

"Tecnologías en señalización vertical: revisión de materiales y soluciones para la seguridad vial"

Verónica Mechura, Gustavo Das Neves y Brisa Martinez (LEMaC UTN FRLP CIC PBA)

1. Introducción

La seguridad vial sigue siendo uno de los principales problemas en el mundo debido a que cada año mueren cerca de 1,35 millones de personas por accidentes de tránsito, de acuerdo con el informe sobre la seguridad vial presentado por la OMS en diciembre de 2018. El diseño de carreteras puede tener un impacto considerable en su seguridad, ya que, deben diseñarse teniendo en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la carretera. La Asamblea General de las Naciones Unidas ha establecido el ambicioso objetivo de reducir a la mitad el número mundial de muertos y heridos por accidentes de tránsito para 2030. Para reducir los traumatismos que surgen de los siniestros viales, es fundamental disponer de una infraestructura vial segura. Para ello, se requieren normas técnicas mínimas de infraestructura que abarquen la seguridad de todos los usuarios [1]. Además, es indispensable que el conductor y el peatón dispongan de la información suficiente y oportuna para usar adecuadamente las vialidades, lo cual se logra en gran medida a través de las señales de tránsito, lo que ha permitido obtener el máximo rendimiento de cualquier vialidad.

La función principal de las señales de tránsito es asegurar una interacción segura y eficiente entre todos los usuarios de la vía. Estos dispositivos ayudan a prevenir al alertar sobre peligros inminentes o cambios inesperados, por ejemplo, en zonas escolares. Regulan o limitan el flujo de tránsito al gestionar los movimientos de peatones y vehículos en intersecciones complejas, buscando asegurar que los movimientos se realicen de manera ordenada. Y, por último, guían a los usuarios ayudándolos a tomar decisiones informadas sobre su ruta, velocidad y comportamiento en la vía. La eficacia de estos dispositivos está relacionada con su visibilidad, comprensibilidad y ubicación que deben ser considerados en su diseño e implementación. [2]

La señalización vial enfrenta múltiples desafíos que pueden comprometer su funcionalidad. Uno de los principales problemas es el mantenimiento de la visibilidad de las señales bajo condiciones meteorológicas adversas, lo que requiere materiales altamente retrorreflectantes y bien mantenidos. Además, se debe considerar su durabilidad, ya que deben resistir la degradación por estar sometido a la intemperie. Otro de los desafíos es la adaptación a las condiciones cambiantes del tránsito en la que las señales verticales estáticas pueden ser ineficientes para informar a los usuarios de la vía sobre cambios inminentes y; por otro lado, considerando la incorporación de tecnología en la diversidad de vehículos. Ante estos desafíos, surge la necesidad de

incorporar nuevas tecnologías y adaptar los materiales para mejorar la efectividad y durabilidad de la señalización.

El objetivo de este trabajo es explorar el uso de las tecnologías actuales para la materialización de los elementos de señalización vertical utilizados en contextos urbanos y rurales. Este estudio tiene como meta no solo comprender los métodos tradicionales empleados para la implementación de las señales verticales, sino también investigar la integración efectiva de nuevas tecnologías para mejorar la seguridad de las vialidades. De esta forma, se pretende proporcionar un análisis detallado de las prácticas actuales y potenciales mejoras en la señalización vial, brindando un aporte a la seguridad vial.

2. Normativas y especificaciones

Los orígenes de la legislación vial internacional se remontan a París, donde en 1909 se realizó la primera Convención Internacional sobre tránsito motorizado. A partir de entonces se realizaron otras convenciones, sin embargo, la más importante que reunió a países de todo el mundo se celebró en 1968 en Viena, denominada Convención sobre Señalización Vial. La misma consiste en un tratado multilateral destinado a aumentar la seguridad vial y estandarizar el tránsito internacional por carretera, que sigue siendo la base de las regulaciones en la mayoría de los países, especialmente en los europeos. Cuenta con su versión actualizada en 2006 [3]. Sin embargo, la mayoría de las jurisdicciones fuera de Europa no han adoptado ningún tratado, y mantienen sus propios sistemas de señales de tránsito de la carretera. En EE. UU. existe el Manual en Uniformidad en Dispositivos para Control de Tráfico (MUTCD), el cual no sigue con la política de símbolos presentada por la Convención de Viena. Sus principales diferencias están relacionadas con la forma, colores y formas de transmitir el mensaje. Por ejemplo, en el MUTCD suelen estar expresadas en forma de texto, a diferencia del documento de la Convención de Viena, que utiliza más pictogramas.

En Argentina la principal normativa que regula la señalización vial es la Ley Nacional de Tránsito (Ley N° 24.449) [4] y su reglamentación. Bajo este marco legal se estableció el “Manual de Señalamiento Vertical” (MSV) [5] y el “Manual de Señalamiento Horizontal” (MSH) de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), los cuales establecen los criterios técnicos y diseños de las señales de tránsito en el ámbito nacional. El Manual de señalamiento vertical presenta aspectos tales como: diseño de señales, ubicación, material y tipos de señales. En el mismo se detallan las condiciones que deben cumplir las señales que se comentan a continuación:

- Atributos que ofrezcan garantías de que los usuarios las reconozcan, las entiendan y sean respetadas. Los atributos principales son la visibilidad y la reflectividad para la condición nocturna.
- Legibilidad.
- Deletabilidad: Se refiere a que la señal o dispositivo, como consecuencia del impacto, no produzca daños de magnitud a las personas que se encuentren en el vehículo. Esto se encuentra consagrado en el capítulo I punto 6 del Anexo L.
- Mensaje: Recomienda el uso de pictogramas que deben corresponder a los indicados en el manual.



Figura 1. Señales viales en condiciones nocturnas. Fuente: producción propia.

La deletabilidad es un aspecto muy importante por considerar en la materialización de las señales, esta implica que todo elemento constitutivo de la señal o dispositivo debe estar fuera de la calzada y banquina salvo imposibilidad de hecho. Aquellos que constituyan riesgo a la circulación, deberán tener un sistema que evite eventuales impactos o que, de producirse, no sean de magnitud [4].

Otro aspecto clave mencionado en las condiciones es la reflectividad, que además resulta clave para la seguridad vial, ya que todas las señales viales deben ser visibles en cualquier momento del día y bajo toda condición climática. Por ello se confeccionan con materiales apropiados y procedimientos que aseguran su reflectividad. Desde el punto de vista de la normativa, en la Ley 24.449 en su Anexo L [3] se establecen los niveles mínimos de retroreflexión que deben tener los laminados. En la misma se mencionan dos normas principales: la Norma IRAM 10.033/73 y la Norma IRAM 3.952/84 para láminas de alta reflexión. Estas normas han sido modificadas en el año 2017. La Norma IRAM 10.033/17 establece las características de las láminas reflectoras adhesivas de alta reflectividad utilizadas para señales viales. En la Norma IRAM

3.952/17 se definen las características de las láminas reflectoras de alta intensidad para control de tránsito. En la misma se establecen seis clases de láminas en función de su reflectividad y usos. Entre ellos podemos mencionar:

Clase 1: lámina retrorrefleтора de alta reflectividad para aplicación en dispositivos plásticos flexibles de señalización de obra.

Clase 2 a 6: láminas retrorrefleadoras de alta reflectividad para ser usadas en la fabricación de señales de tránsito permanentes, transitorias o dispositivos plásticos flexibles de señalización de obra.

En un estudio realizado por Venecia [6], se analizan casos de prácticas inadecuadas de señalización en rutas nacionales, provinciales y calles adheridas a la Ley Nacional de Tránsito. Si bien estas imágenes fueron tomadas antes del manual de señalamiento vertical [5], coinciden con varios aspectos observados en la cotidianidad. El autor expresa que se observan en una misma jurisdicción para señalar una misma situación, distintas señales fuera del sistema uniforme normado. Siendo este aspecto más común en zonas urbanas. Además, se plantean inconsistencias y una falta de mantenimiento adecuado, así como una variabilidad considerable en el estado y claridad de las señales.

3. Revisión de materiales y tecnologías

3.1. Contenido gráfico de las señales

Como se menciona anteriormente, el contenido gráfico de las señales, deben ser reflectivas y cumplir con la norma IRAM que recientemente ha sido actualizada. En el mercado argentino se encuentran señales realizadas por medio de impresión digital, con una estructura microprismática que ofrece un alto nivel de retrorreflectividad. Además, son omnidireccionales lo que garantiza que todas las señales proporcionarán una reflectividad visual uniforme cualquiera sea la orientación de la superficie de la señal. Existen algunas que cuentan con sistema antigrafiti lo cual permite una fácil limpieza con el uso de disolventes suaves.

García [7] realizó un trabajo en el que se exponen las distintas formas de fabricación del contenido gráfico de las señales y los compara según sus ventajas. Se centra principalmente en los siguientes métodos:

a. **Serigrafía**, basada en la transferencia de tinta mediante una malla fina tensada a un bastidor, que deja pasar tinta sobre la zona correspondiente al dibujo deseado, y al ejercer presión sobre ella, imprime la superficie a estampar. La serigrafía es adecuada para producciones en serie de señales con diseños simples y un color predominante. Aunque es económica y rápida para ciertos tipos de señales, depende significativamente de la habilidad del operador y puede ser limitada en términos de complejidad de diseño y uso de múltiples colores.

b. **Sobrelaminado**, consiste en cortar letras y símbolos y pegarlos manualmente sobre una lámina de fondo. Inicialmente, este proceso era completamente manual, pero ahora se utiliza la tecnología de corte por plotter para automatizar parte del proceso. Aunque permite una mayor flexibilidad en el diseño en comparación con la serigrafía, todavía implica un considerable esfuerzo manual, lo que puede afectar la consistencia y la durabilidad de las señales.

c. **Impresión digital**, imprime directamente desde un archivo digital a una señalización vial, mediante una impresora digital que usa tintas transparentes que penetran una lámina retrorreflectante blanca, logrando variadas formas y colores (Figura 2). La impresión digital es adecuada para señales con detalles complejos y variados, proporcionando alta calidad y durabilidad. Además, el proceso es más amigable con el ambiente comparado con métodos tradicionales. La impresión digital emerge como el método más avanzado y eficiente, particularmente en contextos donde la precisión del diseño y la durabilidad son decisivas. Este método no solo mejora la calidad visual y funcional de las señales, sino que también reduce los residuos y optimiza el uso de materiales.



Figura 2 Impresiones digitales de señales verticales. Fuente: Izq: Garcia [7]. Der: producción propia.

3.2. Nuevas tecnologías en señalización

La señalización inteligente es una innovadora tecnología que emplea pantallas digitales para mostrar contenido dinámico, está transformando la forma en que comunicamos información en diversos entornos. Este sistema ofrece una serie de ventajas clave, como interactividad, flexibilidad, personalización y eficiencia operativa. La señalización vial inteligente en Argentina incluye la implementación de dispositivos como tecnología LED en semáforos, carteles de leyenda variable los cuales informan en tiempo real cortes, manifestaciones, eventos y cualquier otra interrupción del tránsito. Además, ordena el tránsito ofreciendo alternativas de circulación. Un ejemplo de información para evitar

desplazamientos innecesarios son los carteles de disponibilidad de estacionamiento (figura 3). Los paneles muestran la dirección de los cuatro parques de estacionamientos más cercanos respecto del conductor que los lee. Estos indican en qué sentido se debe conducir para llegar a ellos, la dirección y, además, gracias a un sistema de mensajería luminosa y variable, los lugares disponibles en esas playas. [8]



Figura 3. Carteles disponibilidad de estacionamiento. Fuente: [8]

4. Conclusión

Este estudio ha explorado los métodos actuales para la fabricación del contenido gráfico de las señales verticales, destacando la serigrafía, el sobrelaminado y la impresión digital. A través del análisis, la impresión digital ha demostrado ser superior en términos de ofrecer una precisión y durabilidad óptimas, alineándose así con las necesidades contemporáneas de eficacia en la señalización vial. La adopción de esta tecnología no solo mejora la calidad de las señales sino que también asegura su efectividad en diversas condiciones ambientales y de tránsito.

Uno de los principales desafíos en nuestro país es el mantenimiento adecuado de la señalización vial, pues muchas señales pueden encontrarse deterioradas, ilegibles o incluso ausentes, comprometiendo así la seguridad en las vías públicas. Además, la coordinación entre las distintas jurisdicciones (nacional, provincial y municipal) supone otro desafío, ya que se necesita garantizar la uniformidad y coherencia en la señalización vial en todo el país.

Sin embargo, existen diversas oportunidades para mejorar la materialización de las señales viales mediante la adopción de tecnologías avanzadas y materiales resistentes. La modernización de la señalización con sistemas inteligentes y señales dinámicas podría aumentar la eficiencia del tránsito. Además, promover la educación vial podría fomentar el respeto y la conservación de la señalización, mejorando así la seguridad en las vías públicas.

5. Referencias

[1] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries> - fecha 03/04/2023

[2] Cal, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*.

[3] Convención sobre señales de tránsito de Viena (1968) Visitado en https://unece.org/DAM/trans/conventn/Conv_road_signs_2006v_EN.pdf

[4] Anexo "L" (Sistema de Señalización Vial Uniforme) del Decreto N° 779/95, reglamentario de la Ley Nacional de Tránsito N° 24449

[5] Manual de Señalamiento vertical Dirección Nacional de Vialidad. Buenos Aires, Argentina (2017). Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_sv.pdf.

[6] Mario J. Venecia. *"Prácticas inadecuadas en la señalización de calles y caminos de La República Argentina"*.

[7] René García (2023). Evolución de las señales verticales hacia la impresión digital.

[8] <https://buenosaires.gob.ar/movilidad/ordenamientodeltransito/senializacion-inteligente>