

METODOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA RELACIONADOS CON SEGURIDAD VIAL



Resumen ejecutivo

Esta metodología tiene como objetivo entregar pautas, recomendaciones y procedimientos relacionados con el uso de sistemas de fiscalización automática de infracciones de tránsito orientado a disminuir la accidentabilidad en las vías públicas del país. Incluye recomendaciones para realizar la evaluación social de los equipos en función de sus beneficios por reducción de accidentabilidad y sus costos de inversión, operación y mantenimiento.

Esta metodología es de uso obligatorio para cualquier iniciativa que defina multas de tránsito a partir de medios tecnológicos que registren automáticamente la ocurrencia de una infracción e identifiquen el vehículo involucrado.

La metodología establece también la necesidad de realizar un análisis expost del uso de estos sistemas para generar conocimiento local y así perfeccionar la práctica nacional en esta materia.

Contenido

1	PROCEDIMIENTO GENERAL PARA UTILIZAR EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	1
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE INFRACCIONES DE TRÁNSITO	4
2.1	FISCALIZACIÓN DE EXCESO DE VELOCIDAD	4
2.2	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE LUZ ROJA DEL SEMÁFORO	5
2.3	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE SEÑAL PARE O CEDA EL PASO.	5
3	PROCEDIMIENTO DETALLADO PARA ANALIZAR EL USO DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	6
3.1	ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DE LUGARES CON CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES	7
3.2	ETAPA 2: SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LUGARES APTOS PARA SER FISCALIZADOS AUTOMÁTICAMENTE ...	9
3.3	ETAPA 3: ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE CONTRAMEDIDAS DE BAJO COSTO	12
3.4	ETAPA 4: ANÁLISIS DE OPCIONES TECNOLÓGICAS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	13
3.5	ETAPA 5: IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA	14
3.6	ETAPA 6: SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS EXPOST	16
4	EFFECTOS EN LA ACCIDENTABILIDAD DE LA FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA	18
4.1	FISCALIZACIÓN DE EXCESO DE VELOCIDAD	18
4.2	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE LUZ ROJA DEL SEMÁFORO	18
4.3	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE SEÑAL PARE O CEDA EL PASO	19
5	CONTRAMEDIDAS ALTERNATIVAS A LA FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA	20
5.1	FISCALIZACIÓN DE EXCESO DE VELOCIDAD	20
5.2	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE LUZ ROJA DEL SEMÁFORO	20
5.3	FISCALIZACIÓN DE NO RESPETO DE SEÑAL PARE O CEDA EL PASO	21
6	REQUISITOS TÉCNICOS DE SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA	22
6.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN	22
6.2	CRITERIOS DE INSTALACIÓN	25
6.3	CRITERIOS DE OPERACIÓN	29
6.4	CRITERIOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS	31
7	RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN SOCIAL DE SISTEMAS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	33
8	RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS EXPOST DEL USO DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	37
8.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCIDENTES QUE AFECTAN EL ANÁLISIS EXPOST	37
8.2	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN.....	38
8.3	PROCEDIMIENTO	40

Introducción

Los accidentes de tránsito tienen consecuencias significativas en la sociedad producto de las lesiones o muerte de personas y los daños materiales generados.

La cantidad de vidas perdidas en accidentes de tránsito es uno de los indicadores que muestra de manera más clara la diferencia entre los países que han alcanzado el desarrollo y aquellos que aún se encuentran en camino.

Es necesario entonces implementar las medidas necesarias para disminuir la ocurrencia y consecuencias de los accidentes de tránsito, en concordancia con la política del gobierno.

Una de las opciones para lograr lo anterior es el uso de sistemas de fiscalización automática de infracciones de tránsito.

La experiencia internacional muestra que la intensificación de la fiscalización mediante dispositivos tecnológicos, junto con otras medidas complementarias, genera una disminución significativa de los accidentes de tránsito que ocurren como consecuencia de las infracciones fiscalizadas.

Esta metodología tiene como objetivo entregar pautas, recomendaciones y procedimientos sobre el uso de sistemas de fiscalización automática de infracciones de tránsito en las vías públicas del país tanto urbanas como rurales, y se basa en la mejor experiencia extranjera conocida.

Las infracciones de tránsito que cubre esta metodología son las siguientes:

- Circular a exceso de velocidad.
- No respetar luz roja del semáforo.
- No respetar señal PARE o CEDA EL PASO.

El uso de esta metodología es requisito para la autorización del uso de cualquier sistema de fiscalización de infracciones de tránsito a través del cual se registre automáticamente la ocurrencia de una infracción y el vehículo infractor.

Los sistemas de fiscalización automática involucran aparatos instalados en el espacio público que registran la actividad vehicular en el lugar, programas computacionales que procesan la información registrada, sistemas de almacenamiento de la información y/o sistemas de comunicación para transmitir la información procesada.

Todos los sistemas de fiscalización deben tener la capacidad para registrar y reconocer los caracteres de la placa patente de los vehículos e idealmente establecer la correspondencia entre esa placa y las características del vehículo para detectar adulteraciones de la placa patente. Se admite también la identificación del vehículo a través del dispositivo utilizado para el cobro de telepeajes.

Los sistemas de fiscalización no deben registrar imágenes que permitan identificar al conductor o a los ocupantes de los vehículos (Artículo 4° de la Ley de Tránsito). En este sentido, la fiscalización se restringe a infraccionar sólo al dueño del vehículo, limitación que se espera sea corregida en futuras actualizaciones del procedimiento.

Finalmente, a través de los caracteres de la placa patente de cada vehículo infractor se debe identificar a su propietario e iniciar el proceso de cobro de la multa correspondiente, previo análisis de situaciones especiales y descarte de casos en los que existan dudas sobre la ocurrencia de la infracción o la identificación del vehículo.

La fiscalización automática se puede realizar en un punto, tramo o área determinada de la red vial urbana o rural. En este sentido, en esta metodología se utiliza el término genérico “lugar” para hacer referencia a:

- una determinada intersección o cruce de vías;
- un tramo de vía;
- un área o sector geográfico que incluye múltiples intersecciones y/o tramos de vías.

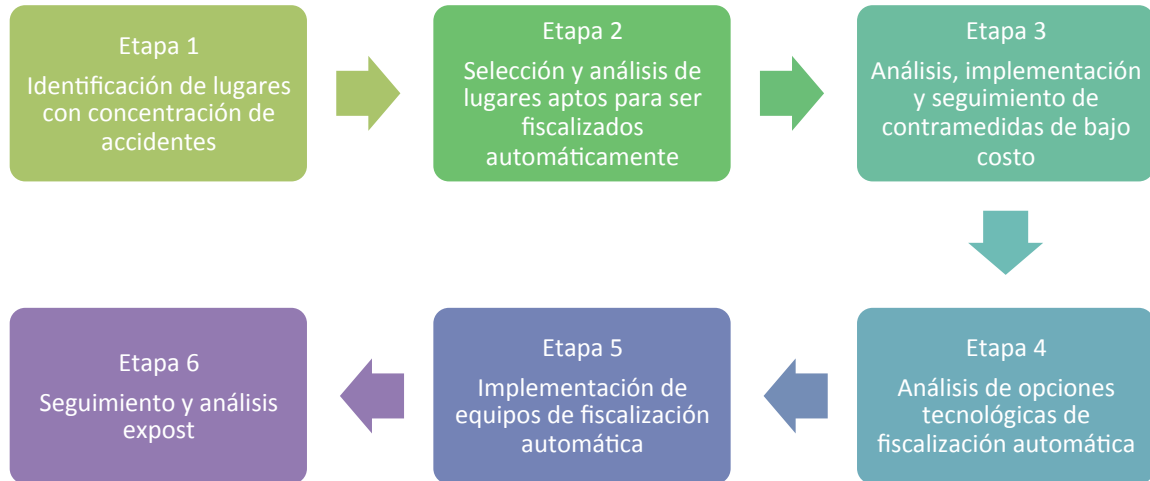
Es importante destacar que esta Metodología surge de la necesidad de construir y validar un método que oriente la toma de decisiones que permitan disminuir drásticamente la cantidad de accidentes y muertes generadas por siniestros viales, mediante el aumento de la fiscalización. En este sentido, la Metodología aquí desarrollada se enfoca en la detección de infracciones por velocidad más que en la detección de otras infracciones, sin perjuicio de que en futuras actualizaciones se aborden otro tipo de infracciones.

En el siguiente capítulo se presenta el procedimiento general para definir dónde corresponde el uso de equipos de fiscalización automática con el objetivo de disminuir la accidentabilidad de tránsito. En los capítulos posteriores ese procedimiento se describe con mayor detalle. Además, se entregan recomendaciones para realizar la evaluación social y el análisis expost de los sistemas de fiscalización automática y se establecen los requerimientos técnicos mínimos de los equipos que se instalen.

1 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA UTILIZAR EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

El procedimiento que se debe seguir para analizar el uso de equipos de fiscalización automática en vías urbanas o rurales consta de 6 etapas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1 Proceso de análisis del uso de equipos de fiscalización automática



El proceso se inicia en la **Etapa 1** con la identificación de los lugares (intersecciones, tramos de vía o áreas) en los que se tenga una concentración de accidentes de tránsito con consecuencias en las personas. Esos lugares requieren mejoramientos de aspectos geométricos, operativos o de seguridad de tránsito y/o fiscalización tradicional o automática de las infracciones que ocurran en ellos. En la **Etapa 2** esos lugares con concentración de accidentes deben ser analizados con mayor detalle para identificar aquellos donde tiene sentido implementar equipos de fiscalización automática. En esta etapa se debe establecer si los accidentes están relacionados a alguna de las siguientes infracciones de tránsito:

- Circular a exceso de velocidad.
- No respetar la luz roja del semáforo.
- No respetar la señal PARE o CEDA EL PASO.

En la **Etapa 3** cada uno de los lugares identificados en la Etapa 2 debe ser analizado para establecer si admite mejoramientos físicos u operativos (contramedidas) de bajo costo que logren reducir la accidentabilidad hasta un nivel aceptable sin necesidad de utilizar equipos de fiscalización automática. Opciones en esa línea son rediseños geométricos, mejoramiento de la visibilidad de las señales de tránsito y cabezales de semáforos, ajustes a la programación de semáforos para disminuir demoras producto de tiempos de ciclo excesivos, etc.

Si se identifican contramedidas factibles y de rápida implementación entonces deben ser implementadas y se debe realizar un seguimiento para evaluar sus efectos. Si se logra reducir la accidentabilidad en grado suficiente entonces el proceso de análisis termina para ese lugar. Por el contrario, si los mejoramientos no logran la reducción necesaria entonces se debe iniciar la etapa de análisis de medidas de fiscalización.

En la **Etapa 4** se deben analizar las opciones tecnológicas de fiscalización en aquellos sitios seleccionados en la Etapa 2 que no admiten mejoramientos físico-operativos o donde estos fueron insuficientes para disminuir la accidentabilidad.

Una vez identificada la tecnología más apropiada se debe realizar la evaluación social del sistema de fiscalización a partir de una estimación de los beneficios y costos sociales del sistema de fiscalización. Si el sistema es socialmente rentable entonces se deben identificar con mayor precisión los equipos que utilizan esa tecnología y que son más aptos para la situación analizada. Ese análisis corresponde a la Etapa 5 del proceso.

En la **Etapa 5**, si el sistema es rentable socialmente, se deben seleccionar los equipos de fiscalización dentro de la tecnología definida en la Etapa 4. La selección debe realizarse a partir de un análisis cuantitativo y cualitativo de los atributos de los equipos y su aplicabilidad en las condiciones del lugar bajo estudio. **Si las alternativas mantienen el nivel de servicio y efectividad del sistema y los costos totales de implementación**, no requiere una nueva evaluación. En caso contrario, será requisito que la alternativa seleccionada se evalúe socialmente.

En el caso urbano el uso de los sistemas de fiscalización automática debe ser realizado preferentemente con un enfoque de áreas de fiscalización, de modo que se tenga control sobre la migración de accidentes que una fiscalización puntual podría generar. En el caso rural el uso de la fiscalización automática será, en general, de tipo puntual o bien en tramos de vía cuando se controle la velocidad.

Para llevar a cabo la instalación de los dispositivos y sistemas complementarios se debe desarrollar un proyecto de instalación que cumpla los requerimientos del fabricante, las condiciones normativas aplicables y lo indicado en esta metodología. Ese proyecto debe ser aprobado por la autoridad competente en forma previa a la instalación del sistema de fiscalización.

Por último, en la **Etapa 6** corresponde realizar el seguimiento y análisis expost de los equipos de fiscalización instalados. El análisis expost es necesario para generar conocimiento local sobre los beneficios y costos de los sistemas y perfeccionar el estado de la práctica en el ámbito de la fiscalización automática de infracciones de tránsito. Ese conocimiento podrá ser incorporado en futuras versiones de esta metodología.

A continuación se describe con mayor detalle las características de los sistemas de fiscalización automática de infracciones de tránsito, y los procedimientos, requisitos y recomendaciones aplicables en cada una de las etapas de análisis mencionadas.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE INFRACCIONES DE TRÁNSITO

2.1 Fiscalización de exceso de velocidad

La fiscalización automática de velocidad puede ser en un punto o en un tramo de vía.

Para realizar la fiscalización en un punto se requiere disponer de:

- a) Dispositivos para medir la velocidad de los vehículos, denominados genéricamente cinemómetros, localizados en el costado o sobre la vía en el punto de fiscalización. La medición debe incluir a todos los vehículos que transitan por una sección de la vía, en uno o ambos sentidos de circulación según corresponda de acuerdo con el análisis de accidentabilidad. Los cinemómetros pueden ser estacionarios (no pueden ser trasladados con facilidad de un punto a otro) o portátiles (pueden ser trasladados fácilmente de un punto a otro).
- b) Dispositivos para tomar fotografías digitales de la placa patente de los vehículos, con una resolución que permita reconocer los caracteres que contienen. Para cada fotografía se debe registrar la fecha (DD/MM/AAAA) y hora (HH:MM:SS) en que se observó el paso del vehículo y su velocidad (km/h). Pueden ser estacionarios o portátiles.
- c) Sistema para identificar automáticamente, a través de sus placas patentes, a los vehículos que circulan a exceso de velocidad.
- d) El sitio de fiscalización debe abarcar una longitud entre 0,2 km y 1,5 km y en él debe existir solamente un límite legal de velocidad y no deben existir otros medios de fiscalización.

Para realizar la fiscalización automática de velocidad en tramos de vía se requiere:

- a) Dispositivos ubicados al costado o sobre dos puntos de la vía, separados por una distancia conocida (longitud del tramo que se fiscaliza), que registren el paso de los vehículos y tomen fotografías de sus placas patentes. Para cada fotografía se debe registrar la fecha (DD/MM/AAAA) y hora (HH:MM:SS) en que se observó el paso del vehículo y su velocidad promedio (km/h). En general, se deben utilizar dispositivos estacionarios.
- b) Sistema para calcular la velocidad promedio de cada vehículo registrado en ambos puntos de control e identificar automáticamente a través de los caracteres de sus placas patentes a los que circularon en el tramo a exceso de velocidad.

- c) El sitio de fiscalización debe abarcar una longitud entre 5 km y 20 km y en él debe existir solamente un límite de velocidad y no deben existir otros medios de fiscalización.

2.2 Fiscalización de no respeto de luz roja del semáforo

La fiscalización automática de no respeto de luz roja en una intersección semaforizada requiere disponer de:

- a) Dispositivos y sistemas para registrar la actividad en los accesos o pistas regulados con lámparas del semáforo. Deben tener la capacidad de detectar a los vehículos que sobrepasen la línea de detención cuando exista luz roja para el respectivo movimiento que realizan esos vehículos.
- b) Dispositivos para tomar fotografías digitales de la placa patente de los vehículos detectados traspasando la línea de detención durante la respectiva luz roja, con una resolución que permita reconocer los caracteres que contienen. El sistema debe ser capaz de tomar al menos una fotografía adicional del vehículo cuando éste se encuentre en la intersección, de manera que se pueda comprobar que el vehículo traspasó completamente la línea de detención. Para cada fotografía se debe registrar la fecha (DD/MM/AAAA) y hora (HH:MM:SS) en que se observó el paso del vehículo. Pueden ser estacionarios o portátiles.
- c) Sistema para identificar automáticamente, a través de los caracteres de sus placas patentes, a los vehículos que no respetaron la luz roja.
- d) El sitio de fiscalización debe abarcar desde línea de detención a línea de detención en cada dirección de circulación fiscalizada.

Los dispositivos serán generalmente de tipo estacionario, aunque también es posible el uso de sistemas portátiles en la medida que estén disponibles.

2.3 Fiscalización de no respeto de señal PARE o CEDA EL PASO.

La fiscalización automática de no respeto de señal PARE o CEDA EL PASO requiere disponer de dispositivos y sistemas similares a los utilizados en la fiscalización de no respeto de luz roja, pero con los siguientes requerimientos adicionales:

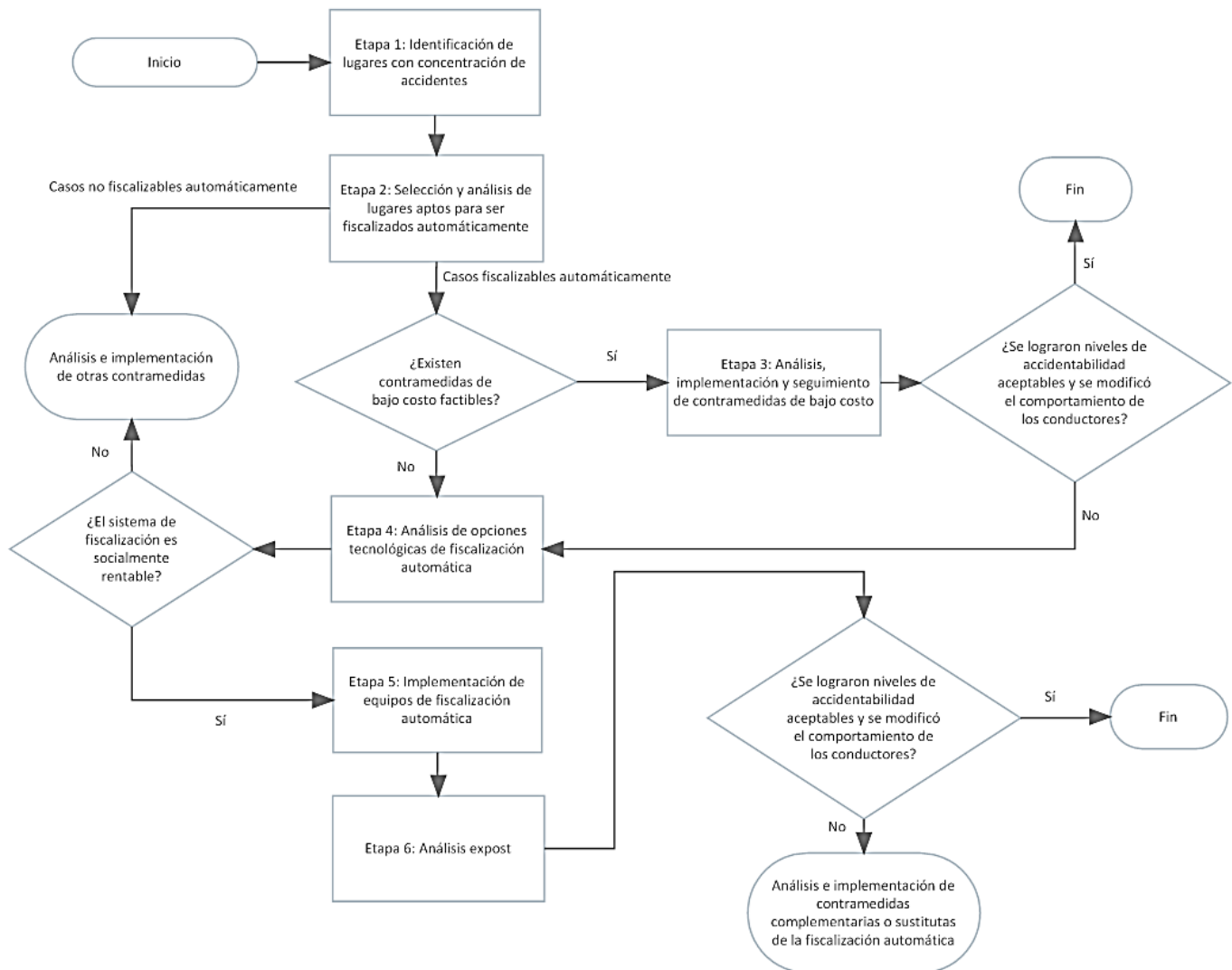
- a) En el caso de la señal PARE, el sistema debe ser capaz de detectar a los vehículos que no detienen su marcha al enfrentar esa señal.
- b) En el caso de la señal CEDA EL PASO, los dispositivos y sistemas deben observar simultáneamente la actividad en los accesos secundarios y prioritarios y mediante un conjunto de reglas y condiciones establecer cuándo un vehículo de un movimiento secundario no otorgó derecho de paso a un

- vehículo de un movimiento prioritario. Se entiende que ello constituye un criterio objetivo.
- c) El sitio de fiscalización debe abarcar desde línea de detención a línea de detención en cada dirección de circulación fiscalizada.

3 PROCEDIMIENTO DETALLADO PARA ANALIZAR EL USO DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

El procedimiento detallado para analizar el uso de equipos de fiscalización automática de infracciones de tránsito puede representarse mediante el siguiente diagrama de flujo.

Figura 2 Diagrama de flujo para analizar del uso de equipos de fiscalización automática



Las distintas etapas de análisis incluidas en el diagrama de flujo se describen a continuación.

3.1 Etapa 1: Identificación de lugares con concentración de accidentes

El uso de equipos de fiscalización automática de las infracciones tiene como objetivo principal reducir las consecuencias en las personas que tienen los accidentes de tránsito que se asocian a esas infracciones. Esas consecuencias en las personas están registradas en distintas fuentes de información, al igual que las características de los accidentes. Es posible también incluir en la evaluación de los sistemas de fiscalización otros efectos, como el daño a los vehículos.

La implementación de los sistemas de fiscalización requiere una inversión pública que debe estar justificada con la correspondiente evaluación social. La evaluación social en este caso requiere conocer a priori el efecto de la fiscalización automática en la accidentabilidad. Dado que no se cuenta con experiencia local suficiente para estimar ese efecto es necesario realizar un análisis simplificado para identificar los lugares más aptos para ser fiscalizados automáticamente, mientras se reúnen más antecedentes a través de estudios expost de los sistemas que se implementen.

El análisis simplificado se basa en avanzar gradualmente en la recopilación y procesamiento de la información relevante disponible para así identificar los lugares donde los accidentes se deben a infracciones de tránsito que pueden ser fiscalizadas automáticamente. Suponiendo valores para el efecto de la fiscalización en la accidentabilidad, tomados de la experiencia extranjera, se puede cuantificar aproximadamente el beneficio generado.

Para realizar el análisis se deben utilizar las siguientes fuentes de información:

- base de datos de accidentes de tránsito de Carabineros de Chile (SIEC-2);
- registro de accidentes de tránsito de las unidades de Carabineros;
- registro de accidentes de tránsito de las empresas concesionarias de autopistas interurbanas y urbanas;
- registro de accidentes de tránsito de las empresas aseguradoras; y
- otras fuentes de información de accidentes de tránsito y/o sus consecuencias en las personas, que la autoridad competente considere representativas del lugar en estudio.

El análisis de la información de accidentes se debe realizar preferentemente por separado para cada región del país o grupos de regiones adyacentes, de manera que la implementación de los sistemas de fiscalización automática se produzca gradualmente a lo largo del país como una política nacional y no solamente en las zonas que concentran la población y, por lo tanto, los accidentes. La información debe cubrir los últimos 5 años; aunque en casos justificados por la no disponibilidad de información rigurosamente obtenida, podrán utilizarse los últimos 3 años.

En esta etapa se deben analizar solamente los accidentes que incluyan personas lesionadas o fallecidas. Los accidentes así seleccionados deben ser localizados espacialmente con el propósito de identificar lugares donde exista una mayor concentración de accidentes. Un lugar puede corresponder a una intersección, un tramo de una vía o áreas que incluyen una serie de intersecciones y tramos de vías.

Para realizar el análisis espacial y agregación de los accidentes, cada uno se debe representar a través del costo social de sus consecuencias en las personas. Para ello se deben utilizar los parámetros (costos y precios) sociales definidos por Ministerio de Desarrollo Social y la cantidad de lesionados y fallecidos registrados en cada accidente.

En consecuencia, el costo social de un accidente i (CS_i) está dado por la siguiente relación:

$$CS_i = n_{leves,i}CS_{leves} + n_{menos-graves,i}CS_{menos-graves} + n_{graves,i}CS_{graves} + n_{fallecidos,i}CS_{fallecidos}$$

Donde $n_{leves,i}$, $n_{menos-graves,i}$, $n_{graves,i}$, $n_{fallecidos,i}$ son el número de personas con lesiones leves, menos graves, graves o fallecidas en el accidente i , respectivamente, y CS_{leves} , $CS_{menos-graves}$, CS_{graves} , $CS_{fallecidos}$ son el costo social establecido por Ministerio de Desarrollo Social para las lesiones leves, menos graves y graves y las personas que fallecidas, respectivamente¹.

Los accidentes expresados en valor social que hayan ocurrido en un mismo sitio deben ser sumados (agregados) para así identificar los puntos donde los accidentes son más graves y/o más frecuentes. Los accidentes que ocurran de manera dispersa deben ser estudiados asociándolos a áreas o sectores, de acuerdo a criterios rigurosos, por ejemplo, tramos de una vía o grupos de intersecciones. Para realizar ese análisis es necesario representar geográficamente los accidentes.

Mediante el análisis espacial de los accidentes expresados en valor social se debe generar una lista priorizada de lugares, que pasarán a ser analizados con mayor detalle en la siguiente etapa pues son candidatos a ser fiscalizados automáticamente.

La lista priorizada debe considerar la siguiente información:

- Identificación del lugar: intersección, tramo de vía o área, mediante nombre de calles, rol, kilometraje, coordenadas

¹ Las definiciones correspondientes se encuentran en la Metodología Simplificada de Estimación de Beneficios Sociales por Disminución de Accidentes en Proyectos de Vialidad Interurbana (http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Metodologias/me_acc_identabilidadvi.pdf)

geográficas, hitos, etc., según corresponda. La información debe ser suficiente para realizar visitas a terreno en los casos que finalmente sean seleccionados para ser fiscalizados automáticamente.

- Descripción de los accidentes: se debe incluir la siguiente información de los accidentes registrados en el lugar durante el período de análisis:
 - Total de personas con lesiones leves.
 - Total de personas con lesiones menos graves.
 - Total de personas con lesiones graves.
 - Total de personas fallecidas.

En un anexo digital se debe incluir el listado de accidentes con todas las características que estén disponibles.

- Costo social total de las lesiones o fallecimiento de personas: obtenido a partir de la cantidad de personas lesionadas y fallecidas en el período de análisis y los parámetros (costos y precios) sociales definidos por el Ministerio de Desarrollo Social.
- Beneficio social total estimado: obtenido a partir de la cantidad de personas lesionadas y fallecidas en el período de análisis y las tasas de variación de la accidentabilidad que se indican en la siguiente sección.

La lista priorizada debe considerar los lugares ordenados de mayor a menor beneficio social estimado.

Si la información sobre la localización de los accidentes no permite representar adecuadamente la distribución espacial de los eventos entonces se deben utilizar fuentes complementarias, tales como entrevistas con autoridades locales y empresas aseguradoras, que sirvan para identificar los lugares con mayor accidentabilidad.

Cualquier persona puede solicitar a la autoridad competente que se analicen lugares que a su juicio presentan niveles altos de accidentabilidad o riesgos asociados a infracciones de tránsito fiscalizables automáticamente. La autoridad debe considerar esas solicitudes en los análisis que se realicen para identificar los potenciales lugares a ser fiscalizados.

3.2 Etapa 2: Selección y análisis de lugares aptos para ser fiscalizados automáticamente

A partir de la lista priorizada de lugares definida en la Etapa 1 y aquellos identificados por la comunidad se debe iniciar un estudio más detallado orientado a identificar cuáles son aptos para ser fiscalizados automáticamente.

Lo relevante de esta etapa es lograr establecer relaciones de causalidad entre las infracciones de tránsito fiscalizables automáticamente y los accidentes observados. Esto porque el uso de la fiscalización automática como instrumento de prevención debe

justificarse mediante un análisis de las probables consecuencias en las personas de los accidentes que podrían ocurrir a causa de las infracciones que se fiscalicen.

No obstante lo anterior, es necesario que previamente se analicen opciones de mejoramientos que logren reducir la accidentabilidad sin necesidad de utilizar sistemas automáticos de fiscalización.

Las actividades que se deben realizar en esta etapa son las siguientes:

- Selección de lugares donde los accidentes de tránsito tienen el beneficio social neto más alto (diferencia entre los beneficios estimados de la fiscalización automática y los costos sociales). El número de lugares seleccionados depende también de la cantidad de recursos disponibles para implementar los sistemas de fiscalización automática en el país, o en la región o grupo de regiones bajo estudio.
- Análisis de la causa probable de cada accidente en los lugares seleccionados y descarte de aquellos donde los accidentes no tienen relación con el exceso de velocidad o no respeto de luz roja o de señales de prioridad PARE o CEDA EL PASO. El análisis de causalidad se debe realizar a partir de la información utilizada en la Etapa 1.
- Selección de otros lugares con accidentes de alto costo que replacen a los lugares descartados.

Los lugares finalmente seleccionados deben ser estudiados en terreno para identificar posibles mejoramientos de aspectos físicos, operativos o de seguridad de tránsito (contramedidas de bajo costo) que permitan disminuir la accidentabilidad y modificar el comportamiento riesgoso de los conductores sin necesidad de implementar sistemas de fiscalización automática. De esta manera se evita sancionar comportamientos que pudieron originarse en deficiencias del sistema vial. Ese análisis es parte de la Etapa 3.

Los lugares con concentración de accidentes que no sean seleccionados deben ser tratados con otras medidas, cuyo análisis escapa al alcance de esta metodología.

A continuación se describen algunas características particulares del análisis según el tipo de infracción.

3.2.1 Caso 1: Fiscalización de exceso de velocidad

En el contexto de esta metodología hay exceso de velocidad en el lugar que se pretende fiscalizar cuando la velocidad de operación en condiciones de flujo libre (percentil 85 de la velocidad) supera la velocidad máxima legal de ese lugar. La velocidad de operación se debe establecer a través de mediciones específicas en una muestra representativa de los vehículos.

En la medida que se observe un exceso de velocidad, se estima que la instalación de un dispositivo de fiscalización automática de velocidad puede rentabilizarse si se generan beneficios actualizados

por reducción de las consecuencias en la personas de los accidentes de tránsito, al menos equivalentes a UF 1.400² en un período de 5 años. Ese horizonte de evaluación toma en cuenta que los equipos de fiscalización son dispositivos de rápida obsolescencia y que en general no se dispone de suficiente información para proyectar la evolución en el tiempo de los accidentes.

Asumiendo las siguientes tasas de reducción de accidentes asociada a cada equipo de fiscalización³:

- accidentes con fallecidos: 28% y
- accidentes con lesionados: 10%,

y el costo social de las consecuencias de los accidentes definido por el Ministerio de Desarrollo Social, se puede concluir que en el sitio a fiscalizar se requiere la existencia de al menos 1,38 accidentes fatales en 5 años (en promedio 0,28 accidentes fatales al año) o alternativamente 246 accidentes con lesionados en el mismo período (en promedio 49 accidentes con lesionados al año) para que el sistema sea socialmente rentable. En lugares con menor índice de accidentabilidad la instalación de un sistema de fiscalización automática de velocidad no sería rentable desde el punto de vista social. Estos resultados se refieren a cada uno de los equipos de fiscalización que se pretenda instalar. En la medida que se analice un área con varios sistemas se debe considerar el costo total de dichos sistemas y la accidentabilidad de toda el área⁴.

3.2.2 Caso 2: Fiscalización automática de no respeto de luz roja

Los accidentes de tránsito entre vehículos en intersecciones semaforizadas se deben al no respeto de la luz roja. En cambio, los accidentes que involucran a vehículos y usuarios no motorizados se deben al no respeto de la luz roja (atropellos de usuarios que

² La estimación se obtuvo a través de una entrevista con el encargado de costos de la DGT Española y considera los costos de inversión, operación y mantenimiento de los equipos. No incluye el costo del procesamiento de las infracciones.

³ Debido a la ausencia de información local, se utilizaron las tasas de reducción reportadas en "The handbook of road safety measures" Second Edition. Emerald Publishing Group, 2009.

⁴ Suponemos que los equipos se instalarán si el Beneficio Social $\geq$ Costo Social, luego, tenemos que : a) Considerando un período de 5 años, el costo social actualizado (6%) inversión, operación y mantenimiento de un equipo típico de fiscalización de exceso de velocidad es de UF 1400; b) Asumiendo un 28% de reducción de accidentes con fallecidos (tomado de la experiencia internacional) y un costo social de UF 3682 para un accidente promedio con fallecidos (tomado de la base de Carabineros y considerando los costos sociales del Ministerio de Desarrollo Social), entonces: Beneficio = $N \cdot 3682 \cdot 0,28$; Costo = 1400 ; $1400 / (3682 \cdot 0,28) \leq N$; c) la cantidad de accidentes con fallecidos que justifica socialmente la inversión es $1400 / (3682 \cdot 0,275) = 1,38$.

circulan en distinta dirección que los vehículos) o bien a la no entrega de prioridad por parte de conductores que viran y enfrentan a una corriente prioritaria de usuarios no motorizados.

Para el caso de los sistemas de fiscalización automática de respeto de luz roja la experiencia extranjera indica resultados poco confiables en cuanto a la reducción de la accidentabilidad y relación beneficio-costos. En ese escenario es recomendable analizar otro tipo de contramedidas para reducir la accidentabilidad, como parte de la Etapa 3 del proceso.

Esta recomendación debe ser revisada en la medida que se cuente con antecedentes locales sobre la efectividad de los sistemas de fiscalización automática de luz roja, obtenidos preferentemente de análisis expost de los sistemas que se implemente en el país. La implementación de proyectos piloto es la manera más efectiva para generar esos antecedentes.

3.2.3 Caso 3: Fiscalización automática de señal PARE o CEDA EL PASO

Por el momento no existe suficiente experiencia en el extranjero como para recomendar el uso de sistemas de fiscalización automática de señal PARE o CEDA EL PASO en el país. Dado la rapidez del avance tecnológico, es posible que en el mediano plazo en distintos países se generen y apliquen sistemas que permitan este tipo de fiscalización. En ese momento se debe revisar la conveniencia de aplicarlos en el país.

3.3 Etapa 3: Análisis, implementación y seguimiento de contramedidas de bajo costo

Los lugares identificados en la Etapa 2 deben ser sometidos a un estudio detallado en terreno, orientado a detectar falencias en el diseño físico u operativo o en aspectos de seguridad de tránsito que puedan ser la causa de las infracciones de tránsito y en consecuencia de los accidentes.

En el caso del control de la velocidad es fundamental que exista consistencia entre la velocidad máxima señalizada, la velocidad de diseño de la vía y la velocidad objetivo. La normativa define rangos para la velocidad de diseño según la jerarquía de la vía. Por su parte, la velocidad objetivo depende de factores ambientales y debe permitir movilidad pero en condiciones seguras de tránsito. Esa velocidad objetivo es por lo tanto una decisión de la autoridad que determina la velocidad máxima que debe señalizarse y puede obligar a realizar cambios en el diseño físico-operativo de la vía, dentro de los rangos que admite la normativa.

Si como resultado del análisis se identifican opciones de mejoramiento factibles de bajo costo, denominadas genéricamente contramedidas, éstas deben ser implementadas. Luego se debe realizar un estudio de seguimiento del lugar para verificar si los mejoramientos fueron efectivos para disminuir los accidentes y

modificar el comportamiento de los conductores. Si la accidentabilidad disminuye hasta un nivel que la autoridad competente (en este caso CONASET), considere aceptable y se observa una modificación favorable del comportamiento de los conductores entonces el análisis termina para ese lugar. Por el contrario, si no se alcanza el nivel de accidentabilidad aceptable o el comportamiento de los conductores no se modifica significativamente se debe iniciar la Etapa 4 de análisis, con el objetivo de complementar el efecto de las contramedidas con el de la fiscalización automática.

Como alternativa a un estudio de seguimiento del efecto de las contramedidas, que requiere un tiempo prolongado de observación (al menos 12 meses) se puede realizar un estudio de conflictos mediante el cual se analice el comportamiento de los conductores. El cambio del comportamiento, hacia conductas menos riesgosas, puede considerarse un predictor de la reducción de la accidentabilidad.

Existen diversos documentos con recomendaciones sobre la selección y uso de contramedidas de bajo costo, por ejemplo, las definidas por CONASET. En el Capítulo 5 se mencionan algunas opciones de mejoramientos según el tipo de infracción observada en el lugar.

Si el análisis de un lugar muestra que no existen opciones de mejoramiento o los mejoramientos posibles son infactibles de implementar por su alto costo de inversión o por el plazo que involucran entonces se debe iniciar la Etapa 4 de análisis, para identificar las opciones tecnológicas de fiscalización automática de infracciones de tránsito que permitan reducir la accidentabilidad en ese lugar. También es posible considerar el uso temporal de tecnologías de fiscalización si la implementación de las contramedidas requiere un tiempo considerable.

3.4 Etapa 4: Análisis de opciones tecnológicas de fiscalización automática

En cada uno de los lugares que no admitan mejoramientos o donde los mejoramientos no generen la reducción esperada de los accidentes de tránsito, se debe iniciar el estudio de opciones tecnológicas para fiscalizar las infracciones de tránsito.

En caso de que sea necesario seleccionar un subconjunto de los lugares identificados en la Etapa 2, se deben escoger aquellos donde la fiscalización automática genere un mayor beneficio social. El beneficio social se debe estimar con la información de las consecuencias de los accidentes, los precios sociales de esas consecuencias definidos por el Ministerio de Desarrollo Social y las tasas de reducción de accidentabilidad más confiables que estén disponibles.

En el estudio de las opciones tecnológicas se debe al menos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de lugar: intersección, tramo de una vía o área que incluye múltiples intersecciones y tramos de vías.
- Tipo de infracciones de tránsito observadas en el lugar.
- Características físicas del lugar: número de pistas por sentido y accesos que deben ser fiscalizados, espacio disponible para instalar los equipos de fiscalización, sistemas de comunicación existentes para transmitir la información de las infracciones registradas.
- Condiciones climáticas del lugar: temperatura mínima y máxima anual, existencia de días con niebla, granizo o nieve, presencia de viento con velocidad suficiente para afectar las instalaciones, etc.
- Otras características que podrían restringir el uso de ciertas tecnologías o limitar su efectividad para detectar la infracción o la placa patente de los vehículos.

En el Capítulo 6 se entregan mayores antecedentes con respecto a los requisitos de las tecnologías y equipos de fiscalización automática.

El resultado de esta etapa debe ser la tecnología recomendada para realizar la fiscalización automática de las infracciones de tránsito en cada uno de los lugares analizados. En el caso de áreas puede ser necesario utilizar más de una tecnología.

Una vez definida la tecnología recomendada y a partir de una primera identificación de los equipos de fiscalización, consistentes con esa tecnología, se debe realizar la evaluación social del sistema de fiscalización automática. La evaluación debe seguir los requerimientos del Ministerio de Desarrollo Social y las pautas señaladas en el Capítulo 7. Si el sistema es rentable socialmente entonces se debe iniciar la Etapa 5 del proceso, en caso contrario se debe analizar el uso de otras contramedidas que reduzcan la accidentabilidad; esas contramedidas pueden implicar obras de infraestructura cuyo análisis escapa a esta metodología.

3.5 Etapa 5: Implementación de equipos de fiscalización automática

En función de la tecnología identificada en la Etapa 4 y si el sistema de fiscalización sea socialmente rentable, en esta fase del proceso se deben identificar los equipos más apropiados para cada una de las infracciones que es necesario fiscalizar.

Los equipos deben ser aquellos que cumplan con las certificaciones definidas por la autoridad y que además tengan al menos las siguientes condiciones:

- Sean apropiados para el sitio en que se realice la fiscalización.
- Puedan fiscalizar las infracciones que están asociadas a los accidentes de tránsito observados: exceso de velocidad, no respeto de luz roja y no respeto de señal PARE o CEDA EL PASO.

- Tengan capacidad para automáticamente registrar la placa patente del vehículo infractor y reconocer las letras y números que contiene. No deben capturar imágenes que permitan reconocer al conductor o los ocupantes del vehículo.
- Tengan las características necesarias para permitir su funcionamiento continuo, en particular durante la noche y en las condiciones ambientales más severas del lugar donde se instalarán.
- Sean adecuadas para funcionar bajo otras condiciones particulares del lugar que hayan sido identificadas en la Etapa 4.
- En el caso de la fiscalización de velocidad es relevante establecer si tiene sentido tratar un sitio específico, por ejemplo una curva que restringe significativamente la velocidad segura de circulación, o bien corresponde controlar un tramo de vía o sectores donde se producen accidentes dispersos.

En el Capítulo 6 se entregan más antecedentes sobre los requisitos técnicos y funcionales de los equipos de fiscalización automática.

En el ámbito rural es particularmente útil el uso de equipos no estacionarios de fiscalización automática. Estos equipos no estacionarios pueden agruparse en:

- equipos portátiles, que se pueden trasladar en un vehículo y luego desplegarse en terreno y ponerse en funcionamiento de manera sencilla, por ejemplo, utilizando un trípode. También es posible que el equipo de fiscalización permanezca dentro de un vehículo estacionado al costado de la vía; y
- equipos móviles, que se instalan y funcionan dentro de un vehículo que se desplaza por las vías y que registran la velocidad y placa patente de los vehículos adyacentes.

La instalación y uso de los equipos estacionarios y no estacionarios de fiscalización automática debe ser realizada a partir de un proyecto que:

- cumpla las especificaciones técnicas del fabricante;
- incluya la señalética informativa correspondiente que advierta a los conductores sobre la existencia un sistema de fiscalización automática; y
- considere otros requisitos de instalación, como se explica en el Capítulo 6.

El proyecto de instalación debe ser aprobado por la autoridad designada como competente por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Por último, durante el funcionamiento de los equipos se debe establecer programas de mantenimiento para asegurar su adecuada operación. En el Capítulo 6 se entregan recomendaciones al respecto.

3.6 Etapa 6: Seguimiento y análisis expost

La experiencia de otros países muestra que el uso de sistemas de fiscalización automática de infracciones de tránsito reduce el número de accidentes en los lugares donde se instalan.

Es importante entonces generar información que permita establecer el efecto de la fiscalización automática en el país. Es necesario también sistematizar la información de los costos asociados a la operación de los equipos de fiscalización mediante el seguimiento de la operación de los equipos. El desarrollo de estudios expost es una herramienta útil para esos fines.

Los efectos de la fiscalización automática sobre la accidentabilidad se pueden establecer con las fuentes de información mencionadas en la Etapa 1 y eventualmente con los antecedentes que se generen durante el funcionamiento de los sistemas de fiscalización, por ejemplo si incluyen registro fotográficos o en video de los accidentes. También es necesario analizar si el comportamiento de los conductores se modificó, en el sentido lograr conductas más seguras desde el punto de vista del tránsito. Para eso la recomendación es aplicar técnicas de análisis de conflictos.

Con esos antecedentes y el registro sistematizado de los costos se debe realizar el análisis expost de los sistemas instalados. Se asume que los sistemas están sujetos a programa de mantenimiento preventivo y correctivo que garantiza que éstos funcionan apropiadamente.

El estudio expost debe incluir los siguientes aspectos para cada sitio fiscalizado:

- Variación del número y tasa total de accidentes.
- Variación del número y tasa de accidentes con lesionados y con fallecidos.
- Variación de los efectos en la propiedad, en particular, sobre los vehículos.
- Efectos en el consumo de tiempo de los usuarios y combustible asociados a la variación de la accidentabilidad y la velocidad de circulación.
- Descripción detallada de los equipos instalados y estimación de costos de inversión, operación y mantenimiento.
- Resultados del análisis de conflictos de tránsito.
- Descripción de situaciones especiales ocurridas durante el período de análisis, tales como fallas de los equipos, cambios en las características físicas u operativas de lugar en estudio y otros aspectos que tengan efecto en la accidentabilidad.

A partir de la información registrada en el estudio expost se podrá establecer con mayor certeza la rentabilidad social del sistema de

fiscalización automática analizado, estimada preliminarmente como parte de la Etapa 4 del proceso.

Por último, en función de los resultados obtenidos en el análisis expost la autoridad competente podrá decidir si es conveniente mantener, modificar o dejar de utilizar el sistema de fiscalización analizado. También es posible que se requiera complementar la fiscalización automática con alguna(s) contramedida(s), como las descritas en el Capítulo 5, de manera tal de potenciar sus efectos y se alcance una mayor reducción de la accidentabilidad o un mayor cambio en el comportamiento riesgoso de los conductores.

Por último, es posible que la fiscalización automática no logre los efectos esperados, en cuyo caso debe ser remplazada por un conjunto de contramedidas que involucren mejoramientos físico-operativos de mayor envergadura, cuyo análisis escapa a esta metodología.

En el Capítulo 8 se entregan recomendaciones para el análisis expost de los equipos de fiscalización automática.

4 EFECTOS EN LA ACCIDENTABILIDAD DE LA FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

Para lograr que la fiscalización automática sea considerada por los usuarios como una medida de seguridad de tránsito, es necesario que los lugares donde se implemente tengan la señalización correspondiente definida en el Manual de Señalización de Tránsito, que advierta sobre el tipo de infracción fiscalizada y el punto o tramo específico cubierto por el sistema. Es fundamental también que no existan falencias físicas, operativas o de otro tipo que incrementen la posibilidad de que los usuarios comenten infracciones. Esas falencias deben identificarse y resolverse como parte de la Etapa 3 del proceso de análisis.

Una vez decidido el uso de equipos de fiscalización automática es posible esperar los siguientes efectos.

4.1 Fiscalización de exceso de velocidad

La experiencia extranjera muestra que existe un amplio consenso de que la fiscalización del cumplimiento de los límites de velocidad máxima es una de las medidas más efectivas para disminuir los accidentes asociados a esa infracción.

En general, la opción más efectiva es el control de la velocidad en tramos de vía pues de esa manera los conductores deben mantener una velocidad razonable a lo largo del sector fiscalizado, que en el caso de vías rurales puede abarcar varios kilómetros. Si bien la fiscalización en puntos específicos también es recomendable cuando existen cambios repentinos de la velocidad segura de circulación, se debe tener en cuenta que su efecto es puntual ya que los conductores que circulan a exceso de velocidad la disminuyen para evitar la infracción y una vez que pasan el punto de control vuelven a circular a una velocidad excesiva. De acuerdo con la experiencia extranjera en vías rurales el efecto en la velocidad se extingue menos de 2 km después del punto de fiscalización automática. En el caso urbano el efecto es menor.

En ciertos casos es preferible el uso de sistemas no estacionarios de fiscalización de velocidad. La experiencia extranjera recomienda especialmente su uso en áreas rurales ya que permiten abarcar amplios sectores con un número reducido de equipos. En general, los equipos portátiles son apropiados para la fiscalización puntual aleatoria de los límites de velocidad en un conjunto de lugares previamente identificados.

4.2 Fiscalización de no respeto de luz roja del semáforo

La fiscalización de respeto de la luz roja del semáforo es una medida que ha mostrado indicios de ser efectiva para reducir los accidentes más graves, que en este caso son las colisiones laterales. Sin

embargo, existe conceso en los países que la utilizan de que la fiscalización de luz roja genera un aumento de colisiones por alcance. Esto se produce porque algunos conductores frenan repentinamente para evitar ser multados cuando ingresan a la intersección en el momento en que se inicia la luz roja y se percatan que podrían ser multados si continúan la marcha.

En consecuencia, la recomendación es postergar la fiscalización de luz roja a nivel masivo y en cambio desarrollar proyectos piloto e implementar contramedidas alternativas para tratar los lugares que tengan altos índices de accidentabilidad asociados a esta infracción. En el Capítulo 5 se mencionan algunos ejemplos.

4.3 Fiscalización de no respeto de señal PARE o CEDA EL PASO

A la fecha no existen experiencias reportadas sobre el uso de sistemas para fiscalizar el respeto de la señal PARE o CEDA EL PASO. Una razón de esto puede ser que las intersecciones con ese tipo de regulación tienen flujos vehiculares relativamente bajos y por lo tanto no están sujetas a un nivel de accidentabilidad alto.

Sin embargo, para el caso de la señal PARE existe la tecnología necesaria para fiscalizar infracciones asociadas a esa señal ya que es relativamente sencillo identificar automáticamente a los vehículos que no se detuvieron. En el caso de la señal CEDA EL PASO es complejo lograr la automatización de su fiscalización, principalmente porque es necesario observar simultáneamente a los vehículos de las vías secundaria y prioritaria y establecer, mediante criterios únicos, si se cometió una infracción al no otorgar derecho de paso a los vehículos prioritarios cuya proximidad constituía un riesgo de accidente.

En función de lo anterior es recomendable resolver los problemas de accidentabilidad en este tipo de intersecciones a través de otro tipo de contramedidas. Existen diversos documentos con recomendaciones para tratar esas situaciones, algunos ejemplos se mencionan a continuación.

5 CONTRAMEDIDAS ALTERNATIVAS A LA FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

Se mencionan a continuación algunas contramedidas que pueden ser alternativas efectivas para reducir la accidentabilidad en lugar o también como complemento de los sistemas de fiscalización automática.

Las contramedidas que se implementen deben cumplir la normativa vigente que les sea aplicable.

5.1 Fiscalización de exceso de velocidad

En términos generales se deben implementar medidas de aquietamiento de tráfico para los casos en que la velocidad es excesiva. Existen guías nacionales y extranjeras con recomendaciones al respecto. El uso de resaltos reductores de velocidad es una de las más simples y efectivas de acuerdo con la experiencia extranjera.

5.2 Fiscalización de no respeto de luz roja del semáforo

La experiencia extranjera en fiscalización de luz roja del semáforo señala que si bien se observa una reducción de los accidentes más graves, a la vez se observa un incremento de las colisiones por alcance. En ese escenario persiste un alto nivel de incerteza sobre la rentabilidad de este tipo de fiscalización.

Por lo tanto es recomendable posponer el uso de este tipo de fiscalización a nivel masivo en el país y en cambio estudiar e implementar contramedidas de otro tipo, como se describe a continuación. El análisis de futuras experiencias que se desarrollen en otros países y eventualmente la implementación de proyectos piloto de fiscalización de no respeto de luz roja pueden ser medios para reunir mejores antecedentes al respecto, que permitan en el futuro revisar esta recomendación.

5.2.1 Contramedidas operativas

Las siguientes medidas operativas pueden ser eficaces en reducir las infracciones de no respeto de la luz roja y la accidentabilidad asociada:

- ✓ Evitar demoras innecesarias, especialmente durante los períodos en los que hay más accidentes. Esas demoras pueden incentivar a ciertos conductores a ingresar anticipadamente a la intersección. Esto involucra modificar el tiempo de ciclo y/o el reparto de tiempo de verde.
- ✓ Controlar la velocidad de circulación mediante los desfases entre intersecciones adyacentes.
- ✓ Establecer el tiempo de rojo-rojo correspondiente a la geometría y características operativas de la intersección.

- ✓ Implementar fases exclusivas para peatones y ciclistas.

5.2.2 Contramedidas físicas

Las siguientes medidas físicas pueden ser eficaces en reducir las infracciones de no respeto de la luz roja y la accidentabilidad asociada:

- ✓ Mejorar la visibilidad de los cabezales del semáforo, por ejemplo cambiando su posición, utilizando postes con gancho o mediante el uso de lámparas LED.
- ✓ Instalar cabezales adicionales.
- ✓ Cambiar la carpeta de rodado en los accesos a la intersección para disminuir la velocidad.
- ✓ Instalar señales informativas de cercanía de semáforo.

Todas las contramedidas, para ser efectivas y sustitutos de las tecnologías propuestas, deberán ser evaluadas con los mismos criterios y asimismo, ser socialmente rentables y de mayor beneficio neto que la metodología propuesta.

5.3 Fiscalización de no respeto de señal PARE o CEDA EL PASO

En el caso de contramedidas para controlar el no respeto de la señal PARE o CEDA es necesario estudiar mejoramientos de la señalización y demarcación de las vías, mejoramientos de la visibilidad desde la vía secundaria, y también medidas de aquietamiento de tráfico que permitan reducir la velocidad de los vehículos y así disminuir la ocurrencia o las consecuencias de los accidentes.

6 REQUISITOS TÉCNICOS DE SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

6.1 Criterios de selección

Existe una serie de tecnologías disponibles para la detección automática de infracciones de tránsito, pero los continuos avances tecnológicos y mejoras en los sistemas disponibles y sus capacidades, hacen que los mismos se encuentren en constante cambio.

Por lo tanto, en el proceso de selección de los equipos es importante considerar requisitos de tipo general, referidos a las tecnologías más apropiadas, como los que se indican a continuación.

6.1.1 Factores incidentes en la selección de una tecnología para fiscalizar una determinada infracción

Los siguientes factores deben ser considerados para cada tipo de tecnología incluida en el proceso de selección:

- Requisitos funcionales de los equipos de fiscalización y sistemas asociados, definidos por la autoridad competente.
- Restricciones para la instalación de los equipos, teniendo en cuenta que algunos equipos requieren instalación de postes o pórticos, gabinetes, o conexión a los controladores de tráfico. En cada caso se deben gestionar permisos con las autoridades competentes y la normativa aplicable.
- Fiabilidad de los equipos de la respectiva tecnología.
- Vida útil de los equipos de la respectiva tecnología.
- Requisitos de comunicaciones (ancho de banda, los medios de comunicación, etc.).
- Requisitos de procesamiento de la información recopilada.
- Requisitos para una futura expansión. Para el aumento del número de equipos fiscalizadores se deben prever facilidades y flexibilidad para la instalación, mantenimiento y operación de los equipos.

6.1.2 Requerimientos mínimos de conformidad exigibles

Para la implantación de los equipos de fiscalización de la tecnología seleccionada, se requiere como mínimo que:

- Los equipos y/o dispositivos que se implementen deben estar convalidados y homologados en Chile a través de un procedimiento definido por la autoridad competente, que permita certificar los equipos con una marca nacional, por ejemplo UL-CL.
- Para la certificación de los equipos se debe exigir como mínimo el cumplimiento de normativas internacionales, como

por ejemplo las que certifican los Underwriters Laboratories (UL).

6.1.3 Errores máximos permitidos

Para cada uno de los dispositivos detectores de la infracción y registradores de la información de la infracción se requiere:

- a) En un banco de pruebas, antes de la instalación:
 - Distancia recorrida: más o menos UNO POR CIENTO (1%) de la distancia real, siendo ésta al menos igual a UN KILÓMETRO (1 km).
 - Velocidad: más o menos TRES KILOMETROS (3 km) POR HORA para velocidades menores o iguales a 100 km/h y más o menos TRES POR CIENTO (3%) para velocidades superiores a 100 km/h.
 - Tiempo: más o menos DOS (2) minutos por día, con un máximo de CINCO (5) minutos cada SIETE (7) días.
- b) Al realizarse la instalación y después:

Una vez instalados los equipos fiscalizadores se deben programar revisiones de periódicas que aseguran su buen funcionamiento. En esas pruebas se debe cumplir lo siguiente.

- Distancia recorrida: más o menos DOS POR CIENTO (2%) de la distancia real, siendo ésta por lo menos igual a UN KILÓMETRO (1 km).
- Velocidad: más o menos CINCO KILOMETROS (5 km) POR HORA para velocidades menores o iguales a 100 km/h y más o menos CINCO POR CIENTO (5%) para velocidades superiores a 100 km/h.
- Tiempo: más o menos DOS (2) minutos por día, o más o menos CINCO (5) minutos por períodos de SIETE (7) días.

Resumen de errores máximos permitidos para la medición de velocidad

Verificación	Error máximo	
	Velocidad $\leq$ 100 km/h	Velocidad $\geq$ 100 km/h
Inicial	$\pm$ 3 km/h	$\pm$ 3%
Periódica	$\pm$ 5 km/h	$\pm$ 5%

Los errores máximos son válidos para temperaturas entre CERO (0) y CUARENTA (40) grados Celsius, debiendo tomarse las temperaturas al lado del dispositivo de control.

6.1.4 Capacidades mínimas exigibles

Para cada uno de los equipos seleccionados se debe cumplir lo siguiente.

- a) Capacidad mínima para equipos de video detección:

- El sistema de video detección debe proporcionar video con una secuencia de imágenes conteniendo el desarrollo de la infracción, es decir, antes, durante y después que el vehículo (conductor) cometió la infracción, para minimizar la impugnación de las infracciones durante el proceso de cobro de las multas.
 - Si el equipo tiene capacidad de video detección de múltiples-pistas, debe tener capacidad para que en caso de que se observen simultáneamente varios vehículos se establezca con certeza cuál de ellos cometió la infracción.
 - Las cámaras de video detección deben tener un sensor de imagen en colores de estado sólido (CCD) de al menos 1/3 de pulgada y su salida de video debe ser en formato de televisión NTSC, con una resolución de no menos de 350 líneas de TV horizontal y no menos de 350 líneas de TV vertical.
- b) Capacidad mínima para equipos radar (cinemómetro):
- El equipo radar debe estar provisto de un mecanismo de encendido y apagado, un indicador de estabilización de la tensión y/o un indicador del estado de la batería.
 - El equipo debe permitir su funcionamiento normal frente a variaciones de la alimentación de -10% a 20% de la tensión nominal de la corriente continua y entre -15% a 10% para la corriente alterna.
 - La construcción del equipo radar, incluyendo la lógica interna de medición, debe asegurar que una indicación de velocidad y/o registro, no pueda ser atribuida a otro vehículo, incluso en el caso de cruzamiento o adelantamiento entre vehículos.
 - Los dispositivos complementarios de los cinemómetros destinados a incorporar los resultados de las mediciones en los registros fotográficos, deben señalar al menos los siguientes datos:
 - La fecha, con día, mes y año.
 - La hora y minuto de la medición.
 - La velocidad del vehículo registrado en km/h.
 - Ubicación geográfica del cinemómetro (por ejemplo, ruta, km, localidad).
 - Velocidad máxima autorizada en el lugar.
 - Flash. En caso de baja luminosidad ambiente el equipo debe activar un foco luminoso en el momento de realizar la toma fotográfica de forma que se pueda apreciar con claridad la placa patente del vehículo. Debe estar diseñado de forma que no provoque deslumbramiento en los conductores. Los flashes utilizados pueden ser de luz blanca o infrarroja.
- c) Capacidad mínima para equipos láser (cinemómetro):
- La potencia del haz de luz (láser) no debe sobrepasar los límites previstos para la Clase I, según la Norma IEC 60825.

6.2 Criterios de instalación

6.2.1 Factores que permiten establecer condiciones de borde

a) Ubicación

El dispositivo de registro debe estar ubicado en un lugar visible desde la posición de conducción, sin que pueda provocar distracción al conductor mientras circula, y debe también ser accesible para realizar las tareas de mantenimiento y aquellas asociadas a la operación de los equipos. La colocación del dispositivo de control se debe realizar de tal manera que quede protegido de golpes y no resulte vulnerable a roturas.

b) Iluminación

Los indicadores del dispositivo de control deben tener una iluminación, no superior a los TRES (3) watts, pero con posibilidad de ser ajustada.

c) Protección

Todas las partes internas del dispositivo de registro deben estar protegidas contra la humedad y el polvo, de acuerdo con las normas IP51. Se deben colocar sellos (precintado) para mantener cerrados los gabinetes u otros dispositivos que queden expuestos al exterior.

d) Interferencia

La protección contra interferencias eléctricas y campos magnéticos debe corresponder a las normas que rigen para equipamientos electrónicos en vehículos, IEC-1 000-4-2, IEC-1 000-4-3, IS07637, para evitar cualquier alteración en la toma de información y su registro y/o lo que ya esté almacenado.

e) Manipulación

Todo el sistema, inclusive las conexiones al sensor de velocidad/distancia, debe ser seguro contra manipulaciones de personas no autorizadas. Toda conexión de un cable que une una parte del sistema de registro con otra parte del mismo debe ser hecha de tal manera que, después del precintado del elemento de unión o de la conexión, no pueda ser alterada. Además, deben cumplir normas de influencia de transientes eléctricos en líneas de señal, de modo que no se alteren las métricas que realizan los equipos.

6.2.2 Características mínimas exigibles para la alimentación eléctrica

Se entiende por instalación eléctrica el conjunto de elementos necesarios para conducir y proteger las conexiones y señales

eléctricas que serán utilizadas para alimentar eléctricamente el sistema de fiscalización en terreno. Dicha instalación debe ser segura contra accidentes o incendios, accesible y de fácil mantenimiento.

La instalación eléctrica debe desarrollarse a partir de un proyecto que debe cumplir lo siguiente:

a) Exigencias mínimas

- Todos los conductores que se alojen en una caja o gabinete, incluyendo los aislamientos, empalmes y vueltas que se hagan en su interior, no deben ocupar más del 60% del espacio interior de la caja o del espacio libre que dejen los dispositivos o accesorios que se instalen en ella.
- Las cajas deben fijarse rígidamente, de manera segura, sobre la superficie en la que se instalen.
- Todas las cajas deben estar provistas de tapas adecuadas, de acuerdo a la forma y material de las mismas, las tapas deben ser de un espesor no menor que el de las paredes de las cajas o accesorios correspondientes.
- Las cajas y accesorios metálicos deben ser resistentes a la corrosión, si no están hechos de algún material resistente a la corrosión, deben ser galvanizados.
- Las cajas y accesorios deben ser contruidos de manera que tengan una resistencia mecánica adecuada a sus dimensiones. Se recomienda IP67.

b) Características mínimas de cables de alimentación

El tipo y características de los cables deben ser consistentes con la capacidad y localización de los equipos a instalar. Todo cable debe ser de tipo anti flama y de baja emisión de humos. Las características principales de los cables que se utilicen deben ser las siguientes:

- Conductor de cobre suave sólido o cableado.
- Aislamiento de PVC.
- Tensión máxima de operación: 600 V.
- Temperatura máxima en el conductor:
 - Sobrecarga: 105 °C.
 - Cortocircuito: 150 °C.
- Cumplimiento de norma norma NOM-J-93 (NFC 32-070) de no propagación de incendio.
- Mínima emisión de humos densos y oscuros en caso de incendio.
- Mínima generación de gases tóxicos y corrosivos en caso de incendio.
- Cumplimiento de la clasificación THW-LS de la NOM-J-10 y el NEC-90.
- Resistente al calor, humedad, aceites, grasas y productos químicos.

6.2.3 Características mínimas exigibles para la comunicación del equipo fiscalizador y una central de procesamiento

Como parte del proceso de instalación de los equipos, se debe desarrollar un proyecto de comunicaciones que indique claramente los siguientes aspectos:

- La información de fiscalización: se refiere a la fuente de información que genera el equipo fiscalizador. Esta información puede ser de tipo: señal analógica como en el caso de los equipos de video detección; o señal digital como es el caso de los equipos radares. Se debe especificar el tipo de comunicación (análogo o digital) y el estándar internacional de comunicaciones correspondiente, detallando los parámetros más relevantes y sus métricas correspondientes, por ejemplo, sistema de video de tipo analógico con estándar NTSC.
- La interfaz de comunicación: se debe especificar el equipo que físicamente realiza la adaptación de los datos capturados por el equipo fiscalizador al medio de comunicación. En general este equipo interfaz se denomina "modem" y dependiendo del medio por el cual transmite se completa su denominación. Por ejemplo, si el medio es inalámbrico y la transmisión de los datos hacia la central de procesamiento se realiza vía internet móvil, la interfaz será un modem GPRS. De la misma manera, si la comunicación es vía un canal de telefonía dedicada, la interfaz será un modem ADSL. En este caso, el proponente debe indicar las características más relevantes de la interfaz o equipo modem.
- El medio de comunicación: se debe especificar el medio por el cual el equipo fiscalizador transmite los datos hacia el sistema centralizado. El medio puede ser:
 - **Alambrado:** En este caso se debe especificar si se trata de fibra óptica, cable de red (UTP), cable de telefonía o una combinación de estos medios de transporte de datos. En cada caso se debe cumplir lo siguiente.

Exigencias mínimas cable de red UTP

- Par torcido de cobre estañado con aislamiento de polietileno.
- Cubierta Beldfoil de aluminio-poliéster.
- Cordón flexible de cobre estañado para drenado.
- Cubierta externa de PVC.
- Categoría de Nivel 5E o superior.
- Construcción flexible y ligera.
- Baja atenuación.
- Rechazo crítico a interferencias.
- Cumplimiento de prueba de la norma NOM-J-93 (NFC 32-070) sobre no propagación de incendio.

- Mínima emisión de humos densos y oscuros en caso de incendio.
- Mínima generación de gases tóxicos y corrosivos en caso de incendio.
- Resistente al calor, humedad, aceites, grasas y productos químicos.
- Cumplimiento de los estándares ANSI-FDDI, EIA/TIA, IEE.

Exigencias mínimas cable coaxial para video

- Cable tipo RG.
- Cubierta de PVC negra.
- Aislamiento de Polietileno.
- 75Ohm de impedancia.
- Conductor de cobre sólido.
- Cubierta de malla trenzada de cobre al 75%.
- Baja atenuación.
- Baja interferencia.
- Cumplimiento de prueba de norma NOM-J-93 (NFC 32-070) sobre no propagación de incendio.
- Mínima emisión de humos densos y oscuros en caso de incendio.
- Mínima generación de gases tóxicos y corrosivos en caso de incendio.
- Cumplir con la clasificación THW-LS de la NOM-J-10 y el NEC-90.
- Resistente al calor, humedad, aceites, grasas y productos químicos.

Exigencias mínimas cable fibra óptica

- Cable de tipo multimodo 62.5 / 125 nm.
- Cable de 6 hilos.
- Cubierta de PVC de uso rudo.
- Temperatura Máxima de operación 70° C.
- Atenuación máxima a 850 nm, 3,4 dB/km.
- Atenuación máxima a 1300 nm, 1 dB/km.
- Diámetro máximo del cable 5,5 mm.
- Peso máximo del cable 25 kg/km.
- Debe cumplir con los estándares ANSI-FDDI, EIA/TIA, IEE.

Se deben utilizar conectores de fibra óptica tipo ST o SC.

- **Inalámbrico:** se debe especificar si se trata de un sistema de radio frecuencia (Wi-Max), sistema de telefonía celular inalámbrica (GSM, GPRS, UMTS u otro compatible con protocolo ethernet).
- El protocolo de comunicación: se debe especificar el protocolo de comunicación del equipo fiscalizador. En todo caso, y sin perjuicio del medio, el protocolo de comunicación utilizado

para la transmisión de la información de infracciones entre los equipos de fiscalización automática y el centro de procesamiento debe permitir que los equipos de video detección pueden transmitir los streams de vídeo bajo diferentes protocolos de transporte en comunicaciones de redes como: TCP (Transport Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) o RTP (Real Time Protocol).

- La seguridad de la información: se debe especificar de qué forma se protege la seguridad e integridad de la información transmitida. Para ello se deben señalar los algoritmos de encriptación utilizados por la tecnología, que garanticen la perfecta integridad de los datos hasta su instancia de procesamiento.

6.2.4 Señalización informativa

El Proponente debe presentar un proyecto para la disposición de la señalética de tipo informativa que indique la presencia de equipos de fiscalización automática. El proyecto se debe ajustar a la normativa vigente.

6.3 Criterios de operación

Después de que el sistema de fiscalización esté instalado (incluyendo equipos y medios de comunicación), debe ser continuamente evaluado para establecer su eficacia en el cumplimiento de los objetivos de detección, registro y transmisión de la información de las infracciones a un sistema centralizado de procesamiento.

El sistema de fiscalización debe proporcionar indicadores de las condiciones de tráfico (por ejemplo, velocidad, flujo, densidad, etc.). Para ello, se deben mantener registros de seguimiento de las operaciones del sistema y registro de los problemas o incidencias que genere. La evaluación de los equipos debe incluir lo siguiente:

- Fiabilidad del sistema.
- Capacidad de proporcionar los datos requeridos.
- Puntualidad de los datos.
- Exactitud de los datos.
- Capacidad para trabajar bajo diferentes condiciones ambientales.
- Requisitos de operación y mantenimiento y los costos.
- Cualquier otro problema con el sistema.
- Fiabilidad de los detectores.
- Capacidad de proporcionar los datos necesarios.

Se requiere que el sistema de fiscalización opere bajo las siguientes condiciones ambientales y de servicio; para lo cual, se deben incluir en el diseño del sistema todos los factores de corrección necesarios:

- Altitud sobre el nivel del mar: 2.240 metros.
- Temperatura ambiente máxima para locales cerrados: 45°C.

- Temperatura ambiente mínima para locales cerrados: 0°C.
- Lluvia: precipitación anual promedio de 1.500 mm, distribuida en 5 meses del año.
- Viento: velocidad máxima durante una hora: 80 km/h.
- Aceleración sísmica en equipo fijo: de acuerdo con el reglamento vigente
- Humedad relativa máxima: 90%.
- Humedad relativa mínima: 10%.
- Ambiente: aire Contaminado y con partículas en suspensión de 0,1 micra a 20 micras, contaminantes hasta 300°.
- Presión atmosférica: 0,34 mb.
- Compatibilidad electromagnética: libre a la inducción y radiación de interferencias electromagnéticas cumpliendo con las normas especificadas por la FCC.
- Tipo de servicio: uso rudo, operación continua y permanente las 24 horas de los 365 días del año.

6.3.1 Parámetros mínimos exigibles de autonomía de los equipos de fiscalización

Una vez que la autoridad defina los lugares donde estarán emplazados los dispositivos destinados a la fiscalización automática, se debe considerar la implementación de un sistema de respaldo de energía eléctrica que permita garantizar la continuidad del funcionamiento de los equipos eléctricos y, en consecuencia, la continuidad operacional del sistema de registro automático de infracciones.

Este sistema de respaldo de energía eléctrica consiste en un circuito de equipos de respaldo, implementado por un banco de equipos UPS, que se anteceden al suministro de energía de la red eléctrica normal, generando un arranque o distribución de energía eléctrica blindada contra las fallas de la red eléctrica durante un mínimo de 2 horas. Para esto el proponente debe dimensionar adecuadamente los equipos que garanticen esa autonomía.

6.3.2 Procedimientos de respaldo de los datos registrados

Si los equipos de fiscalización no están integrados a un centro de procesamiento de infracciones, el sistema de fiscalización debe tener la capacidad de almacenar la información por al menos 15 días, en espera de que personal autorizado rescate la información para ser llevada al centro de procesamiento u otro lugar destinado a resguardar los datos capturados. Para esto los equipos deben tener un sistema de respaldo de los datos de las infracciones en memoria no volátil.

Es un atributo deseable que los sistemas generen avisos automáticos de mal funcionamiento u otras situaciones que afecten su operación normal.

6.3.3 Definición de servicios básicos

Para la correcta operación de los equipos de fiscalización se requiere garantizar la continuidad operacional en el tiempo de los siguientes servicios:

- Servicio de suministro de energía eléctrica.
- Servicio de telecomunicaciones de transporte de los datos (desde el equipo en terreno hasta la central de procesamiento).
- Servicio de mantenimiento.

Tomando en cuenta estos servicios, se deben establecer en detalle los costos operacionales en que se debe incurrir mensualmente para la operación de los sistemas de fiscalización. La autoridad responsable debe considerar esos costos en el modelo de operación del sistema nacional de registro y tratamiento de infracciones.

6.4 Criterios de mantenimiento de los equipos

El normal funcionamiento de los sistemas de fiscalización requiere llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo, correctivo y reparativo. Las actividades de mantenimiento deben comenzar una vez que los respectivos sistemas, equipos y obras hayan sido recibidos por la autoridad competente.

6.4.1 Programa de mantenimiento preventivo

El objetivo del mantenimiento preventivo es minimizar la ocurrencia de fallas de los equipos de fiscalización. Para esto se debe considerar que:

- Se requiere establecer un calendario de los servicios de mantenimiento preventivo.
- Se debe entregar mensualmente un reporte del mantenimiento preventivo realizado.

Los requerimientos generales para la ejecución de los servicios de mantenimiento son los siguientes:

- Se deben elaborar formularios o listas de chequeo para la realización de los servicios de mantenimiento preventivos en cada una de los equipos de fiscalización automática, los cuales deben ser presentados a la autoridad competente para su aprobación al comienzo de la puesta en marcha de los sistemas.
- Una vez concluidas las labores de mantenimiento, se debe solicitar la aprobación del servicio, para certificar que en cada mantenimiento se realicen todas las tareas que corresponden.
- El formulario o lista de chequeo debe tener como mínimo la siguiente información:
 - Nombre del técnico que realizó el servicio de mantenimiento.

- Fecha y hora de ingreso o de inicio de las labores de mantenimiento.
- Fecha y hora de término de las labores de mantenimiento.
- Listado de todas las labores ejecutadas, el estado antes del mantenimiento y el estado final después del mantenimiento, indicando las observaciones respectivas de cada tarea.
- Para el caso específico de algunos mantenimientos que consideran la tarea de medición de valores, ellos deben quedar registrados en el formulario, el cual debe contener, además, el rango de valores permitidos para cada una de ellos.

6.4.2 Procedimientos de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es necesario para el caso de fallas, ya sea por des-calibración de algún componente o por una falla que no permite el correcto funcionamiento del sistema de fiscalización.

Este mantenimiento es eventual y ocurre frente a una falla o cuando sea requerido por la autoridad competente. Es un complemento a la mantención preventiva, y requiere establecer y proponer un procedimiento para cada eventualidad plausible.

El objetivo es reparar los equipos de fiscalización automática en caso de que sufran un desperfecto con posterioridad a la visita de mantención preventiva y no sea posible esperar a la próxima visita programada.

Se debe llevar una bitácora por cada equipo de fiscalización, que debe estar a disposición de la autoridad competente.

6.4.3 Procedimientos de reparación de emergencia

Para el caso de siniestros generados por el derribo accidental de los equipos, por actos vandálicos u otras situaciones, se debe establecer un procedimiento de reparación de emergencia.

Al igual que el mantenimiento correctivo, este mantenimiento es una intervención eventual.

En la mayoría de los casos los equipos sufren daños irreversibles. Se requiere establecer y proponer un procedimiento para cada siniestro plausible.

El objetivo de la reparación de emergencia es reponer los equipos de fiscalización automática en caso que sufran un daño irreparable con posterioridad a la visita de mantención preventiva y no sea posible esperar a la próxima visita programada.

Se debe llevar una bitácora por cada equipo de fiscalización, la cual debe estar a disposición de la autoridad competente cuando lo requiera.

7 RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN SOCIAL DE SISTEMAS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

La evaluación social de un sistema de fiscalización automática debe considerar los siguientes efectos, que pueden generar beneficios o costos sociales:

1. Variación de los efectos de los accidentes de tránsito en las personas. Esto involucra cambios en el número de personas fallecidas o heridas.
2. Cambio en el efecto de los accidentes en los daños a la propiedad privada. Esto se refiere a la cantidad y tipo de daños en los vehículos.

Para analizar estos efectos se deben utilizar tasas de variación de la accidentabilidad asociadas al uso de sistemas de fiscalización automática.

Para realizar la estimación de beneficios de la fiscalización automática se deben establecer las características del accidente promedio ocurrido en el lugar que se fiscalizará. Las características a considerar para cada accidente son las siguientes:

- tipo de accidente: atropello, choque, colisión y volcadura;
- número de personas fallecidas;
- número de personas con heridas graves;
- número de personas con heridas menos graves; y
- número de personas con heridas leves.
- Número de vehículos involucrados, clasificados en livianos y pesados.

A partir de estas características el costo social de un accidente promedio de tipo j ($\overline{CS}^j$) está dado por:

$$\overline{CS}^j = n_{LL}^j cs_{LL} + n_{LM}^j cs_{LM} + n_{LG}^j cs_{LG} + n_F^j cs_F + n_{VL}^j cs_{VL}^j + n_{VP}^j cs_{VP}^j$$

Donde n_{LL}^j , n_{LM}^j , n_{LG}^j , n_F^j son el número promedio de personas con lesiones leves, menos graves, graves o fallecidas, respectivamente, involucradas en accidentes de tipo j ; n_{VL}^j y n_{VP}^j son el número promedio de vehículo livianos y pesados, respectivamente, involucrados en accidentes de tipo j ; cs_{LL} , cs_{LM} , cs_{LG} , cs_F son el costo social asociado a lesiones leves, menos graves y graves y las personas fallecidas, respectivamente (son independientes del tipo de accidente); y cs_{VL}^j y cs_{VP}^j son el costo social de los daños a vehículos livianos y pesados, respectivamente, en accidentes de tipo j .

Los costos sociales deben ser aquellos definidos por Ministerio de Desarrollo Social. Sin embargo, dado que a la fecha de desarrollo de esta Metodología, la estimación de los costos sociales asociados a los daños a vehículos no ha sido publicada oficialmente por el Ministerio de Desarrollo Social para el caso urbano, se propone ajustar el costo social por tipo de accidente interurbano multiplicando dicho valor por

un ponderador de 0,5 para el caso de atropellos, choques y colisiones. El costo social asociado a los daños a vehículos en caso de volcaduras, no requiere ajuste y se mantiene el valor interurbano.

La tipología de accidentes debe ser consistente con el nivel de desagregación de las tasas disponibles de variación de accidentabilidad asociadas a la fiscalización automática.

Asumiendo que durante el horizonte de evaluación el costo promedio de los accidentes de tipo j se mantiene constante, el beneficio anual de la fiscalización automática (B) está dado por:

$$B = \sum_j \overline{CS}^j NACC_{obs}^j T_F^j$$

donde $NACC_{obs}^j$ es el promedio anual observado de accidentes de tipo j y T_F^j es la tasa de variación de los accidentes de tipo j asociada a la fiscalización automática. Como se explica más adelante, se considera que el horizonte de evaluación es de 5 años y por lo mismo es razonable asumir que $NACC_{obs}^j$ es constante. Una evaluación en un horizonte más extenso requiere estimar la evolución de los accidentes en función del flujo vehicular y otras características. Para eso se debe consultar la literatura especializada. Las tasas de variación de los accidentes deben corresponder a las que estén disponibles y sean más confiables. Mientras no se cuente con antecedentes locales se deben utilizar las indicadas en la sección 3.2 o las que defina la autoridad competente.

Para cualquiera de los efectos de la fiscalización automática es necesario analizar la posibilidad de que la fiscalización automática produzca efectos más allá del lugar donde están instalados los equipos.

Los efectos de la fiscalización automática se producen más allá del lugar donde están instalados los equipos porque los conductores mantienen un comportamiento más responsable durante una cierta distancia o un determinado tiempo luego de salir del lugar fiscalizado. También se producen efectos en otros lugares porque algunos conductores cambian su ruta habitual para evitar circular por el lugar fiscalizado. La suma de estos efectos genera la necesidad de establecer un área de influencia para el análisis expost del sistema de fiscalización.

En rigor, la definición del área de influencia debe ocurrir antes de la puesta en marcha de los equipos de manera que se puedan realizar mediciones de flujos que no estén afectadas por reasignaciones.

A priori no es posible definir un procedimiento para establecer el área de influencia. A modo de referencia, la experiencia extranjera muestra que en áreas rurales el efecto de reducción de la velocidad de la fiscalización automática de esa variable se produce hasta 1,5 km aguas abajo del punto de fiscalización. En general no deberían ocurrir efectos relevantes sobre otras vías dado que las posibilidades

de reasignación son escasas cuando la fiscalización se hace sobre vías rurales. En cambio en el área urbana lo relevante es la reasignación de flujos pues en la mayor parte de los casos existirán rutas alternativas que eviten el paso por el lugar fiscalizado. La extensión de esa área depende de la configuración de la red vial, los niveles de congestión y otras características que en su momento se deben estudiar. Sin embargo, como mínimo el área de influencia debe incluir el sector delimitado por las principales rutas alternativas en cada dirección posible (norte-sur, este-oeste) que sean adyacentes al lugar fiscalizado. Por estas razones, la definición del área de influencia deberá hacerse caso a caso.

Los costos de inversión, operación y mantenimiento de los sistemas de fiscalización deben ser expresados en valor social mediante los respectivos precios sociales definidos por el Ministerio de Desarrollo Social. Los costos deben ser obtenidos a partir de antecedentes de los respectivos proveedores o sistemas similares que estén en operación. En caso que el sistema de fiscalización esté integrado a un centro nacional de tratamiento de infracciones se deben incorporar además los costos operacionales adicionales de ese centro asociados al sistema en estudio.

El horizonte de evaluación debe tener en consideración que los equipos de fiscalización tienen una vida útil reducida producto del continuo avance tecnológico y de que los niveles de accidentabilidad pueden modificarse de manera importante en el mediano plazo como consecuencia de campañas educativas, mejoramiento de las características de los vehículos (frenos, estabilidad, ayudas a la conducción, etc.). Se recomienda entonces utilizar un horizonte de 5 años.

En la medida que se cuente con mejores antecedentes locales sobre los efectos y costos de los sistemas de fiscalización automática, la evaluación social podrá realizarse en horizontes más extensos. En ese sentido el desarrollo de proyectos piloto y estudios expost es una tarea fundamental y desafío de futuras actualizaciones de este instrumento.

Por último, aunque deberá ser probado caso a caso, como consecuencia de las menores velocidades de circulación podrían aumentar los costos generalizados de viaje, cuya falta de estimación constituye una limitación a la presente metodología. Se espera que esta materia sea abordada en futuras actualizaciones del documento.

La decisión de no continuar utilizando un sistema de fiscalización se debe apoyar en la comprobación de que la reducción de la accidentabilidad no es suficiente para justificar socialmente la inversión y costos asociados, porque no se modificó significativamente el comportamiento riesgoso de los conductores, o bien porque ya no se requiera dicho sistema como consecuencia de cambios en las condiciones de circulación que reduzcan la accidentabilidad sin necesidad de la fiscalización.

Si se decide no continuar utilizando sistemas de fiscalización automática entonces se debe analizar la implementación de otras contramedidas. También es posible que se requiera complementar la fiscalización automática con alguna contramedida, como las descritas en el Capítulo 5, de manera que se potencien sus efectos y se logre así una reducción mayor de la accidentabilidad o un cambio más sustantivo del comportamiento de los conductores.

8 ANEXO - RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS EXPOST DEL USO DE EQUIPOS DE FISCALIZACIÓN AUTOMÁTICA

El objetivo principal del análisis expost del uso de equipos de fiscalización automática es determinar su efecto en la accidentabilidad y establecer los costos involucrados en su funcionamiento.

En el caso de los efectos sobre la accidentabilidad, es necesario tener en cuenta que los accidentes de tránsito poseen las siguientes características particulares que pueden sesgar los resultados del análisis:

- Fenómeno de regresión a la media.
- Migración de accidentes.
- Tendencias en la variación de los accidentes.

A continuación se describen con más detalles estas características, se establecen los requerimientos de información y se describe el procedimiento a seguir para realizar el análisis expost.

8.1 Características de los accidentes que afectan el análisis expost

8.1.1 Fenómeno de regresión a la media

El fenómeno de regresión a media se origina porque los accidentes son eventos aleatorios y con baja frecuencia de ocurrencia. Se manifiesta a través de la disminución de los accidentes en sitios donde se ha observado un número alto de accidentes, sin necesidad de que se implementen contramedidas para reducirlos o, por el contrario, se expresa a través de un incremento del número de accidentes en sitios en los que se ha observado un número bajo de accidentes. Estas variaciones se producen de manera que las cifras convergen hacia un cierto número medio de accidentes dado por las condiciones físicas y operativas del lugar.

La manera de considerar este efecto en el análisis expost es mediante el uso de la técnica estadística conocida como análisis empírico bayesiano. Esa técnica requiere estimar modelos econométricos que explican los accidentes en función de:

- Nivel de actividad vehicular (por ejemplo, TMDA).
- Características físicas de lugar analizado (número de pistas, tipo de regulación de la intersección, etc.).

Los modelos se estiman simultáneamente con datos de distintos lugares en un período de varios años.

Según este enfoque estadístico, el número más probable de accidentes (*ACC*) en un lugar queda dado por una combinación entre

lo que indique el modelo econométrico (ACC_{est}) y los accidentes observados (ACC_{obs}).

$$ACC = \beta ACC_{est} + (1 - \beta) ACC_{obs}$$

Donde β es un ponderador que es función de un parámetro estadístico del modelo de distribución del término de error implícito en el modelo ACC_{est} .

8.1.2 Migración de accidentes

La experiencia de otros países sugiere que bajo ciertas condiciones la fiscalización automática de intersecciones o tramos de vía genera reasignaciones de flujos vehiculares producto de conductores que tratan de evitar esa fiscalización y que por lo tanto podrían incrementar las infracciones y en consecuencia la accidentabilidad en lugares cercanos.

El efecto de la migración de accidentes es más probable en zonas urbanas dada la existencia de múltiples rutas entre distintos puntos. En la zona rural las opciones de rutas son escasas y por lo tanto los conductores en la práctica tienen pocas posibilidades de evitar la fiscalización. En la medida que se utilicen sistemas no estacionarios de fiscalización automática las opciones son incluso menores.

8.1.3 Tendencias en la variación de accidentes

Las campañas educativas, el avance en las prestaciones mecánicas de los vehículos, la mejora en las condiciones físicas, operativas y de seguridad de tránsito y otros factores, hacen que la accidentabilidad disminuya en el tiempo en términos agregados. Así lo muestran las estadísticas disponibles en el país y en el extranjero.

8.2 Requerimientos de información

En términos generales el análisis expost del uso de los equipos de fiscalización automática se basa en la comparación en una serie de antecedentes recogidos en las etapas previa y posterior a la implementación en terreno de los equipos.

La información que se debe analizar corresponde a los accidentes, los costos del sistema de fiscalización y otros antecedentes que sean relevantes para perfeccionar la práctica local en el uso de este tipo de sistema.

8.2.1 Información de accidentes

La información de accidentes necesaria para el análisis expost corresponde a la siguiente:

- Datos de accidentabilidad recopilados en la Etapa 1 del proceso de análisis. Esa información debe cubrir un período mínimo de 3 años y debe incluir las características de los

accidentes y en particular la tipología de los accidentes y sus consecuencias en las personas y en los vehículos.

- Datos de accidentabilidad recopilados durante el funcionamiento de los equipos de fiscalización. Al igual que en el caso anterior se necesitan datos de al menos 3 años. La información debe incluir al menos los mismos antecedentes disponibles para el período previo a la fiscalización, de manera que puedan compararse. Es posible también considerar información de los accidentes capturada por el propio sistema de fiscalización.

Si hay indicios de que podría generarse una migración de accidentes, la información de accidentes (antes y después del uso de la fiscalización automática) debe considerar los accidentes en un sector más amplio, denominado área de influencia, que aquel donde se realiza la fiscalización.

En el caso urbano ese sector debe ser definido mediante el estudio de las rutas alternativas que tienen los flujos vehiculares fiscalizados y en caso rural considerando, generalmente, tramos de vía aguas arriba y aguas abajo del lugar donde se ubica el sistema de fiscalización.

8.2.2 Información de costos

La información de costos de los equipos de fiscalización es necesaria para disponer de antecedentes empíricos sobre los montos de inversión y gastos periódicos asociados a los equipos. Esos antecedentes y los efectos en la accidentabilidad de tránsito se requieren para evaluar socialmente los proyectos de fiscalización automática.

La información de costos debe incluir los siguientes componentes:

- Costo de inversión: incluye el costo de los equipos y el costo de instalación.
- Costo de operación: representa el gasto anual correspondiente a consumo eléctrico, servicios de comunicación para transmisión de datos, y gasto en personal encargado de la operación.
- Costo de mantenimiento: representa el gasto anual asociado a las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos.
- Costos operacionales adicionales del centro de tratamiento de infracciones (en caso de que exista) asociados a los sistemas analizados.

En cada caso la información debe desagregarse de modo que sea compatible con la desagregación de los precios sociales definidos por el Ministerio de Desarrollo Social. Por ejemplo, es necesario distinguir el gasto asociado a mano de obra no calificada, semi calificada y calificada.

8.2.3 Otros antecedentes

Se requiere también información de flujos vehiculares en las situaciones previa y posterior a la fiscalización, con el propósito de estimar tasas de accidentabilidad.

Si se utilizan modelos econométricos para incluir el efecto de regresión a la media, se deben recopilar datos de cada una de las variables explicativas de esos modelos para las situaciones previa y posterior al inicio de la fiscalización automática.

Es necesario además registrar otros antecedentes que den cuenta de cambios físicos u operativos en el área de estudio que pueden tener efectos en la accidentabilidad. Por ejemplo, modificación de las características físicas u operativas de las vías o las intersecciones, cambios en la normativa de tránsito, etc.

8.3 Procedimiento

El análisis expost debe considerar las siguientes actividades:

- Recopilación y procesamiento de información.
- Comparación de accidentabilidad.
- Análisis de costos asociados a la fiscalización.
- Elaboración de reporte del análisis expost.

En el caso de la comparación de la accidentabilidad antes y después del inicio de la fiscalización automática se debe estudiar la:

- Variación del número total de accidentes.
- Variación del número de accidentes según tipo: choque, colisión, atropello, etc., según la desagregación de la información utilizada.
- Variación del número de accidentes con lesionados y con fallecidos.
- Variación del número de vehículos livianos y pesados involucrados en los accidentes.
- Idem, a casos anteriores pero para las tasas de accidentabilidad.

En el reporte del análisis expost es necesario incluir al menos los siguientes elementos:

- Descripción detallada de los equipos instalados, con apoyo de fotografías y textos descriptivos de las características funcionales.
- Estimación del efecto de la fiscalización en la accidentabilidad, tanto a nivel de cantidad como de tasas de accidentes totales y por tipo, y en sus consecuencias en las personas y los vehículos.
- Estimación de costos de inversión, operación y mantenimiento desagregados de manera consistente con los precios sociales vigentes.

- Descripción de situaciones especiales ocurridas durante el período de análisis, tales como fallas de los equipos, cambios en las características físicas u operativas de lugar en estudio y otros aspectos que podrían haber afectado el nivel de accidentabilidad del lugar.

A partir de la información registrada en el estudio expost se podrá establecer con mayor certeza la rentabilidad social del uso del respectivo sistema de fiscalización automática. Esa información debe utilizarse además para perfeccionar los criterios de selección de lugares donde corresponde el uso de sistemas de fiscalización automática.

Adicionalmente, y en caso de que sea necesario realizar un análisis de conflictos para estudiar cambios en el comportamiento de los conductores, se deben seguir las pautas y recomendaciones que estén disponibles en la literatura especializada.

Por último, en función de los resultados del análisis expost, la autoridad competente podrá decidir si es conveniente mantener, modificar o dejar de utilizar el sistema de fiscalización automática analizado.