

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL



Profesor Guía: Patricio Álvarez Mendoza MSc. PhD.

**“EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA DISEMINACIÓN DE
INFORMACIÓN EN SISTEMAS DE TRANSPORTE”**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Ingeniero Civil

GABRIEL ESTEBAN FERNANDEZ VERGARA

Concepción, Marzo 2015

EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN EN SISTEMAS DE TRANSPORTE

Autor: Gabriel E. Fernández Vergara

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío

gafernan@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Patricio Álvarez Mendoza MSc. PhD.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío

Palvarez@ubiobio.cl

Resumen:

El uso de sistemas inteligentes de transporte (ITS), aquellos basados en la aplicación de tecnologías de información y comunicación a sistemas de transporte, se ha vuelto particularmente atractivo en las últimas décadas, esto debido a la disminución de costos y mejoras en el desempeño de dichas tecnologías que a través de inversiones relativamente bajas contribuyen al uso eficiente de la red de transporte.

Una de las aplicaciones ITS que ha probado mejoras al desempeño de la red es la diseminación de información al usuario, la que alertando la presencia de incidentes en la vía, permite al usuario tomar una decisión informada de la ruta a seguir generando ahorros tanto al usuario como al sistema. Debido a esto, resulta atractiva la evaluación de los beneficios y costos asociados a la implementación de los sistemas de diseminación de información como medio para comprender mejor sus impactos y apoyar futuras decisiones de inversión. Este trabajo consiste en una propuesta metodológica de evaluación que permite a nivel preliminar la estimación de los beneficios asociados a las distintas tecnologías de diseminación de información, la generación de una herramienta de apoyo a la evaluación, una revisión del estado del arte y análisis de factibilidad de implementación tecnologías ITS finalizando con la aplicación en un caso de estudio local.

Palabras claves: Transporte, ITS, Evaluación, Metodología.

7336 Palabras Texto + 5 Figuras/Tablas*250 +1 Figuras/Tablas*500 = 12086 Palabras totales

EVALUATION OF THE BENEFITS OF DISSEMINATING INFORMATION ON TRANSPORT SYSTEMS

Author: Gabriel E. Fernández Vergara

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío

gafernan@alumnos.ubiobio.cl

Sponsoring Professor: Patricio Álvarez Mendoza MSc. PhD.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío Bío

Palvarez@ubiobio.cl

Abstract:

The deployment of intelligent transportation systems (ITS), those based on the application of information and communication technologies to the transport system, has become particularly interesting in the last decades, this due to the decrease in cost and improvements in the performance of such technologies, which through relatively small investments contributes to the efficient use of the transport network.

One of the ITS applications that has proven improvements to the performance of the network is the traveler's information dissemination, which alerts the presence of route incidents, allowing the user to make a more informed decision about the travel route thus producing savings as well to the traveler as the system. Due to this, the evaluation of the benefits and costs associated to the implementation of traveler's information dissemination systems results attractive as a mean to a better understanding of its impacts and support future decisions of investment. This work consists in an evaluation methodology proposal that allows the sketch level estimation of benefits associated to the varied traveler's information dissemination technologies, the design of an evaluation support tool, a state of art review and an implementation feasibility analysis of the before told technologies and finishing with the application to a local study case.

Keywords: Transport, ITS, Evaluation, Methodology.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	7
2	OBJETIVOS.....	8
2.1	Objetivo General	8
2.2	Objetivos Específicos	8
2.3	Alcances Del Estudio	8
2.4	Justificación del Tema	8
2.5	Metodología de Trabajo.....	9
2.5.1	Organización del Informe.....	10
3	ESTUDIO DE ANTECEDENTES	11
3.1	Generalidades de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).....	11
3.1.1	Definición de ITS	11
3.1.2	Necesidad de la evaluación.....	11
3.2	Generalidades de la Literatura Revisada.....	11
3.3	Herramientas de Evaluación Existentes.....	12
3.4	Experiencias ITS.....	12
3.5	Síntesis del Estado del Arte en Diseminación de Información.....	13
3.5.1	Aspectos Generales de la Evaluación:.....	13
3.5.2	Aspectos de la Evaluación de ITS	13
3.5.3	Aspectos Generales de los Sistemas de Diseminación de Información	13
3.5.4	Aspectos Específicos de las Tecnologías de Diseminación de Información..	14
4	MARCO TEORICO.....	15
4.1	Categorías ITS	15
4.2	Sistemas Avanzados de información al viajero (ATIS).....	15
4.2.1	Mecanismos de Acción de los ATIS	15

4.2.2	La Arquitectura ITS.....	16
4.2.3	Tecnologías de diseminación de información	16
4.3	El Sistema de Transporte	18
4.3.1	La congestión.....	19
4.3.2	Los incidentes	19
4.4	El Usuario del Sistema de Transporte.....	19
4.4.1	Factibilidad de la evaluación de las ATIS	20
4.5	La Evaluación Económica Actual.....	22
5	PROPUESTA METODOLÓGICA.....	23
5.1	Diagnóstico de la Situación Actual.....	23
5.2	Definición de Metas e Indicadores de Desempeño.....	23
5.3	Caracterización del Sistema de Transporte.....	24
5.4	Caracterización del Incidente a Evaluar	24
5.5	Caracterización del ITS Utilizado.....	24
5.6	Caracterización de los Usuarios.....	25
5.7	Evaluación de Beneficios y Costos.....	25
5.7.1	Estimación de Costos	26
5.7.2	Criterios de Evaluación y Horizonte de Evaluación.....	26
6	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA.....	27
6.1	Desarrollo de la Interfaz	28
6.1	Supuestos Utilizados en la Evaluación	30
6.2	Análisis de Sensibilidad.....	31
6.2.1	Resultados del Análisis.....	31
7	APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO.....	38
7.1	Aplicación de la Metodología.....	38

7.1.1	Diagnóstico.....	38
7.1.2	Definición de Metas e Indicadores de valor	39
7.1.3	Caracterización del Sistema.....	39
7.1.4	Utilización de la Herramienta.....	39
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
9	BIBLIOGRAFIA.....	42
10	ANEXO A: REVISIÓN DE LITERATURA	47
10.1	Manuales de Evaluación	47
10.1.1	Manual de Evaluación y Diseño de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU, 1988).....	47
10.1.2	Manual de Carreteras (Volumen 1)	48
10.1.3	Guidelines for the Evaluation of ITS projects, Stockton, W. et al (2003).....	50
10.1.4	Guidelines for the Evaluation of ITS project, Kulmala, R. et al. (2002).....	50
10.2	Herramientas de Evaluación	51
10.2.1	IDAS.....	51
10.2.2	SCRITS.....	51
10.2.3	ITSOAM.....	52
10.3	Revisión de Autores.....	53
10.4	Experiencias ITS.....	58
10.4.1	Experiencias Internacionales	59
10.4.2	Experiencias Nacionales.....	60
11	ANEXO B: ASPECTOS GENERALES	61
11.1	Clasificación ITS	61
11.2	De la Evaluación ITS	62
11.2.1	El Nivel de detalle y Horizonte de Evaluación	62

11.2.2	Tipos de Costos	63
11.2.3	Enfoques de Evaluación	64
11.2.4	Objetivos ITS y sus indicadores de beneficio	65
11.2.5	Rentabilidad.....	67
11.3	Consideraciones de los Incidentes	70
12	ANEXO C: MODELOS DE RERUTEO	71
12.1	Comportamiento Humano Frente a las ATIS	71
12.2	Modelos de re-ruteo	72
13	ANEXO D: HERRAMIENTA	75
13.1	Parámetros de entrada.....	75
13.2	Parámetros de Salida.....	75
13.3	Cálculos realizados en el programa	77

1 INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la congestión a nivel global se ha ido acrecentado producto de diversas razones como por ejemplo, el crecimiento demográfico y el aumento de las tasas de motorización, esta condición en el enfoque tradicional se alivia mediante el aumento de la infraestructura, sin embargo en el mundo desarrollado, en la década de los noventa, se produjo una gran evolución en los conceptos y tecnologías de gestión de los sistemas de transporte que dio origen a los sistemas inteligentes de transporte (ITS), medidas a nivel operacional que buscan optimizar el uso de la infraestructura existente (SECTRA, 2000).

Los Sistemas de transporte inteligentes se basan en el uso de tecnologías avanzadas de información y comunicación que permiten tanto al operador como al usuario tomar mejores decisiones dentro de la red, mejorando la seguridad, movilidad y productividad del sistema de transporte. (U.S. RITA, 2014). En las últimas décadas estos sistemas se han instaurado especialmente en países desarrollados debido a la rápida disminución de costos asociados a las tecnologías, y a la existencia de soluciones ITS pre-testeadas que aseguran cierto desempeño (Yokota et al, 2004). Dentro de la variada paleta de aplicaciones ITS, la disseminación de información al usuario ha probado ser una de las alternativas que para una inversión relativamente baja genera mayores beneficios, contribuyendo entre otros al uso eficiente de la red de transporte (Chu et al, 2004).

Este estudio desarrolla una metodología de evaluación preliminar, con los supuestos y simplificaciones subyacentes, que permite asistir al evaluador acerca de la conveniencia de implementar tecnologías de disseminación de la información en la red de transporte ajustada a la realidad chilena. Se incluye una herramienta de apoyo al evaluador y una aplicación a un caso de estudio en la ciudad de Concepción. Por último se dedica un capítulo a las observaciones, recomendaciones y análisis crítico de resultados acerca de los temas tratados en este informe.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- ❖ Proponer una metodología que permita evaluar a nivel de perfil los costos y beneficios de implementar tecnologías ITS basadas en la disseminación de información a usuarios del sistema de transporte.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Sintetizar el estado del arte de la evaluación económica de la disseminación de información a usuarios del sistema de transporte.
- ii. Definir las tecnologías ITS factibles para evaluación económica en el país.
- iii. Proponer una metodología simplificada de evaluación económica de los beneficios de disseminación de información a usuarios del sistema de transporte.
- iv. Aplicar la metodología propuesta a un caso de estudio local.

2.3 Alcances Del Estudio

El estudio realizado se limita a una estimación de costos y beneficios a nivel preliminar, ajustado a la realidad nacional. La poca disponibilidad de datos obliga el uso de supuestos y la asimilación de parámetros calibrados en el extranjero restándole precisión a un enfoque de baja precisión por definición, por lo que los valores obtenidos se restringen a indicadores de orden de magnitud. Las aplicaciones a evaluar estarán sujetas a un criterio de corto plazo, debido a esto se discriminarán aquellas más relevantes, por último, la metodología supondrá el cálculo de beneficios de forma simplificada, por lo cual descartará a partir de supuestos aquellos parámetros de importancia menor.

2.4 Justificación del Tema

Debido a la alta razón costo beneficio que se le atribuye a los efectos de la disseminación de información en los sistemas de transporte, y a los positivos impactos asociados al uso de tecnologías ITS en general (como el ahorro de inversión en infraestructura), resulta necesaria la evaluación como herramienta de análisis de sus impactos, de modo de dar luces de su desempeño en la realidad chilena y potenciar futuras inversiones.

2.5 Metodología de Trabajo

Tabla 1: Metodología para el Desarrollo del Trabajo.

ETAPA	SUB-ETAPA	HITO
Estudio de Antecedentes	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de Literatura acerca de ITS • Revisión de manuales, herramientas, y experiencias con tecnologías ITS. 	Estado del Arte Materias de Evaluación ITS.
Marco Conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Marco de operatividad y mecanismos de acción: • El sistema de transporte, los incidentes, El usuario. • La evaluación de proyectos viales. • Caracterización de los ITS, factibilidad técnica y justificación al caso chileno. 	Definición de Tecnologías ITS Factibles a Evaluar.
Propuesta Metodológica	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de metas e indicadores de valor • Selección de Parámetros relevantes • Caracterización de Sistema, ITS, Usuario e Incidente. • Evaluación de beneficio-costos 	Metodología Simplificada de Evaluación de Beneficios de Diseminación de Información.
Desarrollo de la Herramienta	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de metodología • Desarrollo de la Interfaz • Desarrollo del código • Resultados y Análisis de Sensibilidad 	Herramienta de Evaluación
Aplicación a Caso de Estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del Área • Obtención de Datos Input • Aplicación de la metodología apoyada por herramienta. • Obtención de resultados de la evaluación 	Conclusiones, Comentarios y Recomendaciones

La etapa de estudio de antecedentes permitirá recopilar los aspectos fundamentales de la evaluación de elementos ITS y de diseminación de información, con lo que se constituirá el marco sobre el cual se desarrollará la propuesta metodológica. La etapa siguiente, el desarrollo del marco teórico, servirá para definir a nivel conceptual elementos de apoyo para el desarrollo de la metodología simplificada y para definir las tecnologías a evaluar por esta. La propuesta metodológica a través de supuestos y simplificaciones supondrá un set de pasos ordenados para la estimación de beneficios, costos y la evaluación preliminar. Esta etapa se apoyará además de la creación de una herramienta de evaluación que incorporará la metodología propuesta y un análisis de sensibilidad de sus resultados. Finalmente la aplicación a un caso estudio real permitirá analizar el desempeño de la metodología, los valores empleados y los resultados obtenidos a través de conclusiones y recomendaciones.

2.5.1 Organización del Informe

Para lograr los objetivos planteados en este capítulo, este informe se estructuró de forma que cada capítulo cumpla secuencialmente los objetivos planteados, para finalizar con observaciones y comentarios acerca de los temas tratados. De acuerdo a lo mostrado en el siguiente diagrama:

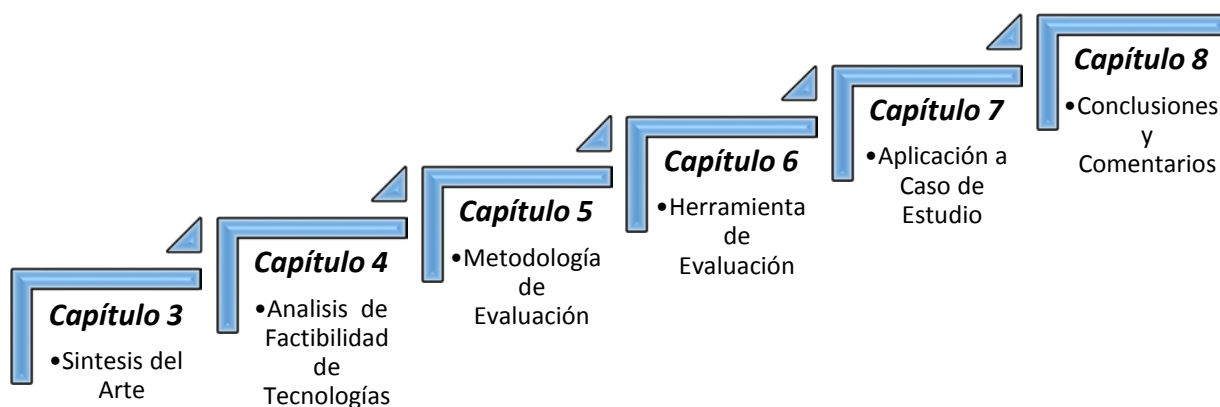


Figura 1: Distribución de objetivos por capítulo

Además de los capítulos mencionados, se anexan una revisión de la literatura consultada como apoyo para la realización de este informe especialmente a la síntesis del estado del arte y metodología de evaluación (Anexo A), material de apoyo a aspectos generales de la evaluación (Anexo B), Material de apoyo acerca del comportamiento de usuarios frente a las tecnologías de diseminación (Anexo C) y por último de apoyo a los cálculos en general de la herramienta (Anexo D).

3 ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Este capítulo busca presentar aspectos generales de los sistemas inteligentes de transporte, introducir la literatura revisada y las principales herramientas de evaluación ITS existentes, revisar experiencias nacionales e internacionales y sus contextos de evaluación, para finalizar con una síntesis del estado del arte para la evaluación ITS orientada a la evaluación de sistemas de disseminación de información. La revisión de literatura en detalle y de las herramientas consultadas se adjuntan en el Anexo A.

3.1 Generalidades de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

3.1.1 Definición de ITS

Un sistema de transporte inteligente (ITS) es un sistema que aplica tecnología de información y control para apoyar la toma de decisiones tanto del operador de la red como del conductor (SECTRA, 2000). Optimizando a nivel operacional un sistema ya existente mediante el logro de ciertas metas u objetivos.

3.1.2 Necesidad de la evaluación

La importancia de la Evaluación ITS radica en que mediante esta podemos comprender mejor los impactos de los proyectos ITS, atribuyendo relaciones de causalidad, medir desempeño de inversiones, permitiendo comparar distintos proyectos y asistiendo mejores decisiones de inversión, encontrar áreas perfectibles y optimizar condiciones de implementación (Turner, S. et al. 1999; Stockton, W. et al. 2003).

El Manual de Diseño y Evaluación de proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU, 1988) indica que a través de la evaluación podemos observar los impactos económicos, sociales, ambientales y provocados a los principales grupos afectados, generando información de apoyo a la toma de decisiones de futura inversión.

3.2 Generalidades de la Literatura Revisada

Para obtener una visión contextual acerca de la evaluación de proyectos ITS, y de la evaluación de proyectos similares en el país, se hizo consulta de algunos manuales de evaluación existentes, los cuales son mencionados en este acápite, y desarrollados con mayor detalle en el Anexo A de revisión de literatura. Entre estos, el Manual de Evaluación

y Diseño de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU, 1988), estándar en Chile en materias de evaluación de proyectos viales; el Manual de Carreteras volumen 1 (1997), dedicado a la planificación y desarrollo de proyectos viales; un estudio de consideraciones metodológicas de la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA, 2000); además de la consulta de manuales especializados de evaluación de proyectos ITS, Evaluaciones y metodologías aplicadas y otros documentos especializados en las distintas tecnologías a revisar.

3.3 Herramientas de Evaluación Existentes.

Además de la asistencia que entregan los manuales de evaluación, existen herramientas desarrolladas como apoyo al evaluador, que facilitan la tarea de evaluar distintos impactos de las medidas ITS a implementar, las herramientas consultadas en este informe corresponden a “The Intelligent Transportation Systems Deployment Analysis System” (IDAS), “Screening for ITS” (SCRITS), y por último, “The ITS Option Analysis Model” (ITSOAM), herramientas de evaluación preliminar desarrolladas para la Federal Highway Administration (FHWA) y la última para el New York State Department of Transportation, Para mayor información referirse al Anexo A.

3.4 Experiencias ITS

Se consultaron también experiencias nacionales en sistemas inteligentes de transporte e internacionales de modo de tener una visión clara del estado de los ITS en el País y de notar a nivel internacional tendencias del desarrollo que orienten la evaluación a un marco de referencia, se observó que a pesar de la clara introducción de este tipo de tecnologías en el país, aún no existe un mecanismo formal de evaluación que considere sus aspectos específicos, además de acuerdo a Yokota, T. et al. (2005) existe la necesidad de definir una línea de tendencia propia en materias ITS que se ajuste a la realidad nacional a través de planificación y la definición de un arquitectura a nivel país. De acuerdo a lo propuesto por SECTRA (2000) se recomienda adoptar las tendencias de la cultura estadounidense en materias ITS. Esto puede revisarse en el Anexo A.

3.5 Síntesis del Estado del Arte en Diseminación de Información

De la revisión de la bibliografía presentada en el Anexo A, se sintetizan a continuación los aspectos más relevantes relacionados a cuatro tópicos: la evaluación en general, la evaluación ITS, La evaluación de sistemas de diseminación de información y algunas consideraciones de las tecnologías de diseminación.

3.5.1 Aspectos Generales de la Evaluación:

En Chile MESPIVU al igual que el Manual de Carreteras, previamente tipificando el proyecto presenta una metodología de evaluación que en términos generales consiste en la comparación de una situación base, la cual incluye el problema a solucionar, y una situación con proyecto. En esta comparación se definen impactos los cuales han de ser evaluados, entre ellos tiempos de viaje, consumos de combustible y emisiones. El Manual de Carreteras otorga además un procedimiento esta evaluación según nivel de detalle, haciendo notar que la evaluación a nivel de perfil, es una etapa en la cual se utilizan datos gruesos, fáciles de obtener.

3.5.2 Aspectos de la Evaluación de ITS

Para la evaluación ITS algunos autores sugieren la acotación en áreas o paquetes de aplicaciones que cumplen rol similar (Turner, S. 1999; Kulmala R. et al. 2002; Stockton. W. et al. 2003), luego asociar para cada uno medidas de efectividad que han de analizarse. Para evaluar estas medidas de efectividad, se compararan en la situación base y la proyectada y posteriormente a través de valores sociales de los recursos se transforma a unidades monetarias. Otros autores (SECTRA, 2000; Hadi, M. et al. 2008) sugieren el uso de evaluaciones de tipo cualitativo como alternativa de evaluación (Anexo B). En general se recomienda utilizar experiencias extranjeras y abordar medidas ITS pre-testeadas de forma de acceder sin incurrir en grandes errores a sus beneficios (Yokota, T. et al. 2005).

3.5.3 Aspectos Generales de los Sistemas de Diseminación de Información

Los sistemas de diseminación de información, permiten a los usuarios tomar decisiones informadas y disminuir los efectos de la congestión (Chu, L. et al. 2004; Naniopoulos, A et al. 2004). Ésta, aumenta los tiempos de viaje no solo del lugar donde ocurre, sino que tiende a propagarse al sistema (Zhang, A. et al. 2012). Algunos autores sugieren indicadores de impacto de estas medidas para su evaluación como cambios en tiempos de

viaje, emisiones, consumo de combustible y gastos operacionales, otros sugieren que a nivel de perfil no se comete mayor error en estimar beneficios a partir solo del tiempo de viaje (Kaysi, I. et al., 2004), debido a que los otros recursos si bien no se consumen en el corredor analizado, se consumen en las alternativas tomadas, y su impacto neto resulta mínimo (Naniopoulos, A et al. 2004). Para representar el efecto de diseminar información, otro aspecto a considerar es el de la acogida de esta por parte del usuario. Para ello su respuesta se simula tradicionalmente mediante un modelo logit (Kusakabe, T. et al. 2012; Zhang, A. et al. 2012; Chen, G. et al. 2013) que puede relacionar una gama de variables explicativas con la respuesta del conductor, o a través de versiones simplificadas que solo consideran el tiempo de viaje ahorrado como variable explicativa (Malchow, M. et al.1996; Hadi, M. et al. 2008), ésta última se utilizará en este estudio debido a que su simplicidad se ajusta al nivel de perfil.

3.5.4 *Aspectos Específicos de las Tecnologías de Diseminación de Información*

Los diversos sistemas que pueden utilizarse para diseminar información poseen distintas características, que implican distintas respuestas por parte de los usuarios además el tipo de información la calidad de la información y la tasa de actualización de esta, generaran variaciones en la respuesta por parte de los usuarios (Benson, B. 1995; Guattari, C. et al. 2012; Chen, G. et al. 2013). Por otro lado, las tecnologías pueden no ser factibles de acuerdo a su nivel de desarrollo y requerimientos (Liu, Y. et al. 2005), o despreciarse por utilizar nuevas tecnologías que replacen su función (Kamga, C. et al. 2013). En la evaluación deberán tomarse en cuenta las características propias de cada tecnología. Y además asociárseles sus costos correspondientes (MESPIVU, 1988).

4 MARCO TEORICO

Para una mejor comprensión de la problemática de la evaluación de sistemas de transporte inteligente (ITS), es necesario tener una visión global de los temas a tratar, por lo cual se presenta una revisión de los aspectos conceptuales que se abordarán en este informe, desde el marco en el cual se desenvuelven las tecnologías ITS, su clasificación, y el rol de las tecnologías de disseminación de información, hasta la diferenciación de las tecnologías de información al viajero, abordando su implicancia en el proceso de elección de ruta y factibilidad de implementación. Además se abordan consideraciones acerca de la evaluación, y aspectos de la congestión, que permitirán el desarrollo posterior de la metodología de evaluación. Para el apoyo de estos elementos se dedica el Anexo B.

4.1 Categorias ITS

Los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS), son aplicaciones que a través de la incorporación de tecnologías de comunicación avanzadas en la infraestructura y en los vehículos mejoran la seguridad, movilidad, y productividad del sistema de transporte (U.S. RITA, 2014), estos abarcan una extensa gama de aplicaciones desde la coordinación de la red semafórica y pistas reversibles a los sistemas de comunicación vehículo a vehículo.

Para comprenderles de mejor forma, las aplicaciones ITS son agrupadas en categorías según su función, de acuerdo a SECTRA (2000), en 8 áreas (ver Anexo B), entre ellas dedicadas a Gestión de tránsito (ATMS), Vehículos de emergencia (EM), Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS), etc. Siendo estas últimas el motivo de estudio de este informe.

4.2 Sistemas Avanzados de información al viajero (ATIS)

Las ATIS corresponden a la paleta de aplicaciones cuyo objetivo es disseminar información al usuario de las condiciones de tránsito, tiempos de viaje, condiciones climáticas y otras informaciones de interés de la ruta, antes o durante el viaje.

4.2.1 Mecanismos de Acción de los ATIS

La utilidad de las ATIS radica en el apoyo a la toma de decisiones que poseer la información entregada implica, a saber:

En un red funcionando con normalidad, la asignación de rutas básicamente puede entenderse a través de los “principios de equilibrio de Wardrop”, que indican que cada usuario decide su ruta en base a su experiencia, fijándola de forma tal que la ruta seleccionada sea la que le genera menor costo, a la vez cuando todos los usuarios del sistema encuentran su ruta óptima (la cual a su vez depende de los volúmenes de flujo por corredor), la red encuentra su punto de equilibrio y optimiza sus costos, en otras palabras se llega a una asignación para la cual cambio de ruta de usuario cualquiera aumenta sus costos y los del sistema (Watling, D. 2006). Para esta red en condición normal (sin incidentes), el uso de la diseminación de información de tráfico no tiene mayor relevancia.

En una red que presenta algún incidente que cambie las condiciones de funcionamiento, disminuyendo la capacidad (y por ende dificultando el paso de los vehículos), debido a la imposibilidad del usuario a advertirlo, este continuará con la asignación a priori, alejando a la red de su asignación óptima y generando efectos no deseados como la acumulación de flujos y formación de colas, aumento de tiempos de viajes por sobre-flujo etc. Para esta red funcionando en condiciones irregulares, la diseminación de información genera ahorros de recursos (tiempo de viaje y otros.) de forma considerable, debido al mayor número de usuarios que toma decisiones acertadas producto de la información diseminada y al tiempo de viaje que es posible ahorrar.

4.2.2 *La Arquitectura ITS*

La Arquitectura del sistema es el marco contextual que permite que las agencias encargadas de desarrollar un proyecto ITS, conozcan como este encaja dentro de un plan mayor (ej: de carácter regional) que persiga un objetivo de mayor envergadura (Stockton, W. 2003). Debido a la naturaleza basada en el uso de información de los ITS, existen costos comunes y a la vez beneficios que pueden potenciarse mutuamente, estas sinergias deben aprovecharse definiendo el marco de interoperabilidad antes de ejecutar cualquier proyecto de este tipo. La Arquitectura, junto a los reglamentos locales existentes determinarán las decisiones de los evaluadores.

4.2.3 *Tecnologías de diseminación de información*

A nivel global existen diversas tecnologías para la diseminación de información (ATIS), entre ellas, las señaladas por la Research and Innovative Technology Administration

(RITA) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) de acuerdo a la instancia de utilización:

Uso en ruta (En-Route):

- Variable Message Signs (VMS), Letreros de mensajería dinámica dispuestos para informar a los usuarios de la vía acerca de condiciones de tránsito de interés. En términos de diseminación, afecta las decisiones de aquellos usuarios del corredor donde se encuentre instalado. Sin embargo la reasignación de estos afecta en alguna medida al sistema. Debido a sus limitaciones de espacio solo transmite mensajes resumidos.
- Highway Advisory Radio (HAR), Radio de Sugerencias en Carretera, similar a la radio convencional, pero diseñada solo para transmitir las condiciones de tránsito del sistema. Para aumentar su sintonía, en caso de incidente, letreros con luces situados en lugares estratégicos titilan indicando la necesidad de sintonía por cambios de la condición de la red. Afecta las decisiones de los usuarios que se encuentren dentro del radio de cobertura y que además le sintonicen. Puede emitir mensajes de mayor extensión y detalle.
- In-Vehicle Systems (IVS), Sistemas Dentro del Vehículo, tecnologías de comunicación que buscan conectar el vehículo con la infraestructura o con otros vehículos de forma inalámbrica. Son de corto alcance, y requieren grandes inversiones iniciales, incluso políticas gubernamentales de apoyo, puesto que se debe disponer de una alta penetración de estas tecnologías para que puedan ser aprovechadas.
- Servicios Telefónicos, servicio en el cual a través de la llamada a un operador, grabadora o mensaje de texto este comunica las condiciones de tránsito en la zona solicitada.
- Wireless Services, Servicios en Línea que aprovechan el uso de Smartphones y otros dispositivos con acceso a la red de internet para transmitir a través de aplicaciones o directamente en línea la información de las condiciones de tránsito.

Uso antes del viaje (Pre-Trip):

- Wireless Services, Servicios en línea Idem anterior. Especialmente páginas web de entidades responsables del control de tráfico.
- Radio/Tv, Anuncios de condiciones de tránsito a través de un canal o emisora específico o aprovechando la difusión de noticias.
- KIOSKS, pantallas “touch” con una variedad de aplicaciones, que incluyen mapas, horarios, diseñados para situarles en terminales y estaciones de tránsito o sitios de alta concurrencia.

Existen además otros servicios de diseminación de información que asisten funciones como los sistemas avanzados de estacionamiento (Advanced Parking), servicios de apoyo al turismo como páginas amarillas (Yellow pages) y a servicios de manejo de cargas, los cuales por extensión no se considerarán en este estudio.

4.3 El Sistema de Transporte

Una red de transporte está constituida por distintos elementos a representar para la evaluación de esta misma, entre estos, los de mayor incidencia en la evaluación orientada a ITS son la forma de la red (configuración de los arcos, número de pistas, intersecciones etc.), y su demanda (volúmenes vehiculares por periodo de tiempo). MESPIVU (1988) dentro de la metodología de evaluación, supone la comparación de la situación base y la situación con proyecto, propone la utilización de herramientas de modelación para determinar la medida de reacción del sistema modelado ante las medidas implementadas para un flujo determinado, dando pautas para la correcta simulación de la situación actual y por ende una adecuada proyección de la situación con proyecto.

Para la evaluación de las tecnologías ITS de diseminación de información, dado que su mayor utilidad se da en casos donde existe congestión, se profundizará en la incidencia de esta al sistema, definiendo así, como situación base aquella a la cual quiere implementarse la mejora, dicho de otro modo, la situación base será aquella que ante algún incidente posea los efectos de la congestión, y la situación con proyecto aquella con la medida ITS y el mismo incidente pero con la reducción de los efectos de este.

4.3.1 *La congestión*

De acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM, 2000) la congestión es una condición de flujo ocasionada por un embotellamiento aguas abajo del este.

Dependiendo del modo en que se genere, la congestión vehicular se clasifica en dos tipos:

- La congestión recurrente, que surge por un sobrepaso de las capacidades de la vía por una sobredemanda de flujo ocurriendo en cortos periodos de tiempo siendo un fenómeno repetitivo y predecible. Para esta, diseminar información tiene un bajo impacto, puesto que las vías tienden a estar en equilibrio.
- La congestión no recurrente, que proviene de la reducción de la capacidad de la vía producto de algún incidente (Reyes, 2013). Cabe hacer notar que para que se dé la condición de congestión no recurrente, la capacidad remanente deberá ser menor a la demanda existente, de otro modo, la red puede absorber la gran parte de los efectos del incidente. Frente a esta, la diseminación de información tiene una mayor incidencia.

4.3.2 *Los incidentes*

De acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM, 2000) un incidente es cualquier ocurrencia en la vía que impide el flujo normal de vehículos reduciendo su capacidad. El HCM además propone valores aproximados de la reducción de capacidad de la vía para incidentes tipo agrupados por severidad desarrollados en el Anexo B.

Debido a la amplia naturaleza de la generación de los incidentes, estos de acuerdo a su impacto a la vía se agregan en base a tres parámetros: duración, severidad y frecuencia. Los cuales junto a las características de la red, determinarán el impacto al flujo asociado (REYES, 2014).

El impacto de estos incidentes, y la disminución de sus efectos mediante la medida ITS instaurada deberán ser modelados apropiadamente para dar lugar a una evaluación de calidad aceptable.

4.4 El Usuario del Sistema de Transporte

Debido a que la efectividad de la diseminación de información radica en la percepción y disposición del usuario de aceptar esta información, varios autores dedican esfuerzos en precisar la relación entre la respuesta del usuario y elementos de la tecnología utilizada para

esto (forma, medio, extensión, etc.). Esta interacción se revisa con mayor detalle en el Anexo C. de modelos de reruteo y comportamiento humano frente a las ATIS.

4.4.1 *Factibilidad de la evaluación de las ATIS*

En este inciso, distinguen aquellas tecnologías de disseminación de información que para la realidad chilena son posibles de implementar en el corto plazo, algunas de ellas ya han sido implementadas en el país, sin embargo sus efectos en el comportamiento de usuarios no han sido extensivamente estudiados en el país, y su evaluación se restringe a cumplimiento de objetivos más que a indicadores económicos. La tabla 1, muestra un resumen de tres criterios utilizados, la existencia de antecedentes, barreras de entrada e impacto al sistema. La existencia de antecedentes es un indicador claro de la potencialidad de implementación, se considerarán también en este ítem aplicaciones similares que puedan adaptarse sin mayor inconveniente. Las barreras de entrada serán un indicador de aquellos elementos principales que dificultarán el uso de la tecnología evaluada, se descartarán para esta evaluación aquellas que posean grandes barreras en entrada. Por último el ítem de impacto al sistema se presenta para indicar la potencialidad del beneficio que pueden otorgar, y en términos comparativos, discernir aquellas que a menor coste de implementación realicen una disseminación de información de forma más productiva.

Tabla 2: Factibilidad e Impacto de Tecnologías de Disseminación de Información

Tecnología	Antecedentes en país	Barreras de entrada	Impacto al sistema y penetración
Letreros de mensajería dinámicos (VMS)	Casos existentes en el país	-	Considerable
Radio de sugerencias (HAR)	Adaptable a partir de emisoras convencionales.	-	Considerable
Sistemas dentro del vehículo (IVS)	Inexistente	Grandes barreras de entrada, (Inversión y penetración)	Considerable
Aplicaciones Smartphone Y páginas web	Casos existentes en el país	-	Considerable
Kiosks	Casos existentes en el país	-	Bajo impacto, información orientada a turismo y usuarios de transporte público
Call Center	Adaptable a partir de centrales de atención orientadas a emergencias y seguridad.	-	Bajo Impacto, baja penetración por el tipo de tecnología empleada

Fuente: Elaboración Propia

De esta forma aquellas aplicaciones que resultan más atractivas son las aplicaciones para dispositivos móviles (APP's), Radio de sugerencias en ruta (HAR) y letreros de mensajería variable (VMS).

4.5 La Evaluación Económica Actual

De acuerdo a MESPIVU, el proceso de evaluación para cada aplicación requiere la definición de una situación base que servirá de referencia para comparar los beneficios que reporta el implementar la medida a evaluar, considerando como beneficio el ahorro de consumo de recursos. Luego se procederá a comparar de los proyectos generados, y se procederá a una evaluación más detallada de aquellos que dispongan mejor desempeño frente a la situación base.

El ahorro de recursos estimado, a través de precios sociales se transformará en unidades monetarias, lo que corresponde a un enfoque de evaluación socioeconómica, la cual se adoptará en este estudio.

La evaluación además considera otros elementos, como la definición del horizonte de evaluación, los indicadores de impacto y consideraciones de los costos y de los beneficios desarrollados en el anexo B.

5 PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología Propuesta en este capítulo tiene por objetivo, la evaluación a nivel de perfil de tecnologías basadas en diseminación de información a usuarios del sistema de transporte de forma simplificada. Esta se realizó basándose en la revisión de literatura presentada en el Anexo A, considerando los aspectos particulares de ITS dentro del marco de la evaluación de Proyectos de transporte a nivel nacional.

La metodología consta de 7 pasos:

1. Diagnóstico de la situación actual
2. Definición de metas e indicadores de desempeño
3. Caracterización del sistema
4. Caracterización del incidente
5. Caracterización del ITS
6. Estimación de la respuesta del Usuario
7. Evaluación: estimación de costos y beneficios.

5.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Este paso consiste en la identificación de las condiciones del sistema a las cuales se apunta mejorar utilizando el ATIS e identificar relaciones de causalidad que permitan intuir, junto a experiencias similares, si la medida a implementar resultará efectiva (MESPIVU, 1988, Stockton, W. 2003).

5.2 Definición de Metas e Indicadores de Desempeño

La definición de metas deberá estar ligada a las causas identificadas en el diagnóstico. Estas están definidas en el Anexo A junto a estas sus respectivos indicadores de desempeño, mediante esto se representarán los efectos a evaluar (Turner, S. 1999; Kulmala, R. 2002; Stockton, W. 2003). Para una evaluación a nivel perfil, se seleccionarán aquellos indicadores más representativos del orden de impacto. Para diseminación de información se recomienda calcular de acuerdo a las variaciones en tiempo de viaje (Levinson, D. 2002; Stockton, W. 2003; Kaysi, I. 2004; Naniopoulos, A. 2004), entendiendo que para una evaluación a nivel perfil, el aumento de complejidad por integrar mayor cantidad de efectos, no se justifica con el aumento de precisión marginal que estos implicarían.

5.3 Caracterización del Sistema de Transporte

Este paso consistirá en la delimitación del área de estudio. Ésta no debe restringirse solamente al área directamente influenciada por la medida ITS, sino que deberá estimarse de acuerdo a la forma de la red, un área de influencia mayor de modo de capturar los efectos completos de la redistribución de los flujos (MESPIVU, 1988; Levinson, D. 2002; Zhang, A y Gao, Z. 2012).

Para caracterizar el área, obtener los flujos, y otros parámetros, se recomienda seguir las normativas expuestas por MESPIVU (1988).

5.4 Caracterización del Incidente a Evaluar

La efectividad de diseminar información, Ésta sujeta a la condición de congestión no recurrente, por lo que resulta importante determinar el número y tipo de incidentes y sus efectos con y sin la medida de diseminación implementada. Para recopilar antecedentes de incidentes, de acuerdo a Manual de Carreteras (Vol 1. 1997), puede recurrirse a registros de carabineros.

Para la evaluación tipo perfil, se utilizarán los incidentes tipo propuestos en el HCM (2000). Los cuales brindarán una aproximación agregada de la severidad de los incidentes, estos pueden verse en el Anexo A. Para determinar la frecuencia de cada tipo y su duración, recurrir a antecedentes de estudios, mediciones o modelaciones realizados en la zona.

5.5 Caracterización del ITS Utilizado

En este paso se busca determinar las diferencias producidas por el despliegue de determinada tecnología de diseminación de información, estimando sus costos, su penetración entre los usuarios, considerando la factibilidad de implementarla y el área de impacto directo, apoyándose para esto en experiencias internacionales.

La medida de la variación de tiempos producida por los elementos ITS, debido a la falta de registros en el caso chileno, se deberá estimar a partir de modelaciones y otros estudios zonales de los cuales se disponga.

5.6 Caracterización de los Usuarios

Consiste en la definición del grado de respuesta de los usuarios que reciben información. Para estimarla se recomienda apoyarse en funciones de re-ruteo calibradas a través de encuestas o simulaciones, que puedan ajustarse a la realidad modelada (Malchow, M. et al. 1996; Hadi, M. et al. 2008; Kusakabe, T. et al. 2012; Zhang, A. et al. 2012; Chen, G. et al. 2013). Para este estudio la respuesta de los usuarios estará determinada mediante la función tiempo de viaje obtenida de modelaciones y de acuerdo a lo propuesto por Huchingson-Dudek, modelo utilizado por ITSOAM se castigará esta función mediante una función escalonada que representa un umbral de tiempo mínimo por sobre el cual existe disponibilidad a cambios de ruta y bajo el cual cambiarse de ruta no resulta atractivo para el usuario.

5.7 Evaluación de Beneficios y Costos

La evaluación consiste en la determinación del cociente beneficios/costos, la medida en que esta razón supere la unidad indicará su conveniencia. La estimación de beneficios se realizará mediante la cuantificación de los ahorros en las medidas propuestas de desempeño. En este caso tiempo de viaje.

Para calcular el beneficio se deberá valorar los recursos monetariamente mediante su precio social. Se asumirá el funcionamiento de las ATIS cuando ocurran incidentes (del tipo evaluado), por lo que su funcionamiento estará representado por la tasa de incidentes sobre el total de estos, y se utilizará la fórmula propuesta por el manual de carreteras de beneficios en tiempo de proyectos viales, modificándola para incluir las particularidades de las ATIS (funcionamiento solo cuando existe incidente, y en función de sus características).

El impacto del incidente en el sistema supondrá un aumento de tiempo a los usuarios del corredor con reducción de capacidad. El tiempo de atraso por utilizar la vía en lugar de una ruta alternativa será diseminado, respecto al cual existirán usuarios dispuestos a cambiar de ruta o no en la medida que se supere el umbral tiempo mínimo previamente definido. Este cambio de distribución de flujos deberá resultar en el ahorro de tiempo promedio del sistema, representado por la función ahorro de tiempo y mostrado en la ecuación 1 (ΔT). El

cual a través de su valorización a nivel sistema, representará los beneficios de la medida ATIS implementada.

Los beneficios quedarán determinados mediante la siguiente fórmula:

$$B = \sum_i \sum_j \sum_k (q_{jk} * TO_k * D_i * \Delta T_i * VST_k) * f_i * N \quad ec. 1$$

En que:

B: Beneficio social del ATIS.

q_{jk} : Volumen vehicular [veh/hrs], por tipo de vehículo k, y por periodo j.

TO_k : Tasa de Ocupación vehicular [pasajeros/veh], por tipo de vehículo k.

D_i : Duración Promedio estimada del incidente, por tipo de incidente i

ΔT_i : Ahorro promedio de tiempo [hrs], por tipo de incidente k.

VST_k : Valor social del tiempo [\$/hrs], por vehículo k.

f_i : Tasa de incidente [%], por tipo de incidente i.

N: Total incidentes estimado en la zona.

5.7.1 Estimación de Costos

La estimación de costos deberá realizarse considerando la inversión fija y las mantenciones de los componentes, ignorando los gastos en infraestructura existente y otros (Ver Anexo B). Con un elevado nivel de agregación pero que permita diferenciar los componentes implementados.

5.7.2 Criterios de Evaluación y Horizonte de Evaluación

Para la determinación del horizonte de evaluación se recomienda seguir la recomendación del MESPIVU, y evaluar a corto plazo (1 año) por ser aplicaciones tecnológicas. Se recomienda la Utilización de la razón beneficio-costos de mayor difusión a nivel global en tecnologías ITS, de modo que puedan realizarse comparaciones con casos extranjeros, actualizando los beneficios percibidos al año cero mediante una tasa de actualización de 8%, valor propuesto para la subsecretaría de transportes para proyectos de esta naturaleza.

6 DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

Para apoyar la evaluación y sus cálculos, se desarrolló una herramienta que incorpora los cálculos requeridos para la cuantificación de beneficios, de acuerdo a lo propuesto en el acápite 5. Esta se desarrolló en el compilador MS Visual Basic para MS Excel, debido a la simpleza de su uso.

El programa se presenta parametrizado para permitir la manipulación de sus parámetros, los cuales por extensión y falta de datos y registros en el país no han sido calibrados, quedando esto en manos del evaluador que le utilice. Para efectos de esta memoria, se utilizarán a modo de aproximación, valores propuestos por la literatura revisada, de casos extranjeros, bajo la salvedad de que para esta evaluación se obtendrán solo ordenes de magnitud de los beneficios, pudiendo precisarse a futuro, sin embargo en este capítulo también se abordará un análisis de sensibilidad que permitirá vislumbrar aquellos parámetros a los cuales deba dedicarse mayor detalle en la calibración.

Se presenta a continuación un diagrama de la operación del programa, donde se observa el procedimiento presentado en la metodología para la obtención de beneficios.

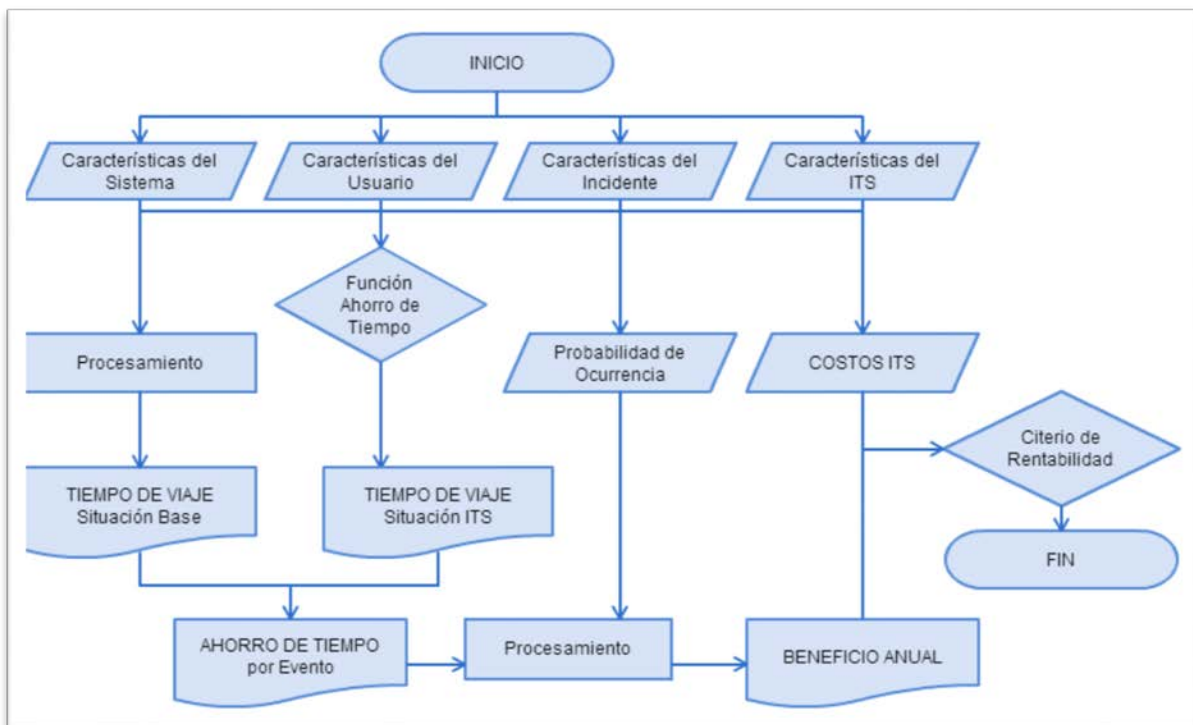


Figura 2: Diagrama de flujo de herramienta de evaluación.

6.1 Desarrollo de la Interfaz

La herramienta generada se diseñó en pestañas programadas en sucesión de modo que se ingresen en estas los datos de input pedidos y en paralelo se realicen cálculos internos con estos.

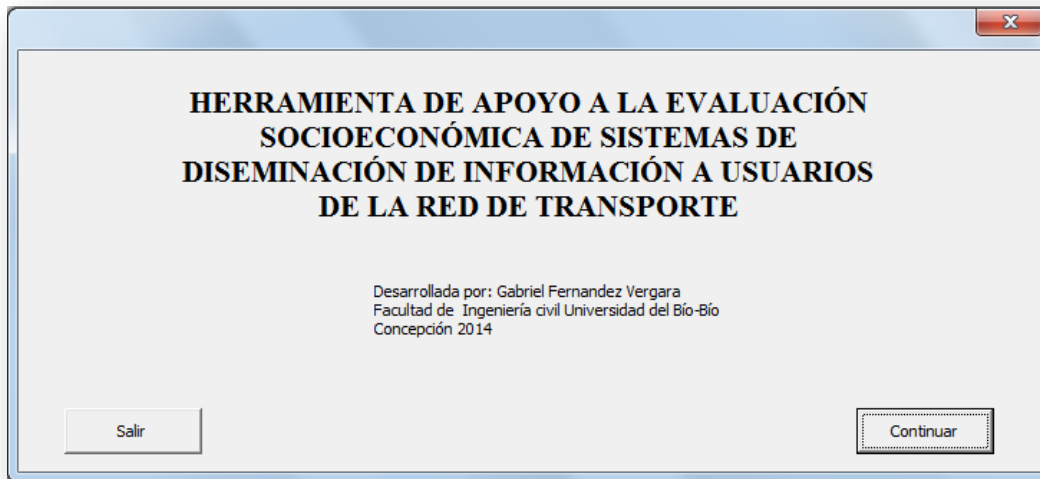


Figura 3: Herramienta de evaluación (1)

El ingreso de los datos pedidos deberá realizarse utilizando puntos para separar decimales y sin separador de miles. Para obtener el detalle de los beneficios por tipo de vehículo y periodo del día, se pedirá que se ingresen los flujos de acuerdo a estas distinciones.

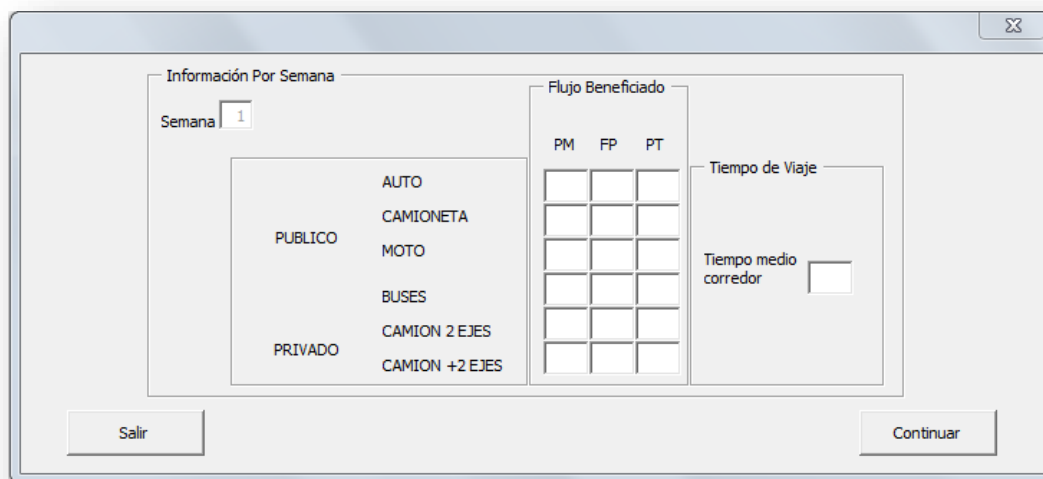


Figura 4: Herramienta de evaluación (2)

Para el cálculo de la función de ahorro de tiempo se piden el ingreso manual del tiempo umbral para cambio de ruta, de forma tal que pueda adaptarse mediante la calibración a la zona donde se quiera implementar la evaluación mediante esta herramienta.

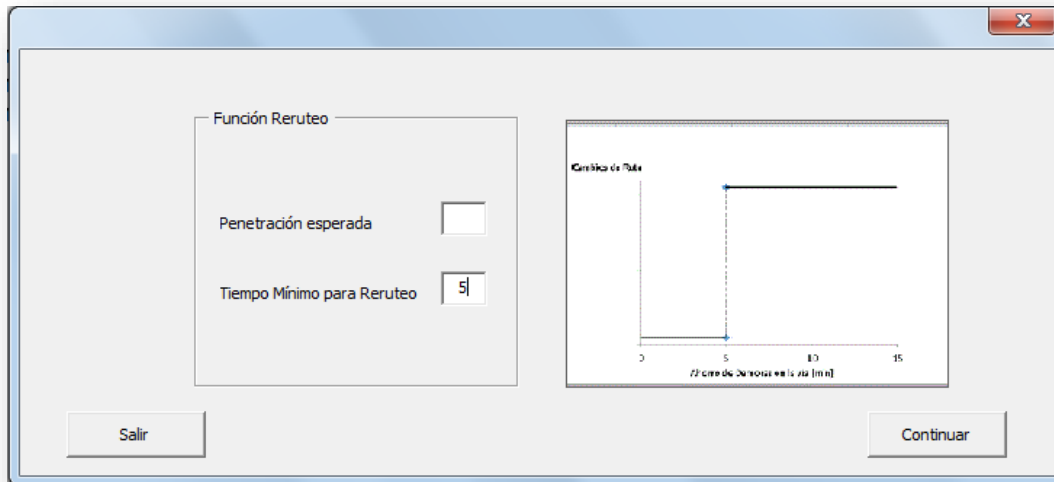


Figura 5: Herramienta de evaluación (3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	VMS	B/C									
2	\$176,258,342	1.26									
3											
4											
5											
6		Flujos Sistema [veh/hr]			T.ocupación	V.social [\$/hr]	Tiempos por Incidente [min]				
7	7422	4963	7090		1.98	1498					
8	1382	1288	1841		1.98	1498	61	31.3	8.7		
9	232	159	228		1	1498					
10	481	267	382		22	1498					
11	259	217	310		1	5565					
12	147	360	515		1	5565					
13											
14											
15											
16											
17											
18		Beneficios por Incidente [\$(1%, 35%, 80%)									
19	10,530,585	7,041,673	10,059,532		10,530,585	7,041,673	10,059,532	5,265,293	3,520,836	5,029,766	
20	1,960,828	1,827,458	2,612,073		1,960,828	1,827,458	2,612,073	980,414	913,729	1,306,037	
21	166,247	113,937	163,381		166,247	113,937	163,381	83,124	56,968	81,690	
22	7,582,879	4,209,207	6,022,162		7,582,879	4,209,207	6,022,162	3,791,439	2,104,604	3,011,081	
23	689,477	577,670	825,242		689,477	577,670	825,242	344,738	288,835	412,621	
24	391,325	958,346	1,370,967		391,325	958,346	1,370,967	195,662	479,173	685,483	

Por último los resultados se entregan en una planilla MS-Excel, incluyendo los datos de input utilizados y resultados de procesos intermedios.

Figura 6: Resultados de herramienta de evaluación

6.1 Supuestos Utilizados en la Evaluación

En la fórmula presentada existen implícitas las simplificaciones empleadas para su concepción, entre estos, el primero y más notorio, es el uso del tiempo como única variable explicativa, justificada en el acápite 5.2; las tasas de ocupación y valor social del tiempo permanecen constantes durante el periodo de evaluación; la cantidad de accidentes ocurridos se calculó distribuyendo un total de una zona mayor asumiendo que estos ocurren en proporción a la longitud de la vía en que se evalúa; la duración de los accidentes y su frecuencia de ocurrencia sigue una distribución lineal de forma que aquellos de mayor severidad y mayor duración poseen frecuencias de ocurrencia menor a aquellos menos severos y de menor duración; las aplicaciones diseminan información solo durante la duración de los incidentes, asumiendo que sus efectos quedan restringidos a esta; la respuesta de la red en términos de ahorro de tiempo frente a la cantidad de información diseminada se aproxima a lineal; los usuarios estarán dispuestos a modificar su ruta de acuerdo a la información diseminada en la medida que supere un umbral de tiempo predefinido, sobre el cual a medida que más se informe, mayor será el ahorro, dentro de los intervalos estudiados; se asume también que la cantidad de tiempo consumido por la red se distribuye equitativamente entre la cantidad de vehículos de todo tipo. Los efectos de la congestión ocasionados por un incidente en una vía de la red afectan los tiempos de viaje de toda la red, de igual forma los ahorros de tiempo por las medidas ITS benefician a toda la red y no solo al corredor evaluado.

6.2 Análisis de Sensibilidad

Con el objetivo de clarificar al evaluador aquellos parámetros cuya precisión posee mayor incidencia en el cálculo de los beneficios de acuerdo a la metodología propuesta, se desarrolla este acápite, en el cual se dispone de un análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo propuesto.

Los parámetros a considerar son los siguientes:

- Flujo total
- Penetración de mercado de la aplicación
- Accidentes totales anuales
- Duración de incidente
- Tiempo de atraso publicado
- Umbral tiempo mínimo para reruteo
- Distribución de frecuencias

6.2.1 Resultados del Análisis

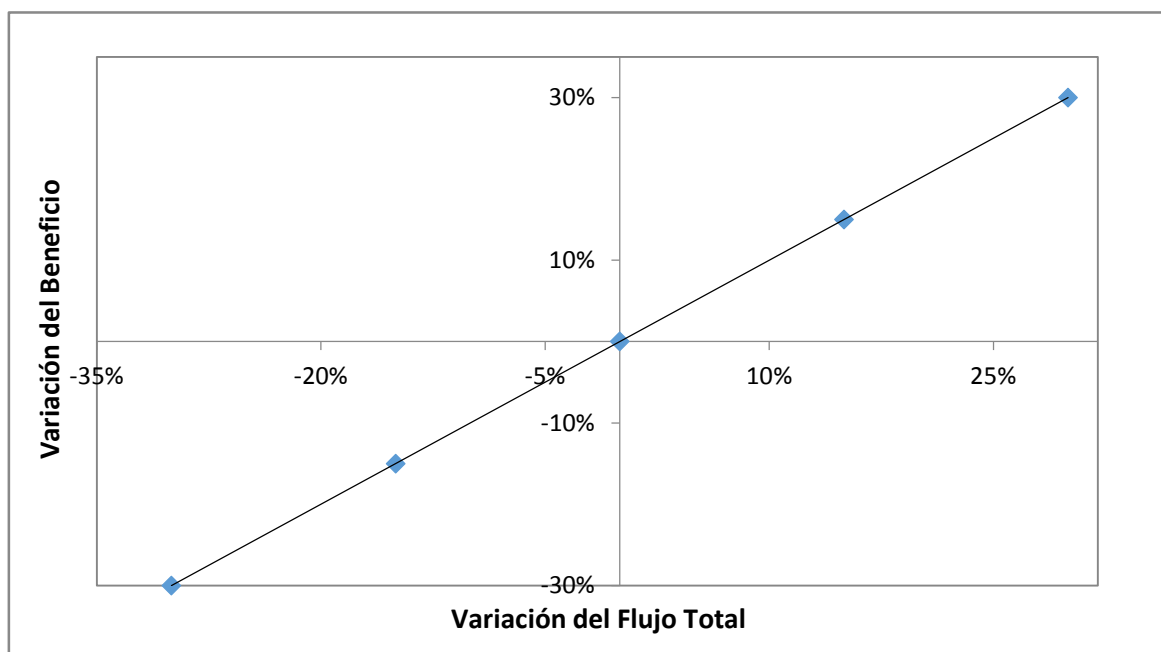


Figura 7: Variación del beneficio vs variación del flujo total

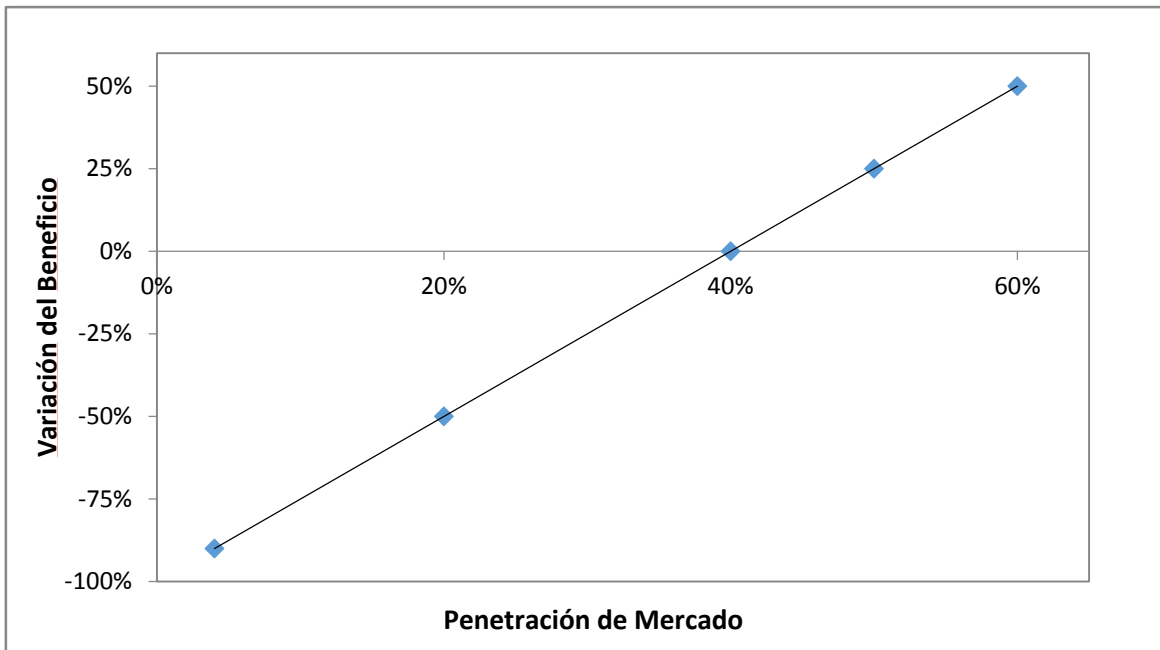


Figura 8: Variación del beneficio vs penetración de mercado

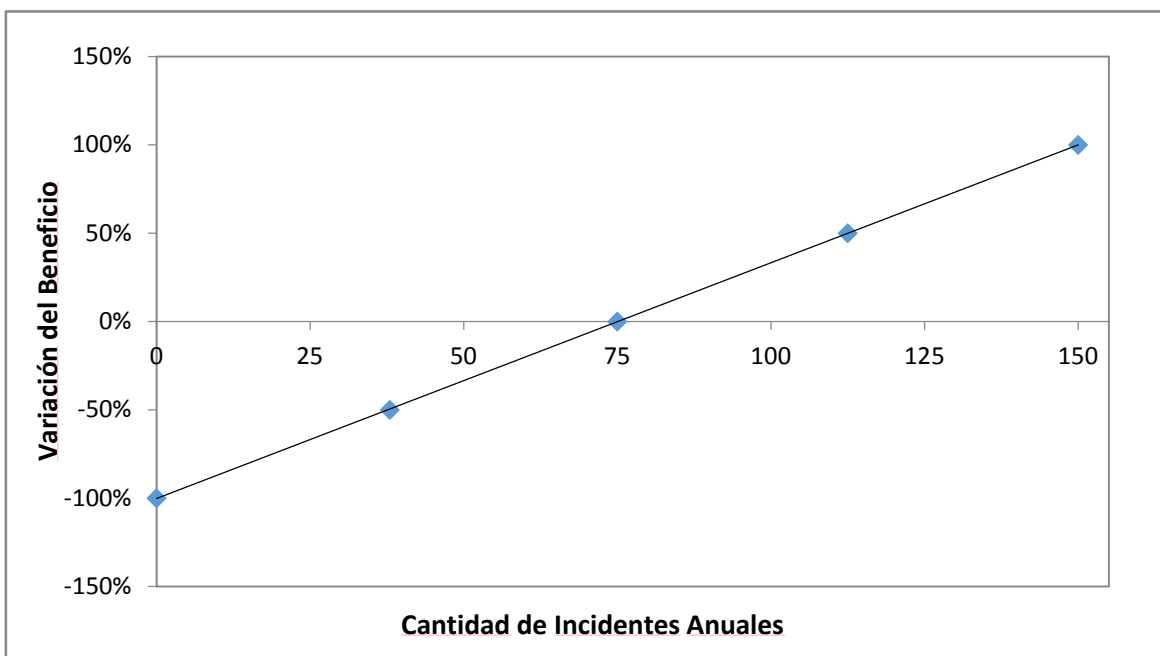


Figura 9: Variación del beneficio vs cantidad de incidentes anuales

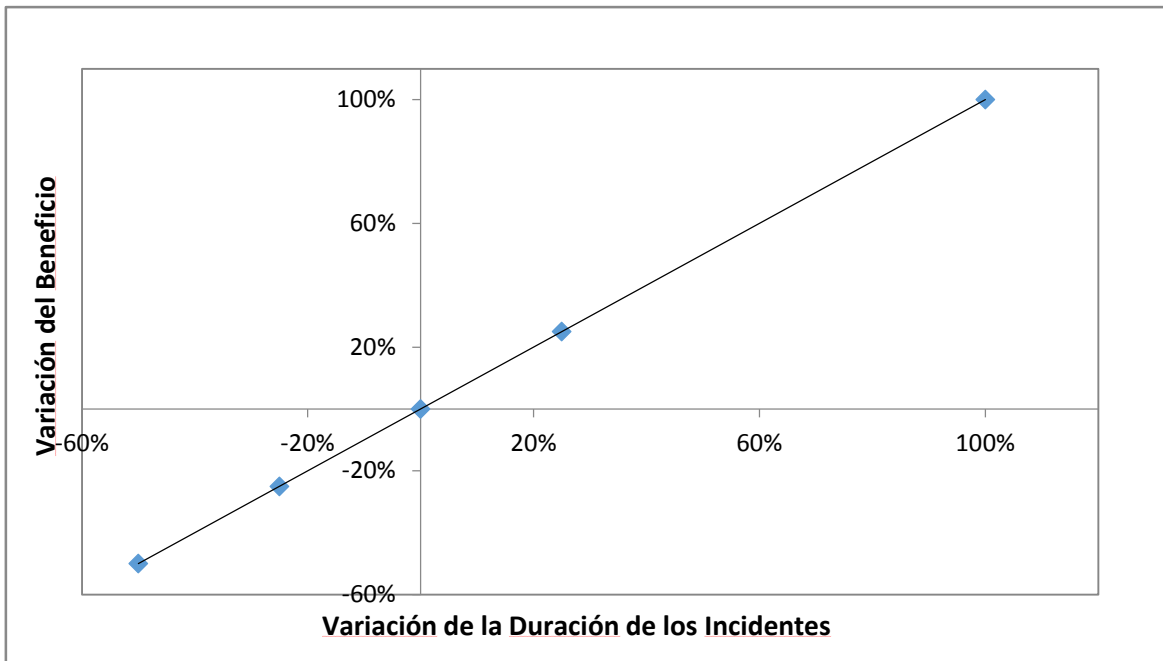


Figura 10: Variación del beneficio vs duración de los incidentes

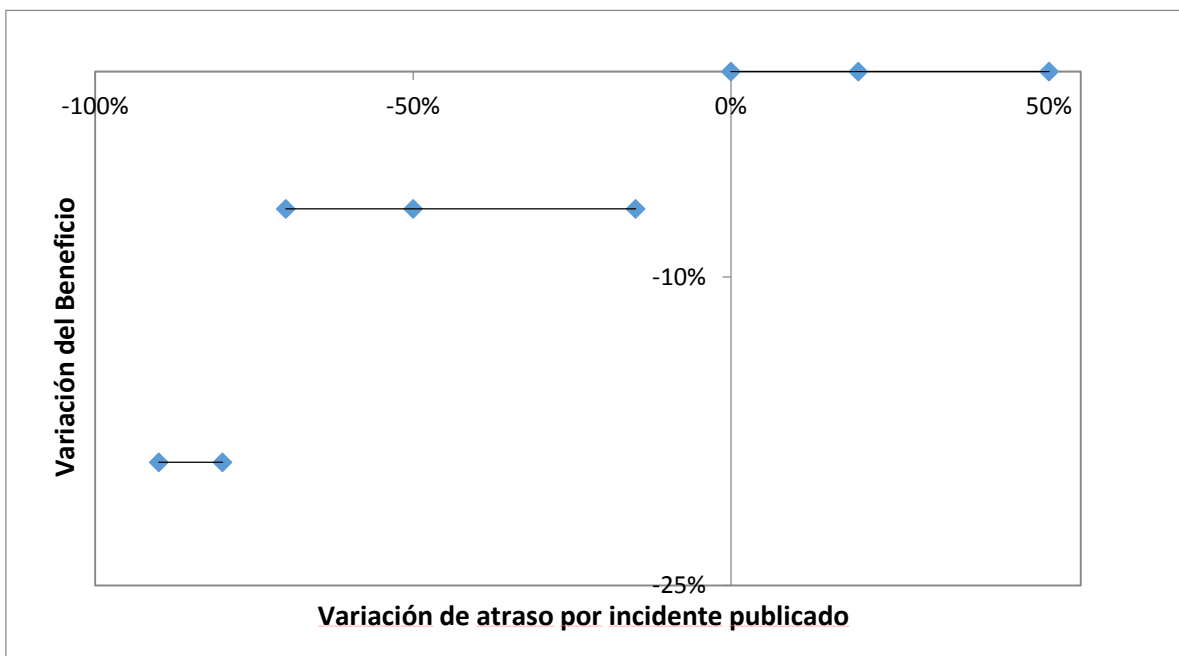


Figura 11: Variación del beneficio vs atraso publicado

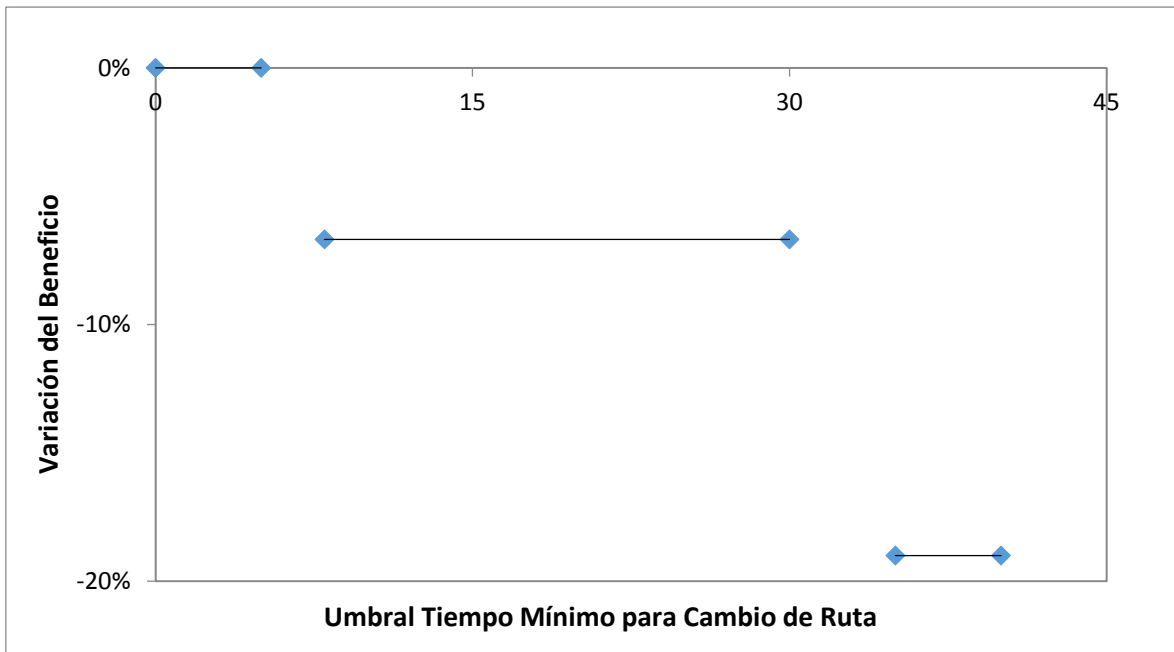


Figura 11: Variación del beneficio vs Tiempo umbral para cambio de ruta

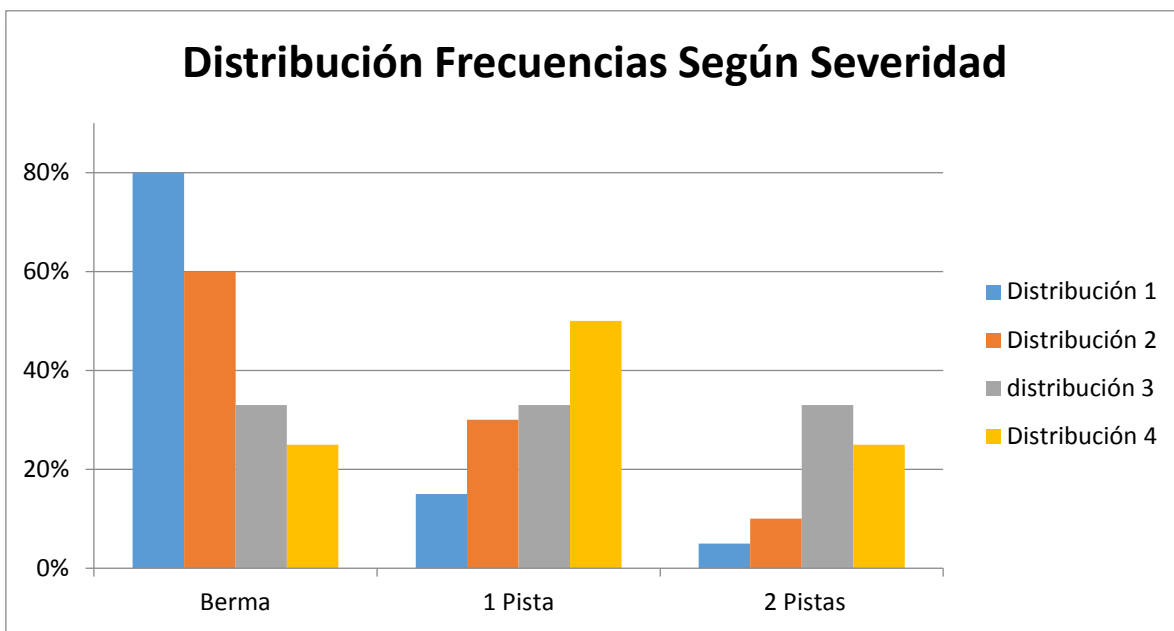


Figura 12: Distribuciones de frecuencia propuestas para severidades del incidente

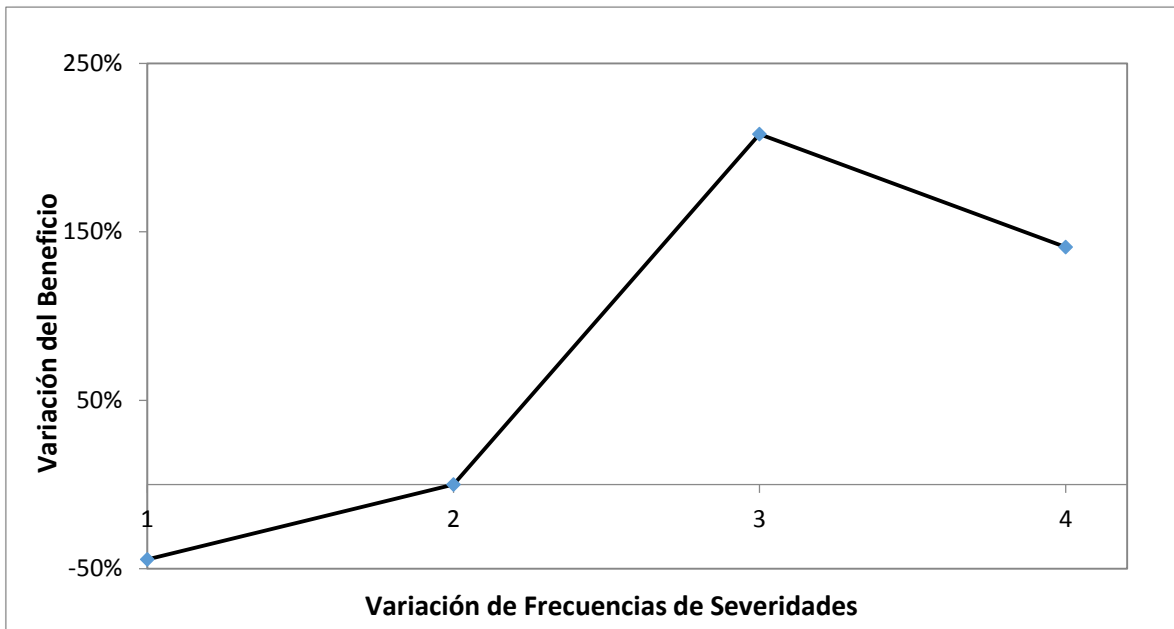


Figura 13: Variación del beneficio vs distribución utilizada para severidades de incidente

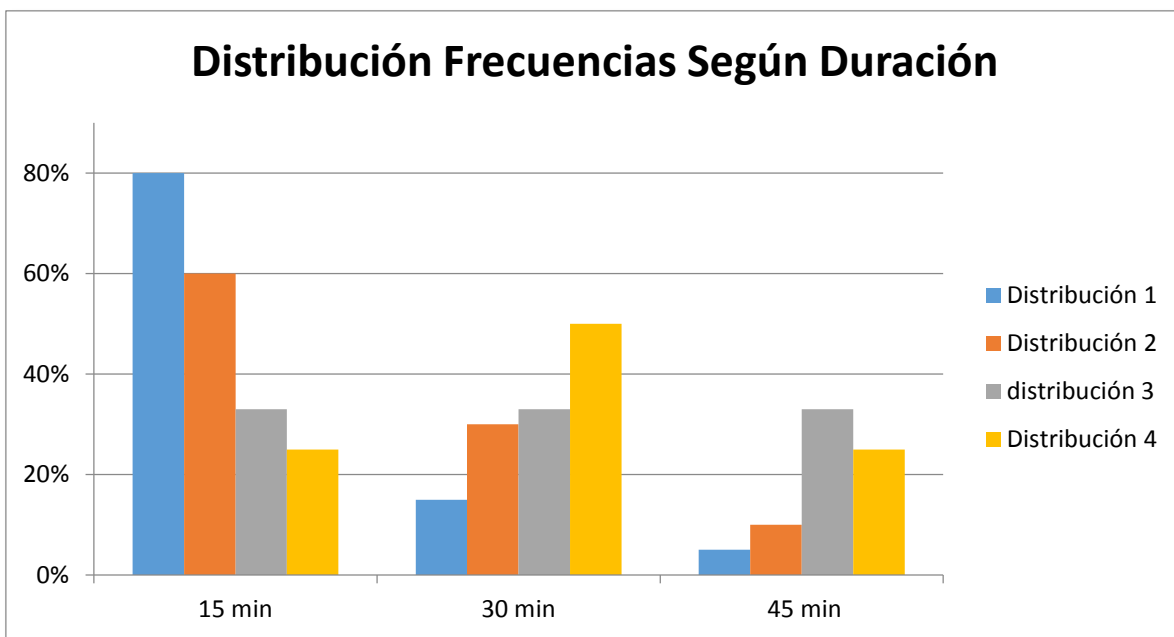


Figura 12: Distribuciones de frecuencia propuestas para duraciones del incidente

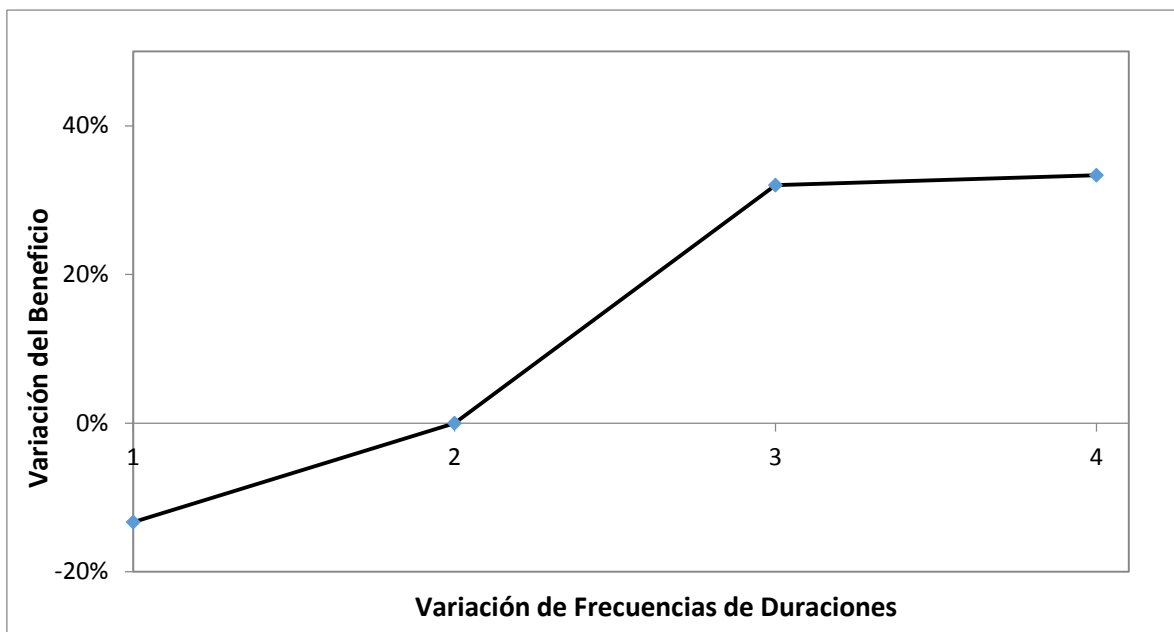


Figura 13: Variación del beneficio vs distribución utilizada para duraciones de incidente

Puede observarse que dadas las relaciones multiplicativas de los parámetros empleados, la mayoría de las relaciones entre los parámetros y el beneficio obtenido resultan proporcionales, se observa de esta forma que en la medida en que se tengan por ejemplo mayores flujos se obtendrán mayores beneficios.

En el caso de la penetración de mercado debe prestarse especial atención en su nivel de detalle debido a que una caída de 20 puntos porcentuales puede significar una caída del 50% de los beneficios, pudiendo comprometer el proyecto. De igual forma para la determinación del número de incidentes, si el número real de incidentes resulta el doble del estimado, los beneficios quedarán subvalorados en la misma proporción, en caso contrario de resultar por ejemplo en la mitad del número estimado, los beneficios calculados estarán sobreestimados.

Respecto a la duración del incidente, que para este estudio además corresponde al tiempo en que entran en función las aplicaciones ITS, se observa debido a la incertidumbre en su determinación y a la relación proporcional que existe, que en la medida en que estos superen el valor establecido también se superarán los beneficios.

La variación del tiempo de atraso publicado y el umbral tiempo mínimo para reruteo utilizado se encuentran estrechamente relacionados, debido a esto las gráficas mostradas poseen una forma similar escalonada. Estos escalones tienen lugar cuando el tiempo de atraso generado por uno de los incidentes evaluados no supera al umbral de disposición al cambio de ruta, por lo que sus beneficios teóricos quedan reducidos a cero por la función umbral preestablecida; así, por un aumento del umbral de disposición al cambio de ruta o por un decremento en los tiempos de atrasos ocasionados por los incidentes se produce una caída en los beneficios del orden de un 8% para los incidentes menores.

Dentro de este análisis de sensibilidad se observa la mayor variación de los beneficios producto de utilizar distintas funciones de distribución cada una con su propia lógica, aunque representándose de forma muy aproximada, siendo esta la variable de mayor importancia en el momento de precisar la información. La primera y segunda distribución representan que aquellos incidentes de mayor severidad requieren más condiciones para darse por lo que son menos probables que aquellos de menor severidad (y duración), siendo esto representado de forma lineal en la distribución 2 y de forma exponencial en la distribución 1. Para la distribución 3 se supone que los incidentes se dan independiente de su severidad y duración, es decir, todos tienen la misma probabilidad de ocurrencia. La última distribución propone que los incidentes de severidad media y de duración media son aquellos más comunes y que los extremos son menos probables, asumiendo una distribución acampanada. Para estas diferencias en las distribuciones se observan que aquellas que concentran mayor área hacia incidentes de mayor severidad y duración representan mayores beneficios, observándose respecto al caso base, una caída del 50% en los beneficios hasta un alza del 200% para las distribuciones propuestas, por lo cual resulta de particular interés el análisis detallado de esta variable en estudios posteriores.

En general los parámetros se observan estables en cualquier rango, con excepción de los tiempos de atraso publicados en el corredor con incidente, que manifiestan pequeñas caídas en la medida que se supere el umbral tiempo mínimo. Una salvedad a considerar también es que el análisis realizado corresponde al de la aplicación de la fórmula propuesta, y no considera los cambios que puede haber en sus datos de input mediante la variación de los parámetros

7 APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO

De forma de ejemplificar la metodología y la herramienta diseñada, se aplicarán a un caso de estudio seleccionado en base a la disposición de información relevante de este.

El área comprenderá los Puentes del Gran Concepción, y los arcos conectores resaltados en la figura 3. Para esta área se posee información respecto del impacto de incidentes en el puente Llacolén, el puente central de la figura.

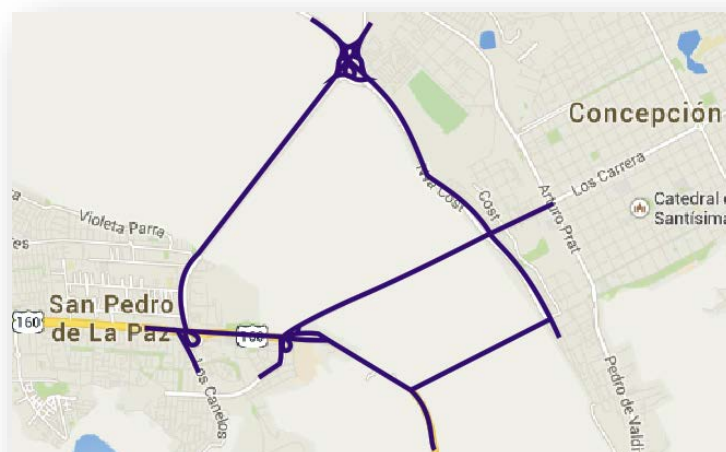


Figura 14: Zona de estudio, puentes del Gran Concepción

7.1 Aplicación de la Metodología

7.1.1 Diagnóstico

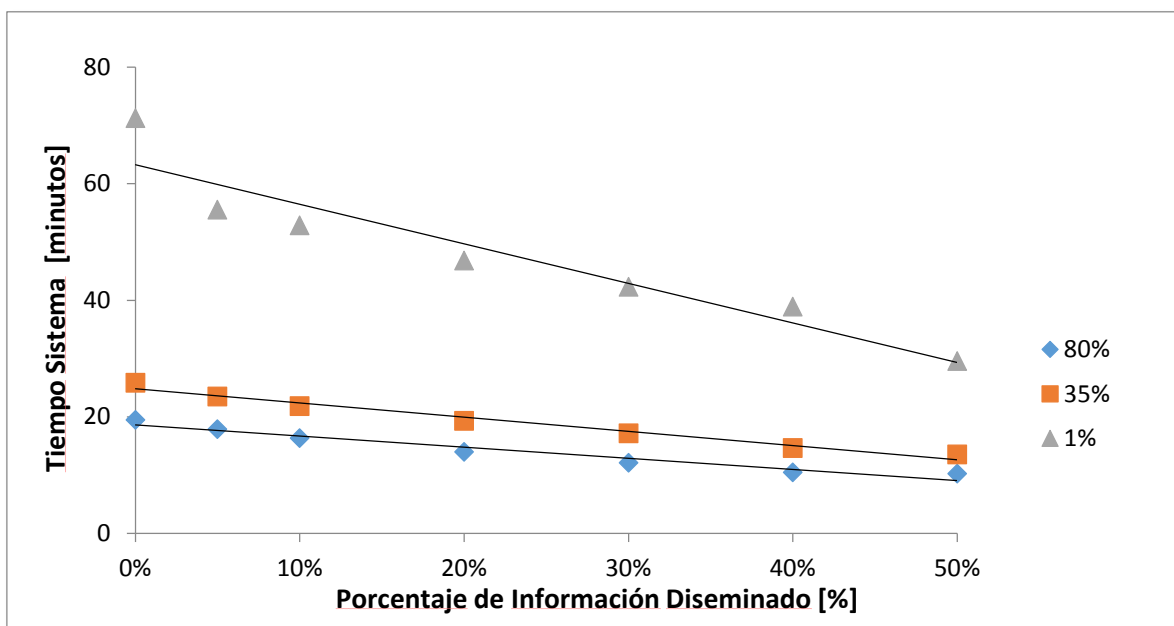
Se observa que para efectos de incidentes en las vías (en este caso el puente Llacolén), debido a la asignación a priori de los usuarios que no vaticinan las reducciones de capacidad, se genera congestión, la cual se propaga afectando al sistema de acuerdo a los datos presentados por Venegas, F. (2014) (ver Anexo A, D). Se justifica entonces la evaluación de medidas de disseminación de información como elementos que puedan mitigar estos efectos, mediante una optimización de la distribución de usuarios a las vías alternativas.

7.1.2 Definición de Metas e Indicadores de valor

El impacto más representativo que se logrará con la nueva asignación de usuarios en el sistema, será la mejora a la movilidad, que se evaluará mediante la reducción en tiempos de viaje en el sistema, de acuerdo a lo propuesto en la metodología.

7.1.3 Caracterización del Sistema

El área de estudio será la presentada anteriormente, utilizando los flujos de la modelación realizada por Venegas F. (2014). Periodizando en punta mañana, punta tarde y fuera de punta, para una única semana tipo y por tipo de vehículo. Las tasas de ocupación y el valor social del tiempo se obtienen del Ministerio de Desarrollo Social (Precios sociales vigentes, 2014). De acuerdo a los datos entregados por la modelación se observa que los tiempos en el sistema por vehículo dependiendo de la información diseminada varían de acuerdo a la siguiente figura:



7.1.4 Utilización de la Herramienta

La caracterización del incidente, del ITS, y de los usuarios, además de la evaluación se realizarán apoyados en la herramienta generada. El programa incluye la información de frecuencias de incidentes y duraciones propuestos por Reyes, K. (2014), y de reacción del sistema ante la diseminación de información de acuerdo a lo determinado por Venegas, F. (2014). Los cuales pueden observarse en el Anexo D.

La estimación de costos para este estudio, se obtuvo de la base de datos de la Research and Innovative Technology Administration, organización dependiente del departamento de Transporte de los Estados Unidos, de la que se estimó un orden de magnitud de los componentes ITS. los costos estimados corresponderán solo a la de los componentes directos de la tecnología de diseminación de información, a una red de circuito cerrado de cámaras y a 2km de fibra óptica para comunicar estos elementos.

Los resultados entregados se observan en las siguientes tablas resumen:

Tabla 4: Resumen de Beneficios por Tipo de accidente y Aplicación.

		<i>Beneficio Anual</i>		
Tecnología	Duración	15 min	30 min	45 min
	Capacidad Remanente			
HAR	80%	\$ 71,378,733	\$ 71,378,733	\$ 35,689,367
	35%	\$ 10,866,761	\$ 10,866,761	\$ 5,433,380
	1%	\$ 5,883,677	\$ 5,883,677	\$ 2,941,839
APP	80%	\$ 7,137,873	\$ 7,137,873	\$ 3,568,937
	35%	\$ 1,086,676	\$ 1,086,676	\$ 543,338
	1%	\$ 588,368	\$ 588,368	\$ 294,184
VMS	80%	\$ 56,341,614	\$ 56,341,614	\$ 28,170,807
	35%	\$ 8,577,496	\$ 8,577,496	\$ 4,288,748
	1%	\$ 4,644,182	\$ 4,644,182	\$ 2,322,091

Tabla 5: Beneficios y Costos Anuales por Aplicación y Razón Beneficio/Costo

Tecnología	Beneficio Total	Costos	Razón B/C
HAR	\$ 204,002,711	\$ 60,500,000	2.6
APP	\$ 20,400,271	\$ 5,000,000	5.1
VMS	\$ 161,026,140	\$ 90,750,000	1.2

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la síntesis del estado del arte para el caso chileno, se observa la necesidad de definir instrumentos formales metodológicos para la evaluación de elementos ITS y la definición de su marco de interoperabilidad en pos de potenciar el desarrollo de estas tecnologías en el país y así acceder a sus potenciales beneficios.

La gran cantidad de aplicaciones factibles en el país, las cuales además han sido extensamente testeadas en el extranjero, especialmente aquellas que registran a bajos costos utilidades considerables como las aplicaciones para smartphones, hacen atractivo el estudio a nivel de detalle de éstas, a modo de comprender mejor sus impactos y adoptarlas dentro de la cultura Chilena ITS a desarrollarse a futuro.

La metodología realizada en este informe, otorga razones beneficio/costo, consistentes a las de casos extranjeros para las aplicaciones revisadas. Sin embargo, dado que los beneficios a falta de antecedentes para su validación, solo otorgan órdenes de magnitud, y los costos representan meras aproximaciones y no cotizaciones realizadas formalmente (con sus respectivas especificaciones), estos resultados solo pueden indicar la necesidad de un estudio con mayor nivel de detalle.

Se puede notar además que para la disseminación de información en términos de beneficios: HAR(200 mill.) supera a VMS(160 mill.) y a Smartphones(25 mill.) debido a las penetraciones de mercado respectivas, sin embargo considerando sus costos, en términos de las razones beneficio/costo: Smartphones(5.1) superan a HAR(2.6) y superan a VMS(1.2), pudiendo descartar VMS y concentrándose en aplicaciones para Smartphones o HAR.

Se observa de la metodología propuesta que los beneficios de las aplicaciones se estiman de la disseminación de información de incidentes en tan solo una vía de un sistema de mayor extensión siendo este un análisis muy conservador, por lo que se recomienda expandir.

Las variables de mayor relevancia dentro del análisis de beneficios son las relacionadas a la penetración esperada de las aplicaciones ITS y a las del incidente (su distribución, duración y el total de incidentes anuales) por lo cual se recomienda dedicar esfuerzos posteriores en precisarlas.

9 BIBLIOGRAFIA

1. Adler, J. et al. (1993). A systematic Evaluation of the Impacts of Real-Traffic Condition Information on Traffic Flow. California PATH Program, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
2. Balakrishna, R. et al. (2005) Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1910, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 90–98.
3. Benson, B. (1995) Motorist Attitudes about Content of Variable-Message Signs. The Institute of Public Policy, George Mason University, Fairfax. Transportation Research Record 1550.
4. Chen, G. et al. (2013) An Analysis of Driver's Choice based on Information of Traffic Accidents, 13th International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013),
5. Chu, L. et al. (2004) Using Microscopic Simulation to Evaluate Potential Intelligent Transportation System Strategies under Non-recurrent Congestion. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1886, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 76–84.
6. Gildea, D. (1996) Applications of Technology in Providing Transit Information. Center for Transportation Studies, Massachusetts Institute of Technology. Transportation Research Record 1521
7. Guattari, C. et al. (2012). The Effectiveness of Variable Message Signs Information: A Driving Simulation Study. Department of Sciences of Civil Engineering, University Roma Tre, Via Vito Volterra, 62, 00146 Rome Italy. SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures.
8. Hadi, M. et al. (2005) Benefit and Cost Parameters of Intelligent Transportation Systems. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1910, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 57–63.

9. Hadi, M. et al. (2008). Evaluation Tools to Support ITS Planning Process: Development of a Sketch Planning Tool in FSUTMS/Cube Environment. Lehman Center of Transportation Research, Office of Research and Development, State of Florida Department of Transportation.
10. ITS Deployment Analysis System (IDAS) User's Manual, Appendix A, and Section 1. Prepared for the Federal Highway Administration by Cambridge Systematics, Oakland, CA. November. 2001.
11. Kamga, C. et al. (2013) Implementation of interactive transit information kiosks at New York City transit facilities: Analysis of user utilization and lessons learned. Department of Civil Engineering, City College of New York, Region-2 University Transportation Research Center, City College of New York. Transportation Research Part C 35, 218–231
12. Kaysi, I. et al. (2004) Traveler Information Provision for Incident Management Implications for Vehicle Emissions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1886, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 59–67.
13. Kulmala, R et al. (2002). Guidelines for the evaluation of ITS Projects. FITS publication 4/2002, Ministry of Transport and communications, Finland.
14. Kusakabe, T. et al. (2012) Effects of Traffic Incident Information on Drivers' Route Choice Behavior in Urban Expressway Network. Tokyo Institute of Technology, Okayama, Meguro, Japan. 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation.
15. Levinson, D. (2002). The Value of Advanced Traveler Information Systems for Route Choice. University of Minnesota, Department of Civil Engineering, 500 Pillsbury Drive SE, Minneapolis, USA. Transportation Research Part C 11, 75–87
16. Liu, Y. et al. (2005) Dedicated Short-Range Wireless Communications for Intelligent Transportation System Applications. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1910, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 29–37.

17. Malchow, M. et al. (1996). The economics of Traffic Information: A State of the Art Report. California PATH Program, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.
18. Manual de Diseño y Evaluación Social de Obras Viales y Urbanas. MESPIVU (1988). Santiago, Chile, Comisión de Transporte Urbano, Secretaría Ejecutiva.
19. Manual de Carreteras (1997). Volumen n°1: Evaluación de Proyectos Viales Interurbanos, Santiago, Chile.
20. Naniopoulos, A. et al. (2004) Costs and Benefits of Information Technology Systems and Their Application in the Info-mobility Services: The Travel-Guide Approach. Economic Impacts of Intelligent Transportation Systems: Innovations and Case Studies Research in Transportation Economics, Volume 8, 463–480
21. Nuworsoo, C. et al. (2008). A Benefit-Cost Evaluation of Smart Transit Features at Small Scale Transit Operations. Department of City and Regional Planning California Polytechnic State University. TRB 2009 Annual Meeting CD-ROM.
22. Oh, C. et al. (2007) Analysis of Driver Behavior in Response to Variable Message Signs (VMS) Using In-vehicle Differential Global Positioning Systems (DGPS) Data, TRB 2009 Annual Meeting CD-ROM.
23. Oh, J. et al. (2002) Emergence of Private Advanced Traveler Information System Providers and Their Effect on Traffic Network Performance. Institute of Transportation Studies and Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Irvine. Transportation Research Record 1783, Paper No. 02-3988.
24. Precios Sociales Vigentes (2014), División Social de Inversiones, Subsecretaría de Evaluación Social, Ministerio de Desarrollo Social, Chile, Marzo 2014.
25. Research and Innovative Technology Administration (RITA), Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, United States Department of transport, www.rita.dot.gov. Acceso el 19 de Diciembre de 2014
26. Reyes, K. (2014) Evaluación del Impacto de la Congestión No Recurrente en Redes de Transporte Urbano. Proyecto de título. Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío. Concepción. Chile.
27. Sadek A. et al. (2003) Cost-Effectiveness of Intelligent Transportation System (ITS) Deployment in a Medium-Sized Area. Department of Civil and Environmental

- Engineering, University of Vermont, Burlington, VT 05405. Transportation Research Record 1826 Paper No. 03-3253
28. Scofer, L. et al. (1993). Behavioral Issues in the Design and Evaluation of Advanced Traveler Information Systems. University of California. Transportation Research Record. C. Vol.1, N°2, pp. 107-117.
 29. Secretaria de Planificación y Transporte SECTRA, (2000). Aspectos Generales y Metodológicos Específicos de Sistemas de Transporte Inteligentes – ITS.
 30. Shah, V. et al. (2003) Potential of Advanced Traveler Information System to Reduce Travel Disutility. Mitretek Systems, 600 Maryland Avenue SW, Suite 755, Washington. Transportation Research Record 1826 Paper No. 03-3208.
 31. Stockton, W. et al. (2003). Estimating ITS Benefits: Guidelines for Evaluating ITS Projects. Texas Transportation Institute, Research and technology Implementation Office.
 32. Transportation Research Board Highway Capacity Manual (HCM 2000). Part III, Methodologies. Chapter 22, Freeway Facilities Transportation Research Board, Washington, DC.
 33. Turner, S. Stockton, W. (1999). A proposed ITS Evaluation Framework for Texas. Texas Transportation Institute, Research and Technology Transfer Office.
 34. User's Manual for SCRITS, Screening Analysis for ITS, Prepared for Federal Highway Administration Office of Traffic Management and ITS Applications, Prepared by Science Applications International Corporation, 1999
 35. Venegas, F (2014). Beneficios de la Diseminación de Información de Tráfico a los Usuarios del Sistema de Transporte. Proyecto de título. Ingeniería Civil. Universidad del Bío-Bío. Concepción. Chile.
 36. Walton, S. et al. (2011) Interpreting Cellular Coverage for Transportation Applications. Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Kansas. Transportation Research Record 1826. Paper No. 03-4116
 37. Watling, D. (2006) User Equilibrium Traffic Network Assignment with Stochastic Travel Times and Late Arrival Penalty. European Journal of Operational Research 175(3). Pp.1539-1556.

38. Yokota, T. et al. (2004). Deployment of Intelligent Transportation Systems in Countries with Developing and Transitional Economies. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n°1886, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. pp. 1-9.
39. Yokota, T. et al. (2005). Approaches for Introducing Intelligent Transportation Systems into Developing Countries. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, n°1910, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. pp. 72-81.
40. Zhang, A. et al. (2012) Effect of ATIS Information under Incident-based Congestion Propagation. Beijing Jiaotong University [BJU], Systems Engineering Society of China. 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies Changsha, China, August 1–3
41. Zheng, M. (2011) Time Constraints in Emergencies Affecting the Use of Information Signs in Way finding Behavior. Asia Pacific International Conference on Environment-Behavior Studies, Salamis Bay Conti Resort Hotel, Famagusta, North Cyprus, 7-9.

10 ANEXO A: REVISIÓN DE LITERATURA

Para obtener una visión contextual acerca de la evaluación de proyectos ITS, y de la evaluación de proyectos similares en el país, se hizo consulta de los siguientes manuales de evaluación

10.1 Manuales de Evaluación

10.1.1 *Manual de Evaluación y Diseño de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU, 1988)*

Para el caso chileno, en la evaluación de proyectos de vialidad, el estándar es el Manual de Diseño y Evaluación de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU), generado por la Secretaria de Planificación de Transporte (SECTRA), organismo técnico responsable del proceso de planificación del sistema de transporte urbano en el país, que corresponde al “Programa de Vialidad y Transporte Urbano” a su vez dependiente del Ministerio de Transporte. MESPIVU constituye un marco de referencia para el análisis y evaluación de proyectos homogeneizando a través de normativas y recomendaciones los procesos de evaluación.

Para la evaluación, este manual realiza una clasificación de proyectos de acuerdo al tipo de impacto que produzcan (ver figura A1), los proyectos ITS de disseminación de información, corresponden a proyectos de gestión no estructurales y sin reasignación de flujos (reasignaciones no considerable por su carácter esporádico). Para este tipo de proyecto, la evaluación recomendada corresponde al nivel de perfil en primera instancia, seguida de la evaluación a nivel de ingeniería de detalles. Para los cuales su metodología incluye la definición del área de impacto, la periodización y la realización de un corte temporal quedando a disposición del evaluador realizar un segundo corte temporal con un horizonte de evaluación a tres años (dependiendo del monto de inversión). La caracterización de la situación actual incluye la identificación de la problemática a mejorar, y sus causas. Para este tipo de proyectos debido a la escasez de propuestas alternativas, solo se considera la variación de algunos de sus parámetros como medidas alternativas. MESPIVU Considera dentro de la evaluación de beneficios todos aquellos que puedan ser calculados, más enfatizando en el ahorro de tiempo de viaje y de consumo de combustible.



Figura A1: Clasificación de proyectos según MESPIVU

Las etapas propuestas por MESPIVU para el desarrollo de proyectos Viales se observan en la figura A3 del acápite siguiente. De acuerdo a esta metodología del desarrollo de un proyecto, la generación de un perfil sirve para conjeturar acerca de sus potenciales beneficios de forma gruesa, el nivel de detalle deberá ajustarse en los procesos subsiguientes hasta llegar a la evaluación detallada.

10.1.2 Manual de Carreteras (Volumen 1)

Otro manual que puede consultarse es el Manual de Carreteras, dependiente de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP). De este, el Volumen 1 se dedica a la Planificación Evaluación y Desarrollo de Proyectos Viales, y sugiere una metodología para distintos niveles de detalle en evaluación.

El Manual de Carreteras, en su metodología clasifica los diversos proyectos según su impacto, un proyecto ITS de diseminación de información correspondería a un proyecto de tipo I, el cual, se refiere a la situación en la que se espera que el impacto en los flujos de la red vial no produzca cambios significativos sobre la localización, generación, distribución, partición modal ni asignación. Define para la evaluación a nivel de perfil la obtención de flujos de encuestas origen destino, por tipo de vehículo, periodo y corte temporal. Recomienda para la obtención de antecedentes acerca de las tasas de accidentes la búsqueda de antecedentes históricos, o bases de datos del centro de información y estadística de carabineros de Chile (CIEC). Los beneficios recomendados para la evaluación consisten principalmente tiempo de viaje, aunque puede integrarse además ahorros en

costos de operación. Estos son obtenidos de la comparación entre la situación con proyecto y la situación base.

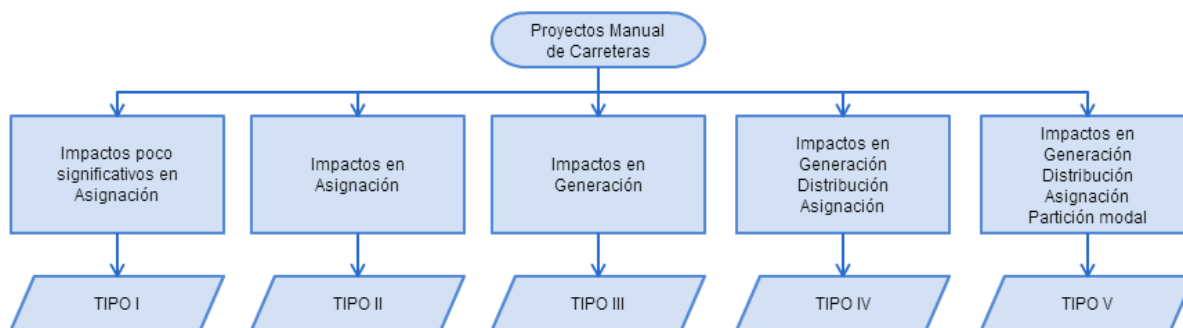


Figura A2: Clasificación de proyectos según Manual de Carreteras.

En la figura siguiente se muestran las etapas a seguir en el desarrollo de un proyecto de tipo vial de acuerdo a MESPIVU y al Manual de Carreteras, para ambos de forma similar, el nivel de Perfil significa una sub-etapa en la cual se aborda el problema de forma gruesa, permitiendo una evaluación preliminar de forma de discriminar la potencialidad de los beneficios de la implementación de un proyecto, y la necesidad de precisar la evaluación o su abandono.

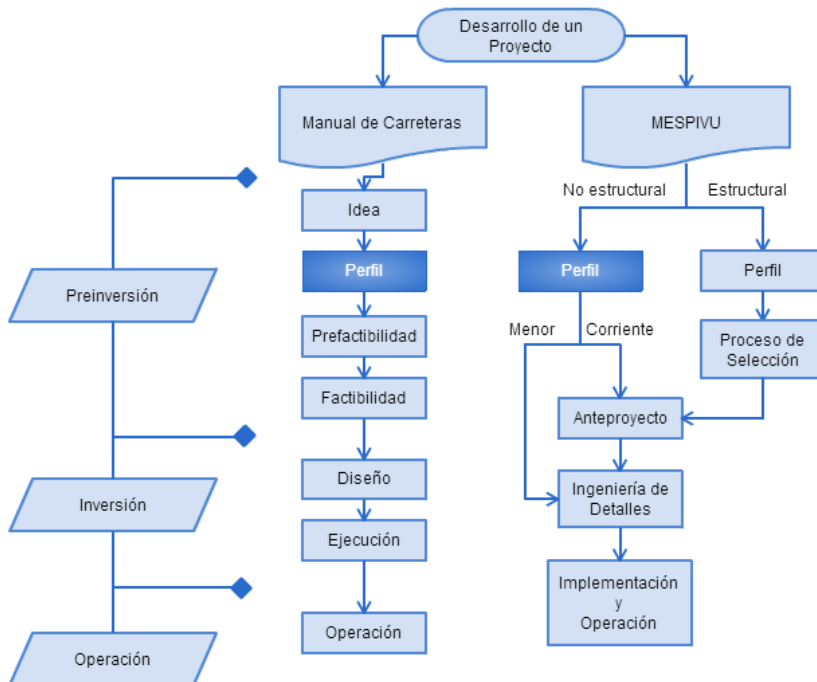


Figura A3: Etapas del proceso de generación de proyectos viales.

10.1.3 *Guidelines for the Evaluation of ITS projects, Stockton, W. et al (2003).*

Manual desarrollado por Stockton, W. et al (2003). En conjunto a miembros del Departamento de Transporte de Texas (TxDOT) y la Administración Federal de Carreteras (FHWA) de los Estados Unidos. Cuyo objetivo es asistir la evaluación ITS. En su metodología reconoce paquetes de aplicaciones ITS que cumplen un rol acotado, a los cuales se les debe asociar un árbol de evaluación propuesto por el autor (ejemplo para diseminación de información en figura A4). Se determinan de este las medidas de efectividad (MOE's) respectivas, se escoge el tipo de evaluación y nivel de detalle para posteriormente identificar la información requerida (sugerida en el árbol) y posteriormente a recolectarla comparar resultados con los objetivos propuestos. Recomienda el uso de la razón costo beneficio y distingue beneficios al usuario, agencia de transporte y a la sociedad en general. En el caso de la diseminación de información propone para el usuario el ahorro en tiempo de viaje y el aumento de su satisfacción, para la agencia propone el aumento del nivel de satisfacción de los usuarios y sus flujos, y por último considera como beneficio a la sociedad el ahorro en emisiones y consumo de combustible.

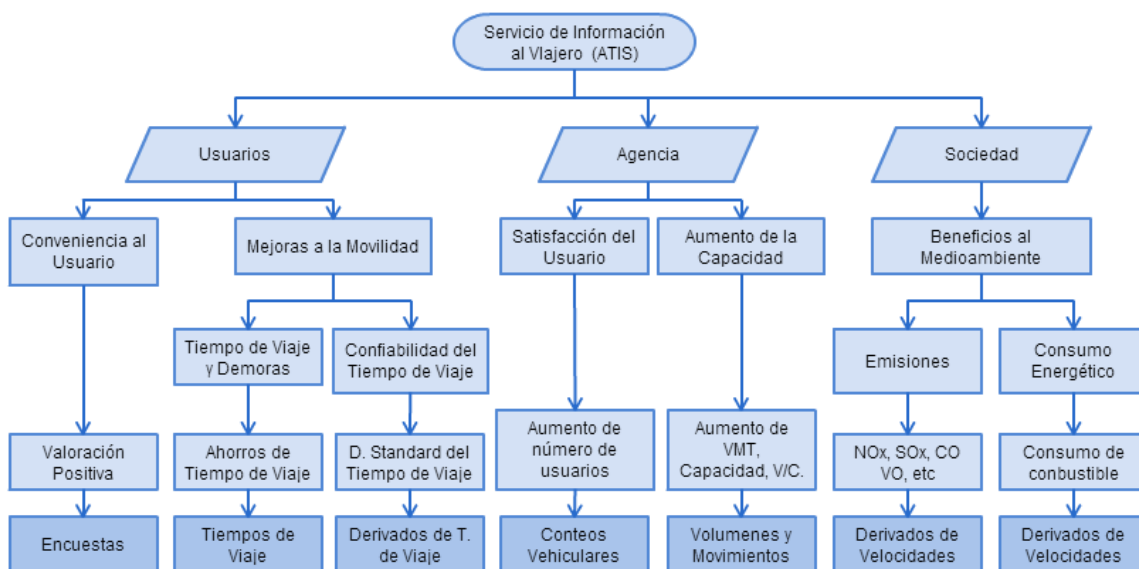


Figura A4: Árbol de evaluación para ATIS

Fuente: Stockton,W, et al. (2003)

10.1.4 *Guidelines for the Evaluation of ITS project, Kulmala, R. et al. (2002).*

Manual Finlandés del Ministerio de Transporte. Propone determinar los impactos asociados a la implementación de la tecnología ITS y asociarles un método de evaluación socio-

económica, considerando su factibilidad y nivel de penetración. Recomienda el uso de la razón costo beneficio. Y presenta algunos ejemplos de evaluaciones.

10.2 Herramientas de Evaluación

Además de la asistencia que entregan los manuales de evaluación, existen herramientas desarrolladas como apoyo al evaluador, que facilitan la tarea de evaluar distintos impactos de las medidas ITS a implementar, entre ellas:

10.2.1 IDAS

The Intelligent Transportation Systems Deployment Analysis System (IDAS) es una herramienta de planeo preliminar (a nivel de perfil) de tecnologías ITS, desarrollada por la Federal Highway Administration (FHWA), capaz de estimar sus impactos, beneficios y costos. Está diseñada para funcionar en sucesión a algún modelo de demanda utilizado sus datos de salida. Puede evaluar los impactos de 11 categorías de ITS, entre ellos ITS de gestión de tráfico, sistemas de pago electrónico, sistemas de información al viajero, sistemas de operación a vehículos comerciales, sistemas de seguridad etc. Utilizando a para ello como medidas de desempeño como el tiempo de viaje y velocidad, confiabilidad en tiempo de viaje, consumo de combustible, costos operacionales, emisiones y ruido operando para esto a través de módulos. (*IDAS User's manual*).

Para la evaluación de la diseminación de información, la metodología empleada por IDAS asume los beneficios como una función del volumen de flujo afectado, el porcentaje de tiempo que se disemina información, un porcentaje de usuarios que reciben la información y que ahorran tiempo y el tiempo ahorrado por usuario. IDAS desprecia los beneficios que pueden generar ahorros en emisiones, seguridad y consumo de combustible debido a que considera que no resultan estadísticamente significativos, dado que el tráfico adicional en las vías alternativas puede compensar e incluso superar los beneficios de reducir la congestión en la vía evaluada (Hadi et al. 2008).

10.2.2 SCRITS

Screening for ITS (SCRITS) es una herramienta de análisis para estimar beneficios de implementar sistemas de transporte inteligente (ITS) basada en hojas de cálculo desarrollada por la Science Applications International Corporation para la FHWA, cuyo fin

es dar una indicación inicial (estimación a nivel de perfil) de los posibles beneficios de algunas aplicaciones ITS como circuitos cerrados de tv, disseminación de información radial, por letreros de mensajería dinámicos o internet, kiosks, pago electrónico y estrategias de señalización de tráfico entre otros. Diseñado para trabajar con datos de output de modelos regionales de demanda de tránsito, utilizando parámetros como las horas-vehículo, millas-vehículo, emisiones, consumo y gastos operacionales, calcula beneficios a nivel de día, posteriormente anualizándoles para una comparación económica de sus costos/beneficios. (*SCRITS user's manual*)

Para la evaluación de los beneficios de la disseminación de información, SCRITS los asume como función del flujo, número de fuentes de transmisión, del número de activaciones por año y el tiempo que permanecen funcionando por activación, de la penetración de estas medidas y del porcentaje de usuarios que recibe información y ahorra tiempo, además del tiempo ahorrado, sugiriendo valores preconfigurados.

10.2.3 *ITSOAM*

The ITS Option Analysis Model (ITSOAM) es una herramienta de evaluación preliminar de tecnologías ITS desarrollada para el New York State Department of Transportation por Calspan UB Research Center y la Universidad de Buffalo, capaz de evaluar Sistemas avanzados de información a usuarios (vía letreros dinámicos, información radial y kiosks entre otros), sistemas de detección y vigilancia, vehículos de emergencia, control de tráfico adaptativo, rampas de acceso y más.

ITSOAM solo estima beneficios, no los coteja con sus costos, para sus cálculos, utiliza información del dominio relacionada con la geometría del sistema (número de pistas, capacidad, etc.), operación del tráfico (tiempo de viaje, categorías de incidente, composición del tráfico etc); constantes, las cuales representan el uso de los elementos ITS y su proporcional mejora al sistema, número de usuarios dispuestos a cambio de ruta, porcentaje de cambio en tiempo de viaje por uso de medidas ITS etc.; por último, variables que pueden ser definidas por el usuario, incluyendo información adicional de la situación base o de los ITS (Hadi, M. et al., 2008).

ITSOAM para la estimación de beneficios de la disseminación de información, clasifica el tipo de información a entregar de acuerdo al nivel de descripción con que se presenta

(detallada, simple etc.), estima el cambio de ruta como función del tiempo de viaje ahorrado empleando para esto la relación de Huchingson y Dudek (1979), a describirse más adelante. Luego realizando la diferencia entre la situación base y la situación con la medida ITS estima sus beneficios. Considera dentro del tiempo de viaje el tiempo de viaje en cada segmento, el tiempo en la unión de las alternativas con el corredor evaluado, el tiempo en la cola generada y el tiempo de atraso generado por el sobreflujo impuesto a las alternativas.

10.3 Revisión de Autores

La siguiente tabla resume tópicos de aporte por autor. A continuación de esta, se presentan sus principales aportes.

Tabla A1: Síntesis del Estado del Arte por Tópico y Autores

Aporte	Autores
Aspectos Generales de la Evaluación: Metodologías de evaluación, Procedimientos, Consideraciones, Indicadores impacto ITS, Horizontes de evaluación	MESPIVU (1988); Manual Carreteras Vol.1 (1997); SECTRA (2000); Stockton. W. et al.(2003); Kulmala R. et al.(2002); Adler, J. et al.(1993); Hadi, M. et al.(2008); Turner, S. (1999)
Aspectos generales de Sistemas de Transporte Inteligente: Implementación y problemáticas, Efectos en la Red, tipos de Costos y Beneficios. Sinergias.	Yokota, T. et al.(2004;2005); SECTRA(2000); Kulmala R. et al.(2002); Adler, J. et al.(1993); Turner, S.(1999) Hadi, M. et al.(2005; 2008); Oh, J.(2002);
Aspectos Específicos Relacionados a Sistemas de disseminación de información (ATIS), Modelos de reruteo, Impactos, Medidas de efectividad, tasa óptima de Disseminación de información	Chen, G. et al.(2013); Zhang, A. et al. (2012); Levinson, D.(2002); Naniopoulos, A et al.(2004); Nuworsoo, C. et al.(2008); Balakrishna, R. et al.(2005); Kaysi, I. et al.(2004); Chu, L. et al(2004); Oh, J. et al.(2002); Shah, V. et al.(2003);
Tecnologías Específicas de disseminación (VMS - HAR - KIOSKS - Servicios	Guattari, C. et al.(2012); Kamga, C. et al.(2013); Kusakabe, T. et al.(2012);

Inalámbricos), Penetración, Parámetros relevantes, Impacto, Factibilidad	Nuworsoo, C. et al(2008); Gildea, D. et al. (1996); Sadek, A. et al.(2003);Benson, B.(1995); Walton, M. et al.(2011); Liu, Y. et al.(2005); Oh, C. et al.(2007)
--	---

- **Hadi, M et al. (2008).** Desarrolla herramientas y procedimientos para la evaluación a nivel preliminar de distintas tecnologías ITS, y revisa estados del arte para cada una, para luego incluir en módulos dentro de un ambiente de programación las determinaciones tomadas. Revisa además enfoques de evaluación y casos de estudio.
- **(Sectra, 2000).** La Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA), A modo introductorio para las tecnologías ITS en el país generó un estudio acerca de los aspectos generales y metodológicos específicos de los sistemas inteligentes de transporte (SECTRA, 2000), en el cual realiza recomendaciones sobre consideraciones de la evaluación y su metodología para estas tecnologías.
- **Yokota, T. et al. (2005, 2006).** Realiza observaciones para introducir tecnologías ITS en países en vías de desarrollo. Propone metodologías simplificadas para la adopción de aplicaciones y recomienda basarse en experiencias internacionales y los beneficios reportados por estas.
- **Hadi, M. et al. (2005).**, Estudió para el caso de Florida los parámetros a modificar en IDAS, reconociendo que es necesario utilizar datos regionales en lugar de parámetros generales. Recomienda la actualización constante de bases de datos de costos y beneficios para correctas estimaciones, además manifiesta la necesidad de estudios de campo para validación de resultados.
- **Oh, J. et al.(2002).** En su estudio aborda el surgimiento de proveedores de ATIS para redes de tránsito y su desempeño, haciendo notar que el perfeccionamiento en las tecnologías ITS, la baja de sus costos y el aumento de su necesidad de uso, motiva el surgimiento de más compañías dispuestas a suplir dichas tecnologías, lo que solo trae beneficios al sistema. por ejemplo el uso del GPS y de dispositivos móviles que se ha ido masificando. Establece que una penetración de 20% para viajes comunes basta para motivar a los proveedores.

- **Chen, G. et al.(2013).** Investigó los efectos del momento de posteo, la precisión y los contenidos informados de las ATIS, propuso un modelo logit para representar una situación basada en encuestas de preferencias reveladas y concluyó que mejorar el momento de posteo impulsa a mayor número de usuarios a cambiar de ruta.
- **Zhang, A. et al. (2012).** Representó a través de un modelo logit los datos obtenidos de una simulación en Beijing, observó que los usuarios que no tienen información mantienen su ruta a priori, concluyó también que la efectividad de las ATIS depende de la calidad de la información y severidad del incidente, observándose cambios en tiempos de viaje en el link analizado y en el área de estudio.
- **Levinson, D.(2002).** Examinó los efectos de ATIS tanto para congestión recurrente como para no recurrente, encontrando máximos beneficios a altas tasas de demanda, y en presencia de congestión no recurrente. Reconoce que el cambio de ruta de los vehículos informados reduce su tiempo y además el de la red. Realizó un paralelo entre el modelo de oferta y demanda con el de expectativas de ahorro de tiempo de viaje vs flujo y definió en 17% el porcentaje óptimo de usuarios informados, distingue entre los factores más importantes mejoras en tiempos de viaje, productividad y confiabilidad.
- **Naniopoulos, A. et al. (2004).** Utilizando diversos métodos de disseminación de información pre-trip, y en ruta, observó que los mayores beneficios son reportados por ahorros de tiempo y disminución de accidentes, los ahorros en emisiones, costos operativos y combustible representan un aproximado a 6% c/u. además estudió la disponibilidad a pagar por el servicio.
- **Nuworsoo, C. et al.(2008).** Evaluó beneficios y costos de ITS en San Luis Obispo, California, para ello propuso definir medidas de evaluación (movilidad, seguridad, eficiencia, etc.), efectuar encuestas acerca de ítems de costos y beneficios, propone fijar un horizonte de evaluación, entre 5 y 10 años correspondiendo el máximo a la duración del VMS o del HAR estimada, además propuso sensibilizar respecto a la tasa de rentabilidad exigida, con un valor típico de actualización social, un valor típico de proyectos del rubro y un valor alto aleatorio. Evalúa tiempo de viaje y consumo utilizando IDAS y utiliza razones Costo/Beneficio como medida de eficiencia. Sus resultados muestran razones beneficio/costo del orden de 3.7.

- **Balakrishna, R. et al. (2005).** Simuló en laboratorio los efectos de diseminar información para Boston Massachusetts, buscando su potencial para reducir tiempos de viaje y su confiabilidad, concluye que para aumentar la confiabilidad y la respuesta ante informaciones entregadas, estas deben actualizarse de forma continua, propone un valor entre 5-15 min para evitar efectos de congestión por sobre-flujo generado por el exceso de cambios de ruta ante informaciones no actualizadas.
- **Kaysi, I. et al.(2004).** Estudió los efectos de diseminar información dentro del marco del manejo de incidentes, buscando relaciones a las emisiones por vehículo, observó que a pesar de significantes reducciones en tiempos de viaje (27.7%) existió mínimo impacto en la reducción de emisiones (7.7%) y para obtener reducciones considerables en emisiones, se requeriría una tasa de cambio de ruta del orden de 90%.
- **Chu, L. et al. (2004).** Mediante micro-simulación evaluó el potencial de estrategias ITS bajo condiciones de congestión no recurrente en California, Observó que los mayores beneficios se obtiene diseminando información en autopistas con alternativas en paralelo y que para una tasa de reruteo del orden del 20% se obtienen máximos beneficios, manteniéndose aproximadamente constantes hasta el 50%.
- **Shah, V. et al.(2003).** Evalúa en Washington D.C. el potencial de las ATIS para reducir la des-utilidad del tiempo, es decir aquel tiempo extra dispuesto para amortiguar las variaciones de tiempo por incertidumbre, destacando el uso de las ATIS antes del viaje y el periodo punta mañana como aquel en que más importancia tiene el ahorro de tiempo (viajes al trabajo).
- **Guattari, C. et al. (2012).** A través de una simulación en Italia intenta recrear los efectos de VMS en usuarios, ante distintas formas de mensaje, sus resultados muestran reducciones de velocidad en las cercanías del signo, y una mayor sensibilidad de los usuarios ante información acerca del tiempo que del estado del tráfico.
- **Kamga, C. et al. (2013).** Estudió la penetración de mercado de KIOSKS en New York a través de encuestas de preferencias y observaciones de campo. Sus resultados muestran que la información consultada con mayor frecuencia consistía en retrasos del servicio (estación de tren). Reconoce dos visiones, una que considera medios físicos como los KIOSKS una medida básica de información, otra que les considera obsoletos

debido a las nuevas tecnologías. Concluyó que tienen una penetración mayor en fines de semana, más en general su penetración es baja.

- **Kusakabe, T. et al. (2012).** Estudió los efectos de diseminar información en el comportamiento del conductor para redes urbanas en Japón, los resultados se obtienen de datos generados por encuestas de preferencias acerca de mensajería entregada por VMS. Observó que la mayor causa de congestión son los incidentes y que informar a usuarios de la red contribuye a mantener el nivel de servicio, reconoce que la ruta alternativa puede tomar más tiempo que el de congestión en la vía, por lo que existe un umbral marcado de tiempo al cual existe cambio de ruta. Utiliza un modelo Logit y distingue como principales parámetros explicativos la reducción de tiempo de viaje, extensión de la congestión.
- **Gildea, D. et al. (1996).** Estudió algunas tecnologías utilizadas para proveer información de tránsito en San Francisco Bay basadas en llamadas telefónicas y páginas web y mensajería variable, estas son abordadas mediante encuestas y agregadas por edad ocupación, y tipo de uso del servicio. Recomienda la potenciación del uso de internet para proveer información por su versatilidad y simplicidad.
- **Sadek, A. et al. (2003).** Condujeron un estudio en Vermont acerca de la operatividad de IDAS en áreas medianas-pequeñas, reconociendo la necesidad de adecuada justificación ante el poder público, el cual está más acostumbrado a inversiones en capacidad (infraestructura). Utilizaron el costo/efectividad como medida de evaluación y obtuvieron relaciones de 1.1 a 5.2 en análisis de sensibilidad para el uso de VMS.
- **Benson, B. (1995).** Estudió las actitudes de conductores ante letreros de mensajería variable (VMS) para usuarios en Washington D.C. Descubriendo que las variables demográficas no juegan un rol importante, pero sí el nivel de educación, que existe mejor aceptación (y por ende tasa de cambio de ruta) de aquellos mensajes que son simples, confiables y útiles, además extras como publicar el lugar del accidente y tiempos en distintas vías reciben altos niveles de apoyo. Determinó que para VMS las tasas de reruteo pueden llegar a valores tan altos como 97% en caso de accidentes y gran congestión, pero usualmente por anotación es de hasta un 50%.
- **Walton, M. et al. (2011).** Recolectaron y analizaron datos cobertura de celular para aplicaciones en transporte, observando que la cobertura necesaria para transmitir

información depende del tipo (llamadas, mensajes) para su estudio asumió un porcentaje de cobertura y lo justificó mediante estudios de campo encontrando altos niveles en el estado de Kansas.

- **Liu, Y. et al. (2005).** Revisan el estado del arte de sistemas de comunicación inalámbricos para aplicaciones de sistemas de transporte inteligente. Concluyendo que los cambios en la tecnología obligan cambios en los estándares de comunicación, notando el surgimiento de la prometedora tecnología IVS, para la cual conjetura que se requiere mayor penetración y estudio.
- **Oh, C. et al. (2007).** Realizó un análisis del comportamiento de los conductores frente a letreros de mensajería variable usando datos obtenidos por GPS, determinó que mensajes complejos obligaban la reducción de velocidad al acercarse y producto de la distracción aumentaban el riesgo en las operaciones, por lo que recomienda información precisa.

10.4 Experiencias ITS

Un sistema de transporte inteligente (ITS) es un sistema que aplica tecnología de información y control para apoyar la toma de decisiones tanto del operador de la red como del conductor (SECTRA, 2000).

Las diversas tecnologías ITS se encargan a nivel operacional de optimizar un sistema ya existente considerando ciertas metas o indicadores de beneficio que se definirán más adelante (Anexo A, acápite 11.2.4) Para un país en vías de desarrollo como el nuestro, tomarse de las experiencias internacionales resulta de particular interés debido a los beneficios que pueden aprovecharse de dichas experiencias. La amplitud de la gama de aplicaciones que ya han sido testeadas en otros contextos y a la disminución de barreras de entrada, potencian tomar un camino distinto al tomado por países desarrollados pioneros en ITS, de esta forma privilegiando el uso de medidas ITS por sobre inversiones en infraestructura (Yokota et al, 2004). Como puede apreciarse en la figura A5.

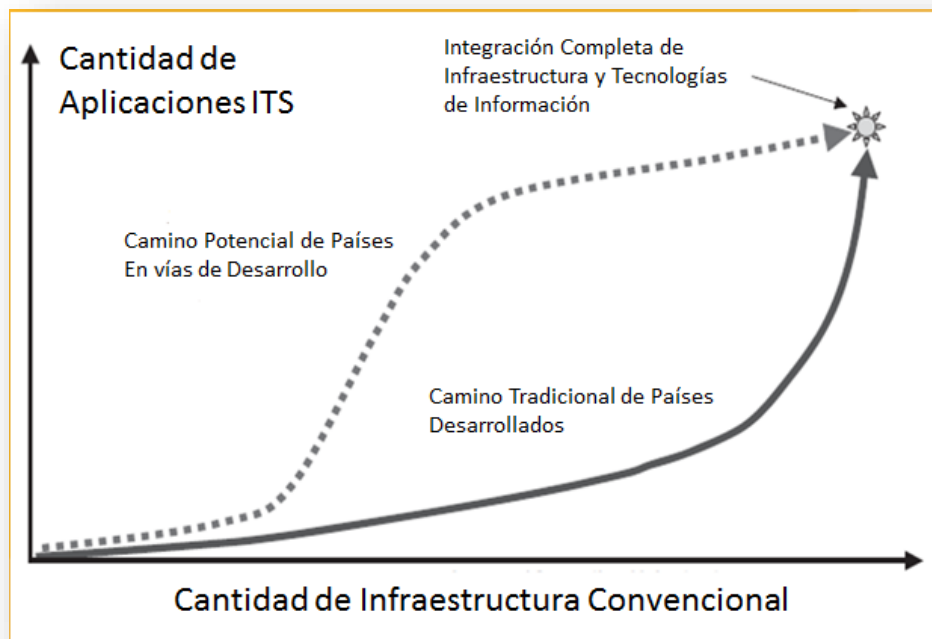


Figura A5. Distribución de inversiones de países pioneros vs países en vías de desarrollo.

Fuente: Yokota et al, 2004.

Aumentar la movilidad, disminuir la congestión de tráfico, mejorar la seguridad, reducir tiempos de viaje, son algunos de los beneficios que pueden alcanzarse a través de inversiones en ITS, que además se consiguen con cierta inmediatez característica de esta tecnología y que impulsan su inclusión dentro de programas de inversión del sector.

10.4.1 Experiencias Internacionales

De acuerdo a lo propuesto por SECTRA (2000), es necesario adoptar metodologías creadas en países extranjeros en ausencia de una metodología propia definida. Yokota et al. (2005) advierte la necesidad de adaptar metodologías considerando las realidades del país, esto en vista de las grandes diferencias que poseen algunas “culturas” ITS, distinguiéndose en el caso de Europa una énfasis en la integración regional, utilizando las tecnologías ITS como herramienta de gestión, y de mejoramiento de las condiciones de seguridad; Estados Unidos reconoce el uso de tecnologías ITS en la planificación de la infraestructura a futuro, orientado a la interoperabilidad de agencias de gestión de tránsito y de medidas de

información al usuario. Las aplicaciones en seguridad también son comunes pero menos marcadas que en Europa. Por otro lado Japón debido a su fortaleza en desarrollos tecnológicos posee prometedores programas de desarrollo en ITS, entre ellos sistemas de comunicación entre vehículos a tiempo real, además considerando el complejo y congestionado sistema, las tecnologías ITS se han adoptado con relativa facilidad. En otros lugares como Asia, los servicios de información multimedia son la tendencia, en Latinoamérica sistemas de apoyo al paso fronterizo se privilegian para promover el comercio entre regiones y promover el crecimiento económico de la región.

Las distintas tendencias de desarrollo ITS hacen necesaria la definición de objetivos nacionales que orienten el desarrollo de la cultura propia. A su vez orientando el proceso de evaluación a la medición del cumplimiento de estos.

10.4.2 *Experiencias Nacionales*

En el país producto de la necesidad de cubrir los aspectos operacionales de las redes de tránsito surge la UOCT, encargada de sistemas de coordinación semafórica principalmente, a través de la cual se hoy se tiene acceso a cámaras de circuito cerrado de televisión para el monitoreo de las condiciones de operación de la red, y detectar incidentes entre otros. Sistemas de mensajería variable VMS orientados a informar sobre problemas de congestión, recomendar rutas alternativas y publicar tiempos de viaje, sistemas de prioridad de vehículos de emergencia, que coordina señales de tránsito para privilegiar este tipo de vehículos, redes de conteo, sistemas de detección vehicular vía video. Además existen aplicaciones móviles difundidas en el país como Waze mobile, y Google maps, que difunden información acerca de rutas, tiempos de viaje y condiciones de tráfico y máquinas de autoservicio en estacionamientos y estaciones de metro entre otros.

Surge en el País en el año 2001 la corporación ITS Chile, encargada de planificar la arquitectura ITS del País y servir de punto de encuentro para asegurar la interoperabilidad de todos los profesionales y entidades que busquen fomentar el desarrollo de estas tecnologías, definiéndose en ésta paquetes de servicios de gestión de tránsito, emergencias, vehículos comerciales entre otros.

A pesar de la introducción de la clara introducción de este tipo de tecnologías en el país, aún no existe un mecanismo formal de evaluación que considere sus aspectos específicos.

11 ANEXO B: ASPECTOS GENERALES

11.1 Clasificación ITS

Para una mejor comprensión de las aplicaciones ITS en general, estas son clasificadas de acuerdo al servicio que proveen, en áreas, según lo dispuesto por SECTRA (2000) y basado en lo propuesto por la organización internacional de estandarización (ISO).

Tabla B1 Áreas y Servicios ITS, Clasificación ISO

ÁREA ITS	SERVICIOS ISO
Información al viajero (ATIS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información Previa al viaje 2. Información Durante el viaje 3. Servicios de información personal 4. Guías de ruta y navegación
Gestión de Tránsito (ATMS)	<ol style="list-style-type: none"> 5. Apoyo a la planificación del transporte 6. Control de Tráfico 7. Gestión de incidentes 8. Gestión de Demanda 9. Políticas y regulaciones de tráfico 10. Información para la mantención de infraestructura
Control de Vehículos y Sistemas de Seguridad (AVCS)	<ol style="list-style-type: none"> 11. Mejoras en la visibilidad 12. Operación automática de vehículos 13. Evitar colisión longitudinal o lateral 14. Disposición hacia la seguridad 15. Despliegue de restricciones pre-accidente
Operación de vehículos comerciales (CVO)	<ol style="list-style-type: none"> 16. Control previo de vehículos comerciales 17. Procesos administrativos 18. Inspección automática de seguridad “al lado del camino” 19. Monitoreo de la seguridad en el vehículo 20. Gestión de flotas comerciales
Operación de transporte Público (APTS)	<ol style="list-style-type: none"> 21. Gestión de transporte público 22. Gestión de transporte sensible a la demanda 23. Administración de transporte compartida
Emergencia (EM)	<ol style="list-style-type: none"> 24. Avisos de emergencias 25. Gestión de vehículos de emergencias 26. Avisos de incidentes con materiales peligrosos
Pago electrónico	<ol style="list-style-type: none"> 27. Transacciones financieras electrónicas
Seguridad	<ol style="list-style-type: none"> 28. Seguridad en transporte público 29. Mejoras de seguridad para usuarios vulnerables 30. Intersecciones inteligentes

11.2 De la Evaluación ITS

11.2.1 El Nivel de detalle y Horizonte de Evaluación

De acuerdo a lo presentado por el Manual de Carreteras (MC, N°1, Tomo II), pueden distinguirse 5 etapas en la evaluación de un proyecto distinguiéndose por su nivel de detalles y complejidad asociada.

1. Nivel de Idea: corresponde al nivel más primario en el desarrollo de un proyecto, su objetivo principal es la identificación formal de los problemas existentes y establecer su importancia.
2. Nivel de Perfil: En esta Etapa se debe Precisar la información obtenida del nivel anterior, incorporando información adicional, se plantean a nivel conceptual posibles soluciones a los problemas previamente detectados, se realiza una evaluación económica preliminar, cuyo objetivo es asistir a establecer un juicio inicial acerca de la eficacia y coherencia de las soluciones analizadas. A través de este instrumento puede tomarse una decisión acerca de la necesidad de profundizar en el análisis.
3. Pre-factibilidad: consiste en la recopilación de antecedentes, estudios base acerca de las características de la demanda y otros actores, se plantea una gama más amplia de soluciones, definiendo a nivel de esquema sus características físicas y operacionales. Se somete a un proceso de simulación y evaluación simplificada, cuyo fin es reducir el número de alternativas a ser analizadas en la etapa siguiente, eventualmente proponiendo la ejecución de alguna.
4. Factibilidad: En este nivel se procede a desarrollar los anteproyectos correspondientes a las alternativas preseleccionadas anteriormente, modelándoles en detalle, se realiza una evaluación económica y de impacto ambiental, los resultados de esta etapa son fundamentales para la decisión de la posible ejecución del proyecto.
5. Diseño definitivo: Nivel en el cual ya habiendo adoptado una decisión a materializar se desarrollan los estudios de ingeniería de detalles definiendo a cabalidad todos los elementos y aspectos involucrados en la materialización.

Una vez seleccionado el nivel de detalle pertinente, se debe seleccionar el horizonte de evaluación del proyecto.

Para los proyectos convencionales, el horizonte de evaluación se fija en función de la vida útil de sus componentes más importantes, sin embargo debido a la naturaleza basada en tecnologías de los sistemas de transporte inteligente, la dificultad de la predicción de sus beneficios y la variedad de aplicaciones con distinta vida útil que pueden presentarse como alternativas a comparar, sumado a la baja precisión del análisis a nivel de perfil, se escogen horizontes de evaluación bajos (entre 1 y 3 años). MESPIVU para proyectos de tipo no estructural, de gestión recomienda evaluar a corto plazo, de acuerdo a los indicadores mostrados en el acápite 11.2.4 de este anexo.

11.2.2 Tipos de Costos

La estimación de costos asociados a la implementación de tecnologías ITS no se realiza de la forma de un proyecto convencional. Debido a las interacciones entre las distintas tecnologías, existen diversas consideraciones acerca de los costos, estas no deben ignorarse debido a la naturaleza de la evaluación que usualmente compara beneficios y costos pudiendo un mal manejo de estos resultar en la sobre o sub-valoración de un proyecto. Además su adecuada estimación permite presupuestar fondos para el apoyo de sus funciones a futuro (SECTRA, 2000).

De acuerdo a esto algunos tipos de costos a tener en cuenta para mayor precisión en la estimación son:

a) Recurrentes y No Recurrentes:

Los costos recurrentes también llamados variables o de operación, aquellos costos en que se incurre durante varios años luego de la instalación del proyecto, deben ser separados de los costos no recurrentes o fijos, los cuales incluyen los costos de capital, hardware, e instalación, y representan un desembolso mayor requerido solo al inicio del proyecto.

b) Gubernamentales, del Consumidor y Comerciales

En el proceso de implementación de las tecnologías ITS, dependiendo del marco en que se desarrolle, determinar en qué medida los costos están siendo asumidos por entidades

públicas o privadas, además considerar que los consumidores también participan de los costos en la compra de algunos elementos para el funcionamiento del ITS de uso personal.

c) Hundidos o de Sistemas Heredados

Debido a que muchos desarrollos ITS poseen elementos en común para su desarrollo, aquellos costos de la infraestructura existente cuyos costos son asumidos por otras aplicaciones, no deben considerarse en el análisis de costos. Cuando se omite el costo de la infraestructura heredada, este se denomina costo hundido.

d) Marginales del ITS

Para proyectos no enteramente ITS, que consideren la adopción de estas tecnologías como parte de su funcionamiento, pueden separarse los costos asociados a la unidad ITS.

e) Compartidos

Los costos de aquellos componentes cuyo uso beneficie a más de una aplicación ITS o no ITS, que requieren algún tipo acuerdo para asignarse, por ejemplo, prorratearse entre los distintos proyectos.

Por último en el cálculo de los costos, es necesario recurrir a las fuentes indicadas, de preferencia gubernamentales o a los proveedores, tomando en cuenta el cambio de valor de las tecnologías producto del desarrollo tecnológico si se revisa registros antiguos. También es necesario considerar el nivel de agregación de los costos de los componentes de la aplicación ITS, ajustándola al nivel de detalle de la evaluación.

11.2.3 Enfoques de Evaluación

La decisión de escoger entre distintas alternativas ITS a implementar requiere la evaluación y ranking de estas alternativas de forma tal en que se puedan comparar entre sí y a la vez con proyectos alternativos de otra índole (Hadi et al. 2008). MESPIVU similarmente menciona que a pesar de disponerse de proyector de diverso carácter, es necesario encontrar una medida de homogénea de evaluación. Para la evaluación algunos de los enfoques son los siguientes:

a) Basado en metas (Goal-based):

Consiste en calcular la utilidad y desempeño que presentan las aplicaciones ITS comparadas de cumplir uno o varios objetivos (cualitativos) determinados (Hadi et al.), esto mediante el la asignación de medidas de desempeño de carácter cuantitativo u otros juicios de valor a estos objetivos, y la posterior comparación de los puntajes finales obtenidos.

b) Socio-Económico

También llamado de beneficio-costo, calcula para cada alternativa ITS la relación costo/beneficio de sus valores actualizados netos. MESPIVU considera dentro de esta evaluación todos los recursos que sea posible llevar estimación monetaria (a precios sociales).

c) Punto de equilibrio (Break-Even analysis)

Modo de evaluación que busca encontrar lo puntos de equilibrio de las aplicaciones ITS, de forma de encontrar el nivel de desempeño mínimo para el cual los beneficios que genera igualan los costos de implementarle.

11.2.4 *Objetivos ITS y sus indicadores de beneficio*

En el proceso de selección de las medidas ITS a implementar, el evaluador deberá conocer que objetivos ésta deberá satisfacer, estos objetivos guiarán la evaluación de la medida ITS seleccionada, debiendo estar de acuerdo a la arquitectura y marco de interoperabilidad de la región donde se implemente (Turner, S. et al.1999)

Los indicadores de beneficio son aquellos parámetros cuya variación puede utilizarse para determinar la medida en que una aplicación cumple con alguno de los objetivos propuestos a priori.

Según lo propuesto por ITS Chile (2014), los objetivos que el evaluador debe perseguir a nivel nacional son:

- a) Movilidad y accesibilidad, contribuir a un sistema de transporte que permita la inclusión de toda persona, a su vez reduciendo demoras en tiempos de viaje y aumentando la confiabilidad en estos.

- b) Energía y medio ambiente, a través de distintas aplicaciones que mejoren las condiciones de tránsito, disminuir el impacto de las emisiones al ambiente y de consumo de combustible para el usuario.
- c) Eficiencia del sistema, tiene que ver con el aumento de capacidad efectiva (flujo máximo) para un arco, la cual aumenta mediante sistemas de cobro automatizado en peajes, rampas de acceso a autopistas, etc.
- d) Productividad del sistema, disminución o ahorro de costos generado por la implementación de sistemas ITS entre la situación base y con proyecto, tanto para el usuario (ahorros por la operación) como a la agencia (ahorros de inversión por escoger ITS).
- e) Seguridad, medida en que la aplicación contribuye a la disminución de la tasa de accidentes de la zona, la cual puede correlacionarse con otros factores para ser estimada.

La siguiente tabla muestra objetivos e indicadores de valoración utilizados por Turner et al. Para relacionar los indicadores recomendados por cada objetivo.

Tabla B2: Objetivos ITS e Indicadores de Desempeño.

Objetivos	Medida de evaluación Recomendada
Movilidad y Accesibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorros en tiempo de viaje - Aumento de satisfacción del usuario - Ahorro en costos Operacionales
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> - Razón costo/beneficio - Capacidades de flujo
Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de escoger distintos modos de viaje - Nivel de conectividad de los modos de viaje
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Número y severidad de accidentes - Número de fatalidades
Energía e impactos Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones por fuente móvil - Consumo de combustible - Impactos al hábitat natural - Aceptación de la comunidad - Distribución de beneficios e impactos
Crecimiento económico turismo y comercio	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorros en tiempos de viajes - Ahorros en gastos Operacionales - Ahorros en materias administrativas y regulatorias

Fuente: Turner et al. 1999

Para la evaluación socioeconómica se realiza la conversión monetaria de los indicadores de desempeño considerados dentro de la categoría de objetivos que se desee evaluar. En el caso de la evaluación por metas, deberá asignarse un ponderador a cada indicador de desempeño que represente el peso que tiene en la decisión de inversión.

Nota: el Manual de Evaluación y Diseño de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU) considera como indicadores para los proyectos típicos, ahorros en tiempo de viaje, en consumo, emisiones y gastos operacionales relacionados al rodado (desgaste neumáticos, lubricante, mantención, etc.) para los cuales indica metodologías de cálculo de sus precios sociales, sin embargo manifiesta la necesidad de incluir los indicadores en la medida que sea posible. Debido a la especificidad de los proyectos de ITS, y al año de generación del MESPIVU, resulta evidente la no inclusión de aquellos indicadores mostrados anteriormente.

11.2.5 Rentabilidad

De acuerdo a MESPIVU los indicadores de rentabilidad serán los siguientes:

- a) Medidas a Corto Plazo:
 - Tasa de rentabilidad Inmediata (TRI)

De uso adecuado cuando se poseen beneficios crecientes y el incremento entre alternativas se mantiene aproximadamente constante. No debe utilizarse para comparar alternativas con montos de inversión significativamente diferentes. Corresponde al costo de postergar un año el proyecto y se calcula mediante la siguiente relación:

$$TRI = \frac{B_1}{I_0}$$

En que:

B_1 : Beneficios al año 1

I_0 : Inversión en el año 0

- Valor Actualizado Neto para el primer año (VAN1)

$$VAN_1 = \frac{B_1}{(1+t)} - I_0$$

En que:

B_1 : Beneficios al año 1

I_0 : Inversión en el año 0

t: tasa de actualización social

- b) Medidas a Largo Plazo:

- Valor Actualizado Neto (VAN)

Corresponde la sumatoria de los valores actuales de los flujos de caja.

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+t)^i} - I_0$$

En que:

B_i : Beneficios por año (i)

I_0 : Inversión en el año 0

t: Tasa de actualización social

n: Horizonte de evaluación

- Tasa interna de Retorno (TIR)

Corresponde a la mínima rentabilidad exigida para la cual el VAN es cero.

$$VAN = 0 = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+TIR)^i} - I_0$$

En que:

B_i : Beneficios por año (i)

I_0 : Inversión en el año 0

t: Tasa de actualización social

VAN: Valor actualizado neto.

n: Horizonte de evaluación

- Razón Costo-Beneficio (η o B/C)

Razón que compara los valores actualizados beneficios y costos.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+t)^i}}{I_0}$$

En que:

B_i : Beneficios por año (i)

I_0 : Inversión en el año 0

t: Tasa de actualización social

- Valor Actualizado Neto por Unidad de Inversión (IVAN)

Indicador del nivel de beneficio obtenido a una rentabilidad exigida para un plazo dado por unidad de inversión.

$$IVAN = \frac{VAN}{I_0}$$

En que:

VAN: Valor actualizado Neto

I_0 : Inversión en el año 0

En la evaluación ITS la mayoría de los autores sugiere la evaluación de la relación Costo Beneficio (Stockton et al. 2003; Kulmala et al 2002, entre otros) debido a la complejidad de la estimación de los beneficios y la variabilidad asociada a estos.

11.3 Consideraciones de los Incidentes

Para la caracterización de los incidentes, se utiliza la tabla HCM mostrada a continuación. Ésta propone valores de la reducción de capacidad para la vía de acuerdo al tipo de incidente mostrados en la tabla a continuación:

Tabla B3: Capacidad Disponible Producto de Incidentes de Tránsito Tipificados

Number of freeway lanes by direction	Shoulder disablement	Shoulder accident	One lane Blocked	Two lane blocked	Three lanes blocked
2	0.95	0.81	0.35		N/A
3	0.99	0.83	0.49	0.17	0.00
4	0.99	0.85	0.58	0.25	0.13
5	0.99	0.87	0.65	0.40	0.20
6	0.99	0.89	0.71	0.50	0.26
7	0.99	0.91	0.75	0.57	0.36
8	0.99	0.93	0.78	0.63	0.41

Fuente: HCM (2000)

12 ANEXO C: MODELOS DE RERUTEO

12.1 Comportamiento Humano Frente a las ATIS

Los sistemas de diseminación de información tienen por objetivo asistir a los usuarios en la toma de decisiones acerca de la ruta, de forma que estas sean más informadas acerca del viaje que se realiza, moderando así para el usuario y para el sistema los efectos de la congestión y contribuyendo al uso eficiente de la red (Chen et al. 2013). Sin embargo, la efectividad del uso de las ATIS frente a la congestión está condicionada a la reacción que el usuario tendrá ante distintos servicios y distintos atributos y factores, entre estos, el tipo de información entregada, el formato de entrega, la precisión y relevancia de la información, el uso de información descriptiva o prescriptiva, etc. Algunas de las interacciones que definirán en forma colectiva la penetración de mercado pueden observarse en la figura C1 a continuación (Schofer, J. et al. 1993).

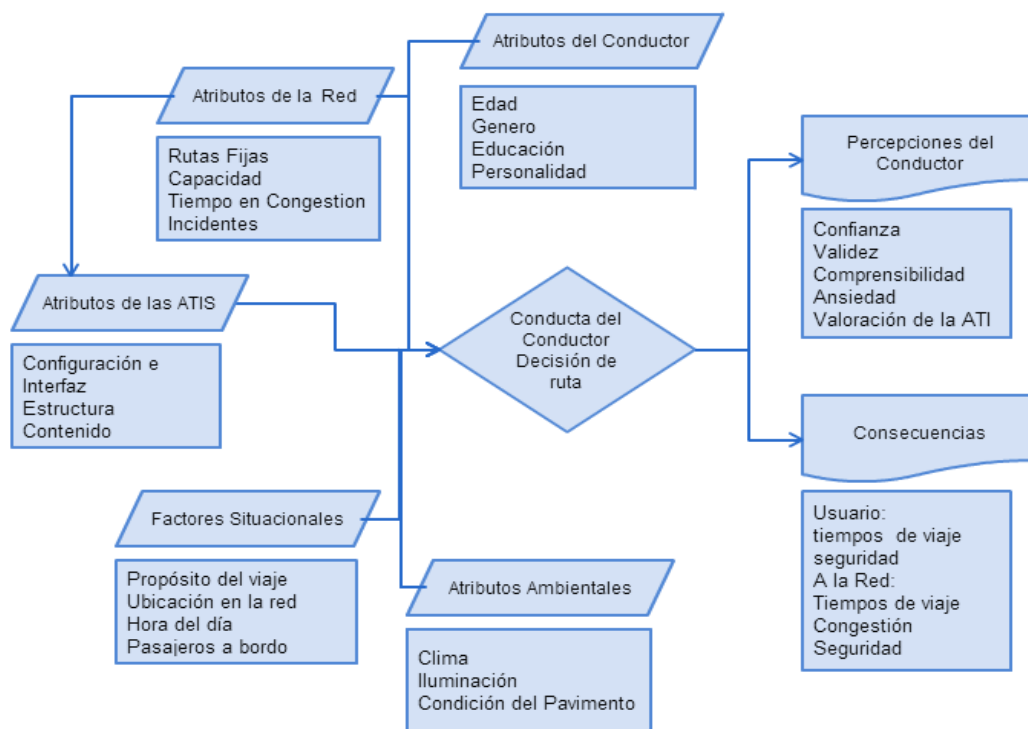


Figura C1: Interacciones que determinan el comportamiento del conductor

Fuente: Schofer et al. 1993.

Dado que la recepción de la información varía entre usuarios, resulta importante utilizar un espectro de información “personalizado” para cierto grupo de individuos o sectores (Khattak et al.1993) llamado segmento objetivo.

12.2 Modelos de re-ruteo

Para representar el impacto de la diseminación de información en una red de transporte de acuerdo a lo señalado en el acápite anterior, se hace necesario representar el efecto en la elección de ruta (que realizan los usuarios) que cada tecnología generará. De esta necesidad surgen los modelos de re-ruteo o desvío, funciones que muestran que porcentaje de usuarios está dispuesto a cambiar de ruta de acuerdo a algunos atributos determinados por el modelo como significativos. De los esfuerzos de diversos autores surgen con mayor fuerza para representar esta interacción el modelo Logit, modelo probabilístico que puede asociar distintas variables explicativas a una variable endógena de dos elecciones (cambiar de ruta o no). Y otros más simplificados como el utilizado por ITSOAM que consiste en una función lineal entre la tasa de re-ruteo y el tiempo que es posible ahorrar, una simplificación del modelo de Huchingson y Dudek (1979) con un umbral máximo de tasa de re-ruteo y un umbral de mínimo tiempo para el cual comienza a existir re-ruteo (figura C2).

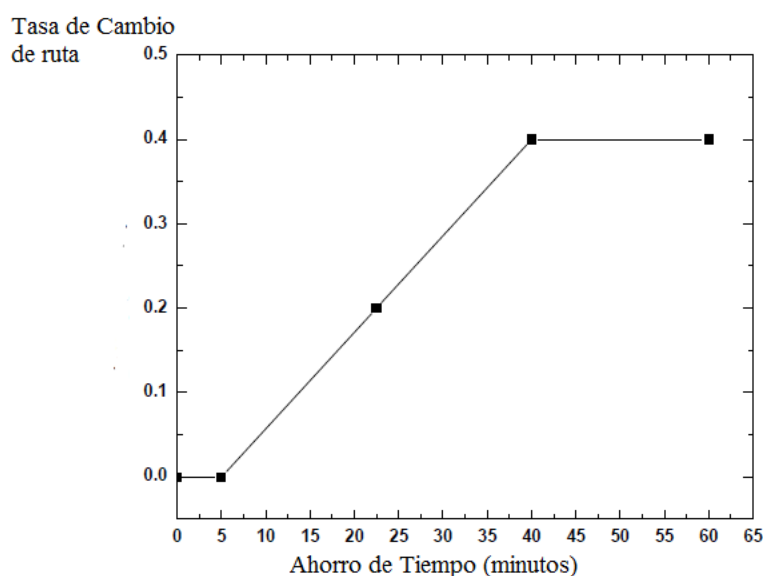


Figura C2: Cambio de ruta por ahorro de tiempo.

Fuente: Hadi et al. 2008

El comportamiento en ruta corresponde a una parte del problema de determinar el comportamiento del conductor en general, es un proceso iterativo en el que los conductores están constantemente revisando las condiciones de tránsito, evaluando mediante alguna lógica si la ruta escogida es la óptima o no.

Para determinar la disposición al desvío una de las técnicas más utilizadas es recolectar información a través de encuestas de preferencias. La finalidad es determinar tendencias y distinguir los factores que juegan un rol más notorio en la determinación de la decisión de cierto grupo de usuarios (Adler et al. 1993).

Uno de los modelos propuestos por diversos autores para representar los datos de encuestas es el modelo logit, modelo de probabilidad no lineal comúnmente utilizado para representar elecciones de dos alternativas, que relaciona la variable endógena (re-ruteo) con variables explicativas (ej.: tiempo de viaje) a través de una función de distribución garantizando resultados acotados entre cero y la unidad. Chen et al. (2013) concluye que mejorar el momento de publicación (dejar tiempo para tomar una decisión) y contenido de la información entregada puede motivar a aquellos que no cambian de ruta a hacerlo. Adler et al. (1993) determinó que 11 variables resultaron significantes en el uso del modelo logit. A través del signo de sus coeficientes determinó que mientras la velocidad bajaba en la vía, los usuarios estaban más dispuestos a asumir desvíos, la experiencia en la vía disminuye la disposición al cambio de ruta, mientras que la experiencia en la alternativa tuvo efectos contrarios. Determinó además que los usuarios están poco dispuestos a abandonar una vía si esta es autopista.

Malchow et al. 1996, abordó el problema adaptando modelos económicos, asumiendo que el usuario busca aumentar su nivel de satisfacción, que en este caso se obtiene a través del ahorro de tiempo de viaje. Sin embargo, diferenció el enfoque económico convencional del aplicado, debido a que el nivel de satisfacción a obtener es inversamente proporcional al número de usuarios recibiendo información, esto debido a que para un porcentaje dado de información la red alcanza equilibrio, maximizando los beneficios del sistema, y si se

informa (sin actualizar lo informado) a un porcentaje mayor del necesario para el equilibrio, el exceso de flujo en la vía alternativa traerá pérdidas al sistema.

Además noto que para los usuarios de la vía congestionada el ahorro marginal de cambiar de ruta es mayor al de la mayoría, debido a que su ahorro es más significativo que el del resto de los usuarios, hasta alcanzar el punto de equilibrio del sistema.

Huchingson et al. (1979) Determinó que la relación entre tiempo de ahorro (o de atraso) y el porcentaje de usuarios dispuestos a cambiar ruta se asimilaba a una “curva S”, en la que a medida que el tiempo que es posible ahorra aumenta, más usuarios están dispuestos a cambiar de ruta, observándose además que una vez alcanzado cierto porcentaje de desvíos, el crecimiento se presenta en forma lenta, para aquellos usuarios menos dispuestos a cambiar de ruta.

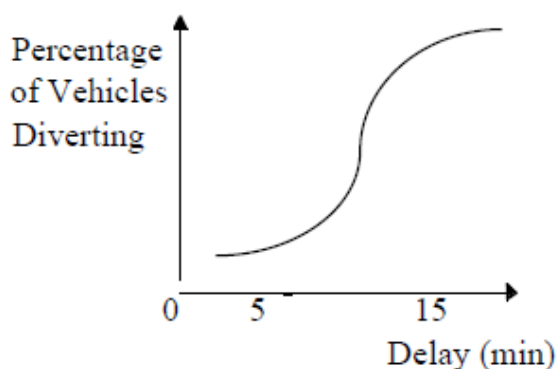


Figura C3: Curva de cambio de ruta por tiempo de atraso en la vía.

Fuente: Malchow, M. (1996)

ITSOAM utiliza una modificación de esta función propuesta por Huchingson y Dudek (1979), para la cual el porcentaje de usuarios dispuestos a cambiar de ruta, responde ante el ahorro de tiempo por cambiar de ruta de forma lineal. Hadi et al. (2008) propone para esta función valores para los umbrales, para el ahorro tiempo mínimo para cambiar de ruta un valor de 5 minutos, basado en las observaciones de Peeta et al.(2000) y Mahmassani (1990). El umbral de re-ruteo máximo de acuerdo a Peeta et al.(2000) y Khattak et al. (1993) queda definido como un 40%, representados en la figura C2 del acápite anterior.

13 ANEXO D: HERRAMIENTA

La Herramienta desarrollada consiste en la incorporación de la metodología presentada en este informe para la evaluación preliminar de proyectos ITS de disseminación de información, la cual sirve de apoyo a la toma de decisiones acerca de la necesidad de una evaluación detallada o su descarte, y de atisbos del rango de beneficios que es posible obtener.

Para la programación de esta herramienta se escogió el compilador Microsoft Visual Basic, debido a la simpleza de su uso, apoyando la presentación de resultados en una hoja de cálculo MS Excel.

Debido a la poca disponibilidad de información registrada acerca de ITS en Chile, deberán tomarse ciertos supuestos y referencias extranjeras que se desarrollarán en detalle, más la forma en que está concebido permitirá su modificación y calibración a futuro, mediante las cuales podrá utilizarse en distintas zonas del país.

13.1 Parámetros de entrada

La herramienta diseñada requiere datos de input de tres tipos:

1. Generales del Sistema: Flujos vehiculares por periodo, tasas de ocupación, Valor Social del tiempo, tiempo medio de viaje en el sistema,
2. Relacionados al Incidente: Tiempos en condición congestionada, longitud donde puede existir accidente, frecuencias por tipo de incidente.
3. Relacionados a la tecnología ITS: costos de los componentes, costos de operación, penetración de mercado
4. Relacionados al usuario: Tiempo mínimo para existencia de cambios de ruta.

13.2 Parámetros de Salida

El Programa entrega en una hoja de cálculo MS Excel los flujos vehiculares utilizados, las tasas de ocupación y los tiempos en condición de incidente; Entrega luego la valoración monetaria del ahorro de tiempo en 9 matrices que tienen 3 columnas representantes de los periodos analizados (punta mañana, fuera de punta y punta tarde) y 6 filas para los tipos de vehículos. Las primeras 3 matrices representan incidentes de 1% de capacidad remanente

para las duraciones 15, 30 y 45 minutos, del mismo modo las 3 siguientes representan ahorros en incidentes de 35% de capacidad y las últimas 3 de capacidades remanentes de 80%. Para estimar los tiempos generados en el sistema se aproximaron los resultados provistos por Venegas, F (2014) mostrados a continuación en la tabla D1 mediante funciones lineales.

Tabla D1: Tiempos de Viaje Totales del Sistema por Grado de Información.

Tiempos TOTALES en Sistema Promedio [HR]					
Capacidad % información	100%	95%	80%	35%	1%
5%		3714.5	3956.5	5191	61336.5
10%		3613	3616.5	4820.5	58390.5
20%		2895.5	3092.5	4273	51708
30%		2655	2677	3791.5	46761
40%		2338.5	2314.5	3233	42983
50%		2284.5	2272.5	2995	32676.5
Tiempo Llacolen	2.15	2.15	8.70	31.30	61.00

Además se consultó la distribución de frecuencias propuestas por Reyes, K. (2014) mostradas en los gráficos a continuación resumidas en la tabla D2.

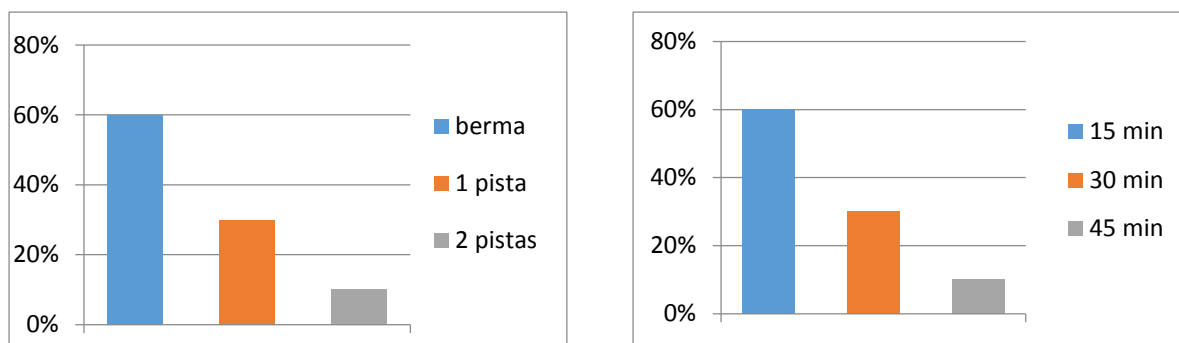


Figura D1: Frecuencia de severidades y duraciones propuesta

Fuente: Reyes, k. (2014)

El programa utiliza una combinatoria de estas frecuencias para obtener las frecuencias de cada tipo de incidente de la forma en que se muestra a continuación:

Tabla D2: Frecuencias Ingresadas al Programa.

Distribución de incidentes por tipo y duración			
Cap./Dur.	b (80%C)	b+p (35%C)	2p+b(1%C)
15 min	36.0%	18.0%	3.0%
30 min	18.0%	9.0%	1.5%
45 min	6.0%	3.0%	0.5%

13.3 Cálculos realizados en el programa

De acuerdo a la Fórmula para el cálculo de beneficios presentados en el acápite 5.7:

$$B = \sum_i \sum_j \sum_k (q_{jk} * T_{ok} * D_i * \Delta T_i * VST_k) * f_i * N \quad ec. 1$$

Se procederá a calcular la primera celda de la matriz de totales, para el vehículo tipo camioneta, en periodo punta mañana, para un incidente de duración 15 minutos y severidad 35% de capacidad remanente, para el cual:

$$q_{jk} = 7422 \text{ veh/hr}$$

$$T_{ok} = 1.98 \text{ pax/veh}$$

$$PM = 40\% \text{ (VMS)}$$

$$D_i = 15 \text{ min}$$

$$VST = 1498 \text{ \$/hr}$$

- Calculamos f_i :

$$f_i = f_{15} * f_{35\%} = 60\% * 30\% = 18\%$$

- Cálculo de la cantidad total de incidentes anuales N:

Se tiene que de la prefectura de carabineros de concepción que 5475 accidentes ocurren dentro de los 146 km lineales que cubre esta prefectura (Reyes, K. 2014), además que la extensión del puente Ilacolén es aproximadamente de 2 km, por lo tanto se estimará:

$$N = \frac{5475}{146} * 2 = 75$$

- Cálculo del ahorro de tiempo por vehículo ΔT_i

$$\Delta T_{35\%} = (495.27 * PM - 473.82) / (n^\circ \text{ vehiculos})$$

Donde :

$\Delta T_{35\%}$ = Ahorro de tiempo por información diseminada para el incidente de severidad 35%

PM = Penetración de mercado esperada por aplicación ITS

$n^\circ \text{ vehiculos}$ = Cantidad de vehículos totales del sistema

Donde de los flujos $n^\circ \text{ vehiculos (por hora)}$ = 9181 [veh] en la red.

Y la penetración de mercado se estima para VMS como 40%. Y considerando en el caso base que la información diseminada es 0%

$$\Delta T = ((495.27 * 40\% - 473.82) - (495.27 * 0\% - 473.82)) / (9181)$$

$$\Delta T = 0.021578 \text{ hrs}$$

- Función escalón:

Se define un umbral tiempo mínimo para cambio de ruta igual a 5 min por lo tanto, el tiempo publicado correspondiente al incidente de severidad 35% y duración 15 minutos corresponde a un atraso de 31.3 minutos en la vía por lo que existirán cambios de ruta con el ahorro de tiempo calculado anteriormente.

- Cálculo de beneficios:

$$B_{11} = (7422 * 1,98 * 15/60 * 0.021578 * 1498) * \frac{18}{100} * 75$$

$$B_{11} = \$ 1,603,182$$

Posteriormente realizando la sumatoria para todos los vehículos y periodos para este incidente se obtiene:

Tabla D3: Resumen por Vehículos y Periodos.

	PM	FP	PT
Auto	1,603,185	1,072,030	1,531,472
Camioneta	298,518	278,214	397,664
Moto	25,310	17,346	24,873
Bus	1,154,424	640,813	916,819
camion	104,967	87,945	125,636
c+2	59,576	145,899	208,717
		<i>total</i>	8,693,408

Finalmente se obtiene para la aplicación ITS Seleccionada:

Tabla D4: Resumen resultados para VMS

VMS	Capacidad/Duración	15 min	30 min	45 min
	80%	\$ 56,341,614	\$ 56,341,614	\$ 28,170,807
	35%	\$ 8,577,496	\$ 8,577,496	\$ 4,288,748
	1%	\$ 4,644,182	\$ 4,644,182	\$ 2,322,091

Finalmente realizando la sumatoria de todos los incidentes se obtiene un total para VMS de 173 millones de pesos.