores

de radio. En la actualidad, el sector privado proporciona cada vez más información a los viajeros a través de aplicaciones de telefonía inteligente y de la integración de la información sobre el tránsito en los sistemas de navegación.

5.1.3. Asociaciones público-privadas

Existen cada vez más oportunidades de colaboración entre el sector público y el privado en la entrega de información al viajero. Una de estas iniciativas es el Waze Connected Citizen Program (CCP). El CCP [14] proporciona a los operadores de redes de carreteras de todo el mundo la capacidad no sólo de publicar los datos de la agencia en la aplicación Waze, sino que también ofrece la oportunidad de recibir datos de las fuentes de la multitud en esa agencia sobre las condiciones actuales de las carreteras. Es un buen ejemplo de cómo la tecnología combinada con una asociación público-privada está mejorando la información disponible para los operadores de redes de carreteras, al mismo tiempo que reduce los costos en comparación con los enfoques más tradicionales para recopilar datos sobre las operaciones de las redes de carreteras y entregar información a los viajeros a los usuarios del sistema.

Aunque estos enfoques tienen un gran potencial, aún quedan algunos desafíos para aplicar estos enfoques de bajo costo a las soluciones de los ITS. El horizonte temporal es especialmente importante para considerar en esta discusión sobre los ITS de bajo costo. La capacidad de una innovación para sustituir a una aplicación de ITS existente depende de su ritmo de adopción. Puede ser difícil discontinuar un servicio ofrecido actualmente por un operador de red de carreteras en favor de un servicio similar ofrecido a través del sector privado cuando la tasa de adopción o la cobertura de la red es baja. Por ejemplo, sería difícil para un operador de red de carreteras interrumpir el uso de señales de mensaje variable hasta que una mayoría significativa de la flota de vehículos pudiera soportar una aplicación de firma a bordo de un vehículo.

Por último, la asociación público-privada debe ser beneficiosa para todos a corto plazo, pero también a largo plazo. Las autoridades públicas deben tener cuidado de no depender de los proveedores privados de datos, que pueden imponer incrementos injustificados de precios al renovar los contratos.

5.1.4. Desafíos

Los operadores de redes de carreteras también se enfrentan a menudo a cuestiones de equidad social. Si la nueva forma de ofrecer una solución está sesgada hacia los automóviles más nuevos o hacia los estratos de ingresos más altos de la población, surgen preguntas sobre la equidad. Lo mismo podría ser cierto si la transición es de un servicio gratuito, disponible al público, a un servicio de pago disponible a través del sector privado. Además, los objetivos de las políticas públicas no siempre pueden alcanzarse plenamente a través de servicios privados con fines de lucro, lo que significa que el gobierno puede tener que seguir prestando o subvencionando determinados servicios. Por último, a veces las reglamentaciones sobre contratación pública carecen de métodos eficientes y eficaces para establecer asociaciones entre el sector público y el privado con miras a la prestación cooperativa de servicios de transporte, lo que dificulta la aplicación de una asociación que de otro modo sería beneficiosa. Por último, hay riesgos de continuidad del servicio dentro de estas asociaciones público-privadas que deben ser evaluados. Si una empresa sale del negocio o cambia el enfoque del negocio para dejar de prestar un servicio específico, el operador de la red de

carreteras tendría que encontrar una nueva asociación para la prestación de servicios o restablecer el servicio como un servicio del sector público.

Estos problemas pueden ralentizar la transición a las soluciones de menor costo, lo que resulta en la necesidad de mantener el servicio actual y al mismo tiempo apoyar y trabajar hacia el nuevo enfoque de servicio. A largo plazo, los costos se reducirán, pero a corto plazo, los costos podrían ser incluso más elevados, ya que el operador de la red de carreteras soporta múltiples formas de prestar el mismo servicio. A veces el nuevo servicio es una mejora en lugar de un reemplazo para un servicio existente. Por ejemplo, los datos de tiempo de viaje del vehículo flotante no reemplazan exactamente a los datos de conteo de tránsito. Es un tipo diferente de datos que tiene gran valor para monitorear las operaciones de la red vial, planificar proyectos y evaluar productos, pero la compra de los datos es un costo adicional para la organización. Aunque no necesariamente reduce el costo de un servicio existente, ofrece la oportunidad de obtener una mejor comprensión de las operaciones del sistema a un costo muy reducido en comparación con el despliegue de sensores de tránsito operados por la agencia.

En este debate sobre los ITS de bajo costo, es importante examinar tanto lo que es posible hoy en día con el estado actual de la adopción de la tecnología como lo que puede ser posible en el futuro. Aunque ciertas aplicaciones son posibles a través de métodos de bajo costo hoy en día, muchas más pueden ser posibles en el futuro a medida que las aplicaciones de teléfonos inteligentes y la tecnología de vehículos conectados maduren y se generalicen y avancen. Y si bien la transición de los enfoques tradicionales a los enfoques más nuevos y de menor costo plantea algunos problemas a los operadores de redes de carreteras con aplicaciones de ITS existentes, el nuevo enfoque de bajo costo también ofrece una oportunidad para que otros operadores de redes de carreteras que aún no han podido aplicar las soluciones de ITS comiencen a hacerlo de manera más rentable.

5.1.5. Conclusión

En resumen, hay muchos matices en esta discusión de bajo costo. Las oportunidades varían desde las que se pueden implementar hoy hasta las que puedan existir en el futuro. Estos varían desde la reducción de los costos de los servicios existentes hasta la implementación de servicios nuevos o mejorados a un costo menor. Los tiempos de transición pueden ser cortos o largos dependiendo de la aplicación y el índice de adopción. Al mirar hacia el futuro, lo único con lo que podemos contar es con un cambio continuo. A medida que la tecnología y la conectividad sigan evolucionando, los modelos de negocio continuarán cambiando, presentando las oportunidades adicionales de los operadores de redes de carreteras para reducir o eliminar los costos de los servicios existentes y para implementar nuevos servicios a un costo menor.

5.2. COMPARACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS: APLICACIÓN A LA INFORMACIÓN DEL VIAJERO

Comparar una solución ITS de bajo costo con una solución ITS tradicional basada en el costo requiere analizar las diferencias de costo a lo largo del ciclo de vida del sistema. Los nuevos enfoques para prestar servicios de ITS de bajo costo pueden tener diferentes efectos en el costo a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema. Los costos de una aplicación de ITS pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Costos de implementación - Los costos de implementación están asociados con la implementación inicial de un proyecto ITS. Estos costos incluyen ingeniería, construcción, compra de equipos, ingeniería de sistemas y desarrollo de software. Esta categoría representa los costos de llevar un proyecto desde el concepto hasta las operaciones.

Costos operativos - Los costos operativos son los gastos operativos continuos asociados con el sistema. Incluyen gastos como los costos de servicios públicos, los costos de uso, como los cargos telefónicos por minuto para un sistema de información al viajero basado en el teléfono, los cargos del centro de datos y los costos de personal asociados con el funcionamiento diario del sistema.

Costos de mantenimiento - Los costos de mantenimiento representan el costo continuo asociado con mantener el sistema en buenas condiciones de operación. Incluye costos tales como reemplazar o reparar equipos que no funcionan correctamente, realizar mantenimiento preventivo, recalibrar periódicamente los sensores, parchear los servidores y actualizar el software para mantenerse al día con los cambios en los estándares de tecnología de la información.

Costos de Reposición - La inversión en mantenimiento extiende la vida útil de los sistemas, pero los equipos y sistemas finalmente llegan al final de su vida útil. En el ciclo de vida de los equipos ITS se alcanza un punto en el que la fiabilidad del sistema disminuye y los costos de mantenimiento aumentan, y la solución más rentable es la sustitución de los equipos. A veces la obsolescencia técnica acorta la vida útil del equipo cuando las piezas para repararlo ya no están disponibles. La vida útil varía según la categoría del equipo. Por ejemplo, un servidor tiene una vida útil de cinco a seis años, mientras que una señal de mensaje variable puede durar de 15 a 20 años.

La posibilidad de que el enfoque de bajo costo reduzca los costos en estas diversas categorías depende de la aplicación. También depende de otras variables como el horizonte temporal y la tasa de adopción del nuevo enfoque. Algunos enfoques de bajo costo pueden tener una reducción de costos limitada a corto plazo, pero existe un buen potencial para una reducción de costos más significativa a medida que se generalice el uso de la tecnología en particular.

Es necesario comparar los enfoques de bajo costo para la prestación de servicios de ITS con los enfoques tradicionales, examinando áreas específicas de servicio de ITS. Cada área de servicio varía en cuanto al potencial de que los enfoques de bajo costo proporcionen beneficios y en el horizonte temporal en el que esos beneficios pueden lograrse. Además, si bien ciertas tecnologías de bajo costo afectan a más de un área de servicio, es útil examinar el impacto en cada una de las áreas de servicio por separado. En la siguiente sección consideramos la información del viajero que es una aplicación con un gran potencial de aplicación de bajo costo.

La información al viajero es la entrega de información en tiempo real o casi en tiempo real sobre las condiciones del sistema de transporte, lo que permite a los usuarios del sistema de transporte crear condiciones de viaje informadas. Los primeros enfoques de la información al viajero se dividían en información previa al viaje e información en ruta para el viajero, pero esa distinción ha perdido importancia a medida que la tecnología ha hecho que las fuentes previas al viaje estén más disponibles a través de la conectividad móvil.

5.2.1. Enfoque tradicional

Las primeras aproximaciones a la información al viajero fueron operadas por operadores de redes de carreteras. Los enfoques típicos eran sitios web y/o sistemas telefónicos que permitían a los

viajeros acceder a información sobre las condiciones de las carreteras. Estos enfoques han evolucionado para incluir sitios web amigables para móviles y aplicaciones para teléfonos inteligentes. Estos enfoques se han complementado típicamente con señales dinámicas al borde de la carretera y a veces con transmisores de radio para proporcionar información similar a los viajeros en ruta.

Un enfoque similar ha evolucionado para la información al viajero relacionada con el transporte público. Las agencias de tránsito han pasado de los horarios en papel a los horarios en línea, a las herramientas de planificación de viajes en línea y, más recientemente, a las aplicaciones para teléfonos inteligentes. Muchos también operan ahora carteles de mensajes en paradas clave que proporcionan a los viajeros información sobre llegadas en autobús o tren e información sobre servicios.

Costos de implementación - Los costos de implementación de sistemas de información al viajero basados en Internet generalmente incluyen los costos de ingeniería de sistemas y desarrollo de software, ya sea que los realice el personal de la agencia o contratistas. Estos costos se extienden más allá de la simple construcción del sitio web o aplicación de información al viajero hasta la construcción del software para recopilar y procesar los datos proporcionados a través del sistema. Puede incluir los costos de hardware de IT, como servidores y cortafuegos, a menos que estos servicios sean alquilados. Los costos de implementación de la infraestructura vial para entregar mensajes de información al viajero incluyen una amplia gama de costos, incluyendo el diseño de ingeniería, la fabricación e instalación de soportes estructurales, la obtención de energía y comunicaciones, el control del tránsito en la zona de trabajo y, a veces, la compra de derechos de paso.

Costos operativos - Los costos operativos de los sistemas de información al viajero incluyen los costos del centro de datos y los cargos basados en el uso, tales como los cargos por minuto de los sistemas telefónicos. Por lo general, también incluyen los costos del personal que actúa como administrador del sistema y supervisa el funcionamiento del sistema. Los costos de explotación de la infraestructura viaria incluyen tanto los costos de los servicios públicos de electricidad y, posiblemente, de comunicaciones, como el tiempo del personal necesario para actualizar los mensajes proporcionados a través del equipo.

Costos de mantenimiento - Los costos de mantenimiento de los sistemas de información al viajero incluyen los esfuerzos en curso para mantener el sistema funcionando eficazmente. Esto puede incluir correcciones de errores de software, pequeñas mejoras y actualizaciones menores necesarias para mantenerse al día con los cambios en la tecnología de la información. También incluye el esfuerzo necesario para parchear servidores y actualizar los sistemas operativos del servidor o la tecnología de software o para reemplazar los componentes defectuosos del servidor. Incluye mantener actualizado el software de las aplicaciones del teléfono inteligente con los cambios en los sistemas operativos del teléfono inteligente, y mantener las aplicaciones web actualizadas con los cambios en el navegador y las actualizaciones de los estándares web. El mantenimiento de los equipos al borde de la carretera incluye la sustitución de los componentes defectuosos y la realización de mantenimiento preventivo para mantener el equipo en buenas condiciones de funcionamiento. También implica la reparación de daños causados por choques o vandalismo.

Costos de Reemplazo - Los sistemas de software en algún momento llegan al punto en que la tecnología de software requiere una actualización o reescritura importante. La tecnología de software y los lenguajes de programación cambian con el tiempo. Aunque algunas de estas actualizaciones pueden considerarse costos de mantenimiento, el sistema llega a un punto en el que es más eficiente reescribir el software o módulos de software significativos utilizando la tecnología más reciente. Los servidores en los que se ejecutan estos sistemas tienen un ciclo de vida aproximado de cinco años, por lo que para mantener una buena confiabilidad del sistema, la infraestructura del servidor debe ser reemplazada a intervalos regulares. Los equipos de campo de ITS también tienen una vida útil limitada. Los componentes electrónicos de una señal de mensaje variable suelen durar de 15 a 20 años, momento en el que deben ser reemplazados o reacondicionados. Los soportes estructurales de las señales pueden durar normalmente dos ciclos de vida de las señales.

5.2.2. Enfoque de bajo costo

El número de opciones para la entrega de información al viajero ha aumentado drásticamente en los últimos años. Además de las opciones ofrecidas por las agencias, la información de los viajeros se ha integrado en los sistemas de navegación y se proporciona a través de numerosos sitios web y aplicaciones de teléfonos inteligentes. El sector privado está invirtiendo claramente en tecnología para proporcionar información al viajero como uno de los servicios de un ecosistema conectado. Se espera que en el futuro la información al viajero se integre más directamente en los sistemas del vehículo, ya sea a través de teléfonos inteligentes o mediante la conexión directa al vehículo. Los conceptos futuros también incluyen aplicaciones de vehículos conectados, como la señalización a bordo de vehículos.

Claramente, muchos de estos servicios duplican los servicios prestados por los operadores de redes de carreteras a través de canales de distribución operados por agencias. Como mínimo, existen oportunidades futuras para comenzar a reducir la inversión de los operadores de redes de carreteras en tecnología de la información de los viajeros, y hoy en día existen oportunidades para los operadores de redes de carreteras que no ofrecen servicios de información al viajero a bajo costo.

Un ejemplo de una solución simple y de bajo costo es el Programa de Ciudadanos Conectados Waze (CCP)[14]. El Programa de Ciudadanos Conectados es una asociación de intercambio de datos entre el sector público y el privado sin costo alguno. Waze recopila los datos de las fuentes de la multitud a través de su aplicación de teléfono inteligente que comparten con el socio público. Aceptan datos del socio público, ya sea a través de una alimentación de datos automatizada o a través de un portal de entrada de datos operado por Waze, que luego comparten con los viajeros a través de la aplicación del teléfono inteligente. De esta manera, un operador de red de carreteras puede obtener datos sobre cuestiones operativas del sistema de transporte de los usuarios del sistema, a la vez que comparte información sobre el cierre y la construcción de carreteras con esos mismos usuarios.

Waze también tiene una aplicación de cartelera digital utilizada para mostrar información del viajero en carteleras digitales en edificios, centros comerciales y pantallas exteriores (la ilustración 9 muestra la aplicación de cartelera digital que transporta información sobre el tiempo de viaje en una cartelera digital de operación privada en Brasil).



9 - Waze Digital Billboard Solution, Belo Horizonte, Brasil Fuente: WAZE CCP

El siguiente paso en complejidad y costo es operar un portal de datos de la agencia. Esto requiere el desarrollo de aplicaciones e infraestructura de TI para recopilar y distribuir los datos de forma que sean accesibles para cualquier tercero interesado en integrar los datos de la agencia en la información privada de los viajeros. Aunque el PCC de Waze es un enfoque de bajo costo, la entrega de información se limita a los usuarios de la carretera que utilizan la aplicación Waze. El enfoque de portal de datos extiende el alcance de los datos a otros desarrolladores de aplicaciones y a otras plataformas como los sistemas de navegación a bordo de vehículos.

Con el crecimiento de las aplicaciones que recopilan datos de sondeo, el sector privado tiene ahora un mejor acceso a los datos de congestión y tiempo de viaje que las agencias que operan las carreteras. Sin embargo, la mayoría de las empresas que agregan datos de información al viajero de múltiples fuentes indican que ciertos tipos de datos de agencias tienen un gran valor. Por ejemplo, los datos de las autoridades viales sobre cierres de carreteras, trabajos relacionados con la construcción y el mantenimiento de carreteras e información reglamentaria como los requisitos de la cadena de neumáticos y de los neumáticos de tracción son datos particularmente importantes para obtener de un operador de carreteras y es probable que sigan teniendo valor en el futuro. Este enfoque ofrece a los operadores de redes de carreteras la oportunidad de seguir proporcionando información prioritaria a los viajeros en un entorno en el que el sector privado se encarga cada vez más de la entrega de información a los usuarios de las carreteras.

5.2.3. Cuestiones de aplicación

Los enfoques de bajo costo enumerados anteriormente ofrecen oportunidades para que los organismos que no han invertido en tecnología de la información al viajero apliquen la información al viajero con una inversión baja. Sin embargo, aún quedan algunos obstáculos por superar antes de que los organismos que ya han invertido en tecnología de la información al viajero puedan empezar a reducir los costos. Aunque la penetración en el mercado para el uso de estas aplicaciones de tránsito sigue creciendo, es difícil determinar el momento en que otras herramientas de información al viajero patrocinadas por otras agencias son redundantes. Quizás la mejor medida es el uso del sitio web. Mientras un número significativo de usuarios visiten los sitios web de información al viajero de la agencia, el sitio web sigue satisfaciendo una necesidad pública. Si el uso

comienza a disminuir, será evidencia de que los usuarios han encontrado fuentes alternativas y preferidas de información.

Además, muchas agencias han encontrado que las herramientas de información al viajero son populares entre el público y ven el contacto directo con los usuarios del sistema de transporte como una oportunidad de servicio al cliente. Muchos han invertido en el conocimiento de la marca para su herramienta de información al viajero, lo que dificulta la desconexión del producto. Una última cuestión es que, mediante el uso de su propia herramienta de información al viajero, la agencia controla el mensaje entregado al viajero. Mientras que la misma información puede ser distribuida a través de un portal de datos, otros controlan si ese mensaje se entrega y cuándo se entrega.

La eliminación de la infraestructura vial para la entrega de información al viajero se complica por el deseo de llegar a todos los usuarios de la carretera. El uso de aplicaciones para teléfonos inteligentes y sistemas de navegación con información sobre el tránsito sigue creciendo, pero todavía no llega a todos los usuarios. Además, aunque la mayoría de las aplicaciones para teléfonos inteligentes tienen algunas funciones de manos libres, las preocupaciones de las agencias sobre la conducción distraída dificultan la promoción o el fomento del uso del teléfono inteligente mientras se conduce.

Aunque la reducción de la inversión en las tecnologías actuales plantea algunos problemas a corto plazo, esta esfera de servicios ofrece grandes posibilidades de reducción futura en todas las categorías de costos del ciclo de vida de los sistemas de información al viajero. Las aplicaciones conectadas dentro del entorno del vehículo seguirán desarrollándose y mejorando. Los organismos deben seguir observando la evolución de la industria y buscar oportunidades para planificar y prepararse para cooperar con la industria en la prestación de servicios de información al viajero.

5.3. PROPIEDAD DE LOS DATOS

Aunque hasta ahora no se ha aclarado el marco jurídico para la propiedad de los datos de los vehículos de sondeo, parece que es el propietario del vehículo quien posee los datos producidos por el vehículo. Por consiguiente, debería poder reivindicar varios derechos:

- El derecho a acceder a sus propios datos,
- El derecho a controlar el uso de los datos por parte de terceros (implicados en la cadena de valor), es decir, los fabricantes de automóviles (por ejemplo, para el mantenimiento a distancia), los proveedores de servicios, los operadores de comunicaciones, los operadores viales, etc.
- El derecho a indemnización, tan pronto como autorice el uso de sus datos con fines comerciales, dicha indemnización podrá adoptar la forma de un acceso al servicio en condiciones preferentes.

6. ASPECTOS TÉCNICOS

En esta sección, presentamos el marco de arquitectura para ITS cooperativos que permite la realización de servicios a bajo costo. A continuación, se comparan las características técnicas entre los enfoques clásicos y los enfoques de bajo costo. Demostramos que existen diferencias con estos dos enfoques en cuanto a los servicios prestados y sus resultados.

Esta sección también muestra que las soluciones técnicas determinan tanto los costos como la calidad del servicio (la noción de calidad se tratará en una sección específica). Desde el punto de vista de un operador vial, el desafío será encontrar el mejor compromiso entre el costo y el servicio proporcionado y tomar las decisiones técnicas correspondientes. En lo que respecta al enfoque de un vehículo “trazador”, en este capítulo se propone una solución que ofrece un buen compromiso.

Cabe señalar también que, los aspectos técnicos, por sí solos, no pueden caracterizar a los ITS de bajo costo y, como se indica en las secciones 1.3 y 2.4, los aspectos no técnicos también son cruciales.

6.1. ESTRUCTURA DE LA ARQUITECTURA

En el ámbito del transporte por carretera, los servicios de ITS se basan en la recolección, el análisis y la difusión de datos a los usuarios de la carretera (conductores, pasajeros, peatones, motociclistas, etc.) o a los operadores de la red vial.

El objetivo principal es ayudar a estos usuarios y operadores a tomar decisiones que, en última instancia, mejoren los sistemas de transporte en términos de seguridad, eficiencia, accesibilidad, protección del medio ambiente, etc.

Físicamente, los servicios ITS dependen de las interacciones de muchos subsistemas - por ejemplo, centros de gestión de tránsito (abreviados como centros de aquí en adelante), vehículos, infraestructura y viajeros. Estos subsistemas están conectados entre sí por medio de canales de comunicación que permiten el intercambio de datos entre ellos. Colectivamente, estos forman el marco de la arquitectura de los ITS.

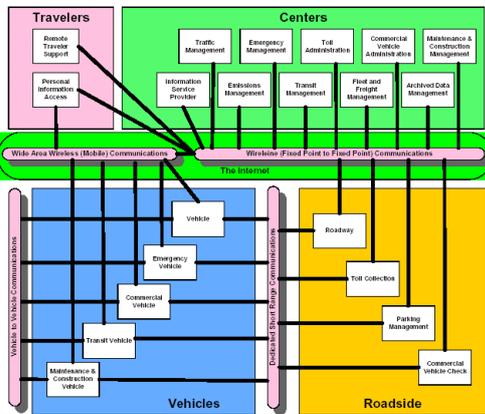
Se pueden reconocer tres tipos principales de marcos de arquitectura de los ITS regionales:

- Europeo (FRAME), que cubre legalmente a los Estados miembros de la UE pero tiene influencia paneuropea y es un buen ejemplo de logro con compromisos de más de 20 países, reflejando la evolución gradual de los servicios de ITS;
- US (proporcionado por FHWA), que por lo general influye en el desarrollo de América del Norte y es principalmente similar al europeo (mirando claramente los servicios ITS desde la perspectiva de los usuarios);
- Asiático (con los principales subtipos de Japón, Corea del Sur y China), que varía significativamente entre los principales actores regionales y está orientado a la innovación (parece estar impulsado principalmente por la industria), donde coexisten muchas tecnologías y generaciones diferentes de ITS.

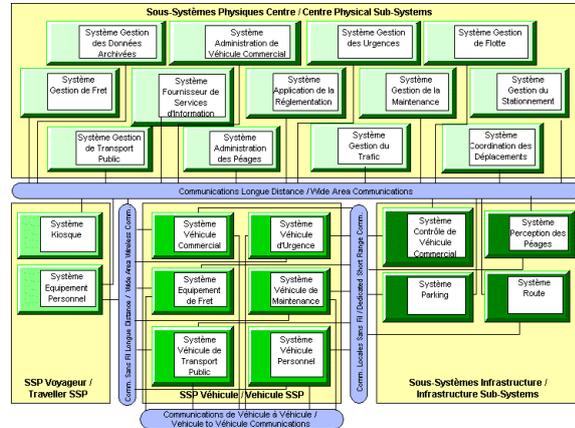
Muchos países han definido esta arquitectura¹⁰ y el objetivo es facilitar el despliegue de servicios de ITS que satisfagan las expectativas de los usuarios y que sean fáciles de gestionar, mantener,

¹⁰ Ejemplo : FRAME en Europa, ARC-IT en USA, NIA en Australia, ARTIST en Italia

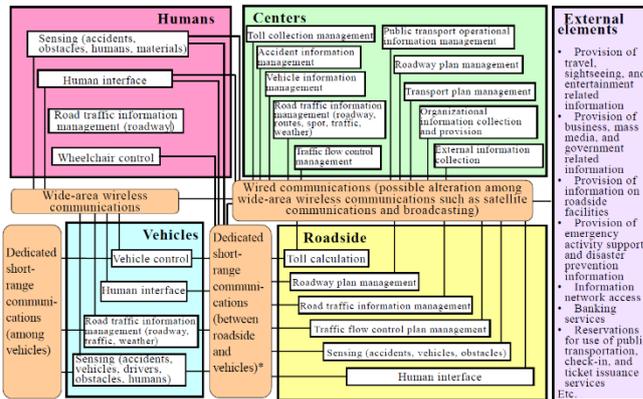
ampliar e integrar armoniosamente con otros servicios de ITS existentes o futuros en cuestiones como la interoperabilidad, el intercambio de información y la reutilización de recursos.



a) Estados Unidos



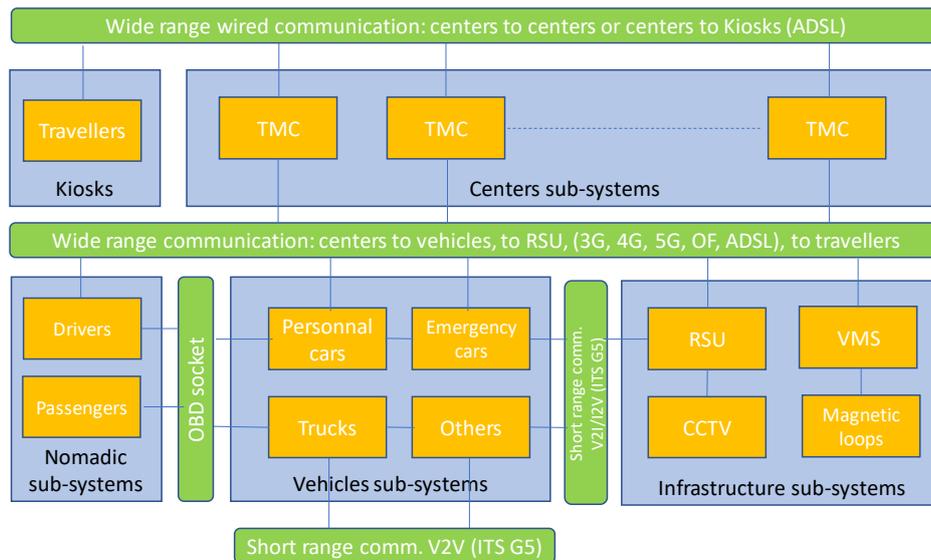
b) Francia



c) Japón

10 - Arquitectura marco de ITS

Físicamente, los marcos arquitectónicos son muy similares de un país a otro, como se muestra en los tres ejemplos anteriores (12-a, 12-b, 12 -c).



11 - Modelo de arquitectura genérica

(TMC= centros de gestión de tránsito, RSU = unidades de carretera, VMS = carteles de mensajes variables, CCTV= videocámaras de monitoreo)

6.2. ARQUITECTURA MARCO Y SISTEMAS COOPERATIVOS.

Los sistemas cooperativos son sistemas con componentes que cooperan mediante el intercambio de información, utilizando una o más tecnologías de comunicación disponibles. En las ilustraciones 12-a-b-c y 13 las tecnologías de la comunicación están representadas por rectángulos con esquinas redondeadas situadas entre los subsistemas, por lo que a veces se les llama *diagramas de salchichas*.

Se utilizan diversas tecnologías de comunicación: inalámbrica de corto alcance para la comunicación directa entre vehículos (V2V) o entre vehículos y carretera (V2I), cableada de largo alcance (ADSL sobre fibra óptica o conductores de cobre) o comunicación inalámbrica entre carretera, quioscos, vehículos, por un lado, y centros, por otro. La comunicación de corto alcance se denomina DSRC en la mayoría de los países (por ejemplo, Japón o EE.UU.) y ITS G5 en Europa.

Sin embargo, Bluetooth también puede considerarse como una tecnología de corto alcance[15][16]. En cuanto a la comunicación inalámbrica de largo alcance, se basa principalmente en la red celular (tecnologías 2G, 3G, 4G y 5G en el futuro) y en la antigua tecnología RDS-TMC, que sigue utilizándose en la actualidad¹¹.

6.3. SERVICIOS ITS: EL ENFOQUE "CLÁSICO"

Sobre la base de las arquitecturas marcos mencionados anteriormente, es posible diseñar servicios de información para los usuarios u operadores viales. Un sistema genérico comprenderá las siguientes etapas: recogida de datos, tratamiento y análisis de datos y, por último, difusión de la información resultante.

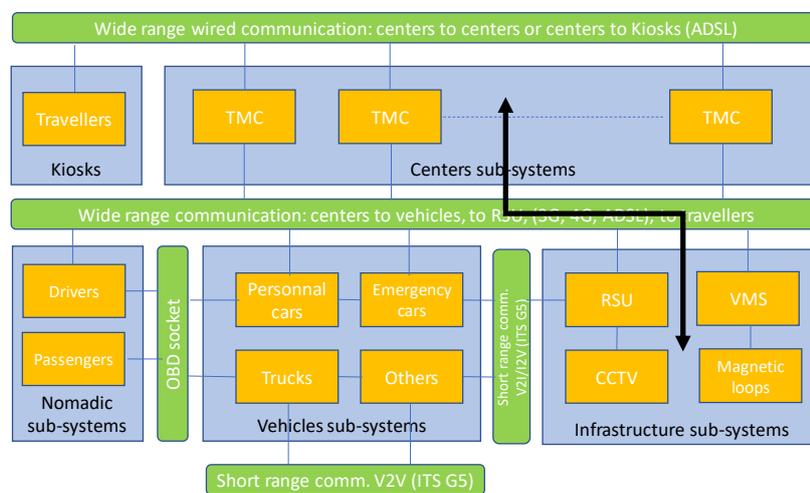
Un ejemplo típico es la información sobre el tiempo de viaje: los datos son recolectados por sensores situados en la infraestructura (principalmente bucles magnéticos o cámaras) que se

¹¹ Todas las tecnologías mencionadas son RDS-TMC bidireccionales, que es una tecnología unidireccional que va de los centros a los vehículos. i

transmiten periódicamente a los centros donde se procesan. La información resultante sobre el tiempo de viaje se muestra finalmente en las carteles de mensajes variables (VMS) o en el sistema de navegación del vehículo¹².

Las tecnologías implicadas son los sensores, los canales de comunicación de largo alcance para el enlace ascendente (de la infraestructura a los centros), el "back-office" con sus ordenadores (situados en los centros), los canales de largo alcance para el enlace descendente (de los centros a la infraestructura) y el VMS para la visualización de la información. Se trata de un enfoque tradicional de la información sobre el tiempo de viaje que resulta costoso (para los operadores) en términos de inversiones en infraestructura y mantenimiento.

Con referencia al modelo de arquitectura, tanto la infraestructura como los subsistemas de los centros están involucrados en este logro del servicio (flecha negra en ilustración 14)



12 - Subsistemas implicados para el apoyo al servicio de tiempo de viaje implementados utilizando el enfoque "clásico".

6.4. DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

En los últimos 15 a 20 años han aparecido varios avances tecnológicos importantes. Mencionaremos dos que contribuyen al desarrollo de los ITS de bajo costo: Sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) y Smartphones.

6.4.1. ADAS

Los principales objetivos de ADAS son mejorar la seguridad vial y el confort de conducción. En general, ADAS se desplegó inicialmente en vehículos de gama alta, pero a medida que aumenta el volumen de producción (y, en consecuencia, los costos disminuyen), se está desplegando en el segmento de gama media y, por último, en toda la gama de vehículos.

El ABS y el ESP son dos ejemplos de ADAS que están disponibles hoy en día en casi toda la gama de vehículos nuevos (lo que incluso es obligatorio en muchos países). Sin embargo, muchos otros ADAS sólo están disponibles en vehículos de gama alta. Entre ellos se incluyen los sistemas de aviso de salida del carril o de ayuda al mantenimiento del carril (LDW, LKA), los sistemas de mitigación de colisiones basados en el frenado de emergencia (EB), el control de cruceo (CC) y el control de

¹² A menudo llamado erróneamente GPS.

crucero adaptativo (ACC), los sistemas inteligentes de adaptación de la velocidad (ISA) y el asistente de aparcamiento (PA).

Muchas de las operaciones de ADAS se basan en múltiples sensores, tales como receptores GNSS¹³ para localización, odómetros para medir la distancia recorrida y para estimar la velocidad, girómetros para la medición de la velocidad de guiñada y la estimación del rumbo, cámaras para la detección de obstáculos y marcas de carril, y radares y escáneres láser (LIDAR) para la medición de la distancia recorrida.

Estos sensores proporcionan datos que se transmiten a través de una red local interna del vehículo (es decir, el bus CAN o FLEXRAY). Si se transmiten a los centros, pueden utilizarse para aplicaciones distintas de ADAS. Por ejemplo, la ubicación GPS con marca de tiempo combinada con la velocidad del vehículo permite estimar el tiempo de viaje entre dos lugares.

6.4.2. Teléfonos inteligentes

Más allá de su función de comunicación, los Smartphones pueden proporcionar muchos servicios que dependen de un software de aplicación (la App), de sus sensores internos y de su capacidad de comunicación.

Similar a los vehículos de gama alta, encontramos en los Smartphones varios sensores como receptores GNSS, acelerómetro, brújula y barómetro. También en este caso, los datos suministrados por los sensores pueden utilizarse para desarrollar servicios de ITS.

Los teléfonos inteligentes tienen la clara ventaja de que también pueden servir como dispositivos para mostrar información útil.

Así, con un Smartphone es posible proporcionar un servicio de tiempo de viaje combinando la función de estimación de localización y velocidad. Gracias a su capacidad de comunicación, es fácil enviar esta información al centro que devolverá información consolidada que el smartphone puede mostrar en su pantalla[17].

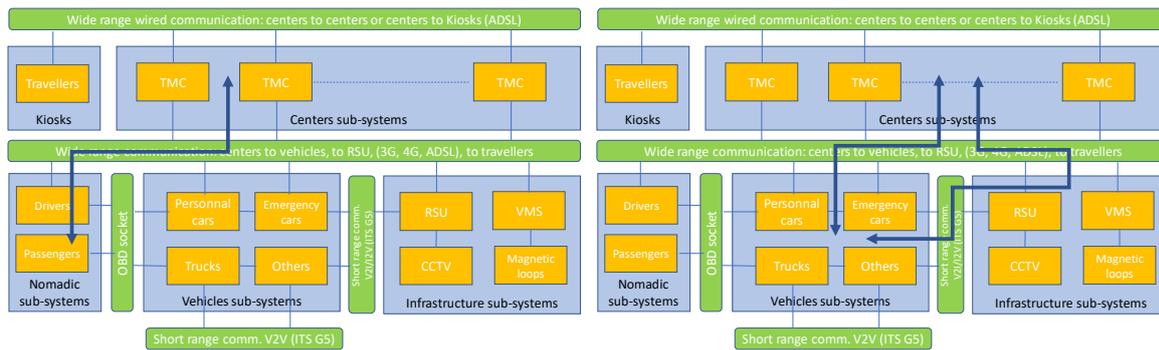
6.5. TECNOLOGÍA PARA ITS DE BAJO COSTO

Basándose en los dos ejemplos mencionados anteriormente, los sensores de infraestructura o de carretera (bucles magnéticos, cámara, VMS) pueden ser sustituidos por los sensores de vehículo o Smartphones. Esto hace que el vehículo sea un sensor móvil; y este es el concepto de vehículo flotante que es la base de los ITS de bajo costo, ya que ahorra en el costo de la infraestructura o sensores basados en carreteras, sistema de comunicación y VMS.

Con referencia al modelo de arquitectura marco, se pueden utilizar tanto los subsistemas de los centros nómades (15-a) como los subsistemas de los centros de vehículos (15-b) para prestar servicios de ITS. Debe tenerse en cuenta en 15-b, que existen dos vías para el flujo de datos, la primera es directa, mientras que la segunda es retransmitida por dispositivos basados en la infraestructura o RSU.¹⁴

¹³ GNSS (Global Navigation Satellite System) es el término genérico que incluye todos los sistemas de localización desplegados en todo el mundo (GPS, GALILEO, GLONASS, etc.).

¹⁴ RSU=Unidad de Carretera Lateral



a) información recogida por los sensores del Smartphone

b) información recogida por los sensores del vehículo

13 - Aplicación de subsistemas de apoyo al servicio de control del tiempo de viaje mediante un enfoque basado en las nuevas tecnologías

6.5.1. Comunicaciones

Dos tecnologías de comunicación están disponibles para su uso en muchos servicios de ITS, que son los ITS G5/DSRC para el corto alcance y 2/3/4G (5G en el futuro) para el largo alcance.

A excepción de las aplicaciones ETC y ADAS (en Japón), las tecnologías de corto alcance sólo se despliegan experimentalmente en el mundo. Un ejemplo es C-ROAD en Europa, donde su despliegue a gran escala está previsto para 2020. Esto requiere una plataforma de comunicación relativamente cara a bordo de los vehículos y las unidades de carretera (RSU).

Por lo tanto, en general, hay dos opciones posibles para la transmisión de datos desde los vehículos a los centros, es decir, transmisión directa con redes celulares (2/3/4G) o transmitida por RSU utilizando DSRC/ITS G5.

6.5.2. Bajo costo? No exactamente!

Es importante distinguir en el enfoque de bajo costo entre el caso en el que los datos proceden de los sensores instalados en el vehículo y el caso en el que proceden del Smartphone transportado en el vehículo.

Cuando los datos provienen del Smartphone, **pueden ser vistos como un modelo completo de bajo costo** ya que el smartphone es autosuficiente para recolectar, transmitir, recibir y mostrar datos e información.

Cuando los datos proceden de sensores instalados en el vehículo, es necesario disponer de un vehículo equipado con las funciones ADAS necesarias, una plataforma de comunicación específica (compatible con DSRC/ITS G5) y un cuadro de mandos adaptado para mostrar la información recibida a cambio. **Por lo tanto, no podemos considerar estrictamente este enfoque como de "bajo costo" .**

¿Cuál es la razón por la que una opción es preferible a la otra? Sería esencialmente la cuestión de los tiempos de latencia. Se sabe que la tecnología de comunicación de corto alcance es al menos 10 veces más rápida que la tecnología celular. Además, no existe una solución alternativa para la comunicación directa entre vehículos. Sin embargo, esta desventaja está siendo eliminada con la llegada de la tecnología celular 5G, que cuestiona el futuro a medio y largo plazo de las tecnologías de comunicación de corto alcance.

6.6. EN BUSCA DE UN BUEN COMPROMISO

Por un lado, existen tecnologías de alto costo (para el usuario y/o el operador) que ofrecen datos/información ricos y precisos con bajo tiempo de latencia y, por otro, tecnologías de bajo costo cuya riqueza, precisión y latencia son menores.

Sin embargo, hay una tercera opción que ofrece un buen compromiso y que merece ser considerada. Esto se basa en: el DAB y la reutilización de los recursos existentes.

6.6.1. El zócalo OBD

En los vehículos de los últimos 10 a 15 años, los datos procedentes de los diferentes componentes y sensores del vehículo se digitalizan y transmiten a través de redes internas del vehículo (CAN o bus FLEXRAY). Gran parte de estos datos están disponibles en la toma de diagnóstico del vehículo, también conocida como toma OBD¹⁵. Originalmente, el papel de la toma es permitir la identificación de fallas de los vehículos o actualizar el software interno del vehículo. Pero es relativamente fácil recopilar estos datos para otros fines si su codificación se hace pública. Las interfaces Bluetooth (16) y las aplicaciones para iPhone o Android se comercializan ahora a precios muy asequibles (algunas decenas de euros en 2018).



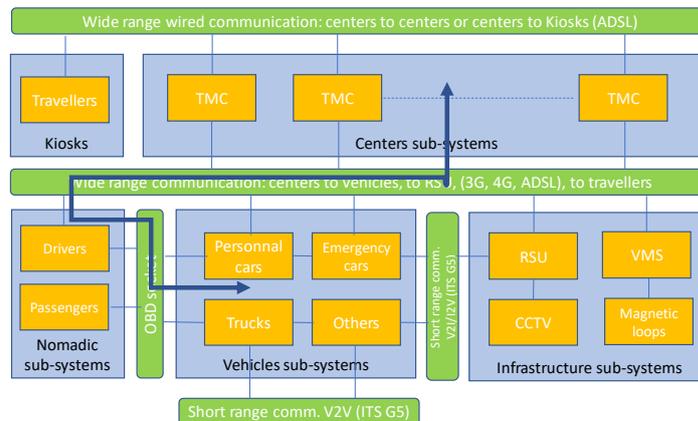
14 -Dos ejemplos de interfaz Bluetooth OBD para iPhone o Android Smartphones

En la mayoría de los vehículos, la toma OBD proporciona, como mínimo, datos sobre la velocidad del vehículo, la distancia recorrida, las acciones del conductor en los limpiaparabrisas, los intermitentes, los faros, los faros antiniebla, el consumo de combustible y los datos suministrados por los sensores ABS y ESP y el disparo.

Así, conectando el Smartphone a la toma OBD, podemos aumentar significativamente la riqueza y precisión de los datos recibidos por el software de la aplicación, y estos datos mejorados pueden ser transmitidos a través del Smartphone a los centros. **Por lo tanto, podemos considerar que se trata de un modelo de bajo costo o, a lo sumo, de un modelo de costo medio.**

¹⁵OBD = Diagnóstico a bordo/On-Board Diagnosis, https://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnosis

Los subsistemas involucrados son, por lo tanto, los vehículos, el sistema nómada del conductor (es decir, el Smartphone) y los centros. Ésto se aprecia en la ilustración 17.



15 -Subsistemas implicados para el soporte al servicio de tiempo de viaje implementado usando el Smartphone conectado al vehículo usando el zócalo OBD.

6.6.2. Reutilización de los recursos existentes

En muchos países, los servicios ITS basados en el enfoque tradicional permitieron equipar la infraestructura con numerosos sensores (bucles magnéticos, videocámaras, etc.) y otros equipos (balizas de comunicación Wi-Fi o Bluetooth).

Algunos sensores ofrecen múltiples posibilidades de detección. La videocámara es el ejemplo más representativo - la imagen es sin duda la fuente más rica de datos y es adecuada para su uso en múltiples aplicaciones. Situadas al borde de la carretera, se utilizan generalmente para la detección automática de incidentes (AID), pero la misma cámara también se puede utilizar para la detección de niebla y la estimación de la distancia de visibilidad y para la detección de lluvia[5].

Por lo tanto, es evidente que estos sensores, que se instalaron inicialmente en la infraestructura para satisfacer las necesidades de despliegue de un servicio determinado, pueden reutilizarse posteriormente para la implantación de otro servicio de ITS.

Este caso encaja bien en un enfoque de bajo costo de los ITS, ya que no hay un costo incremental de infraestructura. El único costo a tener en cuenta son los costos adicionales relacionados con el procesamiento de imágenes de software para niebla, detección de lluvia o lo que sea nuevo.

[22] pueden encontrar otros ejemplos de recursos existentes reutilizados para el apoyo a la gestión de carga en Japón, Tailandia y Laos.

Cabe destacar que la reutilización de los recursos existentes sólo se facilitará si los servicios se integran en un marco de arquitectura que ofrezca interfaces normalizadas.

6.7. CONCLUSIÓN

Los servicios viales de los ITS se basan en la recogida de datos, la transmisión a los centros, el tratamiento y la difusión de la información útil a los usuarios finales (conductores u operadores de redes viales).

Los datos se pueden recoger de los sensores de la infraestructura ubicados en la infraestructura, a bordo de los vehículos o en los teléfonos inteligentes.

La transmisión de datos puede realizarse mediante enlaces directos basados en redes celulares (2, 3, 4G) o retransmitidos por unidades de carretera (RSU) utilizando tecnologías de comunicación DSRC o ITS G5.

La difusión de la información puede realizarse utilizando los mismos canales de comunicación y mostrarse en el VMS, en el panel de instrumentos del vehículo o en la pantalla del Smartphone.

Todas estas opciones no son equivalentes en términos de costo, prestaciones y posibilidades de servicios.

Tabla 3 resume las tecnologías, los niveles de rendimiento y el costo de los cuatro escenarios considerados en esta sección. Las dos líneas verdes están relacionadas con escenarios de bajo costo.

El escenario #4 es el mejor compromiso entre costo y desempeño. ***Este escenario depende de que los fabricantes de automóviles se adhieran a él, ya que son ellos los que a veces se muestran reacios a publicar las reglas de codificación de la información que están disponibles para el zócalo OBD.***

Sc	Technologies			Performances				Cost	
	Data collection	Data transmission	Information dissemination	Accuracy	Latency time	Service continuity	Service variety	Cost for traveller	Cost for road operator
1	Infrastructure devices	Wired (e.g. ADSL)	VMS	Medium	Medium	High	Low	Low	High
2	Smartphone's sensors	2-3-4G	Smartphone	Medium	Low	Medium	Medium	Low	Low
3	Car's sensors	DSRC/ITS G5	Vehicle dashbord	High	High	Medium	High	High	Low
4	Smartphone connected to OBD socket	2-3-4G	Smarpnone	High	Low	Medium	High	Low	Low

Tabla 3 - Comparación de cuatro escenarios

Sin embargo, cabe destacar una importante limitación de los sistemas basados en la recogida de datos de los vehículos, a saber, que la continuidad del servicio ya no está garantizada en ausencia de vehículos que circulen por las carreteras. Esto puede ser un inconveniente importante para algunos servicios de emergencia.

Por último, es probable que el anuncio del despliegue de la tecnología celular 5G en un futuro próximo cambie significativamente la situación. Los tiempos de latencia serán probablemente iguales o incluso inferiores a los de la DSRC /ITS G5, lo que plantea la cuestión del futuro de estas tecnologías.

7. CALIDAD

Para abordar la cuestión de la calidad, se pueden considerar tres niveles:

- En el nivel inferior se encuentran los *datos* (o datos brutos) que se caracterizan por su consistencia, precisión, fiabilidad e intercambiabilidad.
- En el nivel medio se encuentra *la información* resultante del procesamiento de datos de bajo nivel, que se caracteriza por su pertinencia, oportunidad y simplicidad.
- En el nivel superior se encuentra el propio *servicio*, que se caracteriza por un conjunto de quince Indicadores Clave de Performance (KPI) divididos en dos categorías: indicadores de despliegue y de beneficios.

7.1. CALIDAD DE LOS DATOS E INFORMACIÓN SOBRE TRÁNSITO

7.1.1. Introducción

El objetivo tradicional de los ITS era optimizar la capacidad de los corredores y cruces de carreteras, por ejemplo, con un sistema semafórico adaptativo para toda la zona, cuyo ciclo de explotación y fases se ajustan en función de la demanda de tránsito detectada o de los sistemas de medición en rampa.

Este objetivo sigue siendo válido hoy en día, pero cada vez más, con la llegada de los teléfonos inteligentes y los sensores de bajo costo, la disponibilidad de los datos se ha vuelto cada vez más común. Queda entonces por analizar estos datos y presentarlos como información útil sobre el tránsito para influir en el comportamiento de los usuarios de las carreteras. La cuestión se convierte entonces en la de seleccionar los atributos requeridos de los datos y medir cuán efectivos han sido estos datos y la información derivada.

7.1.2. Diferencia entre datos e información

Los datos se recogen de una multitud de sensores como detectores de bucle, detectores de infrarrojos o de microondas, teléfonos inteligentes con GPS y sensores de video como cámaras, etc. Por sí solo, son sólo bits de datos en bruto, por ejemplo, las coordenadas de la ubicación, la velocidad y la hora. Con cada vehículo individual teniendo su propio conjunto de datos, esto puede sumar hasta miles, si no millones de puntos de datos. Esto por sí mismo llevaría a una sobrecarga de datos o información y se vuelve confuso para los usuarios finales. Para que los datos sean relevantes y útiles, deben ser procesados y analizados, lo que podría ser un proceso simple como el promedio, la agregación o un proceso más sofisticado conocido generalmente como análisis de datos. La presentación de la información también es importante, por ejemplo, mapas de carreteras codificados por colores u otros gráficos y dibujos visuales.

7.1.3. Atributos necesarios de los datos y la información.

La cuestión básica es cómo debemos asegurarnos de que los datos que proporcionen los distintos sensores sean adecuados y cumplan la intención del objetivo en primer lugar. Se proponen cuatro atributos para garantizar que los datos recopilados sean realmente adecuados.

7.1.3.1. Coherencia

El valor de cualquier dato recogido debe ser el mismo para el mismo tipo de condiciones de tránsito todo el tiempo durante el día o incluso semanas y meses. En otras palabras, los datos deben mostrar el mismo valor para la misma condición de tránsito, independientemente de la hora del día, la estación del año, la presencia de sombras de edificios o árboles cercanos, etc. Ésto puede medirse estandarizando la especificación para que sea $x\%$ del tiempo, que normalmente puede tener un valor alto como 95% o incluso 99%. El porcentaje estandarizado dependerá del tipo de datos y de la intención para la que se vayan a utilizar.

7.1.3.2. Precisión

No basta con ser coherente, es decir, tener el mismo valor para la misma condición de tránsito durante todo el tiempo o la mayor parte del tiempo. Si los datos son inexactos, esto sólo significaría que tenemos datos inexactos de forma consistente. Por lo tanto, el siguiente atributo de la exactitud es asegurar que el valor de los datos recopilados sea correcto. Esto puede ser estandarizado, ya que el fragmento de datos está dentro de $\pm x$ unidades. Por ejemplo, con ± 5 km/h para velocidades recogidas en una autopista principal.

Hay casos en los que el resultado de un evento es binario, por ejemplo, sensores que detectan la presencia o ausencia de un incidente, un peatón o un objeto en una carretera. En estos casos, la detección coherente es lo que realmente importa, por ejemplo, el 98% de las veces que se detecta la presencia de un incidente cuando realmente se ha producido. Para estos casos binarios, un indicador adicional puede ser que los falsos positivos, es decir, la detección de la presencia de un incidente cuando no había ninguno, se mantengan constantemente bajos, por ejemplo, no más del 1%.

7.1.3.3. Fiabilidad

Lo ideal es disponer de datos precisos y coherentes las 24 horas del día sobre todas las partes de los sistemas o redes de transporte. Sin embargo, esto requerirá generalmente el despliegue de sensores para cubrir todos los sistemas o redes de transporte, lo que en última instancia se traducirá en altos costos de implementación y operación. Por lo tanto, aunque ideal, esta cobertura espacial y temporal ubicua debe ser considerada cuidadosamente. Una forma de superar esto es depender de vehículos flotantes que utilicen señales GNSS para proporcionar velocidades, localización o simplemente la presencia de vehículos.

Las especificaciones necesarias para definir la fiabilidad espacial pueden basarse en el $x\%$ del sistema o red de transporte o, si se requiere una mayor precisión, puede utilizarse un $x\%$ diferente para diferentes tipos de sistemas o redes de transporte. Esto suele significar una cifra superior al $x\%$ para los sistemas o redes de transporte más importantes o de mayor jerarquía.

La fiabilidad temporal puede ser simplemente de x horas por cada día de 24 horas, y el valor de x puede ser mayor para los sistemas o redes de transporte más importantes o de mayor jerarquía. Por supuesto, esto también puede ser refinado en base a si es día de semana o fin de semana, y así sucesivamente, por ejemplo, en días especialmente importantes, podría ser las 24 horas del día.

7.1.3.4. Intercambiabilidad

A menudo, los datos de tránsito proceden de múltiples fuentes o sistemas, por ejemplo, detectores de infrarrojos, bucles de inducción bajo carreteras, cámaras de video y vehículos de sondeo, y es

probable que se hayan aplicado durante un período de tiempo basado en la tecnología predominante en ese momento. También es probable que diferentes ciudades de una misma región tengan sus propios sistemas de tránsito implementados a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Sin embargo, el valor de los datos de tránsito proviene de la capacidad de utilizarlos todos, fusionándolos para obtener datos significativos basados en los 3 atributos anteriores. De ahí la necesidad de que los datos procedentes de fuentes dispares se basen en algún tipo de norma que permita su intercambio.

Idealmente, cada sistema de tránsito necesita ser especificado para cumplir con los estándares establecidos en el punto de implementación. Alternativamente, debería existir una plataforma que integre los datos de estos diferentes sistemas de tránsito, y es en esta plataforma donde se transforman o analizan los datos para cumplir con los estándares especificados, de modo que los datos sean intercambiables.

7.1.4. Atributos de información

Los datos, por sí solos, pueden o no ser comprendidos por el hombre de la calle o el usuario final. Es importante que los datos se presenten como información útil que cumpla con los atributos especificados. En este documento se recomiendan tres atributos para la información, que son la pertinencia, la oportunidad y la sencillez.

7.1.4.1. Pertinencia

Para el usuario final, en particular para los conductores en ruta hacia su destino, la información debe ser pertinente. Por ejemplo, un usuario final en la parte occidental de una ciudad que va al centro de la ciudad, puede no querer o necesitar saber de la congestión del tránsito en la parte (digamos) oriental de la ciudad. Por lo tanto, la difusión de la información de los centros de control debe ser selectiva e incluir únicamente la información que sea pertinente. Esto puede significar que los usuarios finales tengan que proporcionar información al sistema de control del tránsito sobre su destino o incluso sobre la elección de la ruta antes del inicio de su viaje.

La especificación para este atributo podría ser que el 95% (o la cifra que resulte más apropiada) de la información recibida por los usuarios finales dentro de una zona o ruta definida sea pertinente, es decir, de los incidentes que hayan ocurrido dentro de esa zona o ruta.

7.1.4.2. Puntualidad

La información que llega a los usuarios finales debe recibirse con suficiente antelación para que puedan tomar decisiones y emprender alternativas, por ejemplo, cambiar de ruta o incluso utilizar un medio de transporte alternativo, como el autobús o el tren, en lugar de utilizar el coche. No es útil que los usuarios finales reciban la información sólo después de haber quedado atrapados en la situación, por ejemplo, recibiendo información sobre la congestión causada por un accidente en esa carretera sólo después de haber quedado atrapados en la congestión que ya se había producido.

La especificación para este atributo podría ser que la información debería llegar a los usuarios finales previstos en un plazo de x segundos a partir de la transmisión del 95% del tiempo, o similar.

7.1.4.3. Simplicidad (para Comprender y Entender)

Los usuarios finales, especialmente si son conductores, disponen de un tiempo limitado para leer, reconocer y comprender la información recibida. Cualquier otra cosa sería vista como una distracción del conductor y es insegura. Por lo tanto, el número de palabras de la información recibida debe ser limitado y, de ser posible, debe estar en forma de gráfico para una presentación más clara.

La especificación para este atributo podría ser el número de palabras mostradas, o el número de piezas gráficas distintas, mostradas en una pantalla que puede ser una señal electrónica al borde de la carretera o una pantalla electrónica a bordo de un vehículo.

7.1.5. Conclusión

En última instancia, los datos y la información que de ellos se derivan deben ser adecuados para satisfacer las necesidades de los usuarios, y las especificaciones propuestas en este documento deben guiar la manera en que deben establecerse los datos y la información que han de producir los sistemas de tránsito. Puede haber otros atributos que también pueden ser útiles. La rentabilidad de la recopilación de datos y su conversión en información útil también puede ser importante, pero esto es un requisito que debe imponerse en el proceso de obtención de datos o información, y no en la calidad de los datos y la información en sí.

7.2. CALIDAD DE LOS SERVICIOS: INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)

Esta sección toma como referencia el informe final sobre "Key Performance Indicators for Intelligent Transport Systems"[5]. Sin embargo, la literatura sobre KPI es abundante. Se puede hacer referencia al Capítulo 4 (Evaluación del impacto de los ITS) en[18], al final del cual se encuentra una lista completa de bibliografía.

Este estudio fue encargado por la DG MOVE para establecer un conjunto de indicadores clave de rendimiento (KPI) comunes para los sistemas inteligentes de transporte por carretera (ITS), con orientaciones de apoyo sobre su aplicación, presentación e información.

Durante este estudio, una revisión inicial identificó 228 indicadores en uso en la UE relacionados con los ITS. A continuación, las partes interesadas y los expertos llevaron a cabo un proceso de análisis para mantener finalmente una lista corta de 15 KPI. Estos KPIs fueron categorizados en despliegue (8 KPIs) - relacionados con la implementación de ITS, o beneficios (7 KPIs) - relacionados con los impactos de ITS.

7.2.1. KPIs de despliegue recomendados

- I. Longitud y % de la red de transporte / red de carreteras cubierta por sitios web/servicios aéreos que ofrecen información sobre tránsito y viajes. Estos KPIs pueden ser reportados por separado para cubrir lo siguiente:
 - 1) Información de viaje
 - 2) Información de tránsito
 - 3) Información integrada de tránsito y viajes
 - 4) Información específica de la carga
- II. Número y porcentaje de paradas de transporte público urbano en las que se pone a disposición del público información dinámica al viajero. Estos pueden ser reportados más adelante por el modo de transporte público.

- III. Longitud y % de la red de carreteras con las siguientes características y, en la medida de lo posible, notificarse por separado.
 - 1) Infraestructuras de recolección de información
 - 2) Servicios de información sobre el tránsito
 - 3) Plan(es) de gestión del tránsito, incluido el PGT transfronterizo
 - 4) Medidas y equipos de gestión y control del tránsito
 - 5) Infraestructura o equipo en la red para permitir a la Cooperativa-ITS
 - 6) Servicios de seguridad inteligentes para los usuarios de la vía pública con discapacidad y vulnerables
- IV. Número y porcentaje de intersecciones de carreteras controladas por señales que utilizan control o priorización de tránsito adaptable.
- V. Longitud y % de la red de carreteras cubiertas por la detección y gestión de incidentes.
- VI. Longitud y % de la red de carreteras cubiertas por la detección automática de la velocidad.
- VII. Prestación de servicios inteligentes en las redes básicas y completas de la RTE-T¹⁶ que se ajusten a los Reglamentos delegados de la Directiva ITS:
 - 1) Longitud y % de la red transeuropea de transporte cubierta por servicios de información sobre el tránsito en tiempo real que cumplan los requisitos del Reglamento xx/2015 delegado.
 - 2) Longitud y porcentaje de la red transeuropea de transporte cubierta por servicios de información sobre el tránsito relacionados con la seguridad vial disponibles gratuitamente para los usuarios que cumplan los requisitos del Reglamento 886/2013.
 - 3) Longitud y porcentaje de la red transeuropea de transporte cubierta por servicios de información para aparcamientos seguros y protegidos para camiones y vehículos industriales que cumplan los requisitos del Reglamento 885/2013 delegado.
- VIII. Número y porcentaje de vehículos nuevos instalados con las siguientes características de vehículos inteligentes:
 - 1) Disposición de seguridad
 - 2) Operación automatizada
 - 3) Sistemas cooperativos
 - 4) Sistemas públicos (112)
 - 5) Sistemas privados de eCall

Para todos los KPIs anteriores, también pueden ser reportados separadamente por tipo de carretera, por área y/o por tipo de vehículo, donde sea aplicable.

7.2.2. KPIs de beneficios recomendados

- I. cambio en el tiempo de viaje en hora punta a lo largo de las rutas en las que se han aplicado los ITS.
- II. cambio en el flujo de tránsito en horas punta a lo largo de las rutas en las que se han implantado los ITS.

¹⁶ RTE-T : Red Transeuropea de Transporte, <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects>

- III. cambio porcentual en la variabilidad del tiempo de viaje en las rutas en las que se han implementado los ITS, que puede medirse por su coeficiente de variación.
- IV. cambio en la cuota de modo en los corredores en los que se han implementado los ITS.
- V. cambio en el número de accidentes notificados a lo largo de las rutas en las que se han aplicado los ITS. Ésto puede ser reportado por la severidad del accidente.
- VI. de cambio en las emisiones anuales de CO2 (toneladas) en las rutas en las que se han implantado los ITS.
- VII. tiempo transcurrido entre el inicio de la llamada de emergencia pública (112) y la presentación del contenido de MSD de forma inteligible en el mostrador del operador en el punto de respuesta de seguridad pública.

Todos los KPIs anteriores también pueden ser reportados por tipo de vehículo o modo, donde sea aplicable.

7.2.3. Cálculo de KPI

Para cada uno de los KPI mencionados se propone un método de cálculo, pero esto queda fuera del alcance de este informe. Sin embargo, los lectores pueden consultar[19] para obtener estos métodos de cálculo. A modo de ejemplo, la fórmula propuesta para calcular el beneficio KPI número I ("% de cambio en el tiempo de viaje en hora punta a lo largo de las rutas en las que se han implementado los ITS") es la siguiente:

$$KPI = ((\text{Tiempo de viaje antes de la implementación de ITS} - \text{Tiempo de viaje después de la implementación de ITS}) / \text{Tiempo de viaje antes de la implementación de ITS}) * 100$$

7.3. ENFOQUE CLÁSICO VS. ENFOQUE ITS DE BAJO COSTO

Como se ha mencionado en las secciones anteriores, existen muchos criterios que pueden utilizarse para cuantificar la calidad en función del nivel de interés (datos, información, servicio). Por lo tanto, debería ser posible comparar la calidad entre una solución basada en un enfoque clásico y una de bajo costo. Sin embargo, hasta donde sabemos, no existe ningún estudio que realice un análisis comparativo riguroso utilizando KPIs idénticos para servicios específicos, basados en el enfoque clásico y el enfoque de bajo costo.

A falta de tal estudio, sólo podemos evaluar esta comparación cualitativamente. Por lo tanto, los siguientes cuadros deben leerse con cautela, ya que no están respaldados por estudios científicos, sino que se basan únicamente en la opinión de expertos.

7.3.1. Comparación de la calidad de los datos

Criterios	Enfoque clásico	Enfoque de bajo costo
Coherencia	Alto	Mediana: Depende de la tasa de penetración de la DGF
Precisión	Alto	Mediana: Depende de la tasa de penetración de la DGF

Fiabilidad	Mediano	Alto si la tasa de penetración de la DGF es superior al 20%. ¹⁷
Intercambiabilidad	Idéntico para ambos enfoques	

Cuadro 4 - Cuadro de comparación de la calidad de los datos

7.3.2. Comparación de la calidad de la información

Crterios	Enfoque clásico	Enfoque de bajo costo
Pertinencia	Idéntico para ambos enfoques	
Puntualidad	Alto (por ejemplo, en Francia, la información se actualiza cada 6 minutos)	Medio: depende del índice de penetración de la DGF
Simplicidad	Alta cuando se proporciona información sobre el VMS	La señalización en el vehículo es más rica en general, sin dejar de ser sencilla.

Cuadro 5 - Cuadro comparativo de la calidad de la información

7.3.3. Comparación de la calidad de los KPIs de despliegue

INDICADOR CLAVE DE RENDIMIENTO	Enfoque clásico	Enfoque de bajo costo
I.	Mediano	Alto ya que la información es continuamente reportada en el Smartphone
II.	Mediano	No se aplica
III.	Alto en las carreteras principales (autopista, autovía), bajo en las carreteras secundarias (carretera rural)	Dependerá únicamente del índice de penetración de la DGF, pero no del tipo de carretera.
IV.	Medio o alto	No se aplica
V.	Alto en las carreteras principales (autopista, autovía), bajo en las carreteras secundarias (carretera rural)	Idéntico para cualquier tipo de carretera siempre y cuando algunos vehículos pospongan el evento.

¹⁷ Éste es el índice de penetración que se menciona con frecuencia en la literatura.

VI.	Se extienden por cualquier tipo de red, pero dependen de la política de seguridad vial de cada Estado.	Aún no se ha implementado, pero se puede implementar en cualquier tipo de carretera de una manera muy rentable.
VII. (sólo relevante en Europa)	I+D en curso basada en los dos enfoques o en una combinación de ellos. (Ver plataforma europea C-ROADS)	
VIII.	No hay suficientes perspectivas para evaluar, ya que el despliegue de eCall aún está en curso.	No se aplica

Tabla6 - Tabla de comparación de la calidad de los KPI de despliegue

7.3.4. Comparación de la calidad de los KPIs de beneficios

INDICADOR RENDIMIENTO	CLAVE DE	Enfoque clásico	Enfoque de bajo costo
I.		Puede ser alto, pero depende de la voluntad de invertir en infraestructura. Por lo tanto, probablemente alto en las carreteras principales y bajo en las carreteras secundarias	Puede ser alta, independientemente del tipo de carretera, pero depende de la tasa de penetración de la DGF. Ver Impacto de Waze.
II.		Ídem	Ídem
III.		Ídem	Ídem
IV.		??	??
V.		+	++
		Depende de la densidad del equipo de detección de incidentes	Podemos esperar una puntuación más alta ya que los eventos son reportados por los pilotos.
VI.		+	++ (en el futuro)
		Depende de la densidad del equipo de detección de CO2	Podemos esperar una mejor puntuación ya que la FCD transmitirá sus emisiones de CO2
VII.		No hay suficientes perspectivas para evaluar, ya que el despliegue de eCall aún está en curso.	No se aplica

Tabla 7 - Tabla de comparación de la calidad de los KPI de beneficios

8. RESILIENCIA DEL SISTEMA

8.1. INTRODUCCIÓN

El concepto de ITS de bajo costo se basa en gran medida en los datos de los automóviles flotantes (o vehículos de sondeo) y, por lo tanto, en los sistemas cooperativos, lo que plantea la cuestión de la resiliencia de los servicios basados en estos sistemas.

Cabe señalar que la resiliencia es la capacidad de un sistema para absorber las perturbaciones, reorganizarse y seguir funcionando de la misma manera que antes.

En lo que respecta a los sistemas cooperativos, existe una tendencia a asociar la resiliencia con la ciberseguridad, es decir, el conjunto de procesos destinados a proteger los datos que transitan por Internet. Si bien la ciberseguridad forma parte de la resistencia de los sistemas cooperativos, no es la única. De hecho, si los ciberataques pueden debilitar o incluso poner fin a los servicios basados en sistemas cooperativos, otras perturbaciones también pueden debilitarlos.

En esta sección, proponemos considerar la resiliencia (o por el contrario, la vulnerabilidad) como la capacidad de los sistemas cooperativos para resistir ciberataques, desastres naturales, actos de vandalismo, robo y falta de mantenimiento.

8.2. ENFOQUE DE RESILIENCIA (O VULNERABILIDAD)

Nuestro enfoque consiste en identificar los elementos que caracterizan la resiliencia y luego examinar las consecuencias de la falta de resiliencia en la calidad de los servicios. La cuestión de la mejora de la resiliencia es un tema complejo que se abordará en forma de recomendaciones.

Consideramos dos aspectos de la resiliencia:

- La capacidad (o incapacidad) del sistema para soportar la degradación o pérdida de rendimiento de uno o más de sus componentes. En este aspecto identificamos el impacto de situaciones de desastre, vandalismo, robo y falta de mantenimiento;
- La capacidad (o incapacidad) del sistema para resistir los ciberataques. Este aspecto cubre, por un lado, las consecuencias de un ciberataque en el funcionamiento del sistema, pero también en la privacidad de los usuarios. Cabe señalar que la intención de estos ataques al sistema suele ser maliciosa.

8.3. RESILIENCIA Y DESASTRES NATURALES

Las situaciones de desastres naturales pueden degradar o destruir significativamente los componentes de un sistema cooperativo. Sin entrar en una descripción detallada de los componentes del sistema podemos sin embargo distinguir sus cuatro subsistemas principales (en el sentido de las arquitecturas del marco) que son los Centros, los Vehículos, la Infraestructura y sus equipos, y los quioscos a disposición de los usuarios. Además, debemos considerar los medios de comunicación que establezcan los vínculos entre subsistemas (DSRC, 2G, 3G, 4G, etc.).

Los desastres naturales (terremotos, tsunamis, desastres meteorológicos, etc.) pueden afectar en mayor o menor medida a todos estos componentes, desde una simple disminución de la calidad de los servicios hasta su total interrupción. La degradación puede resultar en lo siguiente:

- Los daños en el subsistema de vehículos privan al sistema de algunas de sus fuentes de datos (por ejemplo, los vehículos de sondeo);
- Los ataques al subsistema de los centros privan al sistema de su capacidad de producir información a partir de los datos recogidos de los vehículos de sondeo, los equipos de carretera o las comunidades de usuarios;
- Las infracciones del subsistema Infraestructura y, más concretamente, de los equipos de carretera, privan al sistema de parte de sus fuentes de datos. Además, también pueden verse afectados los equipos encargados de garantizar la transmisión de información, la transmisión de datos entre vehículos, infraestructuras y centros;
- Los ataques al subsistema del quiosco no sólo privan al sistema de su capacidad de responder a las peticiones de los usuarios, sino también de recopilar información proporcionada por las comunidades de usuarios;
- Por último, los ataques a los medios de comunicación pueden perturbar parcial o totalmente el sistema, ya que los intercambios entre subsistemas ya no son compatibles. Cabe señalar que la degradación del sistema de comunicaciones puede deberse a la destrucción parcial o total de los equipos de comunicación (balizas de carretera, estaciones de base de las redes celulares, etc.), pero también a la saturación de la red que se produce con frecuencia durante los episodios de desastre. La primera es irreversible (al menos en la escala temporal de la duración del desastre), mientras que la segunda es temporal.

8.4. RESILIENCIA Y VANDALISMO O ROBO

Contrariamente a las creencias populares, el vandalismo y el robo no se limitan únicamente a los países en desarrollo. Los países desarrollados también se enfrentaron a este problema. Los equipos de infraestructura suelen ser objeto de estas acciones maliciosas. La principal motivación del robo es la reventa del equipo robado en el mercado ilícito (por ejemplo, en Francia, la empresa ferroviaria SNCF sabe que muchos de los problemas de rotura de catenarias son causados por el robo de cables de cobre e incluso se observó que existe una correlación entre el nivel de estas actividades delictivas y el precio del cobre).

El vandalismo es a menudo el resultado del rechazo de sistemas cuya finalidad es a veces mal comprendida y, por lo tanto, sospechosa de infringir la privacidad o las libertades¹⁸. Se trata de una cuestión de aceptación del sistema por parte del usuario o del público.

Los daños en el subsistema de infraestructura suelen ser consecuencia del vandalismo y, en menor medida, de catástrofes naturales. Como resultado, la calidad de los servicios sólo se ve afectada parcial, local y temporalmente. Existen contramedidas (por ejemplo, la protección de los sitios) que pueden ser eficaces. Sin embargo, el fenómeno se acentúa en los países en vías de desarrollo, lo que a veces puede llevar al abandono total de¹⁹ los equipos de carretera.

8.5. RESILIENCIA Y FALTA DE MANTENIMIENTO

La falta de mantenimiento puede tomar diferentes formas:

¹⁸ Este fenómeno es especialmente evidente en el caso de los radares de velocidad, que a menudo se perciben como un sistema del ITS usado para restringir las libertades y como un medio fácil para que las autoridades públicas aumenten los ingresos.

¹⁹ Véase el estudio de caso "TRACKING" de Malí sobre el seguimiento de camiones (ciclo AIPCR 2011-2015).

- Falta de reparación de equipos defectuosos (por ejemplo, bucles magnéticos deteriorados y no reemplazados),
- No hay reemplazo de equipo obsoleto o vandalizado,
- No hay visitas periódicas para la calibración de sensores o interfaces (lo que lleva a una deriva gradual de las mediciones),
- No hay actualización de software (sistema operativo, plug-in),
- No hay reemplazo de equipo obsoleto.

Todos los subsistemas pueden verse afectados por la falta de mantenimiento y las consecuencias pueden ir desde la simple degradación de la calidad del servicio hasta su completa interrupción.

Sobre el tema de la obsolescencia, cabe destacar que algunos proveedores de Smartphones practicaron una "obsolescencia planificada" que obliga a los usuarios a reemplazarlos para tener²⁰ continuidad en el servicio.

8.6. RESILIENCIA Y CIBERATAQUES

Con la aparición de vehículos conectados y autónomos, la amenaza de ciberataques se está convirtiendo en una preocupación importante para todos los que participan en sistemas cooperativos (fabricantes de equipos originales, proveedores de equipos, operadores de redes de carreteras, etc.). Se ha formado un consorcio dentro de SAE International que publicó la recomendación SAE J3061 "Guía de ciberseguridad para sistemas de vehículos ciberfísicos". Sin embargo, SAE J3061 se refiere sólo al subsistema del vehículo y no a los otros tres subsistemas (kiosco, centro e infraestructura) que también pueden ser objeto de ataques cibernéticos.

Es importante no confundir dos nociones:

- La seguridad de un sistema es su capacidad para hacer frente a peligros cuyas causas se conocen con frecuencia.
- La seguridad cibernética de un sistema es su capacidad para hacer frente a amenazas cuyas causas a menudo se desconocen.

Así, la ciberseguridad se define como la capacidad de un sistema para prevenir la explotación de vulnerabilidades que pueden conducir a una degradación de la seguridad y/o de las capacidades operativas del sistema, a la invasión de la privacidad y a pérdidas económicas.

8.6.1. Varios aspectos de los ciberataques

La explotación maliciosa de la vulnerabilidad del sistema por parte de los ciberataques puede adoptar muchas formas y se resume en la Cuadro 8.

Nr	Tipo de ataque	Objetivo
1	Absorción parcial o total del vehículo: recientes experimentos realizados por universidades americanas han demostrado que es posible controlar a distancia varias funciones del vehículo: encender o apagar los faros, subir o bajar las ventanillas, etc.	Vehículo

²⁰ Por ejemplo, en los iPhones de Apple, algunas aplicaciones requieren la última versión de iOS, pero la última versión de iOS sólo funciona en los iPhones más recientes.

Nr	Tipo de ataque	Objetivo
2	Transmisión de información incorrecta (sobre zonas de trabajo, desvíos de carreteras, accidentes, condiciones meteorológicas, etc.) con el fin de inducir conductas individuales o colectivas que puedan ser explotadas con fines delictivos (por ejemplo, dirigir una corriente de vehículos hacia un lugar de ataque).	Vehículo Kiosco Centro
3	Invasión de la privacidad mediante la recopilación de datos privados, incluidos los datos de comportamiento del conductor (prácticas de conducción, itinerarios, etc.).	Vehículos
4	Cambio a distancia de la configuración del vehículo (posible gracias a la generalización del telemantenimiento implantado progresivamente por los fabricantes de automóviles y de equipos).	Vehículos
5	Enviar información falsa para difundir la creencia errónea de que el equipo ha fallado, se han inyectado virus u otro software malicioso destinado a degradar o destruir el equipo.	Centros, infraestructura

Cuadro 8 - Diversas formas de ciberataques

8.6.2. Prevención de ataques cibernéticos

SAE J3061 establece que la ciberseguridad debe ser considerada en todas las fases del ciclo de vida del sistema, desde su diseño hasta su terminación.

Las contramedidas contra los ciberataques se basan en algunas características de las redes de comunicación:

- Integridad: durante la transmisión, los datos no deben ser alterados accidental o voluntariamente,
- Confidencialidad: el mensaje sólo debe ser leído por los destinatarios autorizados,
- Autenticación: es la verificación de la identidad de una entidad para permitir el acceso de la entidad al sistema.
- No repudio: es la garantía de que ninguna entidad (remitente o destinatario) puede negar una determinada transacción.

Las soluciones técnicas que respaldan las contramedidas anteriores existen y han sido exploradas en diferentes proyectos²¹. Afectan al costo financiero del sistema, pero también a su eficacia.

No obstante, los sistemas cooperativos son sistemas complejos que pueden tener agujeros de seguridad (como todos los sistemas basados en ordenadores) en los que los ciberataques pueden explotar, y para los que es necesario encontrar soluciones. La protección de los sistemas contra los ataques cibernéticos requiere una vigilancia continua de las amenazas que presentan los hackers.

8.7. ITS DE BAJO COSTO VS. DE ALTO COSTO (BASADOS EN INFRAESTRUCTURA): UNA COMPARACIÓN TENTATIVA DE VULNERABILIDAD

²¹ Proyecto europeo PRESERVE, <https://www.preserve-project.eu/>

Tabla 9 propone una comparación cualitativa entre los dos enfoques sobre la vulnerabilidad a los ciberataques.

Un signo más indica alta vulnerabilidad y a la inversa, un signo menos representa baja vulnerabilidad.

Como se muestra en la tabla, tanto el enfoque clásico como el enfoque de bajo costo de los ITS tienen sus puntos fuertes y débiles.

Categorías de ataque	Detalles del ataque	Vulnerabilidad del enfoque clásico	Vulnerabilidad del enfoque de bajo costo de los ITS
Capacidad de resistir la degradación debido a uno o más de sus componentes	Catástrofe natural	+	-
	Vandalismo, robo	+	-
	Falta de mantenimiento	+	-
Ataques cibernéticos	Mando a distancia del vehículo	-	N/A
	Información falsa	-	+
	Modificación de los parámetros del vehículo	-	N/A
	Inyección de virus	-	+

Tabla 9 - Comparación de vulnerabilidades

Para la primera categoría de ataques, los sistemas basados en el uso de la infraestructura son más vulnerables que los sistemas que no lo son. Por ejemplo, es probable que los desastres naturales como los terremotos o los tsunamis destruyan la infraestructura y, a este respecto, los sistemas basados en la infraestructura son más vulnerables que los sistemas de bajo costo[2].

Por el contrario, en el caso de los ciberataques, los sistemas de bajo costo son más vulnerables que los sistemas basados en la infraestructura, aunque la vulnerabilidad de los sistemas de bajo costo puede mitigarse con contramedidas para hacer frente a estos ciberataques.

8.8. CONCLUSIÓN

La resiliencia es una cuestión importante que puede comprometer la eficacia de los ITS de bajo costo. En términos generales, la resiliencia está vinculada a las inversiones que estamos dispuestos a realizar para protegernos de las distintas amenazas. Esto es especialmente cierto en el caso de los ciberataques. Los atacantes cibernéticos tienen un razonamiento similar, es decir, procederán sólo si sus beneficios percibidos son proporcionales a sus esfuerzos o riesgos. Por lo tanto, las inversiones en ciberseguridad son a menudo un equilibrio entre los riesgos y el costo de la prevención, lo que lleva a la cuestión del nivel de riesgo aceptable y el costo de la prevención que son coherentes con la filosofía de los ITS de bajo costo.

9. COMPLEMENTARIDAD entre los dos enfoques: EL EJEMPLO DE MEDIAMOBILE

Las secciones anteriores han demostrado que ambos enfoques tienen sus propias ventajas y desventajas. El propósito de este informe no es demostrar que son antagónicos, sino que son complementarios. De hecho, las mejores prácticas muestran que el mejor compromiso entre un alto nivel de calidad de servicio, por una parte, y un costo asequible, por otra, se basa en una combinación adecuada de estos dos enfoques.

Desde este punto de vista, el servicio de información sobre el tránsito - V-Traffic - desplegado por Mediamobile[20] en Europa es un buen ejemplo.

V-Traffic es un conjunto de servicios de información de tránsito proporcionados por Mediamobile, una empresa con sede en Francia, especializada en la agregación de información relacionada con los viajes de diferentes fuentes. Los datos recogidos le permiten producir información en tiempo real sobre el tránsito rodado y servicios de viaje como las condiciones meteorológicas de las carreteras en tiempo real, información sobre la calidad del aire, disponibilidad de plazas de aparcamiento, precios de la gasolina y de los peajes y mucho más. La empresa presta servicios en más de 20 países europeos, ya sea directamente o a través de asociaciones con operadores locales.

9.1. ASPECTOS TÉCNICOS

Mediamobile está a cargo de la recolección de datos brutos, enriquecimiento de datos, publicación y distribución de la información de tránsito refinada. La información procede de numerosas fuentes: sensores de medición de velocidad, datos recogidos de operadores de carreteras públicos o privados, datos de automóviles flotantes de más de un millón de vehículos y más de 20 millones de usuarios de teléfonos móviles. Los datos se agregan en una plataforma interna y se formatean a los servicios de movilidad de V-Traffic para su distribución a los sistemas de navegación de vehículos, herramientas de monitorización de tránsito, interfaces de radio, TV y web y mucho más. La información histórica del flujo de tránsito del V-Tránsito también puede utilizarse para comprender, anticipar y cuantificar la movilidad en los hogares o el comportamiento de los conductores. El desarrollo urbano, la planificación de zonas o la logística son sólo algunas de las áreas de aplicación con información histórica de flujos.

9.1.1. Servicios

V-Traffic ofrece varios servicios. Dependiendo del país, los conductores europeos pueden beneficiarse de los siguientes servicios:

- Información sobre el flujo de tránsito: velocidad real de desplazamiento en todas las carreteras principales,
- Eventos de tránsito: alerta de accidentes, obras y cierres de carreteras,
- Enrutamiento dinámico y tiempos de viaje estimados,
- Eventos meteorológicos en carretera: carreteras resbaladizas, fuertes lluvias y alertas de nieve,
- Advertencia a los animales: tramos de carreteras por los que es probable que crucen animales salvajes,
- Eventos turísticos: eventos deportivos, conciertos, etc. que puedan afectar al tránsito y a la disponibilidad de aparcamientos,

- Controles policiales

9.1.2. Fuentes de datos

Mediamobile recoge todos los datos de tránsito disponibles de una amplia variedad de fuentes:

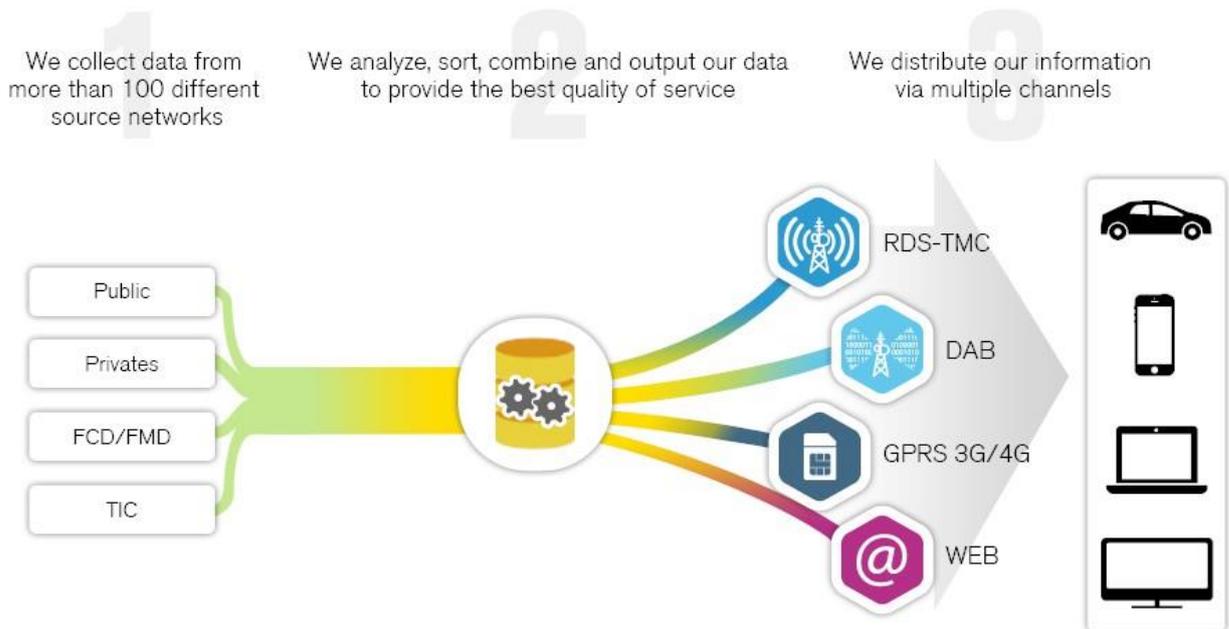
- Datos de automóviles flotantes (FCD) : la FCD se basa en la recogida de datos GPS de vehículos flotantes. Los datos se recogen de forma anónima a partir de datos genéricos como la ubicación del vehículo y la velocidad de carga por parte de los sistemas de navegación personal o a bordo. Los datos se agregan y refinan para proporcionar información sobre los movimientos y el flujo del tránsito. Además, las flotas de vehículos pueden ser rastreadas en tiempo real. Los datos se cargan en un centro de procesamiento, que los utiliza para ampliar la cobertura de la red y complementar los datos recopilados de otras fuentes.
- Fuentes oficiales: Agencias estatales, organizaciones regionales y locales, autoridades gubernamentales locales, operadores de autopistas. Estas organizaciones recolectan datos automáticamente a través de lazos de inducción electromagnética incrustados en la calzada. Estos sensores detectan los vehículos a medida que pasan y calculan la velocidad y frecuencia del vehículo, mientras que las cámaras de vigilancia del tránsito pueden observar el tránsito e identificar con precisión los incidentes. Los sensores meteorológicos también proporcionaron información útil para los usuarios y operadores de carreteras.
- Usuarios de la carretera: En este caso, los eventos son reportados por los propios usuarios y verificados por otros miembros de la comunidad. Los eventos pueden incluir accidentes o averías, o la presencia de obstáculos y personas en la vía pública. Los centros de información de tránsito procesan y validan los eventos a medida que son reportados.

9.1.3. Distribución de datos

- RDS-TMC : Desde 1996, Mediamobile se ha especializado en transmitir información sobre el tránsito a los conductores por radio FM utilizando RDS-TMC. La tecnología RDS-TMC sigue siendo una de las soluciones de información sobre tránsito más fáciles de usar y accesibles, disponible en casi todas partes y que ofrece a los usuarios de la carretera un servicio de por vida sin costo de suscripción cuando compran un vehículo adecuadamente equipado o un sistema GPS personal.
- DAB (Radio Digital Terrestre): La radio digital tiene muchas ventajas sobre las tecnologías de datos móviles basadas en 2G/3G/4G. La radio digital puede proporcionar datos de alta definición de forma rentable, sin costos de suscripción y sin costos de itinerancia cuando se viaja al extranjero. Gracias a la tecnología DAB-TPEG, Mediamobile puede transmitir información sobre el tiempo, las condiciones del tránsito, las cámaras web y los puntos de interés a través de la radio digital.
- GPRS, 4G, 4G: Los vehículos en red de hoy en día pueden aprovechar al máximo las aplicaciones en tiempo real entregadas a través de las redes GPRS/3G/4G, que normalmente asesoran a los conductores sobre problemas de tránsito, plazas de aparcamiento disponibles y precios de combustible en las estaciones de servicio. Mediamobile ofrece una amplia variedad de servicios multimedia para sistemas de navegación para automóviles, dispositivos de navegación personal (PND), teléfonos inteligentes y tabletas. Mediante el uso de protocolos como XML o TPEG sobre IP, se proporciona información de tránsito detallada y precisa.
- Internet: Mediamobile entrega información de tránsito y otros datos dinámicos en formato XML, o como soluciones llave en mano optimizadas para cualquier tipo de aplicación de Internet y cualquier tipo de sistema de mapeo.

9.1.4. Cadena de valor

Como se ilustra en V-Traffic, los resultados de la cadena de valor se obtienen directamente de las fuentes de datos y del destino de la información antes mencionados.



16 - V-Traffic Value Chain (fuente: <http://www.mediamobile.com/index.php/fr/>)

9.2. CONTROL DE CALIDAD

La cobertura, la frescura, la precisión, el detalle y la adecuación a las observaciones del conductor son factores decisivos para la satisfacción del usuario y la confianza en su equipo de navegación. El enfoque de control de calidad se basa en la experiencia del conductor en el mundo real. Mediamobile utiliza múltiples métodos para medir y comparar continuamente la información de tránsito:

- Pruebas de conducción internas realizadas por personal de Mediamobile capacitado profesionalmente. Incluye la validación de la pista y observaciones individuales y subjetivas.
- Pruebas de conducción competitivas basadas en la auditoría independiente de varios dispositivos (PNDs, Smartphone o soluciones integradas) en paralelo y en condiciones de perfecta igualdad.
- Monitoreo continuo de la calidad por comparación entre la información transmitida y las muestras de flotas de datos de automóviles flotantes. Proporciona una métrica de calidad de 24 horas para toda la red.
- Participación de los empleados a través de planes de incentivos, donde todos los empleados de Mediamobile se comprometen a informar de los errores de detección para la mejora continua.

Para estimar el nivel de calidad, se utilizan diferentes métricas:

- Detección de eventos: detección real (indicador QKZ1) de un atasco y falsas alarmas (indicador QKZ2),
- Información de Flujo de Velocidad: velocidades reportadas comparadas con las velocidades reales, detección verdadera y falsas alarmas aplicadas a los tiempos de viaje,

- Ruta y hora estimada de llegada: Diferencia entre la hora estimada de viaje y la hora real de llegada a destino (%)
- Cálculo de la ruta más rápida: El orden de llegada y el horario de las llegadas,
- Cobertura de la fuente: El porcentaje de tiempo que el sistema reporta un flujo (independientemente de la precisión), incluyendo la pérdida de señales RDS/GSM).

Mediamobile ha desarrollado herramientas específicas para la medición, visualización, comparación y análisis de la calidad de su información de tránsito.

9.3. MODELO DE NEGOCIO

Para garantizar su sostenibilidad, la prestación de servicios debe basarse en un modelo de negocio viable. Cuando los servicios se basan en tecnologías de radiodifusión DAB o RDS-TMC, los fabricantes de automóviles incluyen el acceso al servicio en el precio de venta del equipo receptor. De esta manera, la contribución única no es perceptible como tal por el cliente final. Por el contrario, los servicios conectados suelen ser pagados directamente por el consumidor, en primer lugar mediante el pago de una suscripción para acceder a las redes 3G/4G, así como de tarifas para acceder a determinados servicios por suscripción.

10. ASPECTOS LEGALES, PRIVACIDAD, RESPONSABILIDADES

10.1. GENERAL

Los ITS de bajo costo utilizan los datos de las sondas para identificar diversos incidentes de tránsito y carreteras, retrasos y condiciones ambientales. Los datos de la sonda son los datos generados por los vehículos (vehículos ligeros, de tránsito y de carga), incluyendo su posición actual, velocidad, rumbo y marca de tiempo. Los datos de la sonda también pueden incluir elementos de datos adicionales proporcionados por los vehículos que pueden detectar información sobre la tracción, el estado de los frenos, el frenado brusco, un neumático desinflado, la activación de las luces de emergencia, el estado de los frenos antibloqueo, el estado de despliegue de los airbags, el estado de los limpiaparabrisas, etc.

Los datos de las sondas tienen una fuerte relación con cada vehículo y potencialmente también con la información personal de los conductores y/o propietarios.

10.2. ASPECTOS LEGALES

Desde mediados del decenio de 1970, la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) ha desempeñado un papel importante en la promoción del respeto de la privacidad como valor fundamental y condición para la libre circulación de datos personales a través de las fronteras. En 1980, el Consejo de la OCDE adoptó una Recomendación relativa a las Directrices sobre la protección de la vida privada y los flujos transfronterizos de datos personales²².

Los principios son los siguientes;

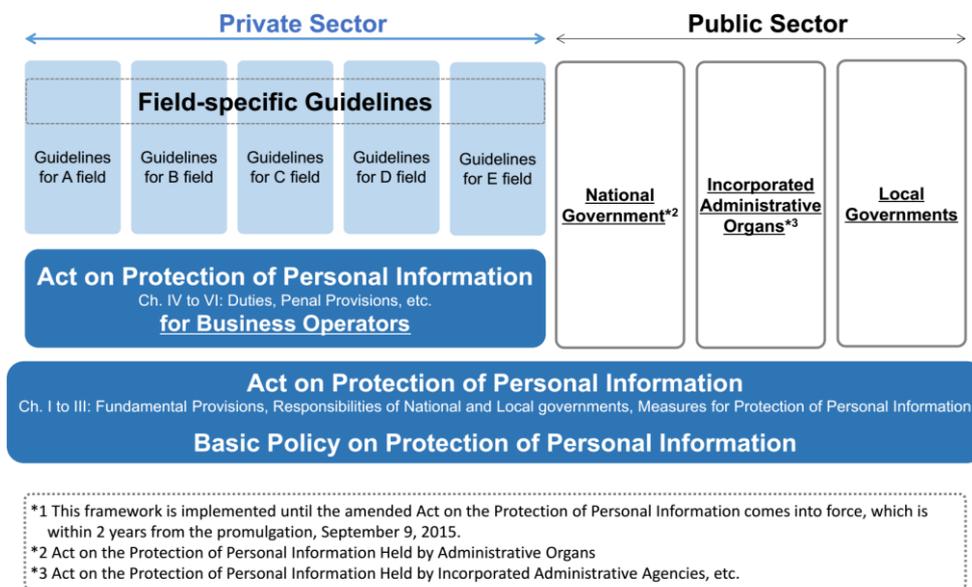
1. Principio de limitación de la recogida,
2. Principio de calidad de datos,
3. Finalidad Principio de especificación,
4. Principio de limitación de uso,
5. Principio de Salvaguardias de Seguridad,
6. Principio de apertura,
7. Principio de participación individual, y
8. Principio de responsabilidad.

Véase el Apéndice 16.2 para una descripción de los principios.

Las leyes de privacidad de cada país se basan en estas pautas. Por ejemplo, el marco legal japonés actual de la protección de la información personal se muestra a continuación.

²² Véase el sitio web de la OCDE:

<http://www.oecd.org/ITS/ieconomy/oecdguidelinesontheprotectionofprivacyandtransborderflowsofpersonaldata.htm>



17 - Marco jurídico actual de la protección de datos personales²³

Además, la piedra angular de la labor de la OCDE en materia de privacidad es la reciente revisión de las Directrices sobre la protección de la privacidad y los flujos transfronterizos de datos personales (2013). Estas directrices mantienen los ocho principios desarrollados en 1980, pero proporcionan descripciones adicionales (por ejemplo, los países miembros deberían establecer y mantener autoridades de aplicación de la privacidad).

10.3. PRIVACIDAD

También deben protegerse los datos personales relacionados con los datos de las sondas.

En la norma ISO/TC204, basada en los ocho principios de la OCDE, existe una norma internacional para la protección de datos personales en los sistemas de sondeo, que se publicó con el título "ISO 24100:2010 Intelligent transport systems -- Basic principles for personal data protection in probe vehicle information services".

Los siguientes elementos se definen como datos personales tratados por los servicios de información sobre vehículos de sondeo: información sobre el registro de contratos con los proveedores de datos de sondeo, identificadores de comunicación, contraseñas para la certificación, registros de comunicación y datos personales incluidos en los propios datos de sondeo.

Para que los proveedores de datos de sondeo puedan proporcionar datos sin preocupaciones indebidas, el estricto cumplimiento de las leyes de protección de datos personales se está complementando con la preparación de directrices para las partes interesadas, incluida la normalización de las directrices de diseño necesarias para tal fin.

El ámbito de aplicación y el contenido de la ISO figuran en el Apéndice 16.3.

²³ Fuente: Comisión de Protección de Datos Personales, Japón, https://www.ppc.go.jp/files/pdf/280222_Current_Legal_Framework_v2.pdf

Ejemplo: sistema de vehículo flotante en Japón

Los datos del vehículo flotante incluyen una parte de la información del vehículo proporcionada por el usuario al configurar un sistema de navegación GPS ETC 2.0. Sin embargo, el número de vehículo y una parte de la información de la matrícula están ocultos, lo que hace imposible identificar al vehículo o a la persona. Además, los sistemas de navegación para automóviles ETC 2.0 no recopilan datos de sondeo en las proximidades de sus puntos de origen y deITSno (ubicaciones en las que el motor está encendido o apagado), lo que hace imposible identificar el origen o destino de un usuario a partir de los datos de sondeo recopilados.

10.4. CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD Y LA INTEGRIDAD

La protección de los datos personales debe evaluarse para garantizar la seguridad de los mismos. Se han elaborado normas de evaluación de la privacidad de los datos de las sondas, que se publicarán en un futuro próximo. A partir de 2017, las normas de evaluación son un proyecto de norma internacional (DIS) denominada "ISO/DIS 16461 Sistemas de transporte inteligentes - Criterios para la protección de la privacidad y la integridad".

Se establecerán normas unificadas de anonimato y seguridad para los sistemas de datos de sondeo y se desarrollará la infraestructura necesaria para su uso seguro por parte de los proveedores de información. Se estudiará la interconexión entre los sistemas de información de las sondas.

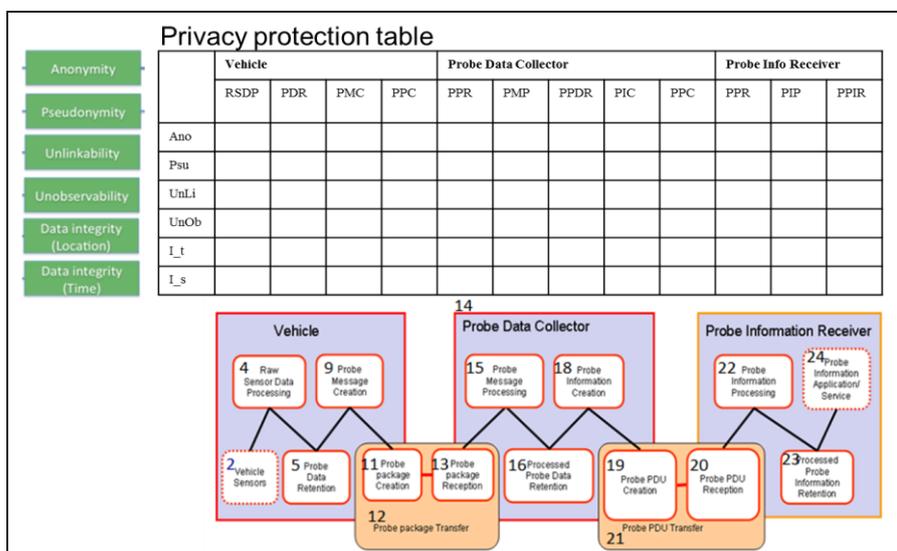


Ilustración18 - Criterios propuestos para la protección de la privacidad en el sistema de información del vehículo flotante²⁴

10.5. ASPECTOS DE RESPONSABILIDAD

²⁴ Fuente: Basado en material ISO/TC204

Las cuestiones de responsabilidad relacionadas con los C-ITS (ITS cooperativos) se describen en "ISO/TR17427-8:2015 Sistemas de transporte inteligentes - ITS cooperativos - Parte 8: Aspectos de responsabilidad". No es una norma internacional, pero es un informe técnico informativo que incluye un debate y ejemplos de cuestiones de responsabilidad.

En el Apéndice 16.4 se incluye un resumen del alcance y contenido de la ISO/TR.

10.6. ASPECTOS DE SEGURIDAD

Deberán adoptarse medidas de seguridad para evitar la suplantación de identidad, la falsificación y la escucha clandestina en la recogida y el tratamiento de los datos personales asociados a los datos de las sondas.

Las cuestiones de seguridad relacionadas con los C-ITS se están desarrollando como "ISO/TR 17427-5 Sistemas de transporte inteligentes - Cooperativa ITS - Parte 5: Enfoques comunes de seguridad". Actualmente se está elaborando como proyecto de comité (CD). No será un estándar internacional, sino un informe técnico informativo. En el presente informe se examinarán las contramedidas y ejemplos de cuestiones de seguridad.

El alcance y el contenido aún no están disponibles en el sitio de la ISO porque todavía se encuentra en la fase de desarrollo del comité (fase de desarrollo interno para el comité técnico).

Ejemplo: sistemas de sondas en Japón

El envío y la recepción de información entre una unidad de a bordo y una unidad de carretera para los servicios de datos de sondas ETC 2.0 están protegidos por un sistema de seguridad avanzado, a saber, DSRC-SPF (dedicated short range communications - security platform). DSRC-SPF es una plataforma común para proporcionar comunicaciones protegidas y seguras entre los vehículos y la infraestructura de carreteras mediante ondas de radio DSRC. La DSRC-SPF certifica tanto a los emisores y receptores de información como a los datos intercambiados.

11. HOMOGENEIZACIÓN

11.1. ANTECEDENTES

ISO/TC204 ha estado discutiendo los estándares relacionados con los casos de uso para el uso de los datos de las sondas, lo cual está fuertemente relacionado con los ITS de bajo costo. Esta sección proporciona información útil desde el punto de vista de la normalización internacional. Se espera que las actividades de TCB.1 sugieran algunos requisitos al TC204 para el desarrollo del estándar.

11.2. LAS APLICACIONES DE LA AIPCR DE BAJO COSTO

El TC2.1 ha seleccionado aplicaciones de ITS de bajo costo (usar datos de vehículo flotante) como la siguiente tabla²⁵.

Áreas de servicio	Aplicación	Apéndice #26	Vencimiento ²⁶
Movilidad	Estimación del tiempo de viaje	1	1
	Detección y caracterización de la congestión	2	1
Seguridad vial	Armonización dinámica de velocidades y avances	4	2,3
	Detección de áreas potencialmente peligrosas	7	2,3
Monitoreo de las condiciones climáticas	Detección de lluvia	8	2
	Detección de niebla	10	2
	Distancia de visibilidad en la niebla	11	3
Control de las situaciones de emergencia en las carreteras	Detección de la degradación de la superficie de la carretera	13	3
Encuesta de conocimientos avanzados	Encuesta sobre O/D	15	2
Aplicación ambiental	Recomendaciones de conducción ecológica	17	2,3

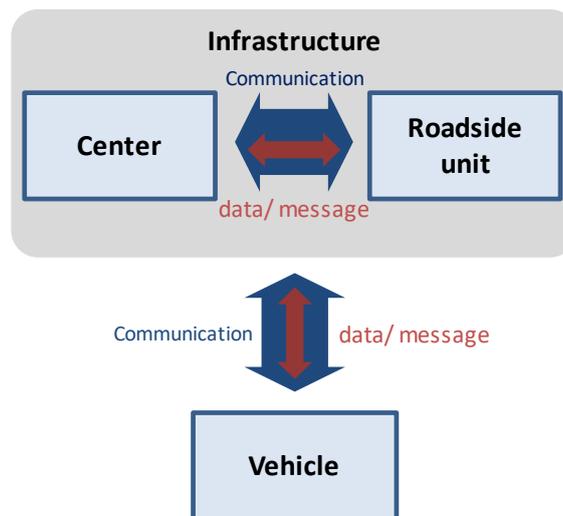
Tabla 10 - Una selección de solicitudes de ICL según lo definido por el TC2.1 de la AIPCR²⁷ (2011-2015).

Para implementar estas aplicaciones, se asume la siguiente arquitectura abstracta.

²⁵ VEHÍCULO FLOTANTE: A LOW COST INNOVATIVE AND PROMISING SOLUTION FOR ROAD NETWORK MONITORING, Ehrlich J., Bacelar A., Belloche S., PIARC World Congress, Seoul, 2014

²⁶ M1: desplegado ahora en un entorno experimental (por ejemplo, prueba operativa de campo) o en una situación real, M2: posible despliegue a corto plazo (<5 años), M3: despliegue a medio plazo (> 5 años).

²⁷ "Cooperative Vehicle Highway", Informe Técnico de la AIPCR, TC 2.1, 2011-2015, que puede descargarse en el sitio web de la AIPCR.



19 - La arquitectura abstracta Low Cost ITS y sus áreas

La arquitectura consiste en un centro, una unidad al borde de la carretera y un vehículo. Cada elemento está conectado a través de la comunicación, incluidos los intercambios de datos y mensajes.

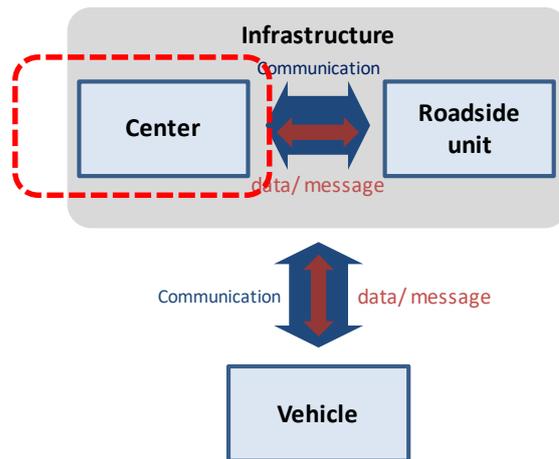
ISO/TC204 ha estado considerando estándares para elementos tecnológicos cooperativos de ITS tales como interfaces de comunicación y datos/mensajes.

En la subsección siguiente, el cuadrado con una línea roja discontinua en cada uno de ellos muestra un área temática con normas existentes.

11.3. APLICACIONES DE BAJO COSTO DE LA AIPCR Y NORMAS ISO/TC204

11.3.1. Normas y work items para el centro (22)

ISO/TC204 ha estado considerando un elemento de trabajo para los servicios y el uso de los datos de vehículo flotante. Los administradores de carreteras de Japón y Estados Unidos (Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo/Departamento de Transporte de Estados Unidos) han estado considerando los servicios y el uso de los datos de las sondas de manera coordinada. "ISO/CD19414 Arquitectura de Servicios de Sistemas de Vehículos Flotantes - ISO/CD19414 Service Architecture of Probe Vehicle Systems" (en desarrollo) se basa en los resultados de sus actividades. En este punto de trabajo, los servicios y el uso de los datos de las sondas se resumen desde el punto de vista de los administradores de carreteras (se incluyen más detalles en el Apéndice 16.5).

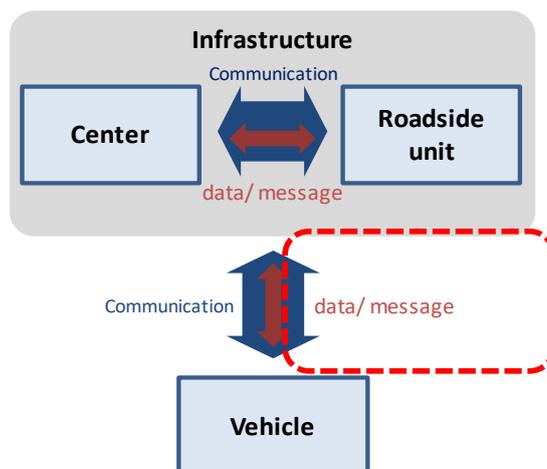


20 - Estandarización del centro en arquitectura abstracta

11.3.2. Normas para los conjuntos de datos/mensajes entre la infraestructura y el vehículo (datos de sensores de vehículos flotantes)

ISO/TC204 ha estado considerando varias normas relacionadas con los datos de la sonda y los conjuntos de datos/mensajes entre la infraestructura y los vehículos (22). Las normas relativas a los datos de las sondas se incluyen en "ISO 22837 Datos de vehículos flotantes para comunicaciones de área amplia", "ISO/TS 25114 Gestión de informes de datos de sondas (PDRM)" e "ISO/TS 29284 Datos de vehículos flotantes basadas en eventos". Las cuestiones de gestión relacionadas con la privacidad de los sistemas de sondeo se definen en "ISO 24100 Principios básicos para la protección de datos personales en los servicios de información sobre vehículos de sondeo" y "DIS 16461 Criterios para la protección de la privacidad y la integridad en los sistemas de información sobre vehículos de sondeo (en desarrollo)".

En estas normas se definen las normas de datos de la sonda y las estructuras de mensajes para los datos de la sonda, incluida la gestión de los sistemas de datos de la sonda (en el Apéndice 16.6 se incluyen más detalles).



21 - Estandarización de datos/mensajes en arquitectura abstracta

11.3.3. Normas de comunicación entre la infraestructura y el vehículo

Para intercambiar datos de sondas entre la infraestructura y el vehículo, se necesita un estándar de comunicación. ISO/TC204 ha estado considerando muchos estándares para la comunicación. Se

denominan estándares de medios de comunicación CALM (Communication access for land mobiles).

Véase el apéndice 16.8.

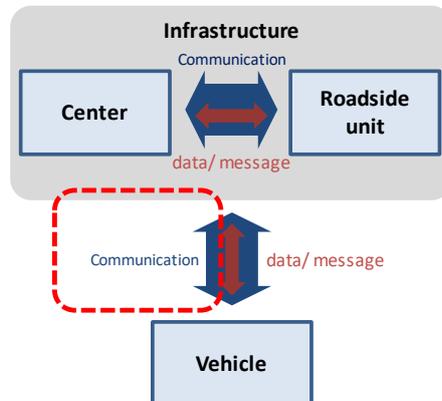
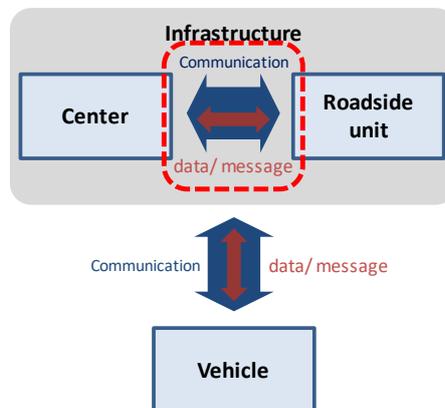


Ilustración22 - Estandarización de la comunicación V2I en la arquitectura abstracta

11.3.4. Normas para los datos/mensajes y la comunicación entre el centro y la unidad de carretera

ISO/TC204 ha estado considerando normas y elementos de trabajo para los datos/mensajes y la comunicación entre el centro y la unidad de carretera. Las normas correspondientes son "ISO 14827 Interfaces de datos entre centros de información y sistemas de control de transporte" e "ISO 15784 Intercambio de datos mediante la comunicación de módulos al borde de la carretera". (Ver Apéndice 1616.779 para más detalles)



23 - Estandarización de la comunicación entre la carretera y el centro en la arquitectura abstracta

11.3.5. Otras normas

Las normas y los elementos de trabajo para aplicaciones individuales están siendo considerados por ISO/TC204. Estos incluyen

- En relación con "(4) Armonización dinámica de velocidades y avances M2, M3", ISO/TC204 ha desarrollado "CD 20035 Cooperative Adaptive Cruise Control (en desarrollo). Definirá el sistema "Adaptive Cruise Control" utilizando datos de la unidad de carretera.
- En relación con "(17) Recomendaciones de conducción ecológica M2, M3", ISO/TC204 ha desarrollado elementos de trabajo para los ITS ecológicos, por ejemplo, "CD TR 18561-1

El uso de una estación personal ITS para gestión e información del transporte sustentable
- The use of personal ITS station for green transport information and management" y
"PWI 20529 Arquitectura Marco para normas ITS sustentables -Framework for Green ITS
standards".

12. UN ANÁLISIS COMPARATIVO: REVISIÓN DE LA LITERATURA

El análisis comparativo es muy difícil de realizar. De hecho, la mayoría de los servicios de ITS implementados hoy en día se basan en soluciones mixtas basadas tanto en equipos de infraestructura, vehículos flotantes, teléfonos inteligentes, VMS y señalización a bordo de vehículos. Por lo tanto, tenemos muy poca información para comparar el rendimiento de un servicio dado basado en los ITS tradicionales de alto costo con el mismo servicio basado en un enfoque de ITS de bajo costo. Sin embargo, después de una revisión de la literatura, los seis artículos resumidos en esta sección proporcionan una respuesta parcial a esta pregunta. Los artículos se resumen a continuación. Por favor, consulte el artículo completo para más detalles.

12.1. RESUMEN NR. 1

Título: Compensaciones entre los bucles inductivos y los vehículos flotantes con GPS para la estimación del tiempo de viaje: Un estudio de caso de Mobile Century

Autores: Mazaré P-E., Tossavainen O-P., Bayen A.M., Work D.B.

Fecha de publicación: 2012

Resumido por: Paul Warren

12.1.1. Introducción

El objetivo de este artículo es dar un primer paso para responder a una pregunta más amplia, que es la siguiente. "¿Hasta qué punto pueden los datos del sensor GPS actuar como sustituto de las tecnologías convencionales de monitorización de tránsito como los detectores de bucle inductivo?" Específicamente, centramos nuestra atención en estimar los tiempos de viaje mediante la integración de varios volúmenes de datos de detectores de bucle inductivo y vehículos flotantes equipados con GPS en un modelo de flujo de velocidad. Este artículo presenta un estudio empírico que utiliza datos recogidos durante un experimento de campo de un día conocido como Mobile Century[24].

12.1.2. Resumen de la metodología

Ésto utiliza un algoritmo de estimación de velocidad desarrollado en Berkeley como parte del proyecto Mobile Millennium[25]. El algoritmo combina mediciones de velocidad de smartphones GPS o detectores de bucle inductivo con un modelo de evolución del tránsito, utilizando una técnica conocida como ensemble Kalman filtering (EnKF) para producir una estimación mejorada del campo de velocidad, a partir del cual se calcula el tiempo de viaje. El tiempo de viaje resultante calculado a partir de este proceso se compara con los tiempos de viaje registrados a partir de los datos de vídeo de identificación de matrículas.

Con el algoritmo de procesamiento de datos determinado, creamos una serie de escenarios en los que se ajustan el volumen de datos de la sonda y el número de detectores de bucle inductivo puestos a disposición del algoritmo de procesamiento. De esta manera, podemos cuantificar las compensaciones de varias cantidades de datos de las sondas y los datos del detector de bucle inductivo en términos de aumento o disminución de la precisión de los tiempos de viaje calculados.

Con el fin de describir y cuantificar los datos de la sonda puestos a disposición del algoritmo de procesamiento del tiempo de viaje, introducimos dos métricas de importancia para los datos de la sonda, a saber, la tasa de penetración y la tasa de muestreo. El índice de penetración se define como el porcentaje de coches en la calzada que informa de los datos de la sonda en comparación con el flujo de tránsito global, que incluye los vehículos que no envían datos. Además de aumentar el número de mediciones a medida que aumenta el índice de penetración, es más probable que la muestra de vehículos que generan mediciones sea representativa del flujo total de tránsito. La frecuencia de muestreo se refiere a la frecuencia con la que se recogen los datos de los vehículos flotantes y puede utilizarse para aumentar o disminuir el número de mediciones disponibles para estimar los tiempos de viaje de los mismos vehículos. La técnica de recolección de datos de sondeo utilizada en este trabajo recoge datos de vehículos de sondeo en puntos fijos del espacio utilizando una técnica conocida como Virtual Trip Lines (VTLs)[26] inventada por Nokia.

12.1.3. Resultados y discusión

El error de tiempo de viaje se calcula de la siguiente manera. Deja que n será el número de estimaciones dadas en el período para el que se deba calcular el error, cada una de las cuales estará indexada por i . Permita que $T_v(i)$ sea el tiempo medio de viaje de los datos de vídeo en el tiempo i y $T_{inst}(i)$ el tiempo medio de viaje estimado calculado con el método instantáneo (dinámico) en el tiempo i respectivamente. El *error porcentual absoluto medio* (MAPE) para el tiempo de viaje calculado con el método instantáneo es:

$$\varepsilon_{inst,MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{T_v(i) - T_{inst}(i)}{T_v(i)} \right|$$

mientras que el MAPE para el tiempo de viaje calculado con el método dinámico se calcula de forma similar. Las estimaciones se calcularon utilizando el modelo existente de autopistas Mobile Millennium. El modelo se ejecutó 917 veces con varias entradas de datos. Cada carrera consistió en el cálculo de la evolución del campo de velocidad media y el cálculo del tiempo de viaje instantáneo y dinámico cada 30 segundos, de 10 a 18 horas.

12.1.4. Resumen

En este estudio, se estudiaron las compensaciones entre los datos de velocidad recolectados de los teléfonos inteligentes GPS en vehículos flotantes y los datos de velocidad obtenidos de los detectores de bucle inductivo, con el propósito de calcular los tiempos de viaje en un tramo de carretera. Este trabajo fue un estudio de caso que utilizó datos de sondas experimentales obtenidos del experimento de campo Mobile Century. Los datos del detector de bucle se obtuvieron de PeMS[27]. Las mediciones se combinaron con un modelo matemático de tránsito en un algoritmo de estimación de tránsito de carreteras utilizando una técnica de asimilación de datos llamada ensemble Kalman filtering, desarrollada como parte del proyecto Mobile Millennium. Los resultados del algoritmo fueron comparados con los tiempos reales de viaje experimentados por los conductores, obtenidos a través de la identificación de matrículas. Se crearon varios escenarios en los que se podía ajustar el volumen de los datos de la sonda y el número de estaciones detectoras

de bucle inductivo disponibles para el algoritmo de estimación. El siguiente es un resumen de los resultados clave encontrados en este estudio:

- **Lograr un error del 10% en los tiempos de viaje dinámicos.** En este estudio, se encontró que las estimaciones de tiempo de viaje dinámico pueden lograrse con menos de un 10% de error cuando se utiliza un modelo de flujo con asimilación de datos, utilizando datos de detectores de bucle inductivo, datos de sonda o una mezcla de ambos datos de detectores de bucle inductivo en los datos de sonda. Además, las estimaciones de los datos de la sonda basada en la línea de disparo virtual pueden alcanzar un mayor grado de precisión cuando se utilizan todos los datos de la sonda disponibles en comparación con las estimaciones de los detectores de bucle inductivo cuando se utilizan todos los bucles inductivos en el lugar del experimento, aunque en general el rendimiento es similar.
- **Espaciado mínimo del detector de bucle para la estimación del tiempo de viaje.** En este estudio, el uso de datos de más de ocho estaciones detectoras de bucle inductivo (espaciamiento promedio de 0,83 millas) no proporcionó beneficios adicionales en la estimación del tiempo de viaje. El error permanece constante entre 6-13% dependiendo de la hora del día, independientemente de las estaciones detectoras de bucle añadidas.
- **Mejora de la precisión del tiempo de viaje.** Cuando se toman muestras de vehículos con sondas a una velocidad de 137.5 veh/hr con más de 2.54 VTL/mi, el aumento del número de mediciones de sondas mediante la adición de más vehículos flotantes o líneas de disparo adicionales sólo proporciona una pequeña mejora en la precisión del tiempo de viaje.
- **Una mezcla de datos de sonda y detector de bucle en la estimación del tiempo de viaje.** Se encontró que al complementar los datos de los detectores de bucle con los datos de los vehículos flotantes, se obtienen mejores estimaciones de los tiempos de viaje, especialmente a bajas tasas de penetración. Por ejemplo, si se utilizan detectores de bucle espaciados a más de 2.11 millas de distancia, los datos de la sonda pueden dar un aumento de más del 50% en la precisión del tiempo de viaje.

12.2. RESUMEN NR. 2

Título: Evaluación de un sistema basado en teléfonos celulares para la medición de velocidades de tránsito y tiempos de viaje: Un estudio de caso de Israel, 2007

Autor: Bar-Gera H.

Fecha de publicación: 2007

Resumido por: Jacques Ehrlich

Este artículo presenta los resultados de un estudio de caso que utilizó un nuevo sistema de datos de sondas basado en teléfonos celulares. El estudio incluye una comparación con los datos de los detectores de bucle durante un período de tres meses, así como una comparación con los datos de los automóviles flotantes.

El análisis se basa en datos de enero a marzo de 2005 utilizando velocidades a lo largo de la autopista Ayalon, la carretera más transitada de Israel que pasa por el distrito comercial central del área metropolitana de Tel Aviv. La autopista tiene de cuatro a cinco carriles en cada dirección y da

servicio a 600.000 vehículos cada día. Los caudales diurnos típicos están en el rango de 5000-10000 vph.

El tramo principal de la autopista de Ayalón, de 14 km de longitud con 10 enlaces, está equipado con un conjunto de detectores de doble bucle magnético para todos los carriles aproximadamente cada 500 m (60 estaciones). Los detectores de bucle proporcionaron 1.284.587 (80%) mediciones de velocidad media válidas (es decir, que no faltan). El sistema basado en la telefonía móvil recibió observaciones de alrededor del 1-3% del tránsito total durante el día (10:00-20:00) y generó 440.331 (63%) estimaciones válidas (es decir, que no faltan) del tiempo de viaje para 27 secciones. Los tiempos de viaje se convirtieron a la velocidad media de la sección simplemente como la relación entre la longitud de la sección de la carretera y el tiempo de viaje estimado.

12.2.1. Comparación de la velocidad

El primer paso del análisis se centró en la velocidad por ubicación y tiempo. La comparación entre los detectores de bucle y la solución basada en teléfonos celulares se realizó utilizando una representación gráfica espacio-temporal.

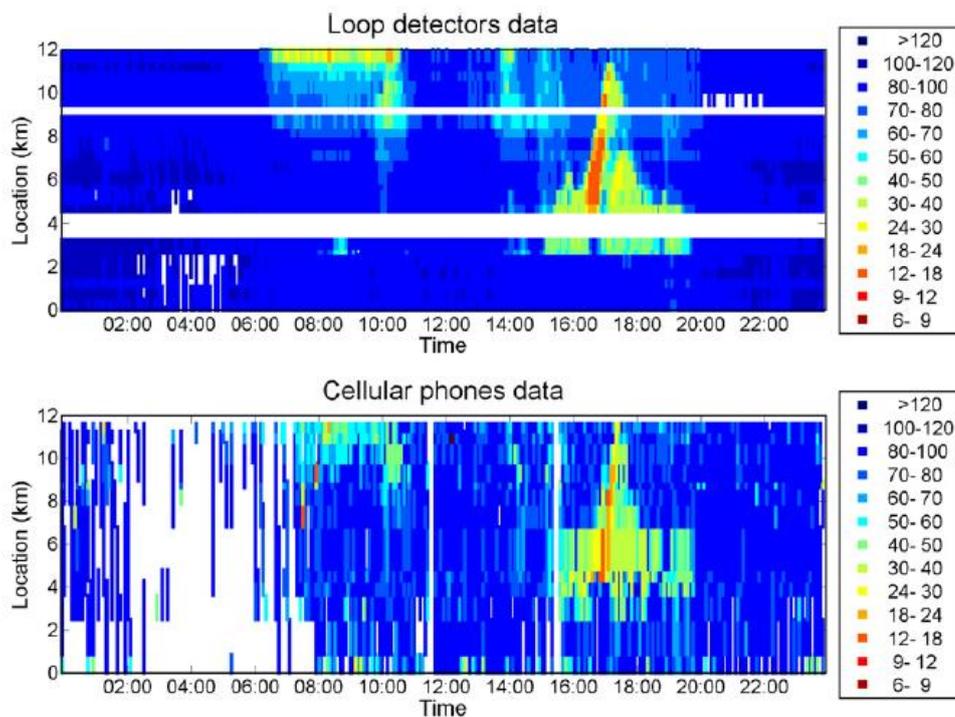


Ilustración24 - Velocidades (km/h) en la autopista Ayalon en dirección norte, miércoles 2 de febrero de 2005

La ilustración 26 muestra los datos de velocidades por hora y ubicación. La parte superior muestra los datos del bucle, mientras que la parte inferior muestra los datos celulares equivalentes. El eje horizontal la hora del día, de 0:00 a 24:00. El eje vertical muestra la ubicación a lo largo de la carretera en términos de la distancia (en km) desde el extremo norte de la carretera. Las áreas blancas indican que faltan datos. Otros colores indican la velocidad asociada a la combinación específica de tiempo y espacio, según la escala de la derecha. En el caso de los detectores de bucle, la velocidad notificada es una media algebraica ("velocidad media en el tiempo") de las velocidades de todos los vehículos en todos los carriles en la ubicación del detector, durante intervalos de cinco

minutos. En la presentación gráfica, estas velocidades reportadas se asocian con una sección de 500 m centrada en la ubicación del detector.

El autor examinó 180 mapas de velocidad (para dos direcciones durante 90 días) y observó variaciones sustanciales de un día para otro. La impresión general de ellos es que hay una buena coincidencia entre los patrones de velocidad tiempo-espacio representados por el sistema de telefonía celular y los representados por el sistema de detección de bucle. Sin embargo, el autor observa de esto que los datos del teléfono celular parecen ser algo más "ruidosos" que los datos del detector de bucle. La exploración del origen de este ruido y sus implicaciones sigue siendo un tema de investigación en el futuro.

12.2.2. Comparación del tiempo de viaje

El segundo paso del análisis se centró en los tiempos de viaje a lo largo de toda la carretera utilizando tres métodos: detectores de bucle, teléfonos celulares y datos de automóviles flotantes (FCD). El tiempo total de viaje para cada intervalo de tiempo de acuerdo a los datos del teléfono celular fue calculado simplemente como una suma de los tiempos de viaje de todos los segmentos a lo largo de la carretera en el mismo intervalo de tiempo.

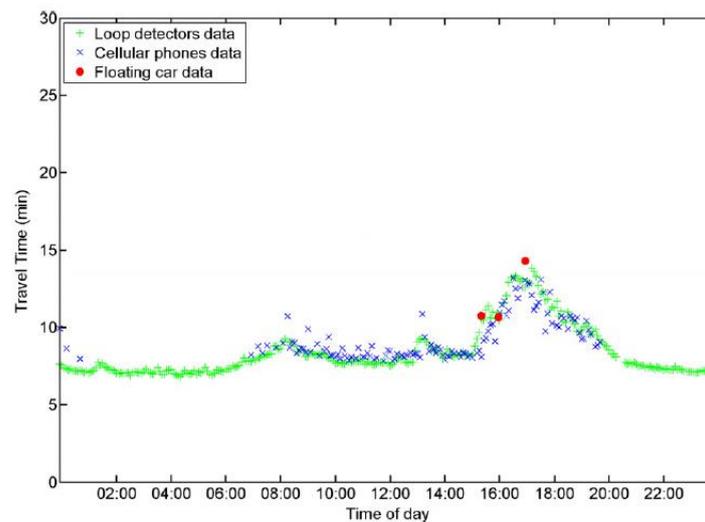


Ilustración 25 - Tiempos de viaje en la autopista Ayalón en dirección norte, martes 18 de enero de 2005

La ilustración 27 es un ejemplo de tal comparación. Muestra una buena coincidencia entre los tres métodos utilizados para medir los tiempos de viaje. Sin embargo, parece haber un sesgo constante de aproximadamente 1 minuto entre los tiempos de viaje calculados a partir de los datos del teléfono celular y los calculados a partir de los datos del detector de bucle, especialmente durante los tiempos no congestionados.

Considerando 20.368 intervalos de tiempo durante los días laborables en el período de tres meses de enero a marzo de 2005 para los cuales se calcularon los tiempos de viaje a partir de los datos de los detectores de bucle y de los datos de los teléfonos celulares, la diferencia relativa absoluta media es del 10,7%. En el 88% de los casos, la diferencia relativa absoluta es inferior al 20%, donde la diferencia media total es de 0,57 minutos y la diferencia absoluta media es de 1,09 minutos.

12.2.3. Conclusión

La principal conclusión de este trabajo es que existe una buena correlación entre los dos métodos de medición, lo que indica que el sistema basado en teléfonos celulares puede ser útil para diversas aplicaciones prácticas, como los sistemas avanzados de información al viajero y la evaluación del rendimiento del sistema tanto para la modelización como para la planificación. Sin embargo, los usuarios de datos del sistema de telefonía celular en su estado actual deben tener en cuenta sus limitaciones potenciales. El principal es el "ruido" que acompaña a las mediciones.

12.3. RESUMEN NR. 3

Título: ¿Detectores de bucle o de recorrido de vehículo flotante?

Autores: Kwon J., Petty K., Varaiya P.

Fecha de publicación: 2012

Resumido por: Kian Keong Chin

El documento desarrolla modelos empíricos que correlacionan y comparan tres parámetros de congestión, a saber, el retardo medio, la duración media y la extensión espacial media de la congestión obtenida a partir de dos métodos diferentes (es decir, pruebas de funcionamiento de vehículos y detectores de bucle). Para los recorridos de vehículos flotantes, la variable de muestreo utilizada es el número de días que recorren los vehículos flotantes, mientras que para los detectores de bucle, la variable de muestreo utilizada es el número de detectores de bucle a lo largo de la autopista (es decir, la densidad del detector). Se suponía que los parámetros de congestión "de la línea de base" correspondían al uso del número máximo de días laborables N (para el método de funcionamiento de vehículos flotantes) y al número máximo de bucles m , disponibles a lo largo de las autopistas (para el método de detector de espiras).

Los hallazgos clave del estudio basado en los recorridos de los vehículos flotantes fueron que el uso de datos de un solo día conduce a un error del 50% en la estimación de la demora promedio, pero el error es menos severo para estimar la duración promedio de la demora y la extensión espacial de la congestión (la longitud de la autopista que se congestiona se define como velocidades menores a 35 mph {56 km/hr.}). Se propuso que, para estos parámetros de congestión para obtener un error del 10%, el vehículo funcione durante un período de 4 a 6 días.

Para el método basado en el número de detectores de espiras, la estimación de las demoras, la duración y la extensión espacial se aproxima a los valores de la "línea de base" cuando el número de detectores aumenta a 13 para una sección de 9 millas de longitud de una autopista. Ésto correspondía a una densidad de detector de espiras de 0,5 detectores por milla, es decir, 2 detectores por milla. Sin embargo, también se comprobó que la densidad real del detector de lazo depende de las características del tránsito (por ejemplo, la composición del tipo de vehículo en el flujo vehicular) y es necesario tenerlas muy en cuenta a la hora de decidir la colocación del detector de bucle.

El documento también advirtió que los resultados se obtuvieron a partir de una selección de autopistas urbanas y no necesariamente pueden ser aplicables a otro tipo de carreteras, por ejemplo, autopistas rurales.

12.4. RESUMEN NR. 4

Título: Evaluación de tecnologías de vehículos flotantes para la estimación del tiempo de viaje

Autores: Xiaobo LIU, Steven CHIEN, Kitae KIM

Fecha de publicación: 2012

Resumido por: Galen McGill

Este estudio realizó una comparación de tres metodologías diferentes de recopilación de datos sobre automóviles flotantes. El estudio utilizó vehículos flotantes equipados con un dispositivo de recolección de datos basado en GPS como la "verdad de tierra" para la comparación. Entre los tres métodos de recogida de vehículos flotantes evaluados se incluyen los siguientes:

- Sensores Bluetooth - sensores basados en carretera que utilizan la dirección de control de acceso a los medios (MAC) de un dispositivo habilitado para Bluetooth como una identificación única para detectar y medir el tiempo que tarda un vehículo con el dispositivo Bluetooth en atravesar el punto A y el punto B.
- Inrix - Datos de localización automática de vehículos (AVL) y de teléfonos celulares recopilados y procesados por Inrix para medir los tiempos de viaje en segmentos de carretera definidos llamados TMCs. No se utiliza ningún equipo al borde de la carretera.
- Lectores de etiquetas de peaje - lectores basados en tecnología RFID que utilizan la tecnología RFID para leer los números de serie de las etiquetas de peaje en puntos sucesivos para medir el tiempo de viaje del vehículo equipado con etiquetas de peaje para ese segmento.

El objetivo del estudio era evaluar la precisión de las diversas tecnologías para la estimación del tiempo de viaje. El estudio se llevó a cabo en los Estados Unidos en el I-287 en el estado de Nueva Jersey. La recolección de datos para el estudio se realizó entre el 6 y el 17 de abril de 2009.

El análisis estadístico del rendimiento de los diversos métodos en comparación con los vehículos flotantes con el dispositivo de recogida de datos GPS indicó que los métodos de Bluetooth y de lectura de etiquetas de peaje coincidían más estrechamente con la recogida de datos GPS que con los datos Inrix. Los resultados del estudio se resumen en la siguiente tabla:

Método	Error estándar de la media (MPH)	Error de velocidad media absoluta (MPH)	Error de velocidad (MPH)
Etiqueta de peaje	0.45	4.87	0.78
Bluetooth	0.46	4.65	0.32
Inrix	0.66	6.52	-2.84

Otras observaciones de los investigadores fueron que los datos de Inrix estaban sesgados hacia la subestimación de las velocidades, y observaron cierta latencia de los datos con los datos de Inrix. La especulación de la causa de la subestimación incluyó la posibilidad de que los datos de Inrix puedan ser más pesados hacia los camiones. El estudio investigó el impacto de los incidentes en los índices de error. Los datos de Inrix y Bluetooth no estaban disponibles para el análisis de incidentes. Basándose en un tamaño de muestra relativamente pequeño, la evaluación de los datos

de las etiquetas de peaje mostró un aumento en el error estándar del error medio y el error medio absoluto de velocidad durante los incidentes.

En resumen, el estudio mostró que los diversos métodos de coche flotante se comparan favorablemente con los datos de la verdad del terreno recopilados a través de vehículos flotantes con un registrador de datos basado en GPS a bordo. Aunque los métodos Toll Tag y Bluetooth mostraron menos errores que los datos Inrix, cabe señalar que este estudio se basó en datos de 2009. Con los rápidos cambios que han ocurrido en esa industria, los resultados pueden no ser representativos de los datos de Inrix hoy en día.

12.5. RESUMEN NR. 5

Título original: Comparación de los tiempos de viaje "loop" y DCF en la red de carreteras de Lille

Título traducido: Una comparación del tiempo de viaje basada en los "bucles" y la DGF en la red de carreteras de la zona de Lille

Autor: Cohen S. et al.

Fecha de publicación: 2017

Resumido por: Jacques Ehrlich

El propósito de esta investigación fue comparar los tiempos de viaje de los datos del bucle y de los datos de los vagones flotantes (FCD) para estudiar su compatibilidad en la red North DIR. El estudio se ha realizado en los tramos de la autopista A25, en dirección a Lille Dunkerque. Los tiempos de viaje estimados por minuto del sistema Allegro, basados en las mediciones de las estaciones de bucle electromagnético, se compararon con los medidos por la tecnología FCD y proporcionados por el operador Autoroute Traffic.

12.5.1. Tiempo de desplazamiento (TT) de los bucles magnéticos

Los tiempos de viaje se determinan a partir de las mediciones básicas de velocidad de las estaciones de bucle electromagnético. Se calculan sobre una base de 3 minutos y se suavizan cada minuto. La velocidad V medida por una estación se asocia a un arco de longitud L_a . Permite determinar el tiempo de recorrido TT_a en el arco donde $TT_a = L_a/V$. En una trayectoria constituida por una serie de arcos consecutivos (a_i), el tiempo de recorrido TT_{trip} se deduce por $TT_{trip} = \sum L_{a_i}/V_i$ con la suma que se extiende al conjunto de arcos.

12.5.2. Tiempo de viaje desde la FCD

La DGF se obtuvo del operador *Autoroute Traffic*. La información básica se recoge en tiempo real de las flotas de vehículos equipados con diversos sistemas de asistencia a la conducción (sistemas GPS, teléfonos móviles, etc.). La información básica recopilada incluye la velocidad, ubicación y dirección de cada vehículo en un momento y fecha específicos. Posteriormente, el procesamiento estadístico permite calcular el tiempo de viaje de un TT_{fcd} en un viaje determinado. Estos tiempos de viaje se agregan sobre una base de 3 minutos y se suavizan cada minuto. Se calculan por separado para las dos categorías de vehículos ligeros y pesados.

Con los datos de la DGF, el operador también proporciona indicadores útiles. Ésto incluye un índice de fiabilidad de los datos (expresado en %) y un identificador que especifique el número de

vehículos de la DGF, ligeros o pesados, utilizados para calcular el TT_{fcd} durante la fase temporal considerada.

12.5.3. Principales resultados

La comparación abarcó viajes de duración variable (entre 2,5 y 15 km aproximadamente) durante el mes de junio de 2014. Para la comparación, la DGF se clasificó en función de las condiciones meteorológicas, el tipo de día (sábados, domingos, días laborables), la hora del día (horas valle, horas punta) y la categoría de vehículos, vehículos ligeros o pesados. Los principales resultados son los siguientes:

- Los tiempos de recorrido en los métodos de bucle y de FCD son similares;
- Los tiempos de viaje de los vehículos ligeros de la DGF son sistemáticamente inferiores a los estimados en los circuitos de todas las categorías (28). En días laborables, la diferencia relativa media es de alrededor del 11% para todo el día, con una desviación estándar del 6%. El domingo, la diferencia relativa media se sitúa en torno al 9%.

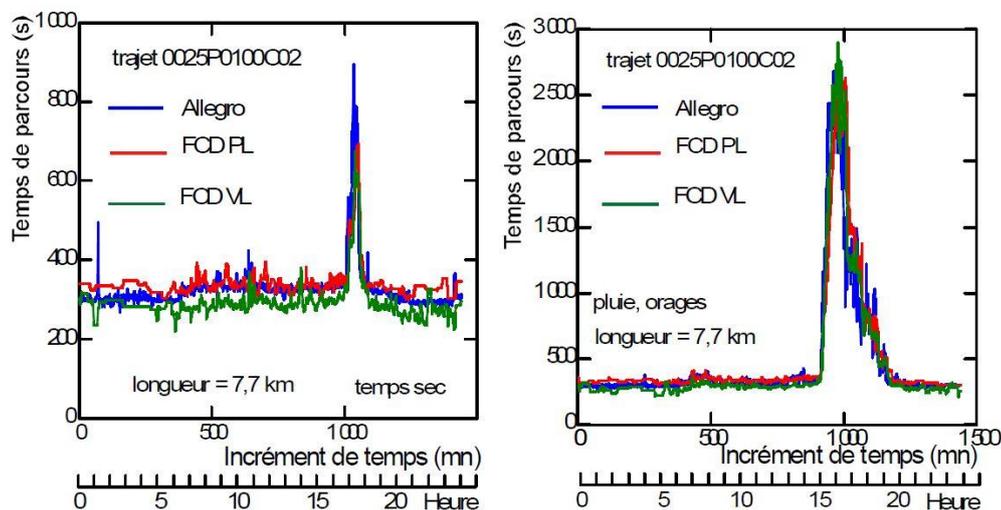
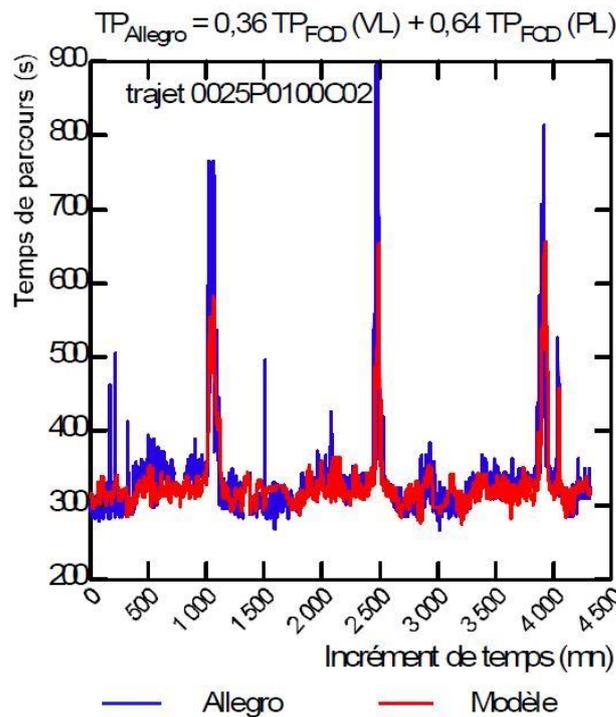


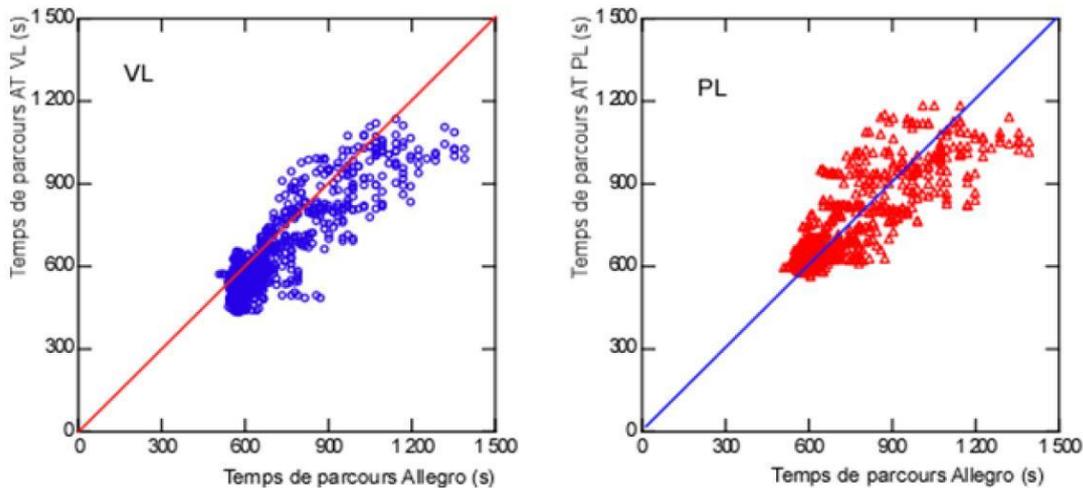
Ilustración 26 - Comparación de los vehículos ligeros (VL) y pesados (PL) entre los bucles magnéticos y la DGF

- Los tiempos de viaje de la DGF para los vehículos pesados se acercan más a los medidos a partir de los bucles de la mayoría de las categorías. En días laborables, la diferencia relativa promedio es de alrededor del -5% para todo el día, con una desviación estándar del 6%. Sin embargo, los valores de la DGF para vehículos pesados parecen menos fiables los domingos.
- Es posible calibrar una combinación lineal óptima de los tiempos de desplazamiento de la DGF de los vehículos ligeros y pesados que mejor se aproxime a los tiempos de desplazamiento derivados de los datos del bucle. Los pesos óptimos para esta combinación son típicos de la red tratada. En la autopista A25 en días laborables, la diferencia relativa media es inferior al 0,5%, con una desviación estándar del 6% (29).



27 - Comparación del tiempo de viaje después de la ponderación

- Los tiempos de desplazamiento medidos a partir de los datos de la DGF y del bucle están bien correlacionados. Las formulaciones analíticas como $TT_{loop} = a \cdot TT_{fcd}$ han sido calibradas en los disparos realizados en A25. Son estables en trayectos de longitud variable. Demuestran que los tiempos de viaje detectados por bucle y por la DGF son comparables (30).



28 - Correlación entre Tt_{loop} y a) TT_{fcd} (vehículos ligeros) b) TT_{fcd} (vehículos pesados)

12.5.4. Conclusión

A reserva de los estudios de calibración fina, las conclusiones de este estudio experimental sobre la A25 deberían ampliarse a otras redes de autopistas. Por lo tanto, parece razonable considerar la explotación de partes de una red de autopistas parcialmente equipada utilizando únicamente datos de la DGF.

13. Mejores prácticas y recomendaciones

13.1. RECOMENDACIONES PARA LOS PROFESIONALES

Recommendation n°1: *Promover soluciones mixtas.*

Como se señala en el informe, el enfoque convencional y el enfoque de bajo costo no son opuestos, sino complementarios. A menudo las debilidades de uno pueden ser compensadas por la fuerza del otro.

Recomendamos utilizar sinergias "alto costo - bajo costo" para aprovechar mejor cada enfoque.

Por supuesto, esta combinación debe tener en cuenta las especificaciones del servicio para definir las ponderaciones dadas a cada solución (véase la Recommendation n°2).

Recommendation n°2: *Explicitar las restricciones asociadas a los servicios.*

Dado que cada solución tiene sus puntos fuertes y sus puntos débiles, es muy importante tener una idea clara de todas las limitaciones del servicio que se está desplegando. A menudo, las limitaciones guiarán la elección entre una solución técnica tradicional o de bajo costo. Para cada servicio, es necesario al menos definir:

- El nivel de criticidad,
- El nivel necesario de continuidad del servicio,
- La precisión y latencia requeridas,
- La tasa de falsos positivos (FP) o verdaderos negativos (TN) para los sistemas de detección de eventos,
- La cobertura de red requerida (por ejemplo, en una ubicación determinada o continua a distancia, etc.),
- Y cualquier otra limitación relacionada con los recursos y la organización necesarios para implementar y mantener el servicio a los niveles requeridos, incluyendo la capacidad de evolucionarlos para satisfacer necesidades futuras.

Recommendation n°3: *Integración de servicios en un arquitectura marco*

La reutilización de los recursos existentes es un factor de reducción de costos. Por ejemplo, una cámara de detección de incidentes puede ser reutilizada para la detección de lluvia o niebla. Para facilitar la reutilización de los recursos se recomienda integrar los servicios, desde la fase de diseño, en una arquitectura de marco (ejemplo FRAME en Europa) que favorezca el uso unificado de la interfaz.

Recommendation n°4: *Promover la computación en nube*

Los centros de back office, que procesan los datos brutos para la prestación de servicios, constituyen un nodo vulnerable en el sistema de la misma manera que los equipos de carretera desde la perspectiva de eventos como los desastres naturales. El procesamiento de datos en arquitecturas distribuidas, como las arquitecturas de "cloud computing", permite redistribuir los procesos realizados en las partes dañadas de la informática a las partes que han permanecido intactas. Recomendamos su uso²⁸.

²⁸ Dependiendo del costo de los recursos de computación en nube, el uso podría restringirse sólo a la parte más vulnerable y sensible del procesamiento de datos brutos.

Recommendation n°5: *Promover el patrocinio basado en asociaciones público-privadas*

El intercambio de información sobre los servicios públicos de ITS a través de medios de difusión privados (VMS, Smartphones) y la inclusión de la publicidad en los servicios de ITS son ejemplos de asociaciones público-privadas que pueden reducir los costos de la prestación de servicios de ITS. Recomendamos su uso con algunas advertencias: 1) considerar las regulaciones vigentes en cada país 2) evitar la distracción del conductor en la prestación de servicios 3) considerar el grado de aceptabilidad (con respecto a la publicidad) de los usuarios finales del servicio.

Recommendation n°6: *Promover la interconexión de sistemas*

Ahora vivimos en un mundo conectado: la Internet de las cosas (IoT). Hay miles de sensores tanto en zonas urbanas como rurales que proporcionan información sobre las condiciones meteorológicas y ambientales. Esta información es una fuente de datos que puede ser beneficiosa para el desarrollo de los servicios de ITS. Recomendamos su uso. Esto requiere una arquitectura de sistema que utilice interfaces unificadas e integración de servicios en una arquitectura de marco (Recommendation n°3).

Recommendation n°7: *Promover el uso de interfaces OBD a bordo de los vehículos.*

Como se destaca en este informe, todos los vehículos lanzados en la última década tienen una interfaz de diagnóstico OBD que proporciona datos ricos y precisos que pueden mejorar en gran medida la calidad de los servicios ITS basados en vehículos flotantes. Esta interfaz, cuando está acoplada por Bluetooth a un smartphone es una solución FCD de bajo costo y muy eficaz. Recomendamos su uso y animamos a los fabricantes de automóviles y a los proveedores de equipos a publicar información para facilitar su uso (reglas de codificación de datos).

Recommendation n°8: *Considerar el uso de normas*

Este informe destaca las cuestiones de la resistencia, la privacidad y la interoperabilidad. La aplicación de normas es la mejor manera de abordar estas limitaciones inevitables. Recomendamos que se consideren sistemáticamente las normas en el desarrollo y despliegue de los servicios de ITS. Con la excepción del uso de los teléfonos inteligentes, estas normas están aún en fase de desarrollo. Por lo tanto, es necesario revisar los últimos avances en este ámbito.

13.2. RECOMENDACIONES PARA EL SECTOR DE LA INVESTIGACIÓN

Recommendation n°9: *Facilitar la investigación poniendo los datos a disposición de los investigadores*

Se necesitan datos representativos de situaciones reales para realizar estudios sobre el desempeño de los servicios de bajo costo y para realizar comparaciones con los enfoques convencionales. En la etapa de diseño del servicio, recomendamos que los profesionales planifiquen registrar datos anónimos para este propósito. En la fase de prueba, recomendamos que los datos se archiven en bases de datos y se pongan gratuitamente a disposición de la comunidad investigadora (posiblemente en el marco del MdE²⁹).

Recommendation n°10: *Definir casos de uso realistas*

²⁹ Mémorandum de entendimiento

Esta recomendación es complementaria a la anterior. Para que los datos sean útiles para los investigadores, los escenarios de prueba utilizados para crearlos deben ser representativos de situaciones reales. Recomendamos definir los casos de uso durante el desarrollo de las especificaciones del servicio y recomendamos su revisión (véase Recommendation n°9) tantas veces como sea necesario durante la fase de prueba.

Recommendation n°11: Caracterizar el rendimiento de los sensores

Recomendamos fomentar las acciones de investigación para caracterizar el rendimiento de los sensores (alcance, precisión, fiabilidad, etc.), tanto si están integrados en sistemas nómadas (como las aplicaciones Smartphone) como si están integrados en los vehículos y son accesibles a través de la interfaz OBD.

Recommendation n°12: Definir nuevos indicadores clave de rendimiento (KPI) para el análisis comparativo

Recomendamos desarrollar y utilizar un marco de investigación científica para estimar la precisión de los resultados. Este marco debería considerar la calidad de los datos brutos proporcionados por los sensores (véase la Recommendation n°11), la frecuencia de muestreo, el índice de penetración de los vehículos equipados, la frecuencia de transmisión de datos a los centros de gestión, el tipo de algoritmos de agregación y fusión de datos utilizados para los datos que se intercambian entre vehículos o que proceden de otra fuente (por ejemplo, los datos de las estaciones meteorológicas situadas en carretera).

14. Conclusión

En este informe, investigamos el desarrollo y los diferentes aspectos de las soluciones ITS de bajo costo. Parece que proporcionar una definición formal e inequívoca de ICL es una tarea imposible; en el mejor de los casos, sólo se puede abordar esta definición porque la frontera entre los enfoques tradicionales y los de bajo costo no está tan clara.

Una primera dificultad proviene del hecho de que, en términos de costos, es necesario especificar quién es responsable de ellos. Una solución puede ser de bajo costo para las partes interesadas que operan un servicio o para el usuario final que se beneficia de él. Para los operadores, cualquier solución destinada a reducir la inversión en infraestructura, el mantenimiento y los costos de explotación se traduce en un ahorro de costos. Para el usuario de la carretera, el costo incluye tanto la inversión y el mantenimiento del equipamiento de su vehículo y/o su Smartphone como la suscripción al servicio cuando el servicio no es gratuito.

Pero como hemos visto, reducir los ITS de bajo costo a una simple cuestión de reducción de costos de infraestructura es exclusivamente técnico y excesivamente simplista. De hecho, los costos dependen de muchos factores y sus respectivos pesos son difíciles de evaluar:

1. La infraestructura: como ya se ha mencionado, la reducción de los equipos de infraestructura, ya sea para la recogida de datos (bucles magnéticos, cámaras, otros sensores) o para su distribución (señales de mensaje variable), representa una reducción significativa de los costos.
2. El back office: aquí es donde se procesan los datos en bruto para proporcionar un servicio. Se trata de un elemento esencial e inevitable sea cual sea el enfoque previsto (tradicional o de bajo costo).
3. Transmisión de datos: Independientemente del enfoque utilizado, los datos recogidos deben ser transmitidos bidireccionalmente desde la infraestructura o vehículos al centro de procesamiento de datos y desde el centro a la infraestructura y/o vehículos para la prestación del servicio. Las soluciones basadas en smartphones 3G / 4G en comparación con las basadas en DSRC o su equivalente europeo, el ITS G5, son obviamente más económicas tanto para los operadores de carreteras como para los usuarios finales, ya que no requieren una plataforma de comunicación específica. Obviamente, el uso del Smartphone se basa en una suscripción pagada por el usuario, pero el costo incremental relacionado con los servicios ITS es muy probablemente insignificante.
4. El modelo organizacional: la organización de los grupos de interés involucrados en la prestación del servicio, así como la cadena de valor subyacente, es también un factor que influye en el costo. La posible agregación entre actores para simplificar la cadena puede reducir los costos[7].
5. El modelo de negocio: la introducción de patrocinios o asociaciones público-privadas permite recaudar fondos que, en última instancia, ayudan a reducir costos incluso para los enfoques convencionales. Un ejemplo es el uso de VMS tanto para compartir la información de servicios relacionados con ITS como para la publicidad. Sin embargo, en algunos países, la aceptabilidad social de este tipo de enfoque puede ser baja.
6. Compartir y reutilizar los recursos: en los países con infraestructura vial existente, puede ser posible desplegar nuevos servicios a un costo más bajo mediante la reutilización de estas instalaciones. Véase el caso de estudio sobre la reutilización de las cámaras automáticas de detección de incidentes para la recogida de datos meteorológicos. Sin embargo, en términos generales, el intercambio y la reutilización de recursos presupone

que la integración de los servicios se realiza de acuerdo con las especificaciones de una arquitectura marco.

Más allá de las cuestiones puramente técnicas o económicas, los profesionales necesitan considerar otros aspectos que fueron investigados en este informe, incluyendo la continuidad del servicio, la calidad del servicio y la resiliencia antes de tomar una decisión.

En cuanto a la continuidad del servicio, las soluciones basadas exclusivamente en vehículos flotantes (FCD) o Smartphones son frágiles, ya que en ausencia de un vehículo (o si la tasa de FCD es demasiado baja) el servicio ya no está disponible. Esto puede llevar a excluir esta solución para servicios altamente críticos. Por ejemplo, incluso si la detección de niebla localizada en vehículos flotantes es una solución muy prometedora, puede ser más ventajoso instalar un detector al borde de la carretera en un punto donde la niebla aparece de forma recurrente, si se requiere una tasa de detección del 100% independientemente del nivel de tránsito.

En cuanto a la calidad del servicio, los estudios comparativos son escasos, pero existen. Estos estudios se refieren principalmente a los servicios de información sobre el tránsito (tiempo de viaje, congestión). Demuestran que las prestaciones son bastante comparables a las de los enfoques convencionales, siempre que el índice de penetración de los vehículos flotantes se sitúe entre el 10 y el 15%, lo que casi siempre ocurre en las redes urbanas y suburbanas y en las autopistas o carreteras principales con tránsito intenso. Por el contrario, la eficiencia queda por demostrar en la red rural con bajos volúmenes de tránsito.

En cuanto a la resiliencia, hicimos la distinción entre resistencia a la degradación de los componentes del sistema y resistencia a los ciberataques. En cuanto a la primera, las soluciones de bajo costo basadas en vehículos flotantes que permiten reducir o eliminar los equipos de carretera son obviamente una mejora. Cabe señalar, sin embargo, que el back office -que también es vulnerable- es esencial en cualquiera de los dos enfoques. Por ejemplo, la destrucción de un centro de tránsito debido a un desastre natural puede resultar en la terminación del servicio. El uso de sistemas de computación distribuidos como el "cloud computing" es una buena solución para gestionar este riesgo. La infraestructura de comunicaciones basada en redes celulares (3G/4G) parece ser más resistente a las catástrofes naturales (o al menos más fácil de reparar en caso de emergencia) que las basadas en DSRC/ITS G5. Sin embargo, con respecto a la resistencia al ciberataque, a menudo ocurre lo contrario. Las soluciones basadas en enfoques convencionales se basan generalmente en normas que incorporan cada vez más contramedidas para resistir a diferentes tipos de ciberataques. Por el contrario, los enfoques de bajo costo y, más específicamente, los servicios prestados a través de las aplicaciones para teléfonos inteligentes, generalmente ofrecen poca o ninguna garantía de resistencia a los ciberataques. Por lo tanto, es mejor reservarlas para servicios no críticos.

Esto plantea la cuestión de las normas. La aplicación de las normas debe ser una preocupación constante para los profesionales. En este informe se investigaron a fondo las normas, incluidas las que protegen la privacidad, mejoran la resistencia a los ciberataques, garantizan la calidad del servicio y promueven la interoperabilidad.

En el presente informe también se examinó la complementariedad de los enfoques convencional y de bajo costo. El estudio de caso de Médiamobile (servicio V-Traffic) demuestra la importancia de utilizar sinergias entre los enfoques convencionales y los basados en vehículos flotantes. Esta

sinergia permite superar las debilidades de los diferentes enfoques mencionados anteriormente. Por lo tanto, corresponde a los profesionales encontrar el mejor equilibrio entre estos enfoques en función de los requisitos impuestos al servicio que deben desplegar. Esperamos que este informe pueda ayudar a tomar la mejor decisión.

Por último, nos encontramos en el inicio de la implantación de servicios basados en enfoques de bajo costo. Hasta ahora, casi todas las aplicaciones basadas en vehículos flotantes se centran en la información de tránsito y en la detección de incidentes, accidentes y congestiones. Sin embargo, como se muestra en el informe, los servicios basados en datos de automóviles flotantes están cada vez más disponibles y pronto aparecerán nuevos servicios. La aplicación de algunas de ellas ni siquiera podía considerarse mediante enfoques convencionales. Sin embargo, todos ellos contribuirán a que la carretera sea más segura y eficiente.

Además, nos gustaría proponer una última recomendación: siempre que la solución de bajo costo no comprometa la calidad del servicio, la disponibilidad, la resiliencia y todos los demás criterios revisados en este informe, esta solución debería ser preferible a cualquier otra solución. Como se mencionó anteriormente, sólo estamos al principio de las aplicaciones basadas en tecnologías de bajo costo. El enfoque es prometedor y es muy probable que los nuevos servicios que antes eran impensables se implementen a bajos costos adicionales. Ambos, LMIC y HIC, se beneficiarán de ello.

15. RESÚMENES DE ESTUDIOS DE CASO

15.1. VAO - AVISOS SOBRE EL TRÁNSITO EN AUSTRIA

Autor: Dieter Hintenaus (Austria)

Las herramientas de planificación de viajes multimodales han estado en la agenda europea durante varios años. Austria adoptó el enfoque de desarrollar una plataforma denominada VAO ("Traffic information Austria"): una plataforma intermodal de información sobre el tránsito a escala nacional que integra información sobre el tránsito aprobada para todos los modos de transporte (incluidos la carretera, el ferrocarril, la bicicleta y la marcha a pie) proporcionada por los principales proveedores de infraestructuras de tránsito y servicios de tránsito. En el caso de la información sobre el transporte público, esta información se basa incluso en datos en tiempo real (incluidos los retrasos, etc.) de varios operadores. VAO ha implementado con éxito una aplicación de enrutamiento intermodal de alta calidad que es utilizada por socios y clientes de negocio a negocio (B2B) para crear potentes aplicaciones de usuario final.

VAO es una cooperación de los principales proveedores de infraestructura de tránsito, información de tránsito y transporte de Austria. Ha sido diseñado para ser extensible y su plena funcionalidad se logró en 2014.

15.2. DETECCIÓN AUTOMÁTICA DEL CLIMA MEDIANTE CCTV...

Título completo: Detección automática del clima utilizando imágenes de video CCTV para la discriminación de las condiciones de conducción en la Autopista de Corea

Autor: Namkoong Seong J. (Corea del Sur)

Yungdong Expressway, una de las autopistas coreanas con una longitud total de 234 km, conecta Seúl, la capital de Corea del Sur, con las ciudades del este del país. Debido a que se construye a través de una región montañosa, las condiciones climáticas de la carretera pueden ser muy volubles. Con la proximidad de los Juegos Olímpicos de Invierno de Pyeongchang en enero de 2018, la seguridad vial es ahora más importante que nunca para el COI y el gobierno coreano. Un sistema de notificación en tiempo real que alerte a los conductores de las condiciones meteorológicas actuales es útil pero limitado debido a las implicaciones financieras que se derivan de la instalación de AWS en las carreteras. Por lo tanto, hemos establecido un sistema que utiliza videocámaras de monitoreo CCTV preinstaladas para observar e informar sobre el tiempo.

Los informes meteorológicos proporcionados actualmente por la Administración Meteorológica de Corea (KMA) cubren las condiciones meteorológicas de regiones concretas. Como resultado, los informes actuales incluyen la observación no sólo de las áreas densamente pobladas más afectadas por cambios climáticos peligrosos, sino también de las áreas que son irrelevantes para las condiciones climáticas que se reportan. Esta tecnología informa de las condiciones meteorológicas utilizando carreteras (unidades lineales) como unidades básicas de observación meteorológica, en lugar de zonas. Para un monitoreo más efectivo, se recomienda instalar sistemas meteorológicos automáticos (AWS) en las carreteras a intervalos de dos kilómetros, a menos que la instalación masiva de AWS sea financieramente imposible.

Este artículo propone la tecnología de detección meteorológica mediante sistemas de vídeovigilancia ya instalados en las carreteras. Los sistemas de vídeovigilancia forman parte de la infraestructura existente en varios lugares, y muchos países tienen previsto ampliar las instalaciones de vigilancia del tránsito en el futuro. Recientemente, los sistemas de vídeovigilancia pueden considerarse "inteligentes", ya que ya disponen de tecnología de tratamiento de imágenes y de funciones de multivigilancia (es decir, recogida de información sobre el tránsito, detección de incidentes, detección meteorológica, etc.). Por lo tanto, no se necesitan nuevas inversiones en equipos para el monitoreo, lo que hace que esta tecnología sea muy rentable. Los CCTVs inteligentes, que han estado operando durante mucho tiempo, recogen una gran cantidad de datos, que pueden ser analizados y utilizados para pronosticar información para una ubicación específica - por ejemplo, análisis de patrones semanales o mensuales de información de tránsito, análisis de incidentes, pronósticos meteorológicos, etc. Intentamos mejorar la seguridad vial con un sistema de videovigilancia inteligente.

15.3. SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE SEÑAL DE LOS OPERADORES DE TELEFONÍA MÓVIL REDES GSM

Autor: Ščerba Marek (República Checa)

Rodos Crisis Management (RCM) recopila y analiza datos anónimos de los usuarios sobre la distribución de los teléfonos móviles y sus movimientos en la red móvil casi en tiempo real. El flujo de datos de señalización se computa en capas de datos geoestadísticos que incluyen información sobre la concentración de personas y sus orígenes. Los cálculos resultantes se muestran en un mapa de alta resolución de las personas actualmente presentes, incluyendo las siguientes características:

Interfaz especial de SW que soporta el desarrollo de un SIG que muestra la distribución actual de la población y la capacidad de realizar consultas estructuradas relacionadas con la localización y cuantificación de los viajes realizados por varios grupos de población dentro de la República Checa. Los datos de salida que describen la distribución actual de la población en un área contienen los siguientes parámetros: 1) imagen actual de la distribución de los ciudadanos presentes en una zona, 2) análisis on-line de los ciudadanos presentes según su zona de residencia en una resolución correspondiente a unidades territoriales elementales para los ciudadanos locales y de forma agregada para los visitantes.

15.4. PLATAFORMA DEL PROGRAMA DE CIUDADANOS CONECTADOS (CCP)...

Título completo: La plataforma del programa de ciudadanos conectados (CCP) como una herramienta de valor agregado para el intercambio de datos de tránsito entre Waze y las autoridades de carreteras de todo el mundo.

Autor: Jelisejevs Boris (Letonia)

El CCP es una asociación en curso (inicialmente lanzada a finales de 2014) entre Waze y varias autoridades de carreteras públicas para compartir datos sobre incidentes y cierres de carreteras. En la actualidad, más de 50 socios públicos se han unido a la CCP en todo el mundo. Dentro del PCC, Waze proporciona información en tiempo real, anónima, sobre incidentes y congestiones directamente de los conductores (usuarios de Waze). Los socios públicos proporcionan información en tiempo real y por adelantado sobre su construcción, accidentes y cierres de carreteras. El PCC es especialmente eficaz en áreas donde Waze es popular y sus usuarios proporcionan una cobertura

densa de sondas en tiempo real para describir patrones de tránsito y dar retroalimentación directa sobre los problemas de tránsito encontrados en un viaje. Los datos agregados de Waze se pueden utilizar tanto para tareas de planificación como de gestión en tiempo real. Ya existen muchos estudios de casos específicos (distintivos) dentro de la ECC. Por ejemplo, Letonia lo utiliza para compartir las alertas directas de los conductores con los usuarios de Waze. La ECC es un ejemplo práctico de una asociación público-privada en ITS para alcanzar un mayor uso de datos en la sociedad, evitando al mismo tiempo inversiones excesivas.

15.5. PROYECTO JAPONÉS C-ITS "ETC2.0 MULTI-APLICACIÓN" USANDO DSRC DE 5.8GHZ

Autor: Makino H. (Japón)

En 2014, Japón introdujo la ETC2.0 OBU que se desarrolló como iniciativa cooperativa ITS V2I. Emplea un sistema de comunicación DSRC de 5.8GHz que permite una comunicación de alta velocidad y gran capacidad entre los vehículos y la infraestructura. El ETC2.0 OBU también permite recopilar datos de sondeo sobre los tiempos de viaje y el comportamiento mediante el uso de funciones GPS, además de aplicaciones básicas como el cobro electrónico de peaje (ETC), la provisión de información de conducción segura y la guía dinámica de rutas. Desde agosto de 2016, un millón de vehículos han sido equipados con ETC2.0.

Al considerar una estrategia de despliegue del sistema cooperativo V2I, los administradores de carreteras deben iniciar primero el desarrollo de la infraestructura vial (por ejemplo, unidades a lo largo de la carretera). Entonces, los costos de operación y mantenimiento pueden ser cubiertos usando los ingresos del peaje. Además, es eficaz difundir entre los usuarios de la carretera las unidades de a bordo con descuentos de peaje, aprovechando los menores costos de cobro de peajes.

La OBU ETC2.0 tiene una comunicación segura basada en la plataforma de seguridad DSRC, y utiliza una interfaz de aplicación básica que combina numerosas funciones comunes, permitiendo el uso de varios servicios ITS. Por lo tanto, el ETC2.0 OBU puede proporcionar varias aplicaciones tales como la Recolección Electrónica del Cobro de Peaje (ETC), la entrega de información al viajero a los vehículos y la recolección de datos de sondas a bajo costo. En la actualidad, se están desarrollando nuevas aplicaciones para la explotación de mercancías y la gestión del tránsito de vehículos pesados por parte de los administradores de carreteras, que tienen ventajas adicionales para la gestión de las carreteras. Discutiremos esos estudios de caso en el documento completo.

15.6. RED NACIONAL DE TELEPEAJE DE AUTOPISTAS (ETC)

Autor: Bin Li (China)

Desde que se construyó la primera autopista en 1995, China ha seguido desarrollando rápidamente un sistema completo de autopistas, con el requisito legal de cobro de peajes en este sistema de acceso limitado. Con el continuo desarrollo socio-económico creando más demanda de transporte, comenzó a aparecer un problema significativo con la baja eficiencia del peaje manual. Para resolver este problema, China comenzó en el año 2000 a investigar y desarrollar el sistema de peaje electrónico de doble chip (ETC), que se implementó en la mayoría de las provincias en pocos años. Entre 2007 y 2012, con la aplicación de un sistema de normas uniformes, se llevaron a cabo demostraciones sobre las operaciones de creación de redes de ETC entre provincias en la zona de

Beijing-Tianjin-Hebei y en la zona del delta del río Yangtze. En 2015, China finalizó la implementación de una operación de red nacional de ETC, lo que significa que los usuarios de ETC pueden viajar por todo el sistema de autopistas sin tener que detenerse a utilizar una sola tarjeta de ETC. Esto tiene un aumento significativo de usuarios de ETC. A finales de 2016, el número total de usuarios del ETC superaba los 35.000.000.

15.7. ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE CON TECNOLOGÍA BLUETOOTH

Autor: Hamid Torfehnejad (Irán)

La RMTO (Road Maintenance & Transportation Organization) ha implementado un proyecto para estimar el tiempo de viaje (TT) en las carreteras interurbanas. En este proyecto hemos instalado algunas unidades a pie de carretera para recoger las direcciones MAC (SPMA) de los smartphones. Estas unidades recogerán el SPMA de cada dispositivo dentro de los vehículos con Bluetooth activado. Las unidades laterales de carretera SPMA se instalan en 2 puntos con suficiente distancia entre sí. Los datos se recogerán en un centro y se utilizarán para calcular el tiempo entre los dos puntos de recogida. Como conocemos la distancia exacta y el tiempo calculado entre dos puntos, podemos calcular el tiempo de viaje de cada vehículo. Al promediar el tiempo de viaje para un número apropiado de vehículos, podemos estimar el tiempo de viaje entre los dos puntos mencionados. Este proyecto ha demostrado que un índice de penetración de aproximadamente el 7% de los vehículos con dispositivos Bluetooth activos es suficiente para calcular el tiempo medio de viaje.

Los conductores que se encuentren antes del primer punto de recogida de datos en la carretera serán informados del TT mediante un mensaje de mensaje variable (VMS).

Este es un ejemplo de implementación de ITS de bajo costo porque no pagamos ningún costo por los teléfonos inteligentes. Los teléfonos inteligentes pertenecen a las personas que utilizan las carreteras y son los principales objetos para producir los datos de los sensores de los vehículos. Sólo recopilamos los datos utilizando algunas unidades de carretera con un receptor Bluetooth. No rastreamos información específica sobre la ubicación de teléfonos inteligentes a través de la red de BTS, ya que tenemos restricciones gubernamentales sobre la recopilación de este tipo de información.

En el texto completo de la propuesta de estudio de caso, compararemos el costo de implementación de este método con algunos otros métodos más antiguos para la estimación del TT y tendremos más discusión sobre el costo y los beneficios.

15.8. SUMINISTRO DE INFORMACIÓN SOBRE EL TRÁNSITO A TRAVÉS DE ASOCIACIONES ENTRE EL SECTOR PÚBLICO Y EL PRIVADO

Autor: Hidenori Yoshida, (Japón)

Una empresa japonesa de software de terminales móviles de información y fabricante de tableros de información vial estableció una empresa con un propósito específico (SPC) para proporcionar información sobre la congestión del tránsito a través de un modelo de asociación público-privada (PPP) mediante la contratación con la administración de carreteras para la operación de equipos ITS.

En este sistema, los administradores de carreteras pueden proporcionar a los usuarios información sobre el trabajo en la carretera, la congestión, etc. en carteles de mensajes variables (VMS). Recopilan datos de tránsito vial en áreas urbanas utilizando contadores de tránsito con videocámaras, los analizan y proporcionan información de congestión por VMS. Para cubrir los costos de operación y mantenimiento, el operador muestra la publicidad de los patrocinadores en la mitad del VMS a través del PPP. Como actividad de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), el espacio para la publicidad se utiliza a veces con fines de mensajes públicos, como los mensajes para mejorar los modales de conducción.

15.9. GESTIÓN DE MERCANCÍAS/TRANSPORTE PÚBLICO....

Título completo: Gestión del transporte de mercancías/transporte público mediante la adición de valor a los sistemas/marcos existentes.

Autor: Hidenori Yoshida, Asuza Goto (Japón)

Este estudio de caso resume el ejemplo de un enfoque de bajo costo para agregar servicios adicionales a un servicio existente de gestión de transporte de carga/transporte público. Este enfoque es de bajo costo en la medida en que hace uso de los sistemas/marcos existentes (por ejemplo, infraestructura, regulaciones, redes de comunicación) para proporcionar nuevos servicios.

Por ejemplo, en Tailandia, el gobierno exige a los operadores de autobuses y camiones que instalen un sistema de seguimiento GPS a bordo. Un proveedor de servicios japonés desarrolló un sistema que añade varias aplicaciones que utilizan la telemática para la comunicación en tiempo real y un tacógrafo digital a bordo. Este sistema promueve una operación más eficiente del camión al apoyar la conducción segura, evita el robo de combustible por parte de los conductores que utilizan sensores de superficie de líquido en el tanque de combustible, etc. Estas aplicaciones permiten a los operadores de camiones reducir los costos lo suficiente para cubrir los costos iniciales y los costos de mantenimiento. Además, al compartir los datos de las sondas con otras empresas, se puede obtener una información de tránsito más completa sin costo adicional. En Japón, se realizaron pruebas operativas de campo para un servicio de gestión logística, proporcionando a las empresas privadas los datos del ETC2.0. El MLIT recopila originalmente estos datos para la gestión de carreteras. Este servicio es otro caso que utiliza un marco de trabajo existente para la recopilación de datos de sondeo para desarrollar aplicaciones adicionales.

16. Apéndices

16.1. APÉNDICE A - ENCUESTA PARA EVALUAR LA MADUREZ DE LOS SERVICIOS DE LCI BASADOS EN LA FCD

Los servicios de ITS de bajo costo se basan principalmente en los datos recogidos a partir de los datos de los automóviles flotantes (FCD). El objetivo de esta encuesta es evaluar el nivel de madurez de una lista de servicios posiblemente basada en la DGF. Para cada uno de los servicios presentados en la siguiente lista, se pide a los participantes en la encuesta que evalúen y califiquen el nivel de madurez en el rango de 1 a 3 (teniendo en cuenta la situación en su país):

- La tarifa 1 significa: el servicio está completamente maduro y se encuentra actualmente en uso generalizado.
- Tasa 2 significa: el servicio tiene un uso/prueba limitados y/o es posible desplegarlo de forma más amplia en los próximos cinco años.
- La tarifa 3 significa: el servicio será posible más de cinco años en el futuro.

16.1.1. ¿Quiénes participaron?

Tabla 11 resumen de los participantes y su origen.

<i>País</i>	<i>Número de participantes</i>	<i>Clasificación del Banco Mundial</i>
Francia	2	HIE ³⁰
Bélgica	1	HIE
EE.UU.	1	HIE
Japón	1	HIE
Corea	1	HIE
Alemania	1	HIE
República Checa	2	HIE
Austria	1	HIE
Lituania	1	HIE
Irán	1	UMIE ³¹
México	5	UMIE
Malasia	1	UMIE

Tabla 11 - Participante de la encuesta y su origen

³⁰ HIE = Economías de altos ingresos (\$12,236 o más)

³¹ UMIE = Economías de renta media-alta (de 3.956 a 12.235 dólares)

16.1.2. Posible sesgo

El sesgo es posible debido a:

- el pequeño número de participantes,
- la sobrerrepresentación de México,
- baja representación de los países de ingresos bajos y medios.

Sin embargo, un simple análisis cualitativo no mostró diferencias relevantes en la respuesta de los países de la UMIE en comparación con los países HIE.

16.1.3. Análisis gráfico de respuestas

muestra la tarifa asignada por el participante a los distintos servicios propuestos. La barra azul clasifica el nivel 1, mientras que las barras naranja y gris clasifican el nivel 2 y el nivel 3, respectivamente.

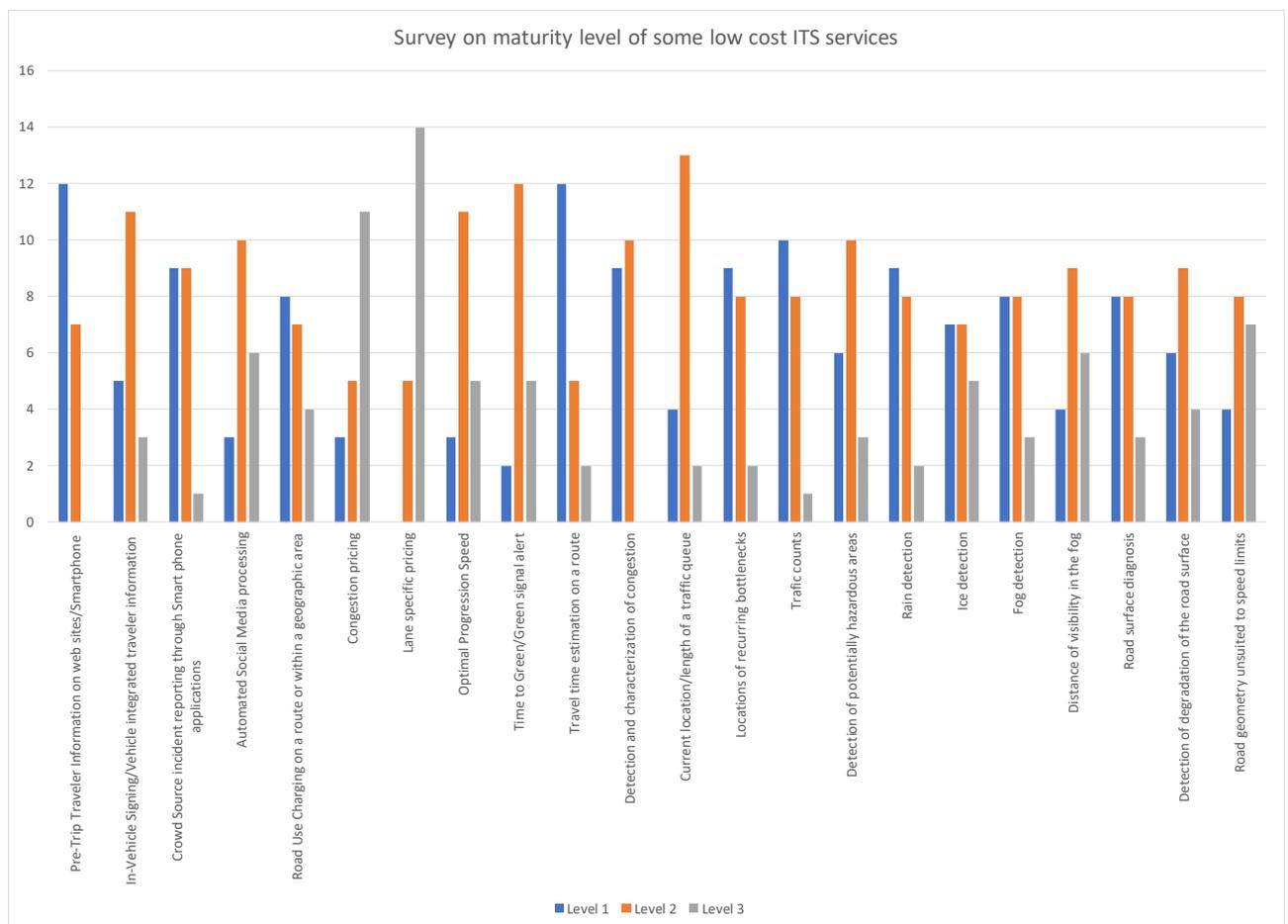


Ilustración 29 - Representación gráfica de las respuestas al cuestionario

16.1.4. Selección del nivel de madurez más representativo

Para cada servicio seleccionamos el nivel de madurez que recibió el número máximo de votos y luego:

- Si el número de votos era mayor o igual al 50% del total de votos, entonces consideramos que era el nivel de madurez más representativo.

- Si el número de votos era inferior al 50% del total de votos, entonces consideramos que el nivel de madurez estaba entre el nivel que recibió el número máximo de votos y el nivel que recibió el número de votos inmediatamente inferior a este máximo.

Esto se resume en la Cuadro 12:

<i>Servicios ITS de bajo costo</i>	<i>Nivel 1</i>	<i>Nivel 2</i>	<i>Nivel 3</i>	<i>Máx</i>	<i>máx.</i>	<i>Vencimiento</i>
Información para el viajero antes del viaje en los sitios web o en el Smartphone	12	7	0	12	63%	1
Señalización en el vehículo/Información al viajero integrada en el vehículo	5	11	3	11	58%	2
Reporte de incidentes de Crowd Source a través de aplicaciones de teléfonos inteligentes	9	9	1	9	47%	1,2
Procesamiento automatizado de medios sociales	3	10	6	10	53%	2
Cobro por uso de carreteras en una ruta o dentro de un área geográfica	8	7	4	8	42%	1,2
Tarifas de congestión	3	5	11	11	58%	3
Precios específicos por carril	0	5	14	14	74%	3
Velocidad de progresión óptima	3	11	5	11	58%	2
Alerta de señalización de Tiempo a Verde/Verde	2	12	5	12	63%	2
Estimación del tiempo de viaje en una ruta	12	5	2	12	63%	1
Detección y caracterización de la congestión	9	10	0	10	53%	2
Ubicación actual/longitud de una cola de tránsito	4	13	2	13	68%	2
Localización de cuellos de botella recurrentes	9	8	2	9	47%	1,2
Recuento de tránsito	10	8	1	10	53%	1
Detección de áreas potencialmente peligrosas	6	10	3	10	53%	2
Detección de lluvia	9	8	2	9	47%	1,2
Detección de hielo	7	7	5	7	37%	1,2
Detección de niebla	8	8	3	8	42%	1,2
Distancia de visibilidad en la niebla	4	9	6	9	47%	2,3
Diagnóstico de la superficie de la carretera	8	8	3	8	42%	1,2
Detección de la degradación de la superficie de la carretera	6	9	4	9	47%	1,2
Geometría de la carretera inadecuada para los límites de velocidad	4	8	7	8	42%	2,3

Cuadro 12 - Votos por servicios y niveles de madurez

16.2. APÉNDICE B - LOS PRINCIPIOS SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD DE LOS DATOS PERSONALES

I. *Principio de limitación de la recogida:*

Debe haber límites a la recogida de datos personales y cualquier dato de este tipo debe obtenerse por medios legales y equitativos y, cuando proceda, con el conocimiento o consentimiento del interesado.

II. *Principio de calidad de datos:*

Los datos personales deben ser pertinentes para los fines para los que han de utilizarse y, en la medida en que sea necesario para esos fines, deben ser exactos, completos y mantenerse actualizados.

III. *Finalidad Principio de especificación:*

Los fines para los que se recogen los datos personales deben especificarse a más tardar en el momento de la recogida de los datos y de su uso posterior limitado al cumplimiento de dichos fines o de otros que no sean incompatibles con los mismos y que se especifiquen en cada cambio de finalidad.

IV. *Principio de limitación de uso:*

Los datos personales no deben divulgarse, ponerse a disposición o utilizarse de otro modo para fines distintos de los especificados de conformidad con [el principio de especificación del propósito], excepto: a) con el consentimiento del interesado, o b) por la autoridad de la ley.

V. *Principio de Salvaguardias de Seguridad:*

Los datos personales deben estar protegidos por medidas de seguridad razonables contra riesgos tales como la pérdida o el acceso no autorizado, la destrucción, el uso, la modificación o la divulgación de datos.

VI. *Principio de apertura:*

Debe existir una política general de apertura sobre la evolución, las prácticas y las políticas en materia de datos personales. Deben existir medios fácilmente disponibles para establecer la existencia y la naturaleza de los datos personales y los principales fines de su utilización, así como la identidad y la residencia habitual del responsable del tratamiento.

VII. *Principio de participación individual:*

Un individuo debe tener el derecho:

- a) obtener de un responsable del tratamiento, o de otro modo, la confirmación de si el responsable del tratamiento dispone o no de datos que le conciernen;
- b) a haberle comunicado los datos que le conciernen en un plazo razonable; a un precio, si lo hubiere, que no sea excesivo; de manera razonable; y en una forma que sea fácilmente inteligible para él;
- c) a ser motivada si se deniega una solicitud formulada en virtud de las letras a) y b), y a poder impugnar dicha denegación; y d) a impugnar los datos que le conciernen y, si la impugnación tiene éxito, a que se borren, rectifiquen, completen o modifiquen los datos.

VIII. *Principio de responsabilidad:*

El responsable del tratamiento debe ser responsable del cumplimiento de las medidas que den efecto a los principios antes mencionados.

16.3. APÉNDICE C - ISO 24100:2010: PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES

Título completo: Principios básicos para la protección de datos personales en los servicios de información sobre vehículos de sondeo

16.3.1. Ámbito de aplicación

Esta Norma Internacional establece las normas básicas que deben observar los proveedores de servicios que manejan datos personales en los servicios de información sobre vehículos de sondeo. Esta Norma Internacional tiene por objeto proteger los datos personales, así como los derechos e intereses intrínsecos de los remitentes de datos de sondeo, es decir, los propietarios y conductores de vehículos equipados con sistemas de sondeo a bordo de vehículos.

16.3.2. Contenido

Prólogo

Introducción

1 Ámbito de aplicación

2 Referencias normativas

3 Términos y definiciones

4 Contexto de privacidad para los sistemas de vehículos flotantes

5 Arquitectura de referencia

6 Datos personales incluidos en los sistemas de vehículos flotantes

6.1 Datos personales

6.2 Datos de encriptación que pueden convertirse en datos personales

6.3 Datos de autenticación que pueden convertirse en datos personales

7 Principios básicos

7.1 Generalidades

7.2 Principio de limitación de la recolección de datos

7.3 Principio de calidad de los datos

7.4 Principio de especificación del propósito

7.5 Principio de limitación de uso

7.6 Principio de salvaguardia de la seguridad

7.7 Principio de apertura

7.8 Principio de participación individual

7.9 Principio de responsabilidad

Anexo A Amenazas a los datos personales en los sistemas de vehículos flotantes

Bibliografía

16.4. APÉNDICE D - ISO/DIS 16461: CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA PRIVACIDAD Y LA INTEGRIDAD

16.4.1. Ámbito de aplicación

Esta Norma Internacional especifica las reglas básicas que deben tener en cuenta los proveedores de servicios que manejan la privacidad en los servicios de sondeo de información sobre vehículos. Esta Norma Internacional tiene por objeto proteger la privacidad, así como los derechos e intereses intrínsecos de los sujetos de los datos de la sonda especificados en la norma ISO 24100:2010.

Esta Norma Internacional especifica los siguientes puntos relacionados con los sistemas de sondeo de vehículos, es decir, sistemas que recogen datos de vehículos flotantes privados y procesan estos datos de sondeo estadísticamente para obtener información útil que finalmente puede ser proporcionada a varios usuarios finales:

- Arquitectura de los sistemas de vehículos flotantes en apoyo de la protección adecuada de la integridad de los datos y el anonimato en los sistemas de vehículos flotantes.
- Criterios y requisitos de seguridad para los sistemas de vehículo flotantes, en particular los requisitos de protección de la integridad de los datos y de la intimidad.
- Requisitos para la correcta y anónima generación y manejo de los datos de la sonda

16.4.2. Contenido

Prólogo

Introducción

1 Ámbito de aplicación

2 Referencias normativas

3 Términos y definiciones

4 Símbolos y abreviaturas

5 Arquitectura de referencia

5.1 Arquitectura de referencia para los sistemas de vehículos flotantes

5.2 Modelo contextual para la protección de la privacidad y la integridad de los datos

6 Marco básico de referencia

6.1 Descripción general

6.2 Estructura del marco de referencia

6.3 Marco de referencia para el índice

6.4 Marco de referencia para categorías

6.5 Aplicación del marco de referencia para evaluación de los sistemas de vehículos flotantes

7 Criterios para la protección de la privacidad

7.1 Descripción general

7.2 Procesamiento de datos brutos

7.3 Retención de datos

7.4 Creación de mensajes

7.5 Creación de paquetes de datos

7.6 Recepción de paquetes de datos

7.7 Procesamiento de paquetes de datos

7.8 Retención de datos procesados

7.9 Creación de la información

Bibliografía

16.5. APÉNDICE E - ISO/TR 17427-8:2015 - PARTE 8: ASPECTOS DE RESPONSABILIDAD

16.5.1. Ámbito de aplicación

El alcance de este Informe Técnico es un documento informativo para identificar las posibles cuestiones críticas de responsabilidad que puede introducir la prestación de servicios C-ITS; para considerar estrategias sobre cómo controlar, limitar o mitigar dichas cuestiones de responsabilidad; y para dar indicaciones, cuando proceda, sobre los resultados de las normas existentes que proporcionen especificaciones para todos o algunos de estos aspectos, y para limitar el riesgo de exposición a las consecuencias financieras de las cuestiones de responsabilidad.

El objetivo de este Informe Técnico es aumentar la concienciación y la consideración de estas cuestiones. Este Informe Técnico no proporciona especificaciones para la solución de estos problemas.

16.5.2. Contenido

Prólogo

Introducción

1 Ámbito de aplicación

2 Términos y definiciones

3 Abreviaturas y acrónimos

4 Cómo utilizar este Informe Técnico

4.1 Acuse de recibo

4.2 Orientación

4.3 C-ITS Aspectos de responsabilidad

5 ¿Cuáles son las cuestiones clave de la responsabilidad?

5.1 Efectos de los diferentes tipos de riesgo tecnológico de las aplicaciones C-ITS

5.2 Causa de colisión

5.3 Tipos de partes en C-ITS

5.4 Factores humanos

5.5 ¿Cuál es el nivel de seguridad esperado?

6 Condición jurídica

6.1 Variaciones regionales y nacionales

6.2 El conductor sigue a cargo

6.3 Agravios

6.4 Responsabilidad por productos defectuosos

6.5 Sistemas de terceros obligatorios

7 Cuestiones y opciones políticas

7.1 Generalidades

7.2 Opción 1: Mantener el enfoque actual

7.3 Opción 2: Promulgar leyes específicas de responsabilidad de los ITS para aclarar las cuestiones

7.4 Opción 3: Enfoques no legislativos

7.5 Opción 4: Campañas de información y educación

8 C-ITS Actores y responsabilidad

8.1 C-ITS y jurisdicciones

8.2 C-ITS y operadores/administradores viales

8.3 C-ITS y fabricantes

8.4 Proveedores de aplicaciones y servicios de información C-ITS

8.5 C-ITS y conductores

9 Resumen de las conclusiones

9.1 Generalidades

9.2 Regulación explícita por jurisdicciones

9.3 "Opt-in" a la prestación de servicios

9.4 Sistemas de asesoramiento - El conductor sigue siendo el responsable

9.5 Sistemas intervencionistas

9.6 Los proveedores de servicios deben concientizar a los usuarios y limitar los riesgos a través de condiciones de uso "opt-in".

9.7 Los fabricantes deben realizar pruebas exhaustivas y tener condiciones explícitas de uso.

9.8 Necesidad de una "guía para auditorías"

9.9 Minimizar los puntos de probabilidad de fracaso

9.10 Avisar al conductor del estado de los sistemas

9.11 Las consideraciones relativas al factor humano serán fundamentales

9.12 Los administradores viales deben evaluar y gestionar los impactos de los riesgos

9.13 Las expectativas cambiarán

9.14 Se requiere una guía y una reglamentación claras

9.15 Capacitación a conductores

Bibliografía

16.6. APÉNDICE F - ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Normas y elementos de trabajo en ISO/TC204

Número	Nombre	Contenido	URL
CD 19414 *en desarrollo	Arquitectura de servicio de los sistemas de vehículos flotantes	Normalización de un marco de referencia de servicios para examinar la definición de las zonas de servicio, la utilización de servicios comunes y la centralización de los servicios en sistemas de datos por vehículos flotantes	https://www.iso.org/standard/64824.html

16.7. APÉNDICE G - MENSAJE, PRIVACIDAD, INTEGRIDAD

Normas y elementos de trabajo en ISO/TC204

Categoría	Número	Nombre	Contenido	URL
Datos/ mensaje	ISO 22837	Datos del vehículo flotante para comunicaciones de área amplia	Estandarización de los elementos de datos básicos y de los mensajes típicos de los vehículos flotantes para los servicios de datos de sondeo	https://www.iso.org/standard/45418.html
	ISO/TS 25114	Gestión de informes de datos de vehículos flotantes (PDRM)	Examen de los comandos para dirigir las condiciones de enlace ascendente a los vehículos flotantes	https://www.iso.org/standard/42754.html
	ISO/TS 29284	Datos del vehículo flotante basada en eventos	Norma relativa a los datos de los vehículos flotantes basados en eventos	https://www.iso.org/standard/45382.html
Gestión	ISO 24100	Principios básicos para la protección de datos personales en los servicios de información sobre vehículos flotantes	Normalización de las normas básicas para la protección de la información personal en los servicios de datos de sondeo	https://www.iso.org/standard/42017.html

	DIS 16461 *en desarrollo	Criterios para la protección de la privacidad y la integridad en los sistemas de información de vehículos flotantes	Reajuste de los requisitos de anonimato y de los criterios de evaluación en los sistemas de datos de los vehículos flotantes	https://www.iso.org/standard/56791.html
--	-----------------------------	---	--	---

16.8. APÉNDICE H - COMUNICACIÓN DE CORTO Y LARGO ALCANCE

Normas y elementos de trabajo en ISO/TC204

Categoría	Número	Vietnam	Contenido	URL
Corto alcance	ISO 15628	Comunicación dedicada de corto alcance (DSRC) - - Capa de aplicación DSRC	Estandarización del núcleo de la capa de aplicación que proporciona herramientas de comunicación para aplicaciones basadas en DSRC.	https://www.iso.org/standard/59288.html
	ISO 24103	Acceso a las comunicaciones para móviles terrestres (CALM) -- Capa de interfaz adaptada a los medios (MAIL)	Estandarización de la estructura lógica del uso de DSRC con una capa de aplicación OSI como medio CALM para comunicaciones IP.	https://www.iso.org/standard/45806.html
	ISO 21215	Acceso a las comunicaciones para móviles terrestres (CALM) -- M5	Estandarización de la capa de acceso de una interfaz de comunicación que funciona en la gama de frecuencias de microondas de 5 GHz	https://www.iso.org/standard/51398.html
	ISO 29281	Acceso a la comunicación para móviles terrestres (CALM) -- Redes no IP	Normalización de conceptos, mecanismos e interfaces para las comunicaciones no IP	https://www.iso.org/standard/45379.html
Largo alcance	ISO 21212	Acceso a las comunicaciones para móviles terrestres (CALM) -- Sistemas celulares 2G	Normalización de las interfaces para la recepción de servicios ITS a través de comunicaciones móviles de segunda y tercera generación	https://www.iso.org/standard/45378.html
	ISO 21213	Acceso a las comunicaciones para móviles terrestres		https://www.iso.org/standard/45377.html

		(CALM) -- Sistemas celulares 3G		
ISO 25112	Acceso de comunicaciones para móviles terrestres (CALM) - Banda ancha móvil inalámbrica usando IEEE 802.16	Estandarización de las interfaces para la recepción de servicios ITS utilizando WiMAX	https://www.iso.org/standard/42752.html	
ISO 25113	Acceso a comunicaciones para móviles terrestres (CALM) - Banda ancha móvil inalámbrica usando HC-SDMA	Estandarización de las interfaces para la recepción de servicios ITS utilizando HC-SDMA	https://www.iso.org/standard/42753.html	
ISO 17515	Acceso a las comunicaciones para móviles terrestres (CALM) - Red Universal Evolutiva de Acceso Radioeléctrico Terrestre (E-UTRAN)	Estandarización de las interfaces para la recepción de servicios ITS utilizando LTE	https://www.iso.org/standard/59929.html	

16.9. APÉNDICE I - INTERCAMBIO DE DATOS

número	Nombre	contenido	URL
ISO 14827-1	Interfaces de datos entre centros de información sobre el transporte y sistemas de control: Requisitos de definición de mensajes	Definición de formularios de mensajes entre centros de información sobre el transporte y sistemas de control	https://www.iso.org/standard/41361.html
ISO 14827-2	Parte 2: DATEX-ASN	Definición de un protocolo de comunicación basado en DATEX-ASN entre centros de información de transporte y sistemas de control.	https://www.iso.org/standard/41362.html
ISO 14827-3	Parte 3: Intercambio de datos de perfiles de aplicación (AP-DATEX)	Definición de un protocolo de comunicación basado en XML entre centros de sistemas de información y control del transporte	https://www.iso.org/standard/61491.html

ISO 15784-1	Intercambio de datos mediante módulos de comunicación al borde de la carretera -- Parte 1: Principios generales y marco de documentación de los perfiles de aplicación	Principios en los que se basan los perfiles de aplicación y el marco para la documentación relativa a la comunicación entre los centros y los módulos de carretera	https://www.iso.org/standard/39586.html
ISO 15784-2	Parte 2: Comunicaciones entre el centro y el dispositivo de campo utilizando SNMP	Perfil de aplicación basado en TMP de comunicación entre módulos de carretera (NTCIP 1103)	https://www.iso.org/standard/55233.html
ISO 15784-3	Parte 3: Intercambio de datos de perfiles de aplicación (AP-DATEX)	Perfil de aplicación basado en DATEX-ASN(ISO14827) para la comunicación entre centros y módulos de carretera	https://www.iso.org/standard/39588.html
PWI 20684-1 *en desarrollo	Interfaz de datos de módulos al borde de la carretera -- Parte 1: Dispositivo de campo generalizado	Definición de la interfaz entre los módulos generales de la carretera y el centro	—

17. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Japanese C-ITS "ETC2.0 project" for multi-application by 5.8GHz DSRC*, H. Makino, Japan, Case Study, PIARC, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 24-27
- [2] *Principles for Disaster Control in ETC2.0*, H. Yoshida, A. Goto, Japón, Estudio de caso, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 49-53
- [3] Plan de acción de la UE sobre los ITS
https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan_en
- [4] Foro de marcos <http://frame-online.eu/frame-forum>
- [5] *Detección automática del tiempo utilizando imágenes de video CCTV para la discriminación de las condiciones de conducción en las autopistas coreanas*, S.J. Namkoong, Corea del Sur, Estudio de caso, PIARC, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 11-18
- [6] *Providing Traffic Information through Public-Private Partnership*, H. Yoshida, A. Goto, Japan, Case Study, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 38-41
- [7] *VAO - Traffic Information in Austria*, D. Hintenaus, Austria, Case Study, PIARC, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 8-10
- [8] *Cooperative Vehicle Highway Systems*, PIARC Technical Committee 2.1, Road Network Operation, PIARC Cycle 2011-2015, ISBN, 978-2-84060-386-3, 51p, 2016
- [9] *Modelo de negocio, Aspectos Legales y Despliegue*; Proyecto Europeo SAFESPOT, Subproyecto SP6 "BLADE", Entregables D631, D632, D661, disponible para su descarga en <http://www.safespot-eu.org/deliverables.html>
- [10] ARTIST = Arquitectura Telemática Italiana para el Sistema de Transporte, http://www.mit.gov.it/mit/mop_all.php?p_id=08475
- [11] *Twin cities Ramp Meter Evaluation*, Cambridge Systematics, Inc for Minnesota Department of Transportation, 2001
- [12] *Identificación y creación de prototipos de estrategias de gestión integrada de corredores (ICM) para su aplicación en Virginia*, Asare, Sampson K. y Brian L. Smith, Virginia DOT, junio de 2014
- [13] *Control Adaptativo de Señales de Tránsito en Tiempo Real para Redes de Carreteras Urbanas: The East Liberty Pilot Test*, Stephen F. Smith, Gregory J. Barlow, Xiao-Feng Xie, Zachary B. Rubinstein, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Julio 2012
- [14] *Plataforma del programa de ciudadanos conectados (CCP) como una herramienta de valor añadido para el intercambio de datos de tránsito entre las autoridades viales y el servicio Waze en todo el mundo*, B. Jelisejevs, Letonia, Estudio de caso, TCB1 - WGB12, 2018, disponible para su descarga en Colección de casos prácticos³² pp 19-23
- [15] *Estimación del tiempo de viaje con tecnología Bluetooth*, H. Torfehnejad, Irán, Estudio de caso, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 34-37
- [16] *Sensores Bluetooth para la estimación del estado del tránsito y la detección automática de incidentes en autopistas*, M. Margreiter, Alemania, Estudio de caso, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 54-57
- [17] *Low Cost ATIS of Korea, Traffic Information Service using Navigation Data Thru Private and Public Partnership*, K. Choi, South Korea, Case Study, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 58-64
- [18] *Evaluation of intelligent Road Transport Systems: methods and results*, Editado por el Dr. Meng Lu, publicado por The Institution of Engineering and Technology, Londres, Reino Unido, 2016, ISBN 978-1-78561-172-8.
- [19] *Study on Key Performance Indicators for Intelligent Transport Systems*, Stephen Payne, AECOM Limited (<http://www.aecom.com>), informe elaborado para la DG MOVE, 2015.

³² Los estudios de caso se reagrupan provisionalmente en un folleto que puede descargarse en el mismo lugar que el presente informe. Más adelante, estarán disponibles para su descarga en el sitio web de RNO/ITS. Una nueva versión de este informe especificará la ubicación exacta.

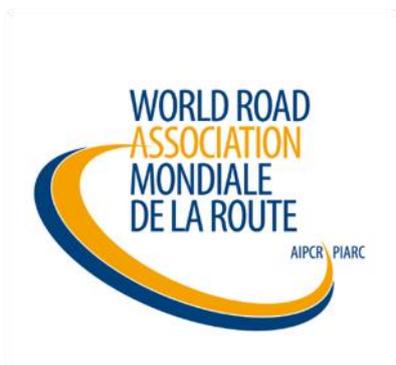
- [20] *V-TRAFFIC : el servicio de información de tránsito de MEDIAMOBILE*, J. Ehrlich (IFSTTAR), P. Goudal (Mediamobile), Estudio de caso, PIARC TC21 - WG213, 2014, Colección de casos prácticos³² pp 3-7
- [21] <http://www.mediamobile.com>
- [22] *Freight/Public transport management by giving added value to existing systems/frameworks*, H. Yoshida, A. Goto, Japan, Case Study, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 42-48
- [23] *Desarrollo y aplicación del sistema de telepeaje para autopistas en China*, BN. Li, China, Estudio de caso, AIPCR, TCB1 - WGB12, 2018, Colección de casos prácticos³² pp 28-33
- [24] *Evaluación de los datos de tránsito obtenidos a través de teléfonos móviles con GPS: el experimento de campo Mobile Century*. Herrera, J.-C., D. Work, R. Herring, J. Ban, Q. Jacobson y A. Bayen, Transportation Research C, Vol. 18, 2010, pp. 568-583.
- [25] El Proyecto Móvil del Milenio, <http://traffic.berkeley.edu/>.
- [26] *Líneas de viaje virtuales para el monitoreo distribuido del tránsito que preserva la privacidad*. Hoh, B., M. Gruteser, R. Herring, J. Ban, D. Work, J.-C. Herrera, A. Bayen, M. Annavaram y Q. Jacobson, In 6th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, Breckenridge, CO, 2008, pp. 15-28.
- [27] El sistema PeMS, <http://pems.eecs.berkeley.edu/>.

18. GLOSARIO

ABS	Sistema antibloqueo (del alemán)
CAC	Control de cruceo automático (control de cruceo que controla la distancia de avance)
ACTIF	Arquitectura Marco ITS francesa inspirada en el European KAREN
ADAS	Sistema avanzado de asistencia para la conducción
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica
AYUDA	Detección automática de incidentes
ATIS	Sistema avanzado de información al viajero
TCA	Telemática avanzada para el transporte
CAM	Mensaje de Concientización Cooperativa
Bus CAN	Red de área de control (red para la comunicación a bordo del vehículo entre la UCE)
CAPEX	Gastos de capital
CAV	Vehículo conectado y autónomo
CC	Control de cruceo (regulador de velocidad)
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión
CLEPA	Asociación Europea de Proveedores de Automoción
DAB	Transmisión de audio digital
DENM	Mensaje de notificación ambiental descentralizada
DRIVE-C2W	Proyecto europeo sobre sistemas cooperativos
DSRC	Comunicación dedicada a corto plazo
ECU	Unidad de control electrónico (sistemas de microcomputadoras a bordo del vehículo)
ESP-PERCEPCIÓN EXTRASENSORIAL	Programa Electrónico de Estabilidad (un sistema para prevenir la pérdida de control de trayectoria)
ETC	Recolección del Cobro Electrónico del Peaje
ETC 2.0	Extensión japonesa del ETC que ofrece servicios adicionales para una conducción segura
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
UE	Unión Europea
DGF	Datos de carro flotante (equivalente a vehículo flotante, datos de sensores, datos de vehículos flotantes)
FLEXRAY	Red de alto rendimiento y fiabilidad para la comunicación a bordo del vehículo entre la ECU

SIG	Sistema de Información Geográfica
GNSS	Sistema Mundial de Navegación por Satélite
GPS	Sistema de posicionamiento global
HMI	Interfaz hombre-máquina
HOV	Carril para vehículos de alta ocupación
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IHW	Incident Hazard Warning (sistema de alerta para la prevención de colisiones)
ISO	Organización Internacional de Normalización
ITS	Sistemas inteligentes de transporte
SISTEMAS	Estación ITS (plataforma telemática para comunicaciones V2X)
KAREN	Antiguo nombre de la Arquitectura Marco Europea (ahora denominada FRAME)
KPI-INDICADOR CLAVE DE PERFORMANCE	Indicadores Clave de Desempeño
LDM	Mapa Dinámico Local
LIDAR	Detección y alcance láser (un escáner láser para detectar obstáculos)
MaaS	La movilidad como servicio
METRO	Informe METeorológico de Aeropuertos
MLIT	Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón
DAB	Diagnóstico a bordo (zócalo/interfaz)
FABRICANTE	Fabricante de equipo original (fabricantes de automóviles)
OPEX	Gastos de funcionamiento/operación
PDRM	Gestión de informes de datos de sondas
RDS-TMC	Sistema de datos de radio y canal de mensajes de tránsito
LLANTA	Mensaje de itinerario recomendado
RNO	Explotación/Operación de la red de carreteras/red vial
RTT	Telemática en el transporte por carretera
SAFESPOT	Proyecto europeo sobre sistemas cooperativos
SCORE@F	Proyecto francés sobre sistemas cooperativos (parte francesa del proyecto europeo DRIVE C2X)
SPAT	Fase de señal y temporización
TCO	Costo total de propiedad

TMC	Centros de gestión del tránsito
TTC	Tiempo de colisión
USDOT	Ministerio de Transporte de EE.UU.
V2I	Comunicación entre el vehículo y la infraestructura
V2V	Comunicación entre vehículos
V2X	Comunicación del vehículo a otras entidades (vehículos, infraestructura)
VASP	Proveedores de servicios de valor añadido
VMS	Cartel/Panel de mensajes variables
ONDA	Acceso inalámbrico en el entorno del vehículo (norma europea IEEE 802.11p para comunicaciones de corto alcance)
WIM	Pesaje en movimiento
XML	Lenguaje de marcado extensible



Derechos de autor por la Asociación Mundial de Carreteras. Todos los derechos reservados.

Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR)

La Grande Arche, Paroi Sud, 5e étage, F-92055 La Défense cedex

ISBN : 978-2-84060-521-8