

EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS CHILENOS

VICTOR ROCO H, Ingeniero Civil

Laboratorio Nacional de Vialidad, Chile, yroco@entelchile.net

CLAUDIO FUENTES L, Ingeniero Civil

Gauss S.A. Chile, claudio.f@gaussindex.cl

SERGIO VALVERDE P., Ingeniero Civil

Gauss S.A. Chile, sergio.valverde@gaussindex.cl

RESUMEN

Una de las principales características que debe cumplir un pavimento, se refiere a disponer de una superficie que asegure una buena adherencia con los neumáticos en todo instante y especialmente en zonas de frenado y curvas cuando el pavimento se encuentra mojado, lo cual es fundamental para la seguridad de los usuarios.

Existen distintos procedimientos de ensayos para determinar esta propiedad. En Chile para determinar el coeficiente de fricción se ha utilizado inicialmente el Péndulo Británico, el cual mide en forma puntual. Recientemente el Laboratorio Nacional de Vialidad ha adquirido el equipo SCRIM que permite medir en forma continua este parámetro y con un alto rendimiento.

El presente trabajo busca relacionar los resultados entregados por ambos equipos, de modo que su aplicación a futuro de ambos sea comparable.

1. INTRODUCCION

Una de las principales características que debe cumplir un pavimento, se refiere a disponer de una superficie que asegure una buena adherencia con los neumáticos en todo instante y especialmente en zonas de frenado, curvas y cuando el pavimento se encuentra mojado, lo cual es fundamental para la seguridad de los usuarios.

Esta adherencia pavimento neumático o resistencia al deslizamiento va disminuyendo en el tiempo por efecto del pulimiento causado por el tránsito, llegando a constituirse en un importante indicador del comportamiento del pavimento. Un parámetro importante en la adherencia es el coeficiente de fricción.

Este coeficiente se puede cuantificar físicamente mediante un factor que resulta de la relación entre la fuerza de fricción desarrollada en la interface de un neumático impedido de rodar con el pavimento y el peso sobre el neumático. Debido a la importante influencia del agua en esta

propiedad, los distintos métodos han optado por normalizar los ensayos en condiciones de pavimento mojado, velocidad y tipo de neumáticos (HRB, 1972).

Existen distintos procedimientos de ensayos para determinar la resistencia al deslizamiento. Dentro de los más conocidos a nivel internacional se encuentran: el SCRIM, Mu Meter y Grip Tester para mediciones continuas de alto rendimiento; y el Péndulo TRRL para medidas puntuales de bajo rendimiento. Estos dispositivos en general sirven para caracterizar la resistencia al deslizamiento a medianas velocidades (50 km/hr) (Lees, 1978).

En Chile se ha utilizado inicialmente el Péndulo Británico, el cual tiene un bajo rendimiento si se desea aplicar a nivel de red; Recientemente, el Laboratorio Nacional de Vialidad ha adquirido el equipo SCRIM que permite medir este parámetro en forma continua y con un alto rendimiento.

Al comparar los resultados de mediciones entre ambos equipos en los mismos tramos, existen diferencias entre los valores obtenidos. Algunas razones entre otras, se puede deber a la distinta forma en que se realizan las mediciones, a la mayor o menor influencia que puede tener la Microtextura y Macrotectura superficial en cada uno de los dispositivos.

El presente trabajo busca relacionar los resultados entre ambos equipos, de modo que su aplicación a futuro sea comparable, y poder establecer algunas recomendaciones en cuanto a los umbrales de exigencia para referirse a uno u otro equipo.

2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

La resistencia al deslizamiento es la fuerza desarrollada entre la superficie del pavimento y los neumáticos, que estando impedidos de rotar, deslizan a lo largo de la superficie. El reconocimiento de la importante influencia de la presencia de agua en la superficie ha llevado a definir en forma explícita un coeficiente de fricción (f) determinado con el pavimento mojado (Lees, 1978).

$$f = \frac{F_a}{N} \quad (1)$$

donde:

f = coeficiente de fricción con el pavimento mojado

F_a = fuerza de fricción con el pavimento mojado

N = peso sobre la rueda

Existen dos situaciones básicas que condicionan la seguridad del usuario por una baja resistencia al deslizamiento. Estas son, la salida de un vehículo desde el camino en una curva y el deslizamiento ante una frenada de emergencia.

Esto ha llevado a definir dos tipos de coeficientes de fricción (Poncino, 2001):

- Coeficiente de fricción longitudinal
- Coeficiente de fricción transversal

2.1 Coeficiente de fricción longitudinal

Este se determina mediante equipos que deslizan una rueda sobre el pavimento en el sentido longitudinal, pero a una velocidad de rotación menor que la de rodadura, lo cual genera una fuerza de fricción. Esto representa mejor la situación de un frenado de emergencia en el sentido longitudinal.

Algunos de los equipos más conocidos que miden el coeficiente de fricción longitudinal son el Trailer ASTM de Estados Unidos y el GRIPTESTER de Gran Bretaña.

2.2 Coeficiente de fricción transversal

En este caso el equipo de medición desliza una rueda sobre el pavimento pero con una inclinación respecto a la dirección de circulación, lo cual genera una fuerza de reacción transversal. Esto representa mejor la situación de derrape de un vehículo en zonas de curvas.

Algunos de los equipos más conocidos que miden el coeficiente de fricción transversal son el SCRIM y el MuMeter desarrollados en Gran Bretaña.

Cabe señalar, que cada ensayo con su equipo asociado tiene condiciones propias de medición como ser: dispositivos de provisión de agua, velocidad, temperatura, etc., por lo cual los resultados obtenidos por cada tipo de equipo no son comparables directamente entre si.

2.3 Caracterización de la Superficie

Las características de resistencia al deslizamiento de un pavimento, se puede definir considerando que la adherencia superficial está determinada por dos tipos de condiciones: microtextura y Macrotextura (Gaete et al, 1988) (Figura 1).

La Microtextura corresponde a la textura superficial propia de la superficie de los agregados pétreos, las cuales pueden presentar características de tipo áspero o pulida. En general, los áridos utilizados en Chile por su mayor dureza presentan un menor desgaste o pulimiento.

La Macrotextura en cambio, se refiere a la textura superficial del pavimento, proveniente del efecto conjunto de las partículas de los agregados pétreos que sobresalen de la superficie. En este caso, las propiedades de la Macrotextura están dadas por el tipo de mezcla que exista en la superficie. En el caso de mezclas drenantes o tratamientos superficiales, la macrotextura será del tipo grueso, mientras que en el caso de mezclas densas convencionales, la macrotextura será más bien fina.

Por lo tanto, la resistencia al deslizamiento que presente un pavimento, será en general el resultado de la combinación microtextura - macrotextura que presente la superficie.

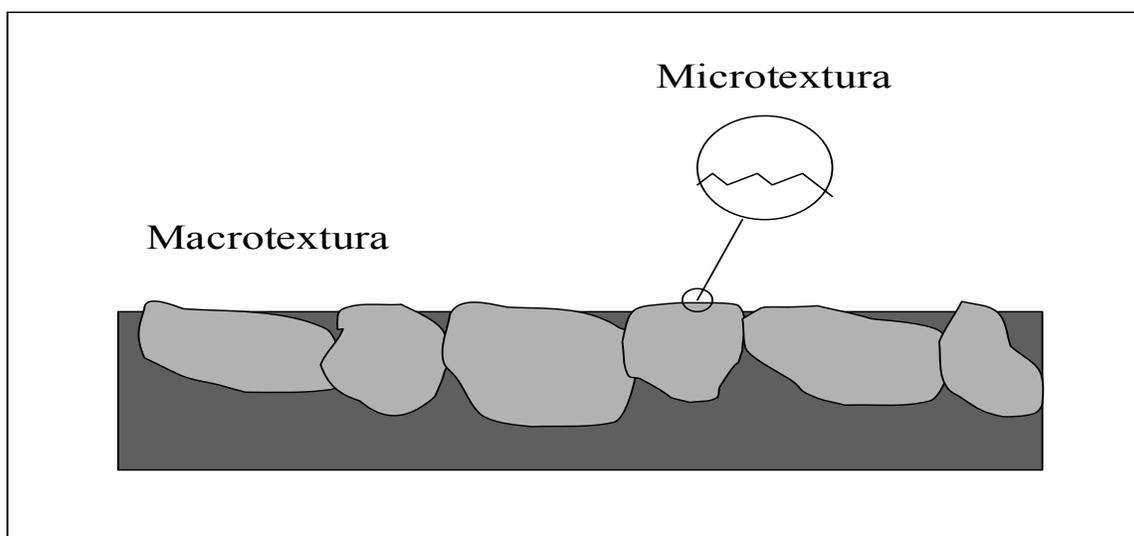


Figura 1 Diferencia entre microtextura y macrotextura

3. MEDICIONES DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN CHILE

Los primeros estudios y evaluaciones realizados en Chile en relación a la resistencia al deslizamiento se han efectuado utilizando el equipo Péndulo de Fricción (Gaete et al, 1988). El Laboratorio Nacional de Vialidad realizó en un principio evaluaciones con equipos de alto rendimiento, como el equipo Mu Meter, el cual permite determinar la fuerza de fricción lateral (Salgado y Fuentes, 1990). Actualmente las evaluaciones a nivel de red se realizan con equipo SCRIM, existiendo desde su llegada al país (1999) a la fecha, aproximadamente 6.000 Km de auscultación continua de fricción.

3.1 Péndulo de Fricción TRRL

Respecto al Péndulo de Fricción, este es un dispositivo muy difundido internacionalmente, principalmente por su bajo costo en comparación a otros equipos más sofisticados. Este equipo desarrollado por el TRRL, tiene sus mediciones normalizadas según ASTM E-303, el cual se muestra en la Figura 2. Para efectuar la medida, este se ajusta de modo que el patín de goma, fijado en el péndulo, recorra una distancia normalizada en la superficie a medir. El péndulo se balancea desde la vertical hasta el reposo. La pérdida de energía del péndulo debido a la fricción del pavimento se registra en una escala graduada. Este instrumento es indicativo de la resistencia al deslizamiento a bajas velocidades (< 50 km/hr), por consiguiente provee medidas para la microtextura. La medición entrega como resultado el valor BPN (British Pendulum Number).



Figura 2 Péndulo TRRL

Sin embargo, la gran desventaja de este procedimiento es su bajo rendimiento, requiriendo gran despliegue de seguridad al momento de la medición con la consecuente obstaculización del tránsito lo que limita su aplicación al nivel de red.

3.2 SCRIM (Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine)

Dada la importancia de este indicador, y el creciente aumento de los kilómetros de redes concesionadas a las cuales es necesario evaluar por sus mayores velocidades de operación, el Laboratorio Nacional de Vialidad adquirió el equipo SCRIM (Figuras 3 y 4).

De diseño británico, este aparato permite apreciar la adherencia de los pavimentos midiendo el Coeficiente de Fricción Transversal de modo continuo. Se realiza la medición en forma continua en carretera mojada (aproximadamente 0,5 mm de agua) a 50 km/h en carretera y 100 km/h en autopistas. El SCRIM es un camión que lleva una cisterna de 5000 litros, lo que le da una autonomía de 60 km. continuos de medición, dotado de una rueda de medición en el lado derecho, que efectúa la medición en la línea de rodadura. La rueda de medición, cargada con una masa de 200 kg y con un neumático liso, forma un ángulo de 20° con la trayectoria del camión; el riego de la calzada se hace desde la cisterna justo delante de la rueda. El SCRIM dispone de equipos especiales para la adquisición y procesamiento de la información.



Figura 3 Vista General del Scrim

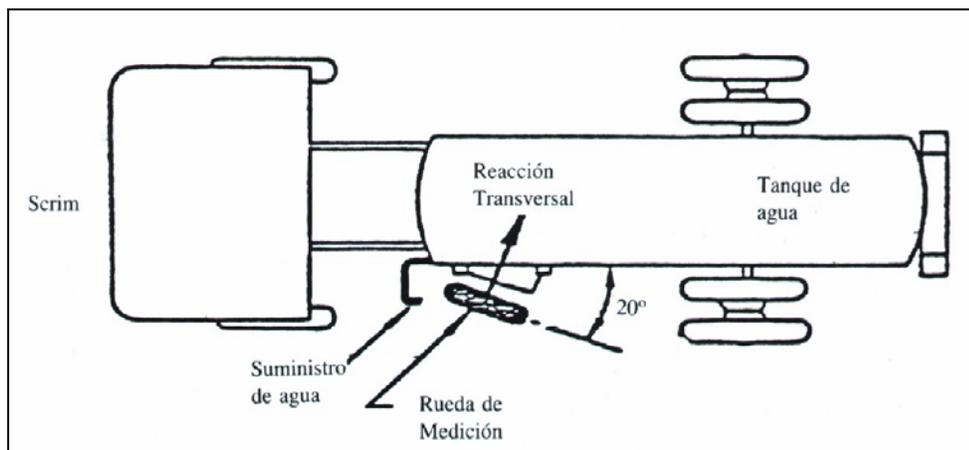


Figura 4 Esquema de la Rueda Inclinada

3.3 Medición de la Macrotextura Superficial

Otra medida complementaria utilizada en Chile es el método del Círculo de Arena para determinar la textura superficial de un pavimento. Es un indicador aproximado de la Macrotextura.

Consiste en extender sobre la superficie del pavimento un volumen determinado de arena fina, distribuyéndola mediante un dispositivo adecuado. Entonces, a partir del volumen de arena utilizado y del área cubierta por la misma sobre el pavimento, se calcula una profundidad media de los huecos rellenos por la arena, valor que se utiliza como medida de la rugosidad o Macrotextura superficial del pavimento.

También la estimación de la Macrotextura se puede efectuar usando métodos perfilométricos de alto rendimiento

4. COMPARACION DE MEDICIONES ENTRE SCRIM Y PENDULO TRRL

Debido a que cada dispositivo de medición tiene distintos principios en su aplicación, los resultados que se obtengan de cada uno no son directamente comparables entre sí.

Sin embargo, dado que ambos equipos tienen una aplicación validada por muchos años a nivel internacional, se hace necesario buscar un procedimiento que permita relacionar ambas mediciones, de modo que su aplicación a futuro sea comparable, y también con el objeto de establecer umbrales para determinar la necesidad de efectuar acciones de conservación.

Para tal efecto, se programaron una serie de mediciones simultáneas entre ambos equipos en sectores de la Ruta 68 (Santiago-Valparaíso) y en la Ruta 5 (Concesión Santiago-Talca) y (Concesión Santiago – Los Vilos), en tramos de hormigón y asfalto. Los resultados se presentan graficados en la Figura 5

En la línea gruesa se muestra la relación entre BPN-SCRIM determinada por regresión de las mediciones efectuadas en pavimentos chilenos. En la línea delgada se muestra la relación entre BPN-SCRIM determinada por la PIARC en el Experimento Internacional de Comparación y Armonización de las Medidas de la Resistencia al Deslizamiento y de la Textura (Achutegui et al, 1996a). Se observa que ambas relaciones están desplazadas entre sí, aunque mantienen la misma pendiente.

En base a estos resultados, si se establece un umbral de Coeficiente de Fricción Transversal para el SCRIM, se podría determinar según la relación obtenida para Chile cual es el valor de BPN a exigir en los pavimentos chilenos antes de aplicar una acción de conservación.

Se continuará recopilando más información con el objeto de establecer conclusiones más definitivas al respecto.

Por otra parte, la tendencia internacional en la actualidad para este tema es incorporar en un solo indicador denominado IFI (Índice de Fricción Internacional), los conceptos de fricción y de macrotextura de una carretera (Achutegui et al, 1996b), por lo que la adquisición de equipos de alto rendimiento y las experiencias realizadas a la fecha en Chile, servirán para que a futuro este indicador sea incorporado en la gestión de carreteras.

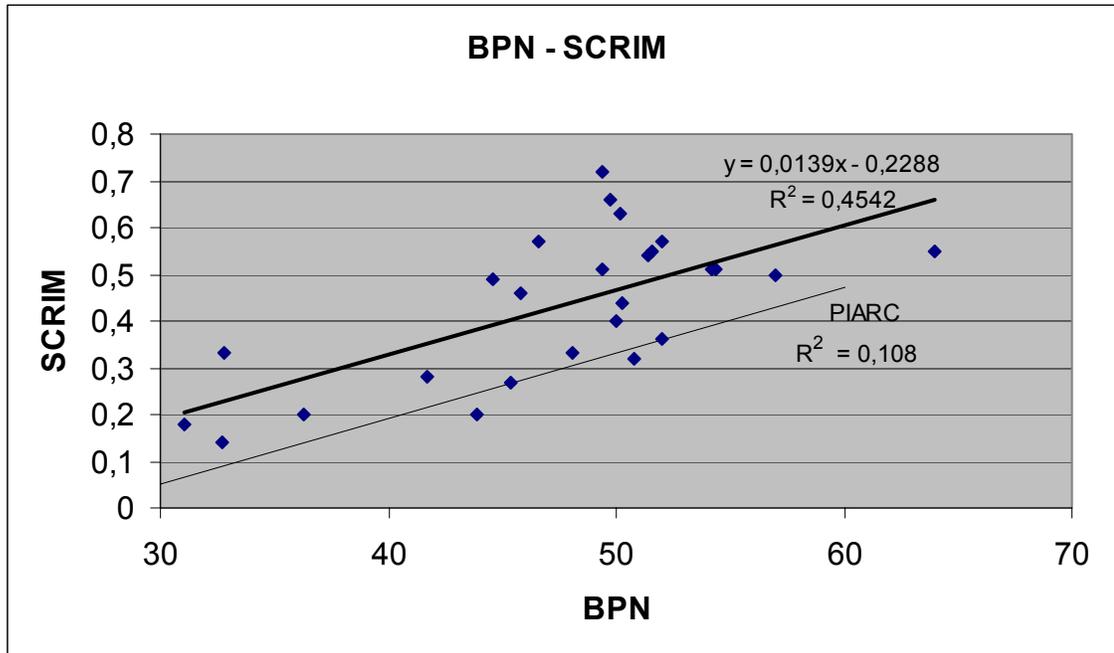


Figura 5 Mediciones Simultaneas SCRIM – Péndulo de Fricción

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las empresas Sacyr y Ferrovial por la colaboración prestada en el desarrollo de este trabajo.

6. REFERENCIAS

Achutegui, F., Crespo del Rio, R., Sanchez, B., Sanchez, I. El Experimento Internacional de comparación y armonización de las medidas de la resistencia al deslizamiento y de la textura. Revista Rutas N°53, Madrid, Abril, 1996a.

Achutegui, F., Crespo del Rio, R., Sanchez, B., Sanchez, I. El Índice de Fricción Internacional (IFI). Obtención y aplicaciones. Revista Rutas N°53, Madrid, Abril, 1996b.

Gaete, R., de Solminihac, H., Echeverría, G. Estudio de la resistencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos chilenos. Revista de Ingeniería de Construcción N°4, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Marzo 1988.

Highway Research Board. Skid Resistance, National Cooperative Highway Research N°14, National Research Council, Washington DC, 1972.

Less, G. Skid resistance of bituminous and concrete surfacing. Developments in Highways Pavement Engineering, Applied Science Publishers, London, 1990.

Poncino, H. Adherencia Neumático-Pavimento. Conceptos Generales. Estado del Conocimiento. Boletín de la Comisión Permanente del Asfalto N°94, Buenos Aires, Argentina, 2001.

Salgado, J. y Fuentes, R., Manejo de los aspectos funcionales de los pavimentos. Boletín Técnico LNV N°3, Laboratorio Nacional de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, 1990.