

METODOLOGIA DE ANALISIS DE PRODUCTOS PALIATIVOS DE POLVO EN VIAS NO PAVIMENTADAS PARA MEJORAS EN LA SEGURIDAD VIAL

Rivera José Julián¹, Botasso Hugo Gerardo², Alderete Natalia³, Celi Ignacio⁴

¹Subdirector LEMaC, ²Director LEMaC, ³Investigadora LEMaC, ⁴Becario LEMaC
LEMaC Centro de Investigaciones Viales, Fac. Reg. La Plata, Universidad Tecnológica Nacional
Calle 60 y 124, (1900) La Plata, Bs. As., Argentina
e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar, web: www.utn.edu.ar/lemac

RESUMEN

Una causa importante de accidentes en vías no pavimentadas de segundo o tercer orden, reside en una inadecuada visibilidad ocasionada por el polvo en suspensión por la circulación vehicular, trayendo aparejado un daño ambiental significativo sobre las personas, animales y vegetales de su entorno y un desgaste permanente por pérdida de material aportado y necesidad de mayor conservación.

Para disminuir este problema existen en el mercado productos de variados orígenes, con presentaciones y formas de aplicación del más amplio espectro, los cuales han demostrado resultados dispares, dados sus ámbitos de aplicación acotados en cuanto a las tipologías de suelos, comúnmente no coincidentes entre unos y otros.

Por ello, la selección del paliativo y su dosis para cada caso sobre la base empírica resulta desaconsejable, recomendándose recurrir a ensayos de laboratorio que cuantifiquen la acción para cada combinación de suelo/producto/dosis en particular.

Con un fin similar existen ensayos aplicables, pero que por ser originalmente pensados para otras aplicaciones resultan excesivamente complejos para el bajo grado de rigurosidad necesario dadas las categorías de las vías implicadas, por lo que requieren adaptaciones para su simplificación de empleo.

Tal situación ha sido encarada desde el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, proponiéndose una metodología de ensayo adaptada y generándose la presente publicación en base a esta experiencia.

PALABRAS CLAVES: Paliativo de polvo, Vías no pavimentadas, Seguridad Vial, Ingeniería vial.

ANALYSIS METHODOLOGY OF DUST PALLIATIVE PRODUCTS ON UNPAVED ROADS TO IMPROVE ROAD SAFETY

ABSTRACT

One of the main causes of accidents on secondary unpaved roads is the inadequate visibility originated by the dust particles suspended in the air because of the vehicles. This brings along a significant environmental damage to people, animals and plants of the area, a permanent deterioration because of the loss of material and therefore a need for more conservation.

In order to diminish this problem, there are different types of products in the market, with various origins and forms of application. These products have shown diverse results in different investigations, given that they have a reduced field application regarding soil typologies, and which are not commonly the same in the different studies. Hence, empirically based decision making about palliative products and their doze is not advisable. Laboratory tests, on the other hand, should be made to determine the effect of the combination soil/product/doze.

The situation described has been studied from the LEMaC, Road Investigation Center from the National Technological University of Argentina, and it has been proposed an adapted test methodology. The present work is based on the results of that experience.

KEY WORDS: Dust Palliatives, Unpaved Roads, Road Safety, Road Engineering.

1- INTRODUCCIÓN

Los tratamientos superficiales sobre vías no pavimentadas de segundo o tercer orden son una alternativa de menor costo que la pavimentación para la supresión de polvo en suspensión dado por la circulación vehicular. Los mismos se pueden ejecutar sobre capas de rodadura existentes o sobre capas estabilizadas. Su finalidad es mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de la superficie. Entre estos se pueden citar a los riegos asfálticos (de imprimación, de liga, etc.), los tratamientos superficiales asfálticos (superposiciones simples, dobles o múltiples de riegos asfálticos y áridos), los paliativos de polvo, los sellados superficiales (Cape Seal, Otta Seal), las lechadas asfálticas, etc [1,2]. Sin dudas entre estos sobresalen por su economía los paliativos de polvo, que son productos utilizados para la supresión de polvo en carreteras o calles no pavimentadas, actuando sobre las partículas de polvo generando la adhesión de las mismas entre sí, evitando así el molesto polvo generado por la circulación de vehículos, el viento, etc.

La supresión del polvo en el aire resulta una problemática esencial para la seguridad vial en vías no pavimentadas. Por sus características ésta origina accidentes que se registran en las estadísticas de causas de accidentes bajo la tipología de “por exceso de velocidad” y/o “por falta de conservación de la infraestructura”, constituyentes entre ambas de más del 50 % de los accidentes en este tipo de vías en los países de la región, aunque no es posible saber específicamente que porcentaje corresponde específicamente a este fenómeno [3,4].

Además deben considerarse los efectos en el campo de la tecnología de los materiales, rendimientos de cultivos, cuestiones ambientales y aspectos económicos.

La idea de contar con alguna técnica que permita mantener la superficie sin necesidad de recurrir a horas de maquinaria vial para restituir el perfil de la misma, ha permitido evolucionar en diferentes productos, que actúan cambiando la tensión superficial de las partículas de suelo con las sales o, en el caso de los compuestos orgánicos complejos, produciendo diferentes reacciones químicas.

Pero evidentemente cada forma de acción resulta en menor o mayor grado adecuada para las diversas tipologías de los suelos comúnmente detectables en las trazas de las vías en cuestión.

En el afán de incorporar productos al mercado, este aspecto ha sido muchas veces pasado por alto en su comercialización, dando origen a experiencias con resultados dispares.

La toma de decisión para futuras intervenciones basadas en las experiencias previas, por lo tanto, no es aconsejable, ya que ante variaciones en los diversos aspectos de interés es de esperarse resultados distintos a los obtenidos precedentemente [5]. Por esto suele recurrirse en cada obra a la generación de tramos de prueba para diversos productos o dosis [6], lo cual como metodología de diseño deja mucho que desear.

En busca de antecedentes para dar luz en tal sentido, desde el LEMaC se ha arribado a un método de ensayo desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros de la Marina Estadounidense con el propósito de evaluar la eficacia relativa de los diferentes supresores de polvo en aplicaciones militares. Pero dicho método, y su equipamiento correspondiente, resultan en la práctica excesivos, dado que no han sido desarrollados para esta aplicación en particular. Puntualmente, en lo que se refiere al equipamiento, resulta de muy difícil disponibilidad en el medio local en su versión original, pero de sencilla materialización si se introducen una serie de simplificaciones en base a algunos supuestos básicos.

Estas simplificaciones se relacionan con el hecho de que, aun con un rango amplio de tipologías, los suelos proclives a generar altas concentraciones de polvo en el aire son los suelos finos, que presentan valores de pasa tamiz N°200 (malla de abertura 75 μm) elevados. Es decir, que gran parte del material suelto pasará a ser polvo en suspensión. Por esto es admisible que exista una relación directa entre las concentraciones de polvo en el aire y el grado de erosión del material tratado [7]. Así, teniendo una valoración en cuanto a lo segundo, se tendrá una estimación sobre lo primero.

En base a esto, los equipos para este tipo de aplicaciones pueden dejar de lado los esfuerzos para determinar las concentraciones de polvo en el aire y centrarlos en la determinación de la pérdida por erosión, lo cual resulta mucho más sencillo en términos del empleo de recursos técnicos.

Dadas las adaptaciones necesarias en función de lo explicitado, se procedió a un análisis de prueba.

La presente publicación se constituye de la memoria de los antecedentes relevados, las adaptaciones impuestas al método y el equipamiento de ensayo, y los resultados obtenidos en la experiencia de comprobación, con el propósito de divulgarlos a quienes pueda resultarles de interés en aplicaciones análogas.

2- MATERIALES Y METODOS

2.1- Lineamientos básicos

La metodología de estudio seleccionada es de tipo comparativo. Mediante la misma se puede evaluar sobre el suelo a ser tratado la eficacia de los distintos productos paliativos de polvo en diversas

dosificaciones utilizables, para luego mediante un balance técnico/económico efectuar la toma de decisiones.

Para ello se plantea el empleo de un equipo (el cual se analiza en detalle en el punto “2.2 Equipamiento empleado”), mediante el cual se somete a muestras compactadas del suelo en estudio, sin tratamiento (patrón) y con diversos tratamientos, a una intensa abrasión que simula ciclos acelerados de su puesta en servicio en campo, analizándose luego las pérdidas generadas en cada caso.

Esta abrasión se genera mediante un flujo de aire intenso y el empleo de una arena monogranular durante 2 minutos. En la Figura 1 se observan imágenes de una probeta durante el proceso de abrasión y después del mismo.



Figura 1. Probeta durante y después del ensayo

El tratamiento de las probetas con el paliativo de polvo se realiza con un rociador en forma uniforme, alcanzándose las dosis de las aplicaciones en campo.

La cuantificación del potencial de erosión se realiza mediante las pesadas de las muestras antes y después de ser sujetas al flujo de aire. Este método es utilizado para determinar la eficacia relativa de los paliativos de polvo y para identificar las cantidades de paliativo necesarias para alcanzar niveles aceptables de mitigación de polvo.

2.2- Equipamiento empleado

Con propósitos que podrían ser relacionables con la finalidad buscada en el presente estudio, existen en la actualidad metodologías de ensayo que permitirían mediante diversas técnicas (recolección en filtros, técnicas ópticas, etc.) detectar los niveles de polvo en el aire generados durante la sollicitación de una muestra de suelo tratada y sin tratar.

Incluso la versión original del equipamiento finalmente utilizado, desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería del Cuerpo de Ingenieros de la Marina Estadounidense [8], fue diseñada para permitir en diversos puntos de una cámara en donde se genera el proceso de erosión de la probeta, la recolección de información mediante equipamiento óptico para determinar la concentración de polvo en el aire.

Dado lo analizado, como parte integrante de un trabajo mayor, en el LEMaC se instrumentó la recolección de polvo suspendido mediante filtros, los cuales fueron luego analizados llegando a establecer los niveles de suspensión existentes durante la sollicitación. Pero al ser aplicado para evaluar estos paliativos para una finalidad vial, se advirtió que el sistema de recolección de polvo a los niveles generados para estos casos no alcanza a demostrar una sensibilidad en tal sentido. Esto se hizo sobre suelos naturales de una traza que presentaba altos niveles de polvo en suspensión y la cual al ser tratada con un paliativo en específico presentó notables reducciones en tal sentido. Es decir que de hecho había una falencia, que en ese caso puntual fue mitigada [9].

En cambio si se vio en el proceso de ensayo que existieron pérdidas diversas por erosión de las probetas, en forma proporcional con la dosis utilizada, y por lo tanto con la eficacia del tratamiento. A su vez, Rushing et. al. [1] concluyeron que los productos evaluados que tuvieron una excelente mitigación del polvo mostraron escasa erosión superficial, mientras que los productos que tuvieron una mitigación pobre del polvo eran completamente erosionados.

Debido a que era necesario materializar nuevos ejemplares del equipamiento empleado, para su utilización para un trabajo interlaboratorios con otras instituciones para un proyecto de investigación, en donde el análisis de los paliativos de polvos es parte constituyente, se procedió a adaptar el equipo, pasando el mismo a estar conformado según a continuación se detalla.

El equipo, de fabricación propia a muy bajo costo relativo, consiste en una cámara de viento sellada para evitar la salida del polvo durante el ensayo, que se encuentra dividida en dos compartimentos. En uno de

dichos compartimentos se halla el equipo generador del flujo de aire que alcanza los 240 km/h. Se trata básicamente de un soplador/aspirador de hojas de los que comúnmente se encuentran en el mercado. En este caso en particular el equipo es de marca Black&Decker de 1.500 W.

En el otro compartimento se ubica la probeta a ser ensayada, para lo cual se la coloca debajo de una boquilla metálica de apertura rectangular de 16,1 cm de ancho y 2,5 cm de alto. Un conducto de retorno permite la circulación del aire desde la cámara de ensayo hacia el ventilador eléctrico para equilibrar la presión.

La corriente de aire se aplica a 2,5 cm de altura sobre la probeta y en un ángulo de 20° con respecto a la horizontal. A su vez se incorpora al flujo de aire 600 g de arena sílicea seleccionada. La arena utilizada pasa por el tamiz N°20 (apertura 840 μm) y queda retenida en el tamiz N°30 (apertura 590 μm).

El proceso implica el vertido de la arena por durante un lapso de 1 minuto, dejándose luego 1 minuto más de flujo de aire sólo, pasado el cual se da por terminado el ensayo.

En la foto superior de la Figura 2 puede observarse una vista parcial del equipo, ubicándose a la derecha el compartimento que contiene al equipo soplador y a la izquierda la cámara donde se coloca la probeta a ser ensayada, en cuya parte superior se alcanza a ver el embudo por el cual se vierte la arena durante el ensayo. En la foto inferior izquierda se puede observar el ángulo de acción entre la boquilla y la probeta ubicada en su posición de ensayo y la caja donde cae la arena vertida para ser arrastrada libremente hacia la boquilla por el flujo de aire. Finalmente en la foto inferior derecha se observa un detalle de la boquilla durante el proceso de fabricación del equipo.



Figura 2. Equipo de ensayo

Los moldes metálicos utilizados para la confección de las probetas poseen 15,5 cm de diámetro interno y 3,6 cm de espesor.

El suelo a ensayarse es compactado estáticamente dentro de estos moldes en su Humedad Óptima, mediante una prensa de compresión hasta lograr una densidad prefijada del 95% de su Densidad Seca Máxima, ambos parámetros establecidos mediante el correspondiente ensayo Proctor.

Se moldean de esta forma juegos de probetas patrón y probetas tratadas con el paliativo de polvo en análisis, dejándoselas en su molde a temperatura ambiente hasta peso constante, según puede observarse en la Figura 3, para luego poder ser ensayadas.



Figura 3. Probeta recién moldeada

2.3- Suelo empleado

Para corroborar la sensibilidad de la prueba ante variaciones lógicas de la dosis de un paliativo de polvo, y en forma comparativa ante distintos paliativos de polvo según su forma de acción, se efectuaron una serie de ensayos de prueba sobre un suelo factible de ser tratado en tal sentido.

Dentro del rango de suelos seleccionables para la prueba, se ha tomado a aquellos que presentan una baja cohesión, previendo se ponga en evidencia así en forma más marcada la sensibilidad del ensayo. Por esto es que, según se puede observar en el párrafo siguiente, el suelo presenta un valor no muy elevado de pasa tamiz N°200, aunque es de esperarse sea de aplicación en suelos con mayor contenido de finos.

El suelo seleccionado para la prueba presenta, según el sistema de clasificación de la Highway Research Board (HRB), los valores de caracterización de la Tabla 1, obtenidos bajo Normas VN-E1-65, VN-E2-65 y VN-E3-65 de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina [10].

Tabla 1. Caracterización del suelo empleado

DETERMINACION	RESULTADO
Límite Líquido (%)	27
Límite Plástico (%)	np
Índice de Plasticidad (%)	0
Pasa tamiz N°10 (ab. 2.000 mm, %)	97,3
Pasa tamiz N°40 (ab. 420 mm, %)	92,5
Pasa tamiz N°200 (ab. 75 mm, %)	34,4
Clasificación HRB	A-2-4(0)

Con el objetivo de conocer la Densidad Seca Máxima y la Humedad Óptima se realizó el ensayo Proctor Tipo I, según Norma VN-E5-93 de la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, obteniéndose los resultados de la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados Ensayo Proctor

DETERMINACION	RESULTADO
Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	1,816
Humedad Óptima (%)	15,2

2.4- Paliativos de polvo utilizados

Para el análisis se evaluaron tres diferentes productos, designados como A (Tabla 3), B (Tabla 4) y C (Tabla 5). Los productos A y B están especialmente formulados para el tratamiento de vías sin pavimentar, actuando eléctricamente sobre las partículas de polvo, generando la adhesión de las mismas entre sí. El producto C tiene aplicaciones en otras áreas, sin embargo, el fabricante recomendó su uso como paliativo.

Tabla 3. Características paliativo A

Paliativo de polvo A	
Aspecto	Líquido amarillento
Densidad a 25 °C (g/cm³)	1,265
pH	7
Preparación	Mezclar el producto en agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 50 litros de producto por cada 8.000 litros de agua, lo cual sirve para regar aproximadamente 25 cuadras.

Tabla 4. Características paliativo B

Paliativo de polvo B	
Aspecto	Solución blanca viscosa
Densidad a 25 °C (g/cm³)	1,000-1,050
pH	4-5
Preparación	Mezclar el producto en agua y aplicar. Se recomienda una dosis de 0,1 litro de producto diluido en 1 litro de agua por m ² de superficie a tratar.

Tabla 5. Características paliativo C

Paliativo de polvo C	
Aspecto	Solución blanca viscosa
Densidad a 25 °C (g/cm³)	no determinada
pH	no determinado
Preparación	Calentar agua desionizada a 60°C (89,5 % de la mezcla), fundir el paliativo en ésta (10 % de la mezcla) y agregar CaCl ₂ para ajustar viscosidad (0,5 % de la mezcla). Aplicar hasta lograr la cobertura de la superficie a 40 °C.

3- RESULTADOS

Con el paliativo A y B se evaluaron dos probetas con cada producto, siendo rociadas según las indicaciones del fabricante. Con el paliativo C se evaluaron dos probetas a las que se les aplicaron 15 g de solución de agua más paliativo, siendo el mínimo que presentó en forma visual un tratamiento del total de la superficie, y otras dos a las que se les aplicaron 20 g de solución, generando un tratamiento superior al absolutamente necesario. Se moldearon además dos probetas patrón sin tratamiento. En la Tabla 6 se comparan los resultados obtenidos.

Tabla 6. Resultados del tercer ensayo

PROBETAS	EROSION INDIVIDUAL (%)	EROSION PROMEDIO (%)
Patrón	16,6	16,8
	17,0	
Aditivada A	22,9	21,8
	20,6	
Aditivada B	5,0	4,5
	3,9	
Aditivada C (15 g)	11,8	12,9
	14	
Aditivada C (20 g)	8,1	8,9
	9,6	

4- DISCUSION

De acuerdo a los valores registrados en los ensayos realizados, se pueden efectuar las siguientes observaciones:

- Los resultados obtenidos para cada par de probetas muestran una dispersión acotada respecto de las erosiones determinadas.
- El paliativo A, empleado en la dosis recomendada por su fabricante, en este tipo de suelo no cumple con su función prevista, presentándose pérdidas por erosión un 30 % por encima de la erosión en las probetas patrón. Esto puede deberse a que se trata de una dosis insuficiente o a una incompatibilidad de tratamiento con la tipología de suelo analizado.
- El paliativo B, empleado en la dosis recomendada por el fabricante, presenta una disminución en la erosión de más del 70 % respecto de la erosión de las probetas patrón.
- El paliativo C, empleado en la disolución recomendada por su fabricante y en la dosis mínima que permite el recubrimiento superficial, permite registrar una disminución en la erosión de más del 20 % respecto de las probetas patrón.
- El paliativo C, empleado en la disolución recomendada por su fabricante y en una dosis por encima de la mínima que permite el recubrimiento superficial, permite registrar una disminución en la erosión de más del 45 % respecto de las probetas patrón.

5- CONCLUSIONES

La metodología de análisis y equipamiento propuestos, aceptando en suelos finos que la erosión tiene relación directa con el polvo en suspensión, permiten efectuar una estimación, mediante un análisis comparativo sobre los materiales de una vía sin pavimentar, de la factibilidad técnica de empleo de diversos productos paliativos de polvo y sus correspondientes dosis, frente a la alternativa de no tratar la superficie.

Este análisis, complementado con el correspondiente estudio de los costos implicados en cada caso, resulta una herramienta de suma utilidad en la toma de decisiones en tal sentido, gracias al empleo de una herramienta simplificada a tal efecto, superadora de la toma de decisiones en función de las experiencias previas actualmente instrumentada en la mayoría de los casos de aplicación.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. RUSHING John F.; TINGLE, Jeb S. "Dust Control Field Handbook, Standard Practices for Mitigating Dust on Helipads, Lines of Communication, Airfields, and Base Camps". US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Geotechnical and Structures Laboratory, 2006.
2. PARAMO, Jorge A.; CASSAN, Rosana B. "Manual de diseño para pavimentos de bajos volúmenes de tránsito. Región Litoral Argentina". Laboratorio Vial del Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE) - Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario de Argentina, 2005.
3. CESVI, "Estadísticas sobre accidentología vial", Centro de Experimentación y Seguridad Vial de la Argentina, <http://www.cesvi.com.ar> [consultado en mayo de 2013].
4. LEIVA ALVA, Jerie W. "Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito". Univesidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 2003.

5. BOLANDER, Peter; YAMADA, Alan. "Dust palliative selection and application guide". United States Department of Agriculture, Forest Services, Technology & Development. Program 7700-Transportation Systems 9977 1207-SDTDC, 1999.
6. INV. "artículo 312 – 07 Tratamiento paliativo del polvo en afirmados". Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Instituto Nacional de Vías de Colombia, 2007.
7. JONES, D.; SADZIK, E.; WOLMARANS, I. "The incorporation of dust palliatives as a maintenance option in unsealed roads management systems". 20th ARRB Conference, Pavement Recycling and Stabilisation Association of Australia, 2001.
8. RUSHING, John F.; NEWMAN, J. Kent; McCAFFREY, Timothy J. "Laboratory Investigation of Chemical Dust Palliative Performance on Sandy Soil", US Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Geotechnical and Structures Laboratory, 2007.
9. CELI, Ignacio; ALDERETE, Natalia. "Ensayo comparativo para evaluar el desempeño de paliativos de polvo", Tesis de Becarios de Investigación 2012 (ISSN 2250-7221), LEMaC Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, 2012.
10. DNV. "Normas de ensayo". Gerencia de Planeamiento, Investigación y Control, Dirección Nacional de Vialidad de Argentina, 1998.

SOBRE LOS AUTORES

Rivera, José Julián: Subdirector del LEMaC – UTN LaPlata. Profesor Adjunto Ordinario de Vías III en la UTN La Plata. Investigador Categoría II en Programa de Incentivos de la Nación y Categoría B de la UTN. Magister en Transporte y Logística e Ingeniero Civil por la UTN. Consejero Docente del Departamento de Ingeniería Civil de la UTN La Plata. Becario de la Universidad de Zaragoza, España.

Botasso, Hugo Gerardo: Director del LEMaC – UTN LaPlata. Profesor Titular Ordinario de Ingeniería Civil II en la UTN La Plata. Investigador Categoría II en Programa de Incentivos de la Nación y Categoría B de la UTN. Magister en Ingeniería Ambiental e Ingeniero Civil por la UTN. Director del Departamento de Ingeniería Civil de la UTN La Plata. Consejero Directivo de la UTN La Plata.

Alderete Natalia: Investigadora del LEMaC – UTN La Plata. Ayudante Graduada Interina en Análisis Estructural II en la UTN La Plata. Ingeniera Civil de la UTN La Plata.

Celi Ignacio: Becario de Investigación del LEMaC – UTN La Plata. Estudiante de Ingeniería Civil de la UTN La Plata.