

"GESTIÓN DE ELEMENTOS Y COMPONENTES DE SEGURIDAD VIAL EN CAMINOS Y CARRETERAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN SOFTWARE QUE PERMITE ESTABLECER UN PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO".

José Luis Galassi Castillo- Gerente Técnico
Arturo Gálvez Araneda - Especialista en Seguridad Vial
Rodolfo Méndez Jojot - Ingeniero Staff
Sebastián Acosta Meneses - Desarrollo software
Pablo Puga Reynolds - Desarrollo software

R&Q Ingeniería S.A.

Santiago - Chile, Miguel Claro N° 578 Providencia, 56-2-3391700, consultora@ryq.cl

RESUMEN

Se presenta el desarrollo, y futura implementación, de un software que apoyará la gestión de los elementos y componentes de seguridad vial existentes en caminos o carreteras. Se trabaja sobre imágenes aéreas del camino cuyos elementos de seguridad vial serán gestionados. Sobre dichas imágenes se establecen iconos que representan la señalización vertical, señalización horizontal (demarcación) y sistemas de contención.

A través de formularios interactivos se ingresan los resultados de las mediciones de los parámetros que determinan el estándar de cada elemento, es así como, por ejemplo, para las señales verticales se ingresan: nivel de deterioro, grado de retrorreflexión, coordenadas colorimétricas, dimensiones y emplazamiento.

Con la información auscultada en terreno, se procede a verificar el cumplimiento de los estándares definidos según la normativa vigente. En una pantalla de resultados, se presentan los parámetros y su grado de cumplimiento, destacando especialmente aquellos que resultan bajo el estándar pre-definido. Identificados dichos elementos de seguridad vial, el software permite identificar las acciones correctivas para llevar el elemento al estándar establecido. Por ejemplo, para ciertas señales se podrían requerir acciones de reparación de la cinta retrorreflectante o su recambio.

Conocidas las acciones correctivas que se deberían implementar para llevar todos los elementos de un camino a los estándares establecidos, el software, apoyado con una base de datos dinámica, establece una programación valorada económicamente para un período anual u otro plazo que quisiera establecer el usuario.

Finalmente, se obtiene un registro histórico que evidencia los grados de deterioro que sufren los elementos de seguridad vial en una vía y una programación con la definición de las prioridades y costos económicos asociados a la mantención y conservación de dichos elementos.

PALABRAS CLAVE software, gestión, seguridad vial.

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el tema de la seguridad vial ha ido tomando mayor relevancia en el desarrollo y análisis de la implementación de soluciones viales en las distintas rutas de Chile. Es así como, todos los proyectos de ingeniería incluyen el diseño de detalle del proyecto de seguridad vial. Este hecho ha permitido generar, cada vez más, conciencia tanto en las autoridades como también en los usuarios de las rutas que son los que en forma permanente hay que capacitar y sensibilizar referente a este tema.

Sin embargo, aun falta mucho por avanzar, ya que estos temas sólo serán una variable incorporada dentro de las conductas de los usuarios, siempre y cuando, en las primeras etapas de la educación de los usuarios, es decir en la etapa escolar, se empiece a sensibilizar sobre la importancia de este tema y acondicionar sus conductas a objeto que la seguridad vial y la forma de comportarse en las rutas obedezca a patrones definidos, y con ello los elementos de seguridad vial tengan una óptima utilización.

Indudablemente que el concepto de la seguridad vial lleva incorporado en forma determinante el concepto del usuario, ya que es a éste al que se le requiere transmitir la información e indicaciones sobre las condiciones de la ruta y el comportamiento referente a las distintas singularidades que presenta la vía. Es aquí donde el presente proyecto pretende incorporar el concepto de un sistema de gestión en seguridad vial que no es otra cosa que una herramienta computacional que permita auditar y entregar información fiable del real estado de los elementos que componen el sistema integral de seguridad vial de una determinada ruta.

El tema de fondo es que no se obtiene nada con diseñar proyectos de seguridad vial sumamente completos, si con el tiempo no se preocupan del estado en el cual éste se encuentra y si sus estándares de calidad permiten entregar en forma adecuada las indicaciones e instrucciones a los usuarios. Estos estándares son básicamente las especificaciones de operación que deben cumplir los distintos elementos que son utilizados para tales fines.

Históricamente, los proyectos viales son construidos incorporando todos los elementos de seguridad vial que consideró el proyectista, y estos elementos deben venir con sus respectivas especificaciones técnicas. El tema que se pretende abordar con este trabajo es cuáles son los mecanismos utilizados por las distintas administraciones para asegurar que estas especificaciones se mantengan en el tiempo, ya que de caso contrario la efectividad del proyecto de seguridad vial se pierde y se obtienen caminos que disponen de una gran cantidad de elementos de seguridad vial, pero que en la práctica tienen una funcionalidad muy baja, con lo cual, dejan de cumplir su objetivo y, de esta manera, el estándar de los caminos se resiente considerablemente.

Es importante señalar que, a la fecha, se dispone de poca información referente a la aplicación sistemática de planes de mantenimiento de elementos de seguridad vial, de tal manera, de poder extraer de estas experiencias la información necesaria para programar mantenciones rutinarias que permitan, en forma cierta, evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad de cada uno de los elementos que componen el sistema global.

De más está agregar que las condiciones ambientales y de uso, en cada camino o redes regionales, son absolutamente distintas, con lo cual, si bien es cierto, es posible aplicar experiencias similares, éstas no son del todo aplicables cuando analizamos situaciones con climas extremos o con grandes niveles de polución (zonas desérticas, altas pluviometrías, contaminación atmosférica, etc.).

El mantenimiento puede ir desde la simple limpieza para recuperar los niveles de retroreflexión, hasta su reemplazo. Lo mismo es aplicable a la demarcación de los pavimentos, la cual requiere para que sea efectiva niveles de retroreflexión específicos, los que dependen de innumerables variables, por lo tanto, al no disponer de elementos de medición y evaluación, estas acciones en general se efectúan en forma tardía.

Se debe ser claro, en el sentido que estos sistemas de seguridad vial están orientados a la protección de los usuarios de las vías, es decir, a los clientes de las rutas y, por lo tanto, se les debe entregar un servicio que cumpla con los estándares para los cuales se diseñó. El concepto de usuario toma gran relevancia sobre todo en los nuevos modelos de concesiones en los cuales se está pagando por un servicio, el que incluye todas las variables asociadas a la operación de la ruta.

Este nuevo usuario tiene el derecho de exigir que estos estándares sean cumplidos a cabalidad. Sin embargo, no disponen de los elementos necesarios para evaluar el cumplimiento de los umbrales establecidos, es ahí donde intervienen estos modelos de gestión, en los cuales las autoridades tienen el deber de velar porque estas exigencias se cumplan a cabalidad. Este hecho, que en la práctica se ve tan simple, involucra una gran complejidad, tanto en la toma de la información como en el procesamiento y validación de ésta, esto último, debido a que los elementos a evaluar son innumerables. A este tema, se debe agregar que, a diferencia de como ocurre con las mediciones funcionales del pavimento, en el área de la seguridad vial no se han incorporado equipos de última tecnología que permitan realizar las mediciones a grandes velocidades, situación que se hace más crítica cuando se trata de autopistas urbanas, en las que es prácticamente impensable efectuar mediciones manuales.

Debemos señalar que, en el caso chileno, este tema toma cada día mas relevancia dado que prácticamente todas las vías relevantes tanto urbanas como interurbanas se encuentran concesionadas y el rol de la Administración del Estado, dentro de estos sistemas de concesiones, obliga a que necesariamente se dispongan de elementos objetivos, de tal manera de asegurar a los usuarios que todos los elementos se encuentran dentro de las especificaciones de diseño. Esta simple definición conlleva implícitamente una responsabilidad adicional para las autoridades, ya que de no estar los elementos con los estándares adecuados, no sólo se está afectando la seguridad de los usuarios, sino que, además, el incumpliendo con obligaciones contractuales que se encuentran incorporadas en los contratos de concesión.

Es en esta realidad en la cual se circunscribe este el desarrollo de una herramienta que permita en todo momento tener una visión y evaluación clara del estado general de lo que se denomina como sistema de seguridad vial en una ruta específica.

2. ASPECTOS GENERALES

El desarrollo de este software fue motivado por la necesidad de disponer de elementos objetivos para evaluar el real estado en el que se encuentran los elementos de seguridad vial existentes en una carretera y las medidas correctivas que se deben aplicar para que estos elementos cumplan con las exigencias técnicas estipuladas en las respectivas normativas o especificaciones técnicas.

El desarrollo de este software se encuentra en etapa de experimentación y lo que se persigue a futuro es desarrollar un sistema de gestión en seguridad vial a objeto de que con la experiencia acumulada referente a la duración efectiva de cada mantención, se vaya generando una base de datos que a la larga permita ir implementando mantenciones programadas basadas en la práctica y con los respectivos costos asociados.

La operación de este software esta basada en la sistematización de mediciones periódicas de los elementos componentes de todo el sistema de seguridad vial de la ruta. Para tales efectos, en forma paralela, se está investigando la utilización de equipos de medición de alta velocidad para realizar estas mediciones, ya que en forma manual es impracticable, además que, al menos, en Chile, se tiene una amplia red de autopistas urbanas concesionadas con flujos que impiden mediciones de tipo manual.

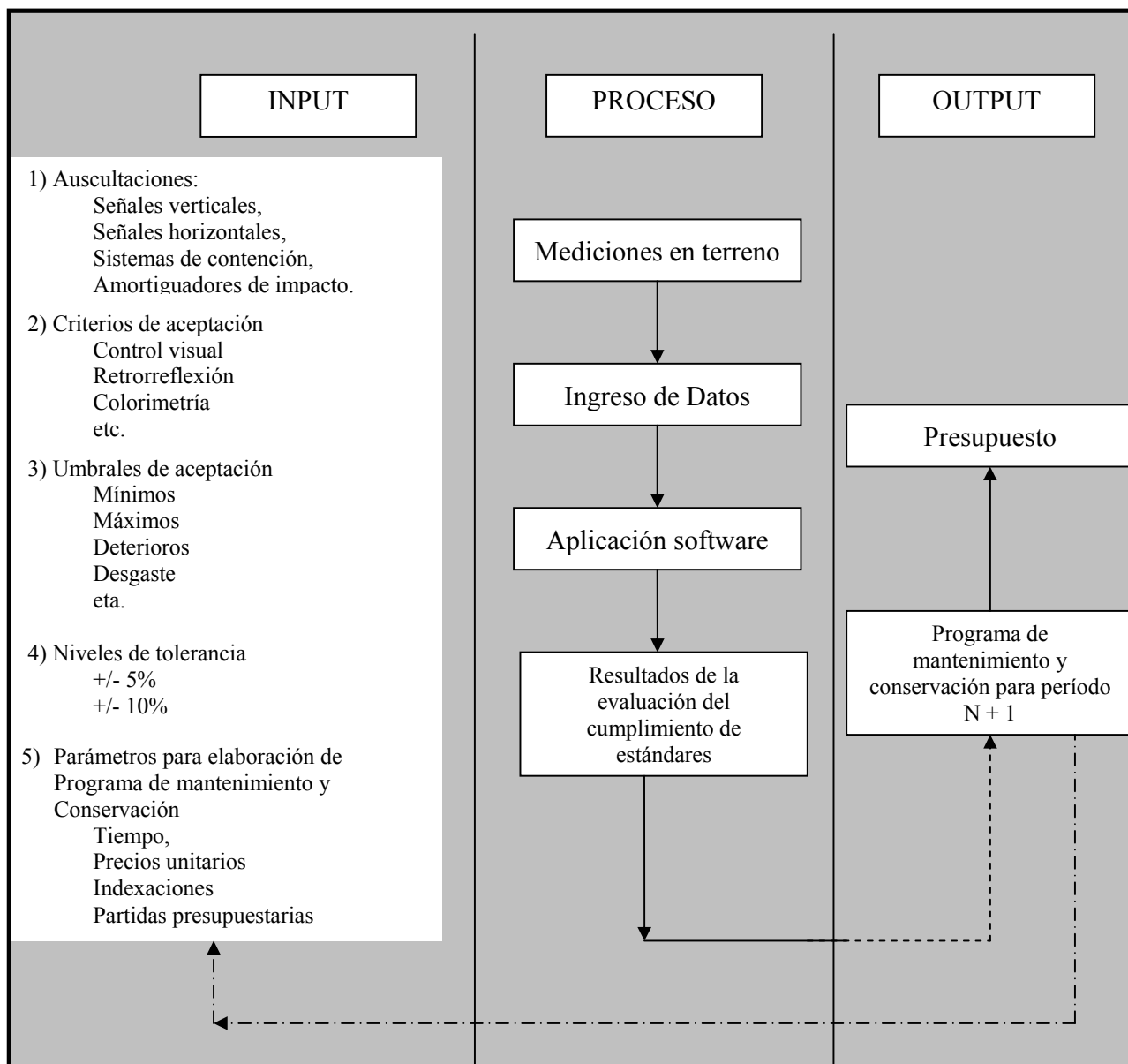


Figura 1: Esquema básico aplicado para el sistema de gestión de elementos de seguridad vial

Actualmente, al no disponer de herramientas de este tipo es muy fácil para la autoridad económica eliminar presupuestos destinados a estas actividades. Esto último se estima que cambiaría ante la presentación de evaluaciones objetivas de los incumplimientos normativos de estos elementos. Si bien es cierto que este hecho va a dejar al descubierto una serie de deficiencias en las mantenciones de las rutas, creemos que es

la única forma que el tema de la seguridad vial tenga el rol preponderante que todos afirmamos que tiene.

The screenshot shows a web browser window with the URL `http://localhost/mev/mev.php#`. The main content area is a form titled "Nuevo Dato de Control de señal" (New Sign Control Data). The form is for "Señal N°: 176". It includes the following fields and options:

- Tipo de señal:
- Código:
- Instalación inicial:
- Kilometraje:
- Lado:
- Coordenada Este:
- Coordenada Norte:
- Velocidad max:
- Color:
- Ultima revisión:
- Deterioro:
- Retro reflexión:
- Colorímetro:
- Dimensiones:
- Ubicación:

Control Visual options:

- Sin defectos
- Pérdida de elementos constituyentes, por ejemplo, letras o símbolos.
- Pérdida de fragmentos del elemento de señalización.
- Presencia de pinturas extrañas que alteren parcial o totalmente la función del elemento.
- Elementos golpeados, doblados o desgastados, de tal forma, que afecten su función.
- Fuera de norma; es decir, distinto tipo de letra, texto ajeno a indicaciones técnicas, geometría distinta a la especificada, etc.
- Dispositivos refaccionados con elementos de diferentes calidades.

Technical specifications:

- Nivel deterioro: -Superficie retroreflectante dañada: -Superficie no retroreflectante dañada:
- Retroreflexión: -Método: -Resultado:
- Colorímetro: -X: -Y:
- Dimensiones: -Dimensión A: -Dimensión B:
- Ubicación: -A: -H:

Comentarios: Foto:

Buttons:

At the bottom, there is a table titled "Datos de control de señal" (Sign Control Data):

N#	Revisión	Fecha	Control Visual	Area Nivel Deterioro	Retro Reflexión	Colorímetro	Dimensiones	Ubicación	Comentarios	Foto	Editar			
				Retroreflec.	No retro.	Método	Resultado	X	Y	Dim A	Dim B	A	H	

Below the table is a button:

Figura N° 2: Pantalla interactiva para el ingreso de "Nuevo dato de control, de señal"

Estimamos que la única forma de implementar un sistema, como el señalado, es la aplicación de los llamados "SISTEMAS DE GESTIÓN", que no son otra cosa que la estructuración de la información de acuerdo a un formato basado en aplicaciones computacionales que permita administrar la información ingresada, verificar que los valores tomados en terrenos cumplan con los niveles mínimos de aceptación definidos previamente y, en función de éstos, genere los reportes relacionados con las actividades a desarrollar y los montos asociados a éstas.

3. OBJETIVOS

El objetivo final que se pretende obtener con este proyecto es desarrollar un sistema computacional capaz de procesar toda la información inherente a las distintas mediciones y evaluaciones que se deben efectuar en terreno sobre los elementos que componen e integran el sistema de seguridad vial, de tal forma, por una parte de poder tomar las decisiones oportunas relacionadas con los mantenimientos o reparaciones a desarrollar como también con el tiempo ir generando un sistema inteligente de gestión que permite, en función de la información histórica, modelar el comportamiento de estos elementos y programando con anticipación los recursos necesarios para las actividades asociadas.

El tema de disponer de evaluaciones objetivas de los requerimientos económicos necesarios para la mantención rutinaria de estos elementos, entrega una herramienta sumamente poderosa a los administradores viales para tener los elementos técnicos suficientes que permitan solicitar los recursos necesarios para sus respectivas redes.

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE

Se entiende por un sistema de gestión, en términos generales, una serie de operaciones y acciones que permiten mantener en el tiempo un determinado nivel de servicio o estándar de un determinado conjunto de elementos de tal forma de optimizar su funcionamiento, tanto en el nivel de servicio como en los costos asociados.

Histórica y actualmente en la mayoría de los casos la evaluación y decisión del mantenimiento conservación y reparación se efectúa en función, básicamente, de apreciaciones visuales y, en general, cuando el estado de los elementos ha dejado con bastante antelación de cumplir las funciones para las cuales fue diseñada. Indudablemente que este mecanismo dadas las actuales condiciones y el desarrollo que ha tenido la ingeniería están totalmente obsoletas y se debe dar un paso adelante en le sentido de automatizar este tipo de decisiones.

Lo que se pretende con estos sistemas, que al igual que los sistemas de gestión de pavimentos, es utilizar información segura y confiable para que las decisiones y medidas a adoptar obedezcan a criterios realistas y contribuyan a la optimización de estos procesos.

Es necesario que los atributos para un sistema de gestión, en términos generales, sean:

- Capacidad de almacenar en forma fácil y clara los valores de las mediciones.
- Flexibilidad para poder variar tanto los parámetros de medición como los umbrales de aceptación y las medidas correctivas de éstos.
- Identificar, para cada caso, las medidas correctivas asociadas a cada incumplimiento de estándar.
- Capacidad de generar archivos históricos y, en función de esta información, desarrollar en el tiempo modelos que permitan predecir el deterioro de los elementos de seguridad vial, para con ello presupuestar la inversión que se requerirá en su reparación o modificación.

Para la implementación de un sistema de estas características, es fundamental la generación de un mecanismo sistemático para la recopilación de información en terreno, información que debe ser definida a priori y que obedece a los parámetros funcionales que serán evaluados y controlados para determinar el estado de cada uno de los elementos y componentes del sistema.

El software presentado es una aplicación Web, de navegación por arrastre, cliente servidor, desarrollado con paradigma orientado a objeto, en lenguaje PHP y AJAX sobre una base de datos MYSQL. Todo en plataforma Open source (código libre).

La aplicación se presenta en un formato de inicio de sesión por usuario con distintos tipos de privilegios. Un proyecto tiene asociados uno o mas usuarios y todos los

elementos viales que en el sean ingresados. El ingreso de información se realiza uno a uno o bien al inicio de cada proyecto, con una carga masiva desde un archivo plano. Los elementos viales tienen una o más controles, que corresponde a un levantamiento total del estado de un elemento vial. Los controles pertenecen a una Revisión, que corresponde a un Evento de revisión de todos los elementos viales de un proyecto, realizados en un periodo de tiempo. Todas las transacción efectuada por un usuario, quedan registrada en un Log.

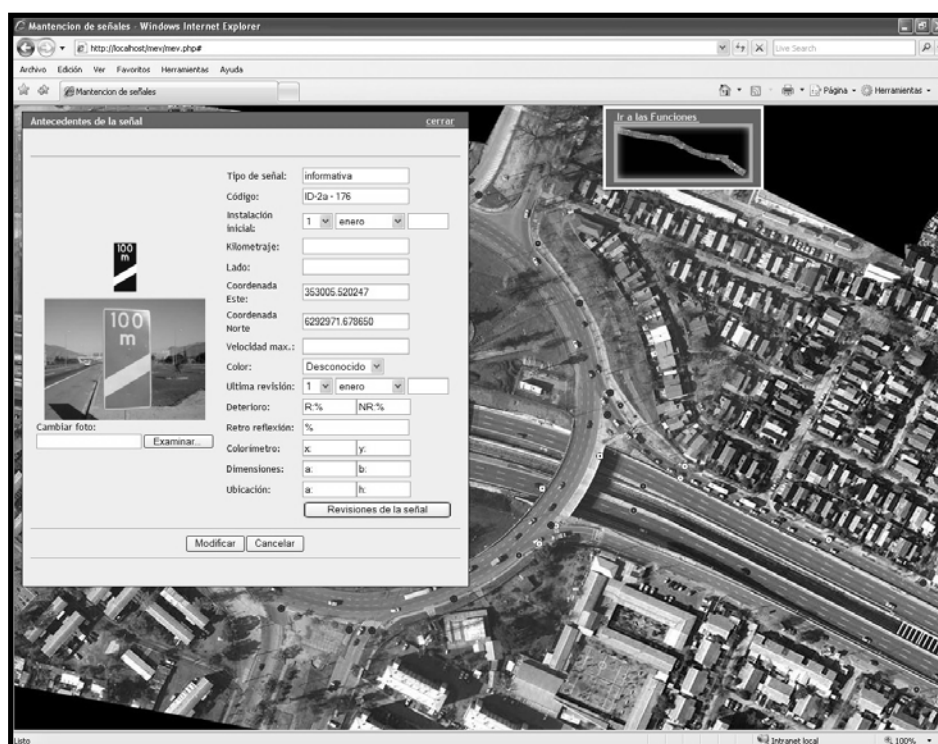


Figura N° 3: Pantalla interactiva básica de dialogo con el usuario

4.1. Elementos de seguridad vial y sus estándares

Indudablemente que la definición de la información que debe ser levantada en terreno es uno de los pilares fundamentales del modelo, ya que éstos serán los que definirán las acciones correctivas que se requieren para llevar el sistema al nivel de servicio que se pretende mantener.

En el caso específico de este sistema que está en su etapa de desarrollo, se han definido los parámetros y requisitos a partir de lo establecido en el Volumen N° 6 del Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile, que actualmente se encuentra en plena vigencia para todos los caminos de tuición de dicha Dirección de Vialidad, incluidas las rutas concesionadas. Algunos ejemplos de parámetros, requisitos y umbrales se presentan a continuación:

4.1.1 Señalización vertical

Algunos de los criterios utilizados para evaluar el cumplimiento de estas señales son:

- **Control visual:** aspecto que apunta a asegurar que el usuario vea legible la señalización de tránsito. Para ello se requiere que la señal de tránsito no presente algunos de los siguientes aspectos:
 - ✓ pérdida de elementos constituyentes: letras o símbolos.
 - ✓ pérdidas de fragmentos de la señal.
 - ✓ presencia de pinturas extrañas que alteren el mensaje de la señal.
 - ✓ elementos golpeados, doblados o desgastados.
 - ✓ mensaje fuera de norma: distinto tipo de letra, texto ajeno al mensaje, geometría distinta a la especificada.
 - ✓ dispositivos refaccionados con elementos de características diferentes.
- **Control de nivel de deterioro:** porcentaje de la superficie de una señal dañada, diferenciando la superficie retrorreflectante y no retrorreflectante:
 - ✓ Severidad baja: deterioro aceptable que no afecta la eficiencia de la señal.
 - ✓ Severidad media: deterioro marginal que implicaría la reparación de la señal en el corto a mediano plazo.
 - ✓ Severidad alta: deterioro inaceptable que afecta significativamente la funcionalidad de la señal.

El software, utilizando los requisitos establecidos en el Manual de Carreteras de de la Dirección de Vialidad de Chile, permite definir la pertinencia de implementar acciones correctivas utilizando las siguientes variables de decisión:

Tabla N° 1
Información incorporada al software para cumplimiento del "Nivel de Deterioro"

Método de revisión:	Visual				
Unidad de resultado:	% superficie retrorreflectante dañada		% superficie no retrorreflectante dañada		Resultado
Universo de resultado:	Sin revisión		Sin revisión		
	% ≤ 5,		% ≤ 10,		
	5 < % ≤ 15,		10 < % ≤ 20,		
	15 < %.		20 < %.		
Criterio de aceptación:	Sin revisión	Sin Revisión	Sin revisión	Sin Revisión	Sin Revisión
	% ≤ 5	Aceptada	% ≤ 10	Aceptada	Aceptada
			10 < % ≤ 20	Aceptada	Aceptada
			20 < %	Rechazada	Rechazada
	5 < % ≤ 15	Aceptada	% ≤ 10	Aceptada	Aceptada
			10 < % ≤ 20	Aceptada	Aceptada
			20 < %	Rechazada	Rechazada
	15 < %.	Rechazada	% ≤ 10	Aceptada	Rechazada
10 < % ≤ 20			Aceptada	Rechazada	
20 < %			Rechazada	Rechazada	

Fuente: Elaboración propia.

- **Nivel de retrorreflexión:** capacidad que tiene una señal para reflejar el haz de luz proveniente de los focos de un vehículo. Esta característica permite apreciar la señal en caminos si iluminación artificial durante la noche.

Tabla N° 2
Información incorporada al software para definir el cumplimiento del criterio "Nivel de Deterioro" (ejemplo color blanco y amarillo)

Método de Revisión:				Mediciones con instrumento					
Unidad de resultado:				cd/lx/m ²					
Universo de resultado:	Método	Angulo Entrada	Angulo Observac.	Color Blanco			Color Amarillo		
				Sin Revisión	Sin Revisión	Sin Revisión	Sin Revisión	Sin Revisión	Sin Revisión
	1	-4°	0,2°	x ≤ 150	150 < x ≤ 250	250 ≤ x	x ≤ 102	102 < x ≤ 170	170 ≤ x
	2	30°	0,2°	x ≤ 90	90 < x ≤ 150	150 ≤ x	x ≤ 60	60 < x ≤ 100	100 ≤ x
	3	-4°	0,5°	x ≤ 57	57 < x ≤ 95	95 ≤ x	x ≤ 37	37 < x ≤ 62	62 ≤ x
4	30°	0,5°	x ≤ 39	39 < x ≤ 65	65 ≤ x	x ≤ 27	27 < x ≤ 45	45 ≤ x	

Fuente: Elaboración propia.

- **Control colorimétrico:** los colores de las señales están normalizados de acuerdo a un espectro de colores que se diferencian mediante coordenadas colorimétricas. El software tiene la característica de diferenciar si un par de coordenadas colorimétricas está dentro de los polígonos de definidos para cada uno de los colores de una señal.

Tabla N° 3
Información incorporada al software para definir el cumplimiento del criterio
"Control colorimétrico" (ejemplo color blanco y amarillo)

Método de Revisión	Mediciones con instrumento	
Unidad de resultado	Coordenadas cromáticas	
Universo de resultado	Blanco	Amarillo
	Sin Revisión	Sin Revisión
	Fuera de polígono 1	Fuera de polígono de colores 2
	Dentro de polígono 1	Dentro de polígono de colores 2
Vértices	Polígono 1	Polígono 2
x1	0,303	0,498
y1	0,287	0,412
x2	0,368	0,557
y2	0,353	0,442
x3	0,340	0,479
y3	0,380	0,520
x4	0,274	0,438
y4	0,316	0,472

Fuente: Elaboración propia.

El software mediante pantallas interactivas, como la que se muestra a continuación, permite al usuario el ingreso sistemático de las mediciones de terreno. A su vez, teniendo ya definidos, para cada criterio, los umbrales de decisión respecto al cumplimiento de estándar.

The screenshot shows a software window titled "Datos de control de señal" with a "cerrar" button in the top right. It contains a table with the following columns: N#, Revisión, Fecha, Visibilidad, Control Visual, Deterioro, Retro Reflexión, Control Colorímetro, Control Dimensiones, Control Ubicación, Altura, Perpendicularidad, Comentarios, Foto, and Editar. The first row of data shows: 1, 3, 2007-08-07, 55%, 45%, 45%, 87%, 65%, 87%, 98%, 45m, 87%, ver, ver, editar. Below the table is a form for adding a new record, with fields for N# (set to 2), Revisión (set to 1), Fecha (set to enero), and several empty input fields. There are "Agregar", "+", and "Save" buttons at the bottom right of the form.

Figura N° 4: Pantalla interactiva para el ingreso de mediciones de terreno y presentación del cumplimiento de estándar para señales verticales

Cada señal vertical, previamente a su seguimiento mediante mediciones de terreno, es creada con el fin que ocupe una posición y quede registrada en la base de datos que posteriormente servirá para su gestión.

The screenshot shows a software window titled "Señal" with a "cerrar" button in the top right corner. On the left, there is a photo of a vertical sign with the number "200" and a "Cambiar foto:" label with an "Examinar..." button below it. To the right of the photo is a list of input fields:

- Nombre señal: R55
- Código señal:
- Fecha de colocación: 1 enero 0000
- Lado:
- Distancia eje:
- Altura:
- Tramo:
- Coordenada X:
- Coordenada Y:
- Ancho x Alto:
- Area total:
- Velocidad diseño:

At the bottom of the form area is a "Datos de control" button. At the very bottom of the window are three buttons: "Cambiar de posición manualmente", "Guardar", and "Cancelar".

Figura N° 5: Pantalla interactiva para la creación de cada señal vertical

4.1.2. Señalización horizontal (demarcación plana y elevada)

Algunos de los criterios utilizados para evaluar el cumplimiento de este tipo de señales son:

- **Control Visual:** aspecto que apunta a asegurar que el usuario vea legible la demarcación del pavimento. Para ello se requiere que la demarcación no presente algunos de los siguientes aspectos:
 - ✓ Posee deformaciones, con bordes desalineados y no nítidos, (sangrados).
 - ✓ Control de uniformidad, no presenta óptima distribución y penetración de micro esferas.
 - ✓ En el caso de haber sido repintada, la última no cubre la totalidad de la primera.
 - ✓ Mal eliminación de las demarcaciones en desuso.
 - ✓ Presenta sectores anómalos como manchas asfálticas, frenadas o de aceites.
 - ✓ Presenta agrietamiento superficial mayor a 12 mm.
 - ✓ Geometría distinta a la especificada, ya sea en sus anchos, patrones o dimensiones de símbolos.
- **Visibilidad Nocturna (retroreflectancia):** estos elementos deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como pinturas que junto a micro-esferas de vidrio, se someten a procedimientos que aseguran su retroreflexión.

Esta propiedad asegura que la demarcación sea visible en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. En Chile, se establece que las

demarcaciones de los caminos deben cumplir con los valores mínimos de retrorreflexión indicados en las Tablas siguientes:

Tabla N° 4
Estándar mínimo para la retrorreflexión a 30 días (mcd/lux/m²)

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3.5°	4.5°	300	180
1.24°	2.29°	200	120

Fuente: Volumen N° 6 Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Chile.

Por otra parte, el estándar que se define para la retrorreflectancia para el repintado del camino se define en los valores mínimos que se presentan en la Tabla siguiente:

Tabla N° 5
Estándar mínimo para la retrorreflexión (mcd/lux/m²)

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3.5°	4.5°	120	95
1.24°	2.29°	90	70

Fuente: Volumen N° 6 Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Chile.

- **Visibilidad Diurna:** en general, las demarcaciones son blancas y, excepcionalmente, amarillas para la señalización de áreas especiales, como pistas para “Sólo buses” o donde está prohibido estacionar. No obstante, en zonas geográficas donde las condiciones climáticas son extremas, debido a la nieve, se utiliza el color amarillo como demarcación habitual del pavimento. En el software se ha establecido que el color cumpla con lo que está definido por las coordenadas cromáticas del Sistema Normalizado CIE 1931, debiendo, en definitiva cumplirse el estándar de los polígonos siguientes:

Tabla N° 6
Polígonos para coordenadas cromáticas para demarcaciones planas

Color	x1	y1	x2	y2	x3	y3	x4	y4
Blanco	0.355	0.355	0.305	0.305	0.285	0.325	0.335	0.375
Amarillo	0.494	0.427	0.545	0.455	0.465	0.535	0.427	0.483

Fuente: Volumen N° 6 Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Chile.

El software permitirá al usuario, mediante una pantalla interactiva como la que se presenta a continuación, ingresar la información medida en terreno y obtener un resultado respecto al nivel de cumplimiento de la demarcación.

Esta herramienta computacional aportará, por una parte, en definir, a priori, los parámetros que deben ser auscultados en terreno y, por otra parte, comparar las mediciones de dichos parámetros con estándares predefinidos de acuerdo a la normativa que sea aplicable al parámetro en cuestión. Cabe señalar, que tanto los parámetros como los estándares asociados a éstos pueden ser modificados según lo requiera el usuario del software. En este sentido, esta herramienta computacional se presenta flexible a los requisitos de los usuarios.

N#	Revisión	Fecha	Control Visual	Retroreflexión	Control Dimensiones	Patrón	Comentarios	Foto	Editar
1	1	1 enero					Agregar	+	Save

Figura N° 6: Pantalla interactiva para el ingreso de mediciones de terreno y presentación del cumplimiento de estándar para señales horizontales

Para este caso de las señales horizontales, la pantalla de inicio del software define estos elementos mediante un icono puntual el que ha ser elegido por el usuario despliega una pantalla como la que se presenta a continuación.

Figura N° 7: Pantalla interactiva para la creación de cada señal horizontal

Al iniciar la aplicación, también es factible crear las señalizaciones horizontales ingresando a través del menú principal y accediendo a la pantalla mostrada en la Figura

Nº 7. De esta forma, al ingresar la totalidad de la señalización el usuario podrá trabajar directamente sobre la imagen satelital del camino que está bajo su responsabilidad.

4.1.3. Sistemas de Contención

4.1.3.1 Barreras de Contención

Para el caso de los sistemas de contención, sean estos barreras metálicas u hormigón, las revisiones serán principalmente visuales, detectándose, en primer lugar, las condiciones de alineamiento, tanto vertical como horizontal. Deberá quedar establecido claramente el periodo de revisión y el sector considerado.

Contención cerrar

Nombre contencion: cont x

Tipo: 2

Fecha de colocación: 1 agosto 2005

Lado:

Tramo:

Calzada:

Coordenada X:

Coordenada Y:

Inicio:

Término:

Nº Dispositivos: 0

Ingresar foto: Examinar...

Datos de control

Guardar Cancelar

Figura Nº 8: Pantalla interactiva para la creación de cada sistema de contención

Posteriormente, en base a la inspección visual, se determinarán sectores con irregularidades donde puede ser necesario el reemplazo de elementos. La antigüedad de las barreras puede también definir sectores que requieren una inspección detallada.

En la figura siguiente, se puede observar el formato de revisión de elementos de contención, donde se deberá incluir los antecedentes dependiendo si se trata de una barrera metálica o de hormigón.

Datos de control de contención										cerrar
N#	Revisión	Fecha	Estado estructural	Alineamiento	Visual galvanizado	Visual ojos de gato	Retroreflexión ojos de gato	Comentarios	Foto	Editar
1	1	1 enero						Agregar	+	Save

Figura N° 9: Pantalla interactiva para la incorporación de datos de terreno y la visualización de los resultados de la evaluación del cumplimiento de estándar

4.1.3.2 Amortiguadores de Impacto

Se revisarán en forma similar a las barreras de contención, determinando en primer lugar las condiciones geométricas y de instalación. A partir de esta revisión visual, se seleccionarán los dispositivos que serán revisados con detalle.

En este caso, dependiendo de la capacidad de redireccionamiento, se evaluarán los elementos de mayor relevancia que definen el estado de los diferentes dispositivos.

4.2. Acciones correctivas para cumplir con estándar establecido

Realizada la campaña de terreno e ingresada la información al software, éste procesará la información y emitirá una informe con los resultados de la evaluación del cumplimiento de los estándares definidos para cada parámetro de los elementos de seguridad vial.

El software contendrá una serie de acciones pre-definidas, dejando, no obstante, siempre la posibilidad de modificar, complementar o eliminar dichas acciones o partidas de construcción.

A modo de ejemplo, en el Cuadro siguiente se presenta una serie de acciones cuya implementación permitirá atender las situaciones que pudieren darse en el caso de que las señales verticales no cumplieran con los estándares establecidos.

Tabla N° 7
Ejemplo de acciones correctivas para señales verticales que no cumplan estándar del criterio "Control Visual"

Criterio: Control visual			
Método de revisión: Visual			
Unidad de resultado: N° de defectos			
Universo de resultado	Criterio de aceptación	Actividad	Costo \$
Sin revisión	Sin revisión	Revisar	Costo 1
Sin defectos	Aceptada	Sin actividad	\$ 0
Pérdida de elementos constituyentes, por ejemplo, letras o símbolos.	Rechazada	Cambiar señal	Costo 2
Pérdida de fragmentos del elemento de señalización.	Rechazada	Cambiar señal	Costo 2
Presencia de pinturas extrañas que alteren parcial o totalmente la función del elemento.	Rechazada	Limpiar señal	Costo 3
Elementos golpeados, doblados o desgastados, de tal forma, que afecten su función.	Rechazada	Reparar señal	Costo 4
Mensaje fuera de norma; es decir, distinto tipo de letra, texto ajeno a indicaciones técnicas, geometría distinta a la especificada, etc.	Rechazada	Cambiar señal	Costo 2
Dispositivos refaccionados con elementos de diferentes calidades.	Rechazada	Cambiar señal	Costo 2

Fuente: Elaboración propia.

Para que los resultados de las revisiones permitan definir la acción que abarque todos los incumplimientos de estándar, el software será dotado de reglas de decisión que, mediante la comparación de pesos específicos para cada acción, identificarán cuál es la acción que asegurará levantar todos los incumplimientos de estándar. En efecto, pudiere darse el caso que una revisión arroje, por ejemplo, que una señal estuviere con pintura y que, además, su retrorreflexión no cumpliera con el mínimo establecido, en este caso el software deberá asegurar que la acción correctiva que se implemente sea el cambio de la señal, descartando la acción de limpieza, puesto que ésta no permitiría mejorar el defecto de retrorreflexión.

4.3. Valorización económica de acciones correctivas

Mediante módulos de programación computacional, se tendrá una base de datos con un listado de precios unitarios que permita valorizar económicamente las acciones correctivas. Este módulo interactuará con otro módulo que tenga por función estimar las cantidades (cubicar) las acciones correctivas, para con ello, estimar el costo directo de implementar la acción.

En principio, la idea es dar la libertad a cada usuario para que incorpore, a través de un administrador del software, los precios de los materiales, maquinaria y mano de obra de acuerdo a su realidad. En efecto, este software tendrá la particularidad de permitir la máxima flexibilidad para el usuario, con ello se pretende que la aplicación sea propia de cada camino o red de caminos asociado a usuarios específicos, tales como administradores de rutas concesionadas, responsables de redes regionales o fiscalizadores del sector público.

4.4. Programa de mantenimiento y conservación

Una vez identificadas y valorizadas económicamente las acciones correctivas que se deberían implementar para mejorar sus estándares de funcionalidad, el software estará en condiciones de presentar un programa de mantenimiento y conservación.

La elaboración del programa estará condicionada a la definición de una política por parte del usuario. En efecto, dicha política deberá establecer cuáles serán las acciones prioritarias y las menos prioritarias, para con ello, definir, en un período de tiempo que se sugiere sea anual, las acciones que se realizarán, por ejemplo, mensual o semanalmente.

4.5. Predicción del deterioro de los elementos de seguridad vial

Teniendo la característica de registrar la información de las revisiones que se realizarán en cada período de auscultación, el software, al cabo de un tiempo, podrá predecir el comportamiento específico de cada elemento de seguridad vial. Cabe señalar que el deterioro de estos elementos, si bien depende de la calidad de los materiales y de su instalación, también dependerá de las condiciones particulares del lugar donde se emplazan, es así como, por ejemplo, señales verticales estarán fuertemente influenciadas por su orientación hacia el sol y las demarcaciones por su exposición al flujo vehicular.

5. IMPORTANCIA DEL PROCESO DE AUSCULTACIÓN

La medición de los parámetros para cada elemento de seguridad vial debe efectuarse de acuerdo a una programación, teniendo claramente definidas tanto las metodologías de medición como los equipos que se requerirán para tales efectos.

En este punto es preciso aclarar que la definición de los equipos que se utilizaran para efectuar estas mediciones debe estar previamente validados o normados, ya que de caso contrario se pueden presentar observaciones técnicas a los valores obtenidos por estas mediciones. Esto toma gran relevancia sobre todo cuando estamos hablando de mediciones que serán ejecutadas para evaluar el nivel de cumplimiento de un estándar entregado por un privado, como es el caso de las concesiones y, en cuyo caso, estos incumplimientos pueden estar afectos a sanciones o multas.

Por otra parte, es importante mencionar que el caso específico de las mediciones de alguno de estos parámetros, a la fecha, aún no cuentan con un procedimiento normado que regule, entre otros, la tecnología específica de medición, como tampoco se ha avanzado mucho a nivel regional en la incorporación de equipos de medición dinámicos o en movimiento, lo que dificulta enormemente la periodicidad de la toma de datos.

Por último, se debe también tener presente que la tecnología que se adopte para realizar las mediciones específicas no puede ser cambiada en el corto plazo, ya que de ser así la comparación histórica de la evolución o comportamiento en el tiempo perderá validez y podrá inducir a conclusiones erróneas.

6. CONCLUSIONES

Se desarrolla un sistema de gestión para el mantenimiento de los elementos de seguridad vial en un camino administrado por entes públicos o privados. Este sistema viene a facilitar el manejo de una gran cantidad de información proveniente de revisiones realizadas en terreno.

Los procedimientos de mediciones en terreno, al igual que los instrumentos de medición, deben estar normados con el fin de hacer comparables los resultados tanto en la variable temporal como entre diferentes caminos o sectores de una red regional.

Las mediciones y evaluación del cumplimiento de los estándares definidos en cada Estado, quedan registrados en una base de datos. Esta característica servirá, al cabo de un tiempo, como una base estadística para un método para predecir el deterioro de cada elemento en particular.

Las autoridades y los administradores de caminos podrán utilizar los resultados provenientes del software para, por una parte, demostrar el cumplimiento de la normativa vigente, y, por otra parte, en caso que las evaluaciones no sean satisfactorias, informar que los estándares se recuperarán mediante la aplicación de una serie de acciones correctivas contenidas en un programa de mantenimiento y conservación.