

Análisis de técnicas de relevamiento funcional de una vía rural expuesta a niebla.

L. Perez Angueira, F. Martinez Micakoski, J. Rapallini, J. Rivera, C. Marcos, A. Perez Angueira, J. Gómez, V. Mechura

UTN Facultad Regional Trenque Lauquen, lucianaperezangueira@hotmail.com

Resumen— El presente estudio determina los ensayos a desarrollar para evaluar las características funcionales de la Ruta Nacional N° 33 circundante a la ciudad de Trenque Lauquen, las cuales se vinculan con el fenómeno de niebla/neblina en cuanto a la probabilidad de tránsito inseguro. El trabajo se basa en valorar los métodos de ensayo aplicables a la región estudiada y la evaluación de los elementos técnicos que servirán para realizar las pruebas in situ.

Contando con estudios previos que determinan la gravedad de los eventos en función de la consecuencia en la salud de los participantes de siniestros y sumados los resultados obtenidos en la valoración, se realizarán los ensayos pertinentes en articulación con la Dirección Nacional de Vialidad determinando tramos críticos.

Estos conocimientos permitirán acciones como: el diseño de intervenciones en tareas de mejoras superficiales de la capa de rodadura, la demarcación horizontal y el señalamiento vertical, iluminación y diseño geométrico.

Los ensayos seleccionados para una futura implementación y análisis son: la evaluación planialtimétrica del tramo establecido, ensayos de fricción y ensayos de textura superficial, que permiten cuantificar la macrotextura y microtextura superficial del asfalto. Además se propone la medición de los deterioros superficiales asociables a fisuras, desprendimientos, baches y ahuellamiento. Finalmente la propuesta aborda analizar la potencial demarcación existente y sistema de iluminación artificial.

Palabras clave—ensayo, relevamiento estructural, tránsito inseguro.

I. INTRODUCCIÓN

Las condiciones de seguridad en el tránsito por rutas depende de tres factores que participan simultáneamente: el hombre, el vehículo y el medio. Estadísticas realizadas en países europeos indican que el factor humano está relacionado como causa de accidentes de tránsito en mayor medida que el medio y este con mucha más frecuencia que el vehículo. Se atribuye al hombre una implicación como factor causante de los accidentes en torno al 90%. Es frecuente encontrar que al medio se le atribuye una implicación en menos del 10% de los casos y al vehículo en torno al 4%. Pero en general no es causa de un accidente de tránsito un solo factor; cuando se analizan los factores en conjunto se observa que el medio y el vehículo, como causa asociada a otras, aumentan su influencia en mucho mayor proporción [1]. Por ello la intervención en la mejora de las condiciones del medio, por parte de organismos, universidades e institutos especializados es de vital importancia para contribuir en el aumento de la seguridad vial.

Se fundamenta el desarrollo del presente trabajo a partir del proyecto de I+D interfacultad denominado “*Valoración del desempeño de modelos de soluciones viales a nivel de calzada para la conducción segura bajo condición de escasa visibilidad por niebla*”, donde se fusionan la Facultad Regional La Plata y la Facultad Regional Trenque Lauquen, de la Universidad Tecnológica Nacional.

Este proyecto busca brindar una herramienta que facilite la toma de decisiones para la implementación de buenas prácticas a partir de datos confiables, permitiendo la eficiencia de recursos en la aplicación de estrategias. Además de contribuir en la formación de estudiantes y jóvenes profesionales en el conocimiento y la aplicación de herramientas tecnológicas, de métodos de muestreo y técnicas de control del estado funcional de caminos, en el análisis de datos, y en la toma de decisiones, fortaleciendo su grado de conocimiento académico.

El objetivo del mismo es la generación de información para proponer buenas prácticas de seguridad vial en función de los materiales aplicados a la calzada en rutas, bajo condiciones de escasa visibilidad, particularmente con presencia de niebla o neblina. Contando con datos obtenidos en estudios previos, el área de aplicación definida se encuentra establecida sobre el tramo de la Ruta Nacional N° 33 (RN33), circundante a la ciudad de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires, con una extensión de 40 km aproximadamente.

Una vez analizada la base de datos de siniestros viales en la zona de estudio, para la determinación de tramos críticos en función de la frecuencia de lesionados graves y fallecidos en presencia de niebla o neblina; se deben abordar los ensayos y técnicas aplicables a la evaluación de las características del medio, fundamentando que una carretera segura es la que se adecua a las realidades y limitaciones de la toma de decisiones del ser humano. Esto significa que el diseño y la administración del camino (incluyendo su geometría, superficie de rodadura, sección transversal, señalamiento, dispositivos de control de tránsito, iluminación, etc.), tienen individualmente y en combinación, que proporcionar un ambiente seguro al conductor [2], siendo este el eje fundamental del presente análisis.

En un futuro se profundizará acerca de la implementación de texturas del pavimento y materiales que generen marcas viales para condiciones de visibilidad desfavorables evaluando la incorporación de diversas tecnologías disponibles.

II. METODOLOGÍA

La extensión de la RN33 que se estudia en el presente trabajo cuenta con una capa de rodamiento asfáltica. A partir del tipo de material utilizado se establece el tipo de relevamiento funcional que deberá aplicarse en el tramo analizado.

Inicialmente es necesario un relevamiento de las condiciones geométricas de la vía, a partir de la evaluación planialtimétrica confeccionada por la Dirección de Vialidad Nacional (DNV). Este organismo es el encargado de planificar trazados, obras y operaciones en las rutas nacionales, cumplimentar normas técnicas y legales, realizar capacitaciones y transferencias tecnológicas, y conservar y mejorar el patrimonio vial; para garantizar al usuario seguridad, economía y confort [3].

El relevamiento planialtimétrico se compone de dos conceptos; uno de ellos es la planimetría que determina la existencia de linealidad o curvas en los tramos analizados, los anchos disponibles de calzada, la existencia de banquetas, préstamos laterales, zona de vía, la existencia de bañados o cursos de agua que pudieran relacionarse con los fenómenos de niebla/neblina, ubicándolos en forma relativa a los tramos en estudio. El otro concepto es la altimetría que se basa en el levantamiento topográfico de los tramos analizados, estableciendo una malla de puntos que permite la construcción de los perfiles longitudinales y transversales de interés. Se obtienen datos sobre pendientes transversales y longitudinales, cotas relativas entre la vía y su entorno, etc.

Paralelamente debe realizarse la evaluación funcional del pavimento, que tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la servicialidad, seguridad y costos del usuario. Entre este tipo de deficiencias se encuentran: Rugosidad - Fallas superficiales - Pérdida de fricción [1].

Se define por rugosidad a las irregularidades presentes en la superficie del pavimento, las cuales afectan la calidad de rodado de los vehículos, la calidad del servicio brindada al usuario, la seguridad, los costos de operación e incrementa la acción desfavorable de las cargas. En general se puede medir hasta dos veces por año.

Esta rugosidad puede ser empleada en un modelo que permite calificar y cuantificar esta calidad de servicio, que fuera desarrollado durante la prueba AASHTO [4]. En éste se proponen los siguientes términos para definir la calidad con que el pavimento sirve al usuario: PSR (Present Serviciability Rating, el juicio subjetivo de un observador respecto a la capacidad actual del pavimento para servir al usuario), PSI (Present Serviciability Index, que corresponde a una estimación del PSR basada en correlaciones con mediciones objetivas de rugosidad y otros defectos presentes en el pavimento tales como grietas, baches y ahuellamiento, correlacionado con los parámetros de deterioro del pavimento para originar las fórmulas AASHTO de diseño estructural). La medida generalizada de rugosidad corresponde al IRI (Índice de Rugosidad Internacional) el cual fue desarrollado en Brasil para el Banco Mundial como el parámetro de deterioro más importante del modelo HDM IV [5]. Para la medición de la rugosidad en el pavimento, existen diversos equipos entre los que se pueden mencionar: el CHLOE, APL, Mays Meter, Perfilómetro Óptico y otros, todos los cuales pueden realizar mediciones a velocidades cercanas a las de operación del camino y ser correlacionadas

con los índices de rugosidad. Este tipo de equipos se encuentran en permanente evolución, desde los que funcionaban principalmente en base a la lectura continua de una respuesta dinámica medida en forma mecánica (CHLOE, APL, Mays Meter) hasta equipos más modernos que emplean lectura óptica (láser) a través de diferentes sistemas electrónicos (Perfilómetro Óptico y otros). Alternativamente a los equipos más sofisticados se encuentra el perfilómetro Merlín desarrollado en Inglaterra para países del tercer mundo, el cual permite medir la rugosidad en forma manual. Este es un equipo de muy bajo rendimiento por kilómetros pero, con un costo significativamente menor que los equipos antes mencionados.

Las Fallas Superficiales son aquellos defectos que se manifiestan en la superficie del pavimento, a causa del desgaste producido por el tránsito, las condiciones ambientales y el envejecimiento de los materiales. Estos defectos tienen una importancia relativa en la servicialidad del pavimento, sin embargo su detección oportuna es importante debido a que permite prevenir el posible desencadenamiento de un deterioro acelerado y/o establecer un diagnóstico más preciso de las causas que originan el deterioro. Es importante por lo tanto, efectuar un adecuado reconocimiento y cuantificación de estas fallas. Esto se realiza mediante una inspección visual; recorriendo el tramo de análisis caminando, circulando a baja velocidad, eligiendo tramos aleatorios de la red.

Entre los defectos que son convenientes de identificar y cuantificar conjuntamente con las medidas de rugosidad se cuentan: fisuras y grietas, baches, asentamientos, pérdidas de áridos, peladuras, ahuellamiento, exudación.

Las fisuras y grietas son evaluadas a partir de la comparación con cartillas típicas según el tipo de pavimento o ponderación de la superficie afectada sobre la superficie total analizada. Se pueden identificar fisuras longitudinales, transversales, por fatiga, en bloques, etc.

El ahuellamiento es un tipo de deformación que puede ser detectada mediante el empleo de herramientas manuales como la "Regla de 1,2 m." que consiste en un listón que se posiciona de manera transversal al eje de la vía, pudiéndose medir la distancia entre la superficie del pavimento y la base de la regla. Existen otras herramientas tradicionales como el empleo de regla y cuña, el empleo de bastidor y regla, y la nivelación con nivel y mira [6].

Existen equipos técnicos con mayor tecnología como son: el modelo ROMDAS TPL (con una sección principal de 2 m con 20 sensores ultrasónicos más dos alas de 5 sensores cada uno, con precisión de +/- 1 mm, determinando un perfil cada 5 m), TUS (Transversoperfilómetro a Ultrasonido, con una sección de 13 sensores ultrasónicos separados 20 cm, determinando un perfil cada 3,5 m), Sensores láser de tipo Dynatest 5051 RSP (Road Surface Profiler, con tres sensores láser y 2 acelerómetros), KJ LAW RS (Road Surveyor, con 9 sensores infrarrojo y 2 acelerómetros), MRM (Multifunction Road Monitor, con 16 sensores láser, separados 20 cm) y ARAN (con 37 sensores ultrasónicos, separados 10 cm). Entre los perfilómetros laser se encuentran las PALAS LCPC con cámaras laser, AMAC y otras tecnologías, como la utilizada en las unidades móviles adquirida en los últimos años por la Dirección Nacional de Vialidad. Estos equipos miden el perfil real del camino, necesitan poca calibración y tienen alta precisión, pero poseen un alto costo y son de delicado funcionamiento [7].

Para la evaluación de defectos como desprendimientos, baches, corrugaciones, exudaciones; los métodos aplicables pueden ser la valoración visual, donde se suelen emplear diversos catálogos de fallas, identificando severidad y extensión. También se emplea la captura de imágenes con procesamiento manual GERPHO (Sistema fotográfico de Medición nocturna, con película de 35 mm sincronizada con la velocidad del vehículo de hasta 80 km/h, aplicando luz uniforme y continua) y MAIN ROADS (Sistema de video). Puede llevarse a cabo la captura de imágenes, con procesamiento manual o automático, utilizando cámaras fotográficas, video láser y ultrasonido, con equipos como WISECRAX, ARAN (Canadá), PAVUE, GIE (Canadá), HARRIS, TRL (Inglaterra), VECTRA, AMAC (Francia). Las formas de realizar la exploración pueden variar en la aplicación de mediciones de manera continua y discontinua a través de muestreos [7].

Algunos de los equipos mencionados anteriormente se pueden utilizar para la medición de un conjunto de fallas superficiales de forma simultánea. Las imágenes obtenidas pueden aplicarse en diversas valoraciones a los efectos de la investigación elaborada.

La Pérdida de Fricción es un defecto que tiene relación directa con la seguridad del usuario, particularmente en segmentos de alta velocidad, zonas de frenado y curvas de radio pequeño o curvas de radio amplio con peraltes menores a 6%. La pérdida de fricción se produce como consecuencia de una disminución combinada o individual tanto de la macrotextura como de la microtextura superficial del pavimento, lo cual puede originar accidentes, particularmente cuando el pavimento se encuentra mojado. Para medir la resistencia al patinaje en un pavimento existen diversos equipos, entre los de mayor uso puede citarse el empleo combinado del Ensayo de Mancha de Arena y el Péndulo Británico, o del Mu-Meter. En aeropuertos se emplea también el ensayo de la Mancha de Grasa y el Péndulo Dinámico.

La macrotextura depende de la relación entre el espesor de la capa y el tamaño máximo del árido, además de la composición granulométrica de la mezcla; expresa la capacidad de evacuación superficial del agua en el pavimento. Esta condición se puede medir en forma puntual con el equipo de parche de arena, determinando la altura H_n equivalente. Para medirla en forma continua se emplean perfilómetros.

Mientras que la microtextura o aspereza depende de la textura de los áridos y del mortero bituminoso; importante para la adherencia neumático-pavimento. Influye en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico. Se puede medir en forma puntual con la implementación del péndulo TRRL o en forma continua con instrumentos como Mu-meter (modelo Griptester (CFL) a 65 km/h), Scrim (modelo TEX (CFT) a 50 km/h) o un perfilómetro laser. Se deben realizar las mediciones con pavimento mojado y a diferentes velocidades de circulación.

Debido a que la pérdida de fricción está asociada a un aumento de la lisura del pavimento, esto contribuye además con otros dos fenómenos asociados a pavimentos lisos: el aumento del "spray" (nebulización), asociado al paso de vehículos a alta velocidad, reduciendo considerablemente la visibilidad y el aumento del reflejo de las luces de noche y aumento del encandilamiento.

III. RESULTADOS

A partir del relevamiento conceptual volcado en el apartado de Metodología, se efectúan charlas y reuniones con los distintos participantes del grupo de investigación. De esta forma se establece en función de experiencias previas, de la conveniencia y disponibilidad de equipos, que para este análisis puntual resulta adecuado aplicar los ensayos y métodos de control detallados a continuación.

La información planialtimétrica se obtiene de relevamientos ejecutados por la DNV, la cual dispone de una serie de Manuales donde se establece la normativa básica para el diseño y trazado de caminos, para el establecimiento de medidas necesarias de seguridad, y normas de ensayo vinculadas al control del estado de las rutas. La información obtenida se presenta en planillas en las que se evalúan tramos de ruta de una longitud de 10 km aproximadamente. Dentro de las mismas se establecen mediciones cada 2 km de forma progresiva, donde se examinan el estado de las banquetas, el estado del borde de la calzada, el estado del sistema de drenaje, el carril más deteriorado, la presencia de fisuraciones, desprendimientos y deformaciones transversales. Esta información sirve como base para determinar los factores funcionales imprescindibles de analizar con respecto a la evaluación del estado actual del tramo de ruta examinado.

Para comenzar con la evaluación funcional del pavimento, se analiza la rugosidad de la superficie definida. El método elegido es el perfilómetro Merlín, que realiza mediciones de rugosidad sobre las huellas internas y externas de los carriles ascendentes y descendentes. Se justifica su elección a partir de que se cuenta con el equipo y los conocimientos necesarios para utilizarlo, que comprende un método de medición simple y un procedimiento sencillo de cálculo gráfico, además de que los resultados que proporciona poseen un adecuado grado de exactitud [8]. Su rendimiento es muy bajo para evaluación de grandes longitudes, pero el caso de estudio abarca no más de 40 kilómetros, por lo cual su aplicación es aceptable.

Para la determinación de la existencia de fallas superficiales se propone realizar una inspección visual recorriendo el tramo de análisis circulando a baja velocidad, poniendo mayor énfasis en los sectores donde se identifique la presencia de las mismas.

El Distrito 19 de la DNV, a partir de un convenio de colaboración con la UTN Facultad Regional Trenque Lauquen, pone a disposición equipos técnicos específicos de medición que permiten obtener información relacionada a la existencia de distintos tipos de fallas superficiales, además de resultados de estudios previos a partir del relevamiento del estado funcional de la zona en estudio.

Para la evaluación de la pérdida de fricción se emplean métodos simples a partir de la utilización de herramientas de fácil acceso y conocimiento por el grupo de investigación.

La cuantificación de la macrotextura existente se desarrolla a partir de la aplicación de ensayos de parche de arena en diversos puntos seleccionados vinculados a los resultados de los ensayos aplicados anteriormente, relacionables con las longitudes de onda de valores intermedios.

Finalmente se analiza la microtextura de la superficie mediante la aplicación del Péndulo de Fricción TRRL in situ. La localización de los puntos de ensayo es representativa del tramo evaluado, dependiendo directamente de la uniformidad de la superficie. Para obtener un resultado

admisible se efectúan en secciones de 50 metros al menos 5 mediciones separadas 10 metros una de la otra.

Los demás aspectos relacionables con la circulación también serán relevados, entre ellos la existencia, estado y capacidad de retroreflectancia de la demarcación horizontal y el señalamiento vertical, empleando para este último aspecto equipos de medición electrónica en caso de disponerse, o sistemas de cartillas comparativas. También se relevará la existencia y características de la iluminación artificial en el tramo.

IV. CONCLUSIONES

Como conclusiones del presente trabajo puede decirse que:

- Una de las potenciales causas de inseguridad en tramos viales, asociables a fenómenos de niebla/neblina, está constituida por las características propias del tramo.
- Entre esas características se observan como de relevancia las condiciones geométricas del mismo (planimetría y altimetría), la rugosidad, la resistencia al deslizamiento (microtextura y macrotextura), demás parámetros superficiales (fisuras, desprendimientos, baches, ahuellamiento) y características complementarias (demarcación horizontal, iluminación artificial, etc.).
- Cada uno de estos parámetros es factible de ser medido en estudios relacionados, con herramientas de diversa índole, que deben ser seleccionadas para el caso en particular en función de la disponibilidad y envergadura del problema a analizarse.
- Es posible encontrar una relación de escala en tal sentido en los tramos de la RN33 a ser implicados en el estudio.

REFERENCIAS

- [1] Thenoux Z. Guillermo, Gaete P. Rodrigo. "Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico", Revista Ingeniería de Construcción. Chile, 2012.
- [2] Mendoza Díaz A., Quintero Pereda F. L., Mayoral Grajeda E. F. "Seguridad vial en carreteras", Instituto Mexicano de Transporte. Secretaria de comunicaciones y transportes, 2003.
- [3] Dirección de Vialidad Nacional, Misión y Visión. Ministerio de Transporte de la Nación. www.vialidad.gov.ar
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials, Interim Guide for Design of Pavements Structures, Washington D.C., 1972.
- [5] Paterson, W., Road Deterioration and Maintenance Effects. Models for Planning and Management, Highway Design and Maintenance Standars Model HDM-III, Volumen III, World Bank, Transportation Departament, Washington D.C., 1987.
- [6] Corros B. M., Urbáez P. E., Corredor M. G. Evaluación de Pavimentos, Módulo III. Manual de Evaluación de Pavimentos, Maestría en Vías Terrestres. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción. Nicaragua, 2009.
- [7] Rivera, J. J. Curso de gestión del transporte "Sistemas de gestión de redes viales". Especialización en Transporte. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. Buenos aires, 2016.
- [8] Del Aguila Rodríguez P. "Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión". X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, Sevilla, España, 1999.