

**IAG442-07-2013**  
**PROGRAMAS DE GESTIÓN DE LA FRICCIÓN ENTRE EL NEUMÁTICO  
Y EL PAVIMENTO: UNA HERRAMIENTA CLAVE PARA MEJORAR LA  
SEGURIDAD VIAL**  
**SISTEMA DE GESTÃO DO ATRITO ENTRE O PNEU E O PAVIMENTO:  
UMA FERRAMENTA CHAVE PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA  
RODOVIÁRIA**

Gerardo W. Flintsch  
Director, Center for Sustainable Transportation Infrastructure, Virginia Tech Transportation  
Institute, Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Virginia Tech  
Blacksburg, VA, USA  
[gflintsch@vtti.vt.edu](mailto:gflintsch@vtti.vt.edu)

Edgar David de León Izeppi  
Senior Research Associate, Virginia Tech Transportation Institute, Virginia Tech  
Blacksburg, Virginia  
[edeleoni@vt.edu](mailto:edeleoni@vt.edu)

Alejandra Medina  
Senior Research Associate, Virginia Tech Transportation Institute, Virginia Tech  
Blacksburg, Virginia  
[amedina@vtti.vt.edu](mailto:amedina@vtti.vt.edu)

## **Resumen**

En los últimos diez años ha habido un incremento en los esfuerzos para mejorar la seguridad vial en los Estados Unidos, poniéndose énfasis en el comportamiento de los pilotos y su interacción con la carretera. Nueva legislación también ha impuesto nuevos requerimientos de seguridad a la Administración Federal de Carreteras (FHWA) para que provea orientación en cuanto al mejoramiento de la seguridad vial. Específicamente, se puede mencionar el Programa de Mejoramiento de Seguridad Vial (HSIP) por medio del nuevo *Manual de Seguridad* publicado por la Asociación de Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO). Sin embargo, a pesar de que AASHTO también publicara la nueva *Guía para la Fricción del Pavimento*, el manual no toma en cuenta la contribución que las propiedades superficiales tienen en la seguridad vial a pesar de que están bien documentadas las razones para el uso de la fricción y la textura entre el pavimento y los neumáticos, y sus relaciones con los accidentes. Este trabajo presenta un resumen del estudio hecho para establecer la interacción que existe entre fricción, textura, y accidentes, y como pueden utilizarse para establecer programas para la reducción accidentes.

## **Resumo**

Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento dos esforços para melhorar a segurança rodoviária nos Estados Unidos, com particular incidência no comportamento dos condutores e sua interação com a rodovia. A legislação colocada recentemente em vigor requiere que Administração Federal de Rodovias (FHWA) estabeleça linhas orientadoras de acção que

promovam a melhoria da segurança rodoviária. Como exemplo, pode mencionar-se o novo Manual de Segurança, publicado pela Associação de Estradas Estatais e Transportes (AASHTO), no âmbito do Programa de Melhoria da Segurança Rodoviária (HSIP). Contudo, apesar da publicação por parte da AASHTO do novo *Guia para o Atrito dos Pavimentos*, o manual não tem em consideração a contribuição das características superficiais dos pavimentos para o aumento da segurança rodoviária, não obstante o reconhecimento da relação entre a textura e o atrito entre o pneu e o pavimento e a ocorrência de acidentes rodoviários. Este artigo apresenta o resumo de um estudo que pretendeu estabelecer a interacção existente entre atrito, textura e acidentes rodoviários, e a forma como estas características podem ser utilizadas na elaboração de programas destinados a reduzir a ocorrência de acidentes rodoviários.

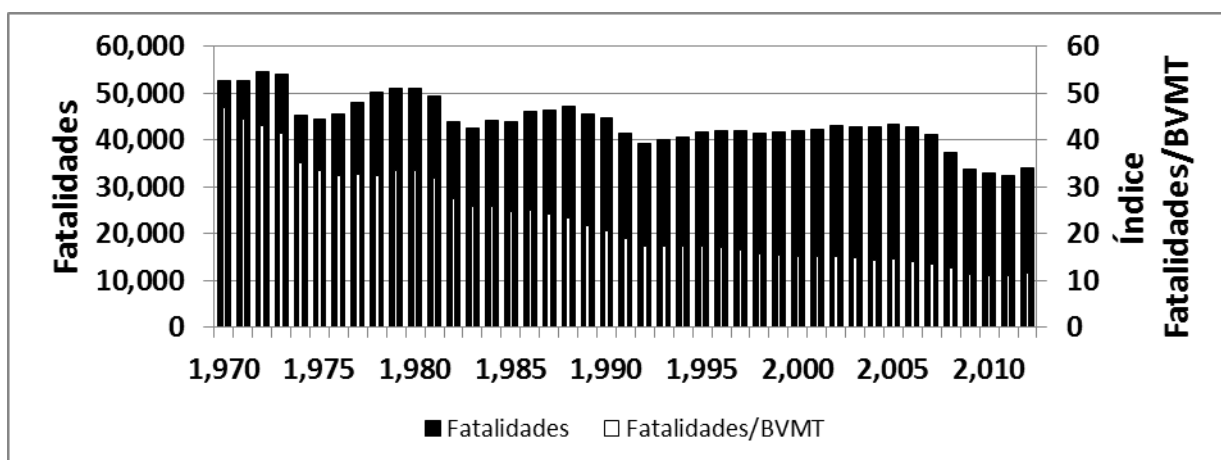
## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

En los Estados Unidos, la seguridad vial es un tema crítico en el área de transporte. La Administración Nacional de Seguridad del Tráfico Vial (NHTSA) reportó para el año 2,010 un total de 5,419,000 de accidentes que causaron 33,000 muertes y 2,300,000 de lesiones personales (NHTSA, 2012). El costo total por concepto de gastos médicos, servicios de emergencia, daños a la propiedad y pérdidas en la productividad han sido estimadas en cientos de billones de dólares al año basados en las varias estimaciones (Blincoe et al. 2002, Miller and Zaloshnja 2009, y Cambridge Systematics 2011).

A través de los años, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) ha estado llevando la cuenta del número total de fatalidades y derivando un índice de fatalidades por distancia recorrida (generalmente en millas vehiculares recorridas o VMT por sus siglas en inglés), así como el número de lesiones personales y su correspondiente índice por distancia recorrida. El DOT tiene siempre la meta de reducir el índice de fatalidades en sus carreteras. En el año 2003, se propuso la meta de reducir de 15 a 10 fatalidades por cada billón de millas recorridas (BVMT) en los próximos cinco años (Ostensen 2005).

**Figura 1: Fatalidades e Índice de fatalidades/BVMT en los Estados Unidos (1970-2012)**



Fuentes: National Highway Traffic Safety Administration 2013 (NHTSA), FARS report y USDOT, FHWA Traffic Volume Trends 2013

Como se muestra en la Figura 1, el número de fatalidades en las carreteras ha ido disminuyendo gradualmente desde un punto más alto de 54,589 en el año 1972, hasta menos de 40,000 después del 2007, habiéndose tenido un mínimo en el año 2011 de 32,367 (NHTSA 2013). Con respecto al índice de fatalidades por distancia recorrida se puede ver una reducción continua y sostenida desde el inicio de la gráfica, habiéndose alcanzado la tasa más baja también en el año 2011 con 11.0 fatalidades/BVMT, encima de la meta de 10 propuesta para el 2008. A pesar del incremento en los precios de los combustibles y la recesión económica desatada en el 2008, la cual a su vez redujo la cantidad de millas recorridas (2% entre 2007–2010), la reducción en los accidentes y su índice por distancia recorrida, se han mantenido relativamente constantes.

De igual manera podemos citar que el número de lesiones personales también se han reducido, y como es de esperarse también su índice por distancia recorrida, a excepción de un incremento que hubo en los años noventa. Debido a ello, se llevaron a cabo varias campañas de concientización: uso de los cinturones de seguridad, asientos para niños, control y penalización de conductores en estado de ebriedad, y además se mejoraron significativamente los sistemas de emergencia en los vehículos con las bolsas de aire y los sistemas de estabilidad electrónica para el control de los vehículos. En el lado de la construcción, el uso de rumble strips (indentaciones o corrugamientos al lado del carril) elaborados para despertar a pilotos dormidos, mejor señalización y demarcaciones en las vías pueden también haber contribuido a la disminución.

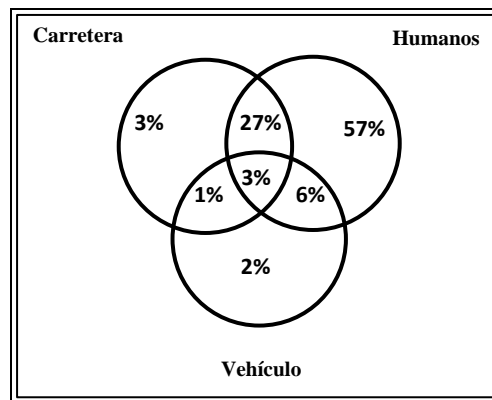
En el año 2010, la FHWA y AASHTO establecieron una nueva meta la cual se orientará a reducir el número total de fatalidades en lugar de un índice. Esta meta es parte de una iniciativa global que pretende reducir el número de fatalidades a la mitad (50%) en los próximos diez años (2010–2020) la cual se ha denominado Hacia Cero Muertes (TZD). Cabe notar aquí que la reducción total de fatalidades que se puede observar en la Figura 1 es de solamente un 24%. En comparación, en el mismo período (1970–2010), en promedio, 16 países de Europa han logrado reducir el número total de fatalidades en un 65%, Australia 68%, Canadá 65%, y Nueva Zelanda 44% (IRTAD, 2010). Cabe entonces preguntarse si esto será posible en los Estados Unidos. De 1994 al 2011, hay algunos estados como Minnesota, Illinois, y Michigan que han logrado reducir sus fatalidades en más de 35%, pero hay otros que hasta las han incrementado. El promedio total en ese período es de una reducción de únicamente 21% como nación (NHSTA, 2013).

Existen varios factores que contribuyen a este alto número de accidentes y lesiones, las cuales se pueden subdividir en tres grandes categorías:

- Factores humanos (comportamiento del piloto y/o pasajero(s)) – estos incluyen agresividad, distracciones, reducción de capacidades, y la falta de uso de los cinturones.
- Factores vehiculares (diseño y condición) – estos incluyen deficiencias mecánicas en la dirección, los frenos, o la falta de operación en los sistemas de protección y restricción al impacto.
- Factores de la carretera (diseño y condición) – estos incluyen el diseño geométrico (curvas horizontales, verticales, anchos de carriles, hombros, pendientes), control del tráfico (barreras, medianas, señalización, señales, demarcación), propiedades superficiales (fricción, textura, perfil) y condición (baches, ahuellamientos, etc.).

No se puede saber con exactitud en qué porcentaje cada una de estas categorías influyen en cada accidente de tráfico, pero se presume que los factores humanos son los que tienden a predominar, seguido por los factores de la carretera y, por último, los factores vehiculares. Se presume también que existen interacciones entre los mismos, causando a veces una superposición de los mismos. De esta cuenta, se ha mencionado en un estudio elaborado en Estados Unidos e Inglaterra, que si solo se toman en cuenta los factores de la carretera estos son responsables únicamente del 3% de los accidentes, los factores humanos del 57%, y los factores de los vehículos del 2%. Si se toman en cuenta, por ejemplo, los factores de la carretera aquellos que se puedan ver influenciados por los factores humanos, entonces estos pueden llegar a ser responsables de hasta el 34%, como se pueden observar en la figura 2 (Rumar, 2000).

**Figura 2 Contribución de los diferentes factores en accidentes (Rumar, 2000)**



En una evaluación de accidentes en los Estados Unidos en el 2006 acerca de la condición deficientes de la carretera, se pudieron identificar y definir 22 diferentes condiciones específicas, incluyendo semáforos no operacionales, congestión, problemas de peralte, superficies mojadas y/o congeladas, y deficiencias en el diseño geométrico. Se pudieron identificar que las mismas contribuyeron al 52.7% de las 42,642 fatalidades y al 38.2% de los 5,746,231 accidentes sin fatalidades (Miller and Zoloshnja 2009). Aunque este así como otros estudios no evaluaron la contribución específica de las propiedades superficiales a los accidentes, en un reporte de 1980 de la Comisión de la Seguridad del Transporte (NTSB), concluyó que, en los Estados Unidos, existe una probabilidad entre 3.9 a 4.5 veces más de que ocurran accidentes fatales en pavimentos en condición mojada, comparados con pavimentos en condición seca (IIHS 1980). La NTSB, así como la FHWA, han reportado, respectivamente, que el 13.5% y el 18.8% de las fatalidades ocurren cuando el pavimento se encuentra en condición mojada (Dahir and Gramling 1990; FHWA 1990). Otros estudios también mencionan que hasta un 70% de los accidentes en condiciones mojadas se pueden prevenir o minimizar mejorando la fricción y la textura del pavimento (Henry 2000).

### **Actividades para el mejoramiento de la seguridad vial**

La mayoría de los esfuerzos realizados en los Estados Unidos para mejorar la seguridad vial han sido enfocados en los factores humanos y del vehículo. Aquellos esfuerzos que se han dirigido al mejoramiento de los factores de la carretera han tendido en enfocarse exclusivamente en el diseño geométrico y en los mecanismos para el control del tráfico. Esto se ve reflejado en

aquellas regulaciones y guías elaboradas recientemente: el Programa de Mejoramiento de Seguridad Vial (HSIP) de la FHWA, su guía de aplicación elaborada por la AASHTO (Guía para la Implementación del Programa Estratégico de Seguridad Vial) conocida como la serie 500 NCHRP, y el nuevo *Manual de Seguridad* publicado la AASHTO en el 2010.

No ha sido sino hasta muy recientemente que, debido al incremento en los estudios que se hicieron para estudiar las propiedades superficiales de los pavimentos a mitad de los años noventa, la FHWA ha desarrollado guías para mejorar la Textura Superficial de los pavimentos de Asfalto y Concreto (Technical Advisory T5040.36, 2005), guía para el Establecimiento de los Programas de Gestión de la Fricción del Pavimento (Technical Advisory T5040.38, 2010) y la AASTHO publicó en el año 2008 la nueva *Guía para la Fricción del Pavimento* (Hall 2009).

Derivado de éstos esfuerzos y reconociendo la necesidad para proveer dirección en la implementación de los Programas de Gestión de la Fricción del Pavimento (PFM), la FHWA está financiando un estudio para desarrollar y llevar a cabo la implementación de PFM en cuatro estados usando como referencia la nueva Guía del 2008. La fase 1 de este proyecto consistió en la revisión de los esfuerzos para la cuantificación de las relaciones entre la fricción y la textura del pavimento y los accidentes, así como una investigación de todas los programas y la práctica de seguridad vial en los Estados Unidos y el resto del mundo. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio detallado de todos los equipos disponibles para medición de fricción y textura de los pavimentos. Esto es necesario para poder recomendar el equipo que se considera que es el más adecuado para poder llevar a cabo las mediciones a nivel de la red vial y recolectar toda la información necesaria para poder implementar un PFM exitosamente en la fase 2.

Este trabajo presenta un resumen del estudio el cual se ha concentrado en establecer los parámetros para poder analizar la interacción que existe entre la fricción, la textura, y los accidentes, y como se pueden utilizar para establecer programas para la reducción accidentes viales. También se lleva a cabo una revisión de los programas y la práctica de seguridad vial que fueron analizados, basados desde exclusivamente el análisis de accidentes hasta los que utilizan mediciones de la fricción y la textura a nivel de toda la red vial y su efecto en los accidentes. Al final, se presentan las conclusiones principales del estudio y como se relacionan al plan para el desarrollo de PFM en los cuatro estados (a ser identificados en la fase 2).

## **EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS ACERCA DE LAS INTERRELACIONES ENTRE EL FRICCIÓN Y LA TEXTURA DEL PAVIMENTO Y LOS ACCIDENTES**

Como se dijo anteriormente, los accidentes son causados por varios factores pero la investigación ha demostrado que existe una relación entre los accidentes y las condiciones de la superficie de los pavimentos como lo son su fricción y textura. La relación es más fuerte en aquellos pavimentos que se encuentran en condición mojada y que a la vez muestran niveles bajos fricción, y a la misma vez, también hay pruebas de que aun en pavimentos en condición seca con baja fricción, las probabilidades de tener accidentes se incrementan.

La investigación que se llevó a cabo entre las relaciones entre la fricción y la textura versus accidentes, servirá para poder establecer los parámetros de referencia a ser utilizados en la fase 2

que servirán para implementar los PFM. Específicamente estas relaciones servirán para (a) establecer un marco de referencia para monitorear el nivel de seguridad de los pavimentos, (b) identificar el mejor equipo para la medición de la fricción y la textura de los pavimentos que será utilizado en el PFM. Este equipo deberá de tener la capacidad de poder detectar aquellas condiciones que tienen la mayor probabilidad de producir accidentes para la mayor cantidad de carreteras en diferente condición, y (c) establecer los niveles de fricción y textura adecuados para investigación y de intervención debajo de los cuales se ameritan estas acciones.

La investigación se limitó a los estudios realizados en los últimos 5 a 10 años, así como la revisión del trabajo realizado por Cairney (1997) y Hall et al. (2009), los cuales sintetizan la investigación realizada desde los años sesenta hasta el principio del Nuevo milenio. En total, se analizaron más de 25 documentos, la mitad de los cuales representan el trabajo de los diferentes estados, como por ejemplo, Florida, Virginia, Ohio, Nueva York y Carolina del Norte y los del DOT/FHWA, y la otra mitad son estudios realizados en otros países como Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, y Suiza. Cada investigación se resumió así:

- Objetivo físico del estudio y su marco de referencia
- Áreas de seguridad vial estudiadas, incluyendo el tipo de accidentes
- Tipos datos de fricción, textura y accidentes analizados
- Métodos de análisis utilizados
- Conclusiones y resultados del estudio

En algunos estudios, se analizaron la fricción, la textura y los accidentes de tramos o corredores específicos de carreteras, mientras que en otros lo hicieron en redes viales específicas. Los intervalos de análisis variaron de 1 a 8 años, con comparaciones antes y después a intervalos mayores. Los periodos de análisis fueron primordialmente de 1998 a 2005.

Las secciones en particular en las cuales se concentraron los estudios fueron los tramos calientes (hot spots), las intersecciones, y los tramos de curvas horizontales. Asimismo, se analizaron varios tipos de accidentes y se encontró que los más comunes son aquellos en las intersecciones y los que resultan en los vehículos pegando en la parte de atrás por no poder detenerse a tiempo.

Los estudios llevados a cabo por los departamentos de caminos en los Estados Unidos analizaron el uso de los equipos de rueda bloqueada para medir los números de fricción o FN. Solamente un par de estos estudios incluyeron el análisis de las diferentes texturas de los diferentes tipos de pavimentos y solamente uno llevo examino la relación entre la macrotextura y los accidentes. Los estudios internacionales por lo general sí hicieron un análisis de las relaciones entre la fricción y la textura y los accidentes, derivados de los datos obtenidos con el SCRIM.

La mayoría de los estudios analizaron los accidentes en condiciones mojadas, mientras que solamente algunos consideraron la condición seca. Un estudio en particular hizo interpolaciones entre regiones de abundante lluvia y otras más secas con una proporción de seguridad líquida (LPSR). Con la excepción de un estudio que comparo varios índices de accidentes anuales e índices de accidentes en condiciones mojadas sobre los totales, la mayoría de los estudios se pueden definir en tres categorías de relaciones fricción, textura versus accidentes:

- Comparación antes y después – en donde los datos analizados se concentraron en aquellos pavimentos a los cuales se les cambio la superficie y se trató de analizar el impacto que eso tuvo en la cantidad de accidentes. Un ejemplo fue una aplicación de un pavimento poroso con aditivos de hule o caucho en una carretera interestatal en Texas (RPA 2008).
- Comparación con un estándar – en donde se encontraron valores diferentes de fricción o textura al hacer una comparación entre los tramos con alta cantidad de accidentes y otros que se consideran normales, siendo los últimos más representativos de la red vial total.
- Regresión – haciendo uso de correlaciones entre dos variables (los accidentes en función de la fricción y la textura). Generalmente éste método requiere de una gran cantidad de datos para poder encontrar relaciones significativas dentro del rango de valores típicos de una red vial.

## **ESTADO DE LA PRÁCTICA DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN DE LA FRICCIÓN**

La guía técnica TA 5040.38 *Gestión de la Fricción del Pavimento*, establece que los PFM deben de utilizar las prácticas existente para que se provean las propiedades de fricción adecuadas y durables en todas las nuevas superficies de pavimentos, las cuales deben de ser verificadas por medio de la recolección de datos que lo verifiquen (FHWA 2010). Además establece que el objetivo principal de un PFM es el de minimizar los accidentes causados por la falta de fricción, lo que implica que se debe de asegurar que las superficies sean diseñadas, construidas, y mantenidas para que se provea un adecuado y duradero nivel de fricción, identificando y corrigiendo aquellas secciones que muestren altos índices de accidentes, haciendo un buen uso de los recursos y de manera económica.

La nueva *Guía para la Fricción del Pavimento*, define un PFM como un programa sistemático para la medición y el control de las propiedades de la fricción y de los accidentes en condiciones mojadas, capaz de identificar aquellos pavimentos que están o pronto estarán en condiciones que necesitaran un tratamiento para reponer las propiedades de la fricción a un nivel adecuado (Hall et al, 2008). Mientras que reconoce que el éxito de un PFM depende de adecuados métodos constructivos y de diseño, la guía le pone más énfasis a los mecanismos que resulten en un monitoreo constante entre la fricción y los accidentes para poder reaccionar de manera pronta y anticipada a posibles condiciones que expongan a los usuarios a condiciones inseguras. La guía provee un enfoque general del proceso de gestión así como una descripción detallada para la implementación del PFM. Esta guía es el modelo para la implementación que se espera llevar a cabo en los cuatro estados en la fase 2 del proyecto, formados los siguientes componentes:

- Definición de la red vial – subdivisión en tramos homogéneos, de acuerdo a las diferentes categorías de fricción que se establezcan (curvas, intersecciones, etc.)
- Recolección de datos a nivel de red vial – estableciendo los métodos, frecuencia, condiciones, velocidad, y otros que definirán la adquisición de los datos de fricción y textura, así como los datos de los accidentes en la red vial.
- Análisis de los datos a nivel de red vial – evaluación de la fricción y la textura para hacer una evaluación de la red e identificar los lugares con deficiencias. Se pueden establecer dos niveles (investigación e intervención) debajo de los cuales se debe de actuar o hacer una investigación detallada.

- Investigaciones detalladas – evaluación de aquellas secciones en donde el nivel encontrado se considera deficiente para determinar las causas y sus posibles soluciones.
- Selección y priorización de los tratamientos a seguir a corto y largo plazo – plan de acción específico para lograr devolver un nivel adecuado de fricción y/o textura a las superficies de los pavimentos, identificando los métodos, los costos y beneficios en cada sitio, y las estrategias a seguir para su implementación.

La nueva *Guía para la Fricción del Pavimento* representa un cambio radical en la manera en que se analizan e identifican los lugares en donde existen los posibles lugares con deficiencia de fricción o textura. Anteriormente, la guía técnica TA 5040.17 *Programa para la Reducción de Accidentes de Fricción* se enfocaba en el análisis de los accidentes para poder identificar aquellas áreas en donde se creía que ameritaba la medición de la fricción para determinar si efectivamente requería de alguna intervención (FHWA 1980). Esta guía fue anulada al emitirse la nueva guía TA 5040.38 Guía de los PFM.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones principales del análisis de los estudios realizados para encontrar relaciones entre la fricción, la textura y los accidentes viales, en lo que se refiere a su implementación de los PFM en los cuatro estados en la fase 2, son los siguientes:

- Relación Fricción – Accidentes: la idea de correlacionar la fricción de la superficie del pavimento con los accidentes viales ha existido por largo tiempo. Muchos estudios se han llevado a cabo en los últimos cincuenta años con diferentes grados de éxito. Debido a que existen muchos factores que intervienen en las causas de los accidentes, no se han encontrado relaciones completamente exactas que permitan asegurar la detección de las necesidades de la fricción en las carreteras.
- Efecto del equipo utilizado para la medición de la fricción – a pesar de que todos los equipos evaluados tienen deficiencias similares en establecer la relación fricción – accidentes, se pudo identificar una ventaja significativa del SCRIM sobre los equipos de rueda bloqueada normalmente utilizados en los Estados Unidos, porque se parecen mejor al funcionamiento de los sistemas de frenado anti-bloqueo o ABS utilizados en la mayoría de los vehículos actuales. Otra ventaja significativa es el uso de un sistema de medición continua que definitivamente brinda una cobertura más completa que las medidas esporádicas, lo que lo hace ideal para las mediciones a nivel de red vial.
- Relación Textura – Accidentes: todavía no se tiene bien claro cuál es el rol de la macrotextura en la prevención de accidentes. Este tipo de estudios no se han llevado a cabo en la cantidad necesaria para poder sacar conclusiones válidas, inclusive constantemente cuestionado el parámetro en sí utilizado para su cálculo. Nuevas tecnologías en estado de experimentación complican la deducción de su aplicación a corto plazo, aunque sí se reconoce que un incremento en este parámetro parece ayudar a la fricción.
- Tipos de pavimento – el efecto de la medición de la fricción en los pavimentos flexibles se ve afectada más por las grandes variaciones en cuanto a diferencias de clima. Algunos estudios de la FHWA han atribuido un incremento dramático en la cantidad de accidentes en pavimentos flexibles en los meses calurosos e húmedos del verano en comparación



con los pavimentos rígidos. Otro efecto negativo que se encontró en los pavimentos flexibles, fue la mayor cantidad de accidentes que se encontraron en los primeros años de su construcción, probablemente debidos a un exceso de asfalto, el cual ha sido referido como “bitu-planeo” (Bullas y Hounsell 2008).

- Consideraciones climáticas – la fricción se ve reducida considerablemente en condiciones mojadas, por lo que la lluvia, la humedad, el sereno u otras fuentes de agua incrementan la posibilidad de accidentes. Este debe de ser un factor que se debe de tener en cuenta en la etapa del diseño de la superficie del pavimento para que se eviten accidentes.
- Consideraciones vehiculares – diferentes tipos de vehículos afectaran la capacidad de frenado, maniobrabilidad y aceleración en la carretera. Estos factores complican el análisis de los accidentes, lo que explica la falta de estudios respecto al efecto de los vehículos en la relación de la fricción, la textura y los accidentes. Actualmente, se espera que la proliferación de los famosos estudios de manejo naturales puedan proveer más información al respecto de este tema (Larson and Smith 2011).
- Desarrollo de programas de PFM – en el desarrollo y la implementación de los PFM se debe de considerar cuidadosamente el tamaño y cobertura para definir la red vial a ser gestionada. No se puede pretender que todas las vías se mantendrán con altos niveles de fricción porque los costos serían prohibitivos, sino más bien esto se deberá de hacer luego de evaluaciones considerando un riesgo adecuado.
- Categorías de demanda de fricción – se deben de considerar las necesidades de los diferentes elementos de la red vial y entenderse de que estos no tienen por qué tener los mismos niveles de fricción, por ejemplo en tangentes en nivel plano y curvas en terreno montañoso. Esto permitirá poder establecer niveles de fricción más reales con la verdadera necesidad y mantendrá más bajo el costo de su mantenimiento.
- Calibración y/o armonización del equipo – este es un tema que recién se le ha dado más importancia a nivel internacional, pero si se hacen cambios en los Estados Unidos, la necesidad de la comparación con datos históricos, le dará más importancia. Los diferentes factores (llanta, velocidad, porcentaje del bloqueo, cantidad de agua, etc.) hacen de los intentos de armonización, un tema complicado.

## REFERENCIAS

1. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2008, Guide for Pavement Friction, AASHTO Technical Committee on Pavements, Washington, D.C.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2010, Highway Safety Manual: Volumes 1 through 3, First Edition, AASHTO, Washington, D.C.
3. Blincoe, L., A. Seay, E. Zaloshnja, T. Miller, E. Romano, S. Luchter, and R. Spicer, 2002, Economic Impact of Motor Vehicle Crashes 2000, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C.
4. Bullas, J. C. and N. Hounsell, 2008, “Bituplaning: The Truth and the Friction concerning Dry Friction and New Bituminous Road Surfaces,” Second International Safer Roads Conference, Transportation Research Laboratory (TRL), the County Surveyors Society and the Institute of Asphalt Technology, Cheltenham, England.

5. Cairney, P., 1997, Skid Resistance and Crashes—A Review of Literature, Research Report ARR 311, ARRB Transport Research, Melbourne, Victoria, Australia.
6. Cambridge Systematics, 2011, Crashes vs. Congestion – What’s the Cost to Society? American Automobile Association (AAA), online at [http://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2011/11/2011\\_AAA\\_CrashvCongUpd.pdf](http://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2011/11/2011_AAA_CrashvCongUpd.pdf).
7. Dahir, S. H. and W. L. Gramling, 1990, Wet-Pavement Safety Programs, NCHRP Synthesis of Highway Practice 158, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, D.C.
8. Federal Highway Administration (FHWA), 1980, Skid Accident Reduction Program, Technical Advisory T 5040.17, FHWA, Washington, D.C.
9. Federal Highway Administration (FHWA), 1990, 1990 NPTS Databook, FHWA-PL-94-010, FHWA, Washington, D.C.
10. Federal Highway Administration (FHWA), 2005, Surface Texture for Asphalt and Concrete Pavements, Technical Advisory T 5040.36, FHWA, Washington, D.C.
11. Federal Highway Administration (FHWA), 2010, Pavement Friction Management, Technical Advisory T 5040.38, FHWA, Washington, D.C.
12. Hall, J., K.L. Smith, L. Titus-Glover, J.C. Wambold, T.J. Yager, and Z. Rado, 2009, Guide for Pavement Friction—Contractor’s Final Report for NCHRP Project 1-43, NCHRP Web-Only Document 108, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Washington, D.C.
13. Henry, J.J., 2000, Evaluation of Pavement Friction Characteristics, NCHRP Synthesis 291, National Cooperative Highway Research Program, Washington, D.C.
14. Herbel, S., L. Liang, and C. McGovern, 2010, Highway Safety Improvement Program (HSIP) Manual, Report FHWA-SA-09-029, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
15. Insurance Institute for Highway Safety (IIHS), 1980, Status Report, Volume 15, Number 8, IIHS, Washington, DC.
16. Larson, R. and K.L. Smith, 2010, Relationship between Pavement Surface Characteristics and Crashes: Volume I Synthesis Report, Final reported prepared for Federal Highway Administration, Washington, D.C.
17. Miller, T. R., and E. Zaloshnja, 2009, On a Crash Course: The Dangers and Health Costs of Deficient Roadways, the Transportation Construction Coalition, Washington, D.C.
18. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2013, Traffic Safety Facts, NHTSA, Washington, D.C.
19. Ostensen, A.G. 2005, “New Focus for Highway Safety,” Public Roads magazine, Volume 68, Number 5, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
20. Rubber Pavements Association (RPA), 2008, “Safety on Friction Courses-Update,” Volume 11, Number 1, Rubber Pavements News, Online at [www.rubberpavements.org](http://www.rubberpavements.org).
21. Wallman, C.G. and H. Astrom, 2001, Friction Measurement Methods and the Correlation Between Road Friction and Traffic Safety, Swedish National Road and Transport Research Institute, VTI Meddelande 911A, Linköping, Sweden.