

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/345942980>

Algunas experiencias en el empleo de residuos de procesos en capas de rodamiento de caminos rurales y recomendaciones que surgen de las mismas

Article · November 2020

CITATIONS

0

READS

2

1 author:



José Julián Rivera

National University of Technology

33 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Paliativos de polvo en vías no pavimentadas [View project](#)

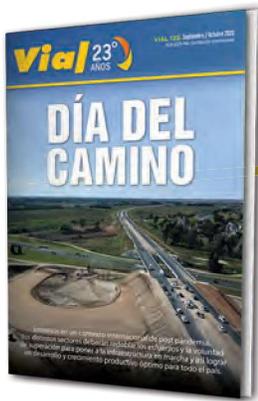


Método LEMaC para la aproximación del TMDA por conteos esporádicos [View project](#)

DÍA DEL CAMINO



Inmersos en un contexto internacional de post pandemia, los distintos sectores deberán redoblar los esfuerzos y la voluntad de superación para poner a la infraestructura en marcha y así lograr un desarrollo y crecimiento productivo óptimo para todo el país.



SUMARIO

VIAL 135

SEPTIEMBRE / OCTUBRE 20

3 EDITORIAL

Por el camino digital.



6 FERIAS & CONGRESOS

Conferencias, cursos, exposiciones y seminarios.



8 TRANSPORTE

Uso del suelo en tiempos de pandemia en el AMBA.

Primera parte.

El Ing. Oscar Fariña nos presenta una nueva Crónica sobre el tránsito.



11 SEGURIDAD VIAL

Peatones en riesgo: faltan sendas peatonales.

Por Luchemos por la vida.

La protección de los más vulnerables en el tránsito es una prioridad en el mundo para disminuir la morbi-mortalidad en calles y rutas.



12. Revisión Técnica Vehicular y su impacto en la Seguridad Vial.

Informe técnico del Instituto de Seguridad y Educación Vial (ISEV) 2018.

18 EMPRESAS

“Brindamos una propuesta realmente diferenciadora a nuestros clientes”.

Entrevista a Diego Massone, Gerente de Cuentas Generales, Ventas B2B Raízen Argentina.



21 SEGURIDAD VIAL

Aunque llegue la vacuna...

NOTA DE OPINIÓN: Por el Dr. Eduardo Bertotti, Director del ISEV.



22 INFRAESTRUCTURA

“No se trata de volcar asfalto, sino de construir soluciones viales para potenciar el desarrollo productivo”.



En alusión al Día del Camino, dialogamos con Gustavo Arrieta, Administrador General de Vialidad Nacional.

25. San Juan apuesta a conectar sus comunidades.

La Dirección Provincial de Vialidad San Juan celebra el Día del Camino con obras. Conocé los principales proyectos finalizados y en ejecución que la repartición lleva a cabo.

28. La Provincia invierte en infraestructura vial para mejorar rutas y caminos

La Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (DVBA), dependiente de la Subsecretaría de Obras Públicas, continúa poniendo en valor las distintas rutas y caminos de la Red Vial bonaerense.

32. Vialidad Provincial de Chaco conmemora el Día del Camino con intensa actividad.

El 5 de octubre es una fecha especial del calendario para todos los trabajadores viales. Es por ello que, a pesar de los tiempos difíciles que se viven en este momento en nuestra provincia, en el país y en el mundo entero, no queremos dejar de recordar este día especial.

35. VIALIDADES

Las principales noticias de las Vialidades Provinciales del país.



38 INFRAESTRUCTURA

Algunas experiencias en el empleo de residuos de procesos en capas de rodamiento de caminos rurales y recomendaciones que surgen de las mismas

Por el Dr. Ing. Julián Rivera.



46. Por aquí anduvo un geólogo loco dibujando peines

Un ingeniero argentino radicado en México, experto en presas, asesoraba a Agua y Energía Eléctrica en las épocas de construcción de las obras del Río Diamante, en la provincia de Mendoza. Por el Doctor en Ciencias Naturales, geólogo y geotécnico Belarmino Antelo Pérez.

ESPECIAL DÍA DEL CAMINO

NOTA DE TAPA

48. ¿Cómo afectarían las restricciones al tránsito por el Covid-19 la vida útil de los pavimentos?

Análisis para la ciudad de La Plata. Por el Dr. Ing. Julián Rivera y el Ing. Ignacio Zapata Ferrero.

52 FERROCARRILES



“El intermodalismo es fundamental si queremos mejorar la matriz logística y fomentar el desarrollo productivo de nuestro país”.

Entrevista a Ricardo Lissalbe, Presidente de Trenes Argentinos Infraestructura.

57 INTERNACIONAL



Acciones impulsadas por la Coordinación SIT

Durante los últimos meses, la Coordinación SIT, Chile, ha trabajado fuertemente en la gestión e implementación de medidas asociadas a urbanismo táctico en todo el país para evitar las aglomeraciones y así evitar contagios por Covid-19.

58. Se realizó la reunión del concreto Virtual RC 4.0

Se llevó a cabo del 21 al 25 de septiembre de 2020.

60 INTERMODAL



Podríamos aprender: Hace 40 años Estados Unidos cambiaba para siempre su logística.

Por Federico Ignacio Weinhold, Tesorero de AIMAS.

62 SEGURIDAD VIAL



Consecuencias evitables en un siniestro contra un guardrail. Por el Lic. Lauro Paulette.

66 LOGÍSTICA



Con Muvín, los choferes sacan turno por WhatsApp y descargan primero

La herramienta digital permite obtener prioridad de ingreso a calada en los puertos a través del chat..

68 MAQUINARIAS



Plano panamericana: la ruta de los equipos.

70 ON AND OFF



Informaciones relevantes, anuncios, presentaciones y novedades.

73 SERVICIO AL LECTOR



Listado de anunciantes presentes en esta edición.

74 DNV



Obras en ejecución por sistema CreMa.

STAFF

Directora

Analia Wlazlo

Departamento Comercial

marketing@editorialrevistas.com.ar

Redacción

Lic. Magalí V. Laboret

Administración

Laura Quiroga

Colaboran en este número

Dr. Ing. Julián Rivera.

Dr. Belarmino Antelo Pérez.

Dr. Eduardo Bertotti

Ing. Ignacio Zapata Ferrero.

Ing. Oscar Fariña

Lic. Lauro Paulette

Federico Ignacio Weinhold

Colaboraciones del Exterior

Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR, Brasil)

Associação Brasileira dos Departamentos Estaduais de Estradas de Rodagem | (ABDER, Brasil)

Asociación ITS Brasil | Asociación ITS Chile | Asociación ITS España

Asociación Peruana de Caminos (Distribución en Perú)

Asociación Uruguaya de Caminos (Distribución en Uruguay) | Cámara Vial Paraguaya (CAVIALPA)

Revista BIT, Corporación de Investigación de la Construcción (Cámara Chilena de la Construcción)

Revista Obras (México).

Diseño Gráfico

NAPSIS - Impulso Creativo

Impresión

GALTPRINTING – GALT S.A. - Tel: (54-11) 4303-3723.

Atención al lector, correspondencia, comentarios y colaboraciones a:

Revistas S.A., Viamonte 1653 PB

(C1055ABE), CABA, Argentina.

Hecho el depósito que prevé la Ley 11.723 R.N.P.I.

Administración: (54 9) 11 3118-6204/5

Comercial: (54 9) 11 3118-6208

E-mail: vial@editorialrevistas.com.ar

Web: www.revistavial.com

Las opiniones vertidas en las notas firmadas o por las personalidades entrevistadas no reflejan necesariamente la opinión del Editor. Vial autoriza la reproducción parcial o total de los artículos publicados en la presente edición de la revista, previa solicitud por escrito y bajo el compromiso de citar la fuente.

Editora:

Revistas S.A., Viamonte 1653 PB (C1055ABE), Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Hecho el depósito que prevé la Ley 11.723 R.N.P.I.

De esta edición se imprimieron 10.000 ejemplares. Se distribuye cada dos meses en Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay, Brasil, Bolivia, Ecuador, Perú, Guatemala, Costa Rica, Venezuela, España, Estados Unidos, Colombia, México, Canadá, Inglaterra e Italia. Dirigida a 1.900 municipios de todo el territorio argentino, empresas constructoras de infraestructura, concesionarios, consultores, proyectistas, transportistas de carga y pasajeros, empresas ferroviarias, viales, portuarias y aeroportuarias, organismos oficiales, asociaciones, cámaras profesionales y a todos aquellos relacionados con la actividad.

Publicación distinguida por:



Socios de la Asociación de Prensa Técnica y Especializada Argentina (APTA)

Noviembre 2016:

Premio a la trayectoria 20 años.



Julio 2012:

Reconocimiento de la Asociación Uruguaya de Caminos "A la trayectoria de Revista Vial en Uruguay".



Abril 2012:

Premio por "15 años de colaboración en la formación de los ITS en Iberoamérica", otorgado por ITS España.

Noviembre 2016:

Premio a la trayectoria 20 años.



Agosto 2008:

Mención de honor en la categoría gráfica en la II Edición del Premio Vial de Seguridad en el Tránsito.



Octubre 2005:

"Mejor Revista del sector", premio otorgado por la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina.



Octubre 1999:

Mención otorgada por la Dirección Nacional de Vialidad de Argentina.



Diciembre 2016:

Premio a la trayectoria 20 años.



Seguinos en: [Linked in](#) [Facebook](#) [www.facebook.com/revistavial](#)





Algunas experiencias en el empleo de residuos de procesos en capas de rodamiento de caminos rurales y recomendaciones que surgen de las mismas

RESUMEN

Desde su constitución como centro en 2002, e incluso desde principios de los '90 cuando comienza a funcionar como laboratorio, el LEMaC (Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP – CIC PBA) ha registrado intervenciones en un número importante de investigaciones y transferencias relacionadas con el empleo de residuos provenientes de un proceso previo, con el fin de analizar y controlar su empleo en capas superficiales de caminos rurales. Estas experiencias han llevado a que se genere un cúmulo de conocimiento asociado en cuanto a diversos aspectos que pueden dar lugar a una serie de recomendaciones, que quien se involucre en la temática es probable reconozca como útiles a los fines de optimizar su correspondiente intervención. Dado lo expresado, se genera el presente artículo mediante el cual, con ejemplos de aplicación, se introducen aquellos conceptos que a entender del autor resultan de relevancia, asociándolos con las recomendaciones a las cuales se hiciera referencia.

1. El alcance del artículo

El empleo de diversos tipos de residuos en la obra vial en general posee un amplio espectro de características que pueden llevar a una serie de numerosas consideraciones. A fin de acotar desde un principio entonces la temática, tal cual su título lo indica, en el presente artículo se analizan solo aquellos casos en los que el residuo proviene de algún proceso dado y la aplicación se la realiza solo a nivel de una capa superficial en una vialidad rural. Por lo tanto, existe un

alcance limitado en cuanto al campo de aplicación de las recomendaciones que surjan del mismo; no obstante lo cual, gran parte de los conceptos involucrados poseen una componente útil a los efectos de ser considerada cuando se abordan otro tipo de aplicaciones asociadas.

1.1. Los residuos de proceso

Existen diversos modos de clasificar a los diversos tipos de residuos existentes en la actualidad. En función de esa forma de clasificación, evidentemente, será la manera de agruparlos e identificarlos unos de otros. Como la finalidad de este artículo no es la de profundizar en este aspecto, se decide instrumentar un sistema de clasificación básico, solo a los efectos de simplificar la exposición de ideas. Se recomienda a quienes se encuentren interesados en un análisis más acabado de estos aspectos, recurrir a fuentes que aborden el tema de manera específica.

Por lo expresado, y solo a los efectos de mostrar una idea aglutinadora, se puede en un principio agrupar a los residuos que son de interés bajo dos categorías. Una de ellas es la que suele identificarse como de residuos de construcción y demolición (RCD), en la cual se involucran, por ejemplo, el hormigón triturado o el recuperado de pavimento asfáltico (RAP). La otra categoría es aquella que involucra todos aquellos residuos de provenientes de algún proceso productivo (RP) no necesariamente "industrial", ya sea que cuenten con algún tratamiento posterior a ese proceso o no.

Sin querer ser exhaustivos en este aspecto del análisis, lo que debe tenerse en cuenta es que el artículo apunta justamente a este último grupo de residuos; no obstante, se citan algunos ejemplos en los cuales se utilizan en forma combinada con RCD.



Figura 1: Prod. agropecuaria vs. estado de los caminos rurales. Fuente: Cerutti (2020)

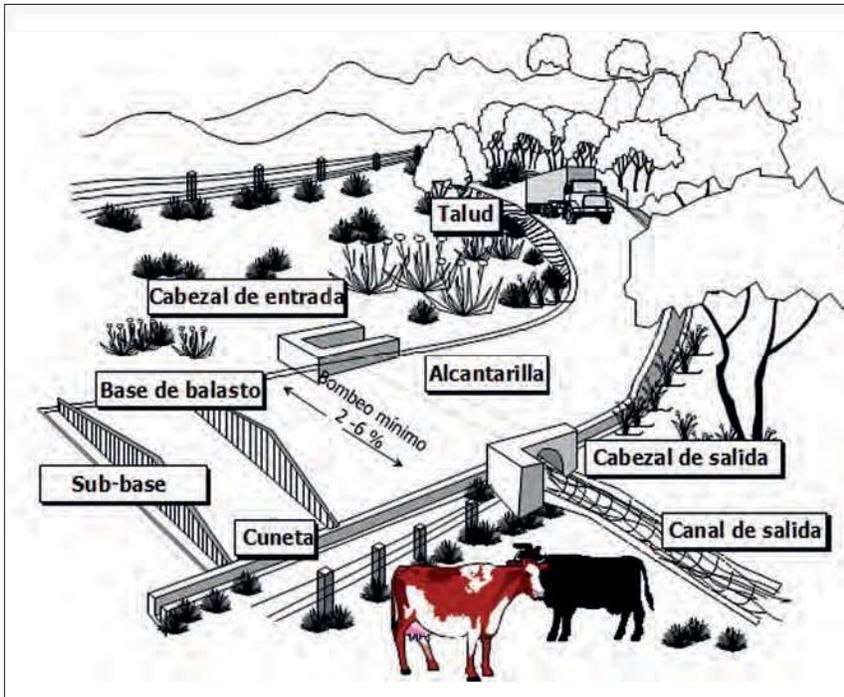


Figura 2: Esquema de componentes de un camino rural

1.2. Los caminos rurales

Por otro lado, también puede circunscribirse el ámbito de aplicación abordado a aquellas vías que se dan en un entorno rural (no urbano) y que no cuentan al momento de la intervención, al menos en principio, con algún tipo de mejora previa significativa.

Estas vías resultan de sumo interés a nivel nacional, pues son consistentes con el trazado de la red terciaria previsible, y representarían aproximadamente 480.000 km de los 672.000 km totales de la red (Cerutti, 2020). Es por ello que son abordadas, en diversos aspectos, por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC, de su sigla en inglés) mediante sus comités "CT.2.2: Accesibilidad y Movilidad en áreas rurales" y "D.4 Carreteras rurales y movimientos de tierra"; la Asociación Argentina de Carreteras (AAC) en su "Manual de Caminos Rurales"; y reparticiones tales como la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) y algunas Direcciones Provinciales de Vialidad (DPV) en sus diversos "Pliegos de Especificaciones Técnicas" y Normas.

Sin embargo, el aspecto en cuanto a intervenciones a nivel de superficies de rodadura sigue siendo un tema deficitario, que visto desde algunas aristas

puede incluso mostrar una tendencia negativa en cuanto a la efectividad de las iniciativas llevadas adelante, al menos a nivel local. Para ilustrar esto, basta con pensar que este tipo de intervenciones sobre esta red en particular tendrían un sistema de gestión asociado, de manera explícita o no (hay gestión aun cuando no se gestiona nada; inadecuada pero de efectos al fin), del cual uno de sus componentes principales sería la base de datos asociada. Toda base de datos de un sistema de gestión vial debería contar con elementos que permitan la toma de decisiones, clasificables en al menos cuatro categorías. Esas categorías son las de inventario (aquel que individualiza cada uno de los elementos

de la red; ya sea de manera superficial como una zona de explotación de materiales, puntual como una señal o longitudinal como un tramo homogéneo de camino, todos estos a nivel de ejemplo), de historia (con la línea de tiempo de las diferentes intervenciones previas), de estado (con el estado en que se encuentra cada elemento que conforma el inventario) y de demanda (prevista a futuro en cada uno de esos elementos) (Rivera, 2020). Si se analiza la tendencia de dos de estos elementos, la demanda y el estado, asociados a la red de caminos rurales en particular, en la *Figura N° 1*, se puede apreciar como ante la suba de la demanda (caracterizada en este ejemplo mediante la producción agropecuaria, en línea punteada en rojo) la realidad ha dado respuesta con una disminución en cuanto a la calidad de la superficie de rodadura (señalada con una línea azul), en un gráfico superpuesto para una misma línea de tiempo (Cerutti, 2020).

En la Argentina, el abordaje principal de estas vialidades es un tema de tratamiento a nivel provincial. Es por esto que, en provincias como Chaco o Córdoba, se atienden por medio de un sistema de consorcios camineros (a manera de microempresas). En Córdoba existen cerca de 300 Consorcios, sin fines de lucro, con roles ad honorem y fondos aproximadamente del 24 % del impuesto inmobiliario rural y auditoría de su DPV (Picca, 2016). En Chaco, hay más de 100 Consorcios, con fondos de menos del 10% de los Ingresos Brutos provinciales y auditados por su DPV (Navarro, 2016). En Buenos Aires, en cambio, las actividades asociadas son a cargo de cada Municipio o, en el mejor de los casos, una



Figura 3: Perfil de un camino rural



agrupación de estos. El tema está en que existe un nicho claro para el cual la temática resulta de principal interés, y es al que el LEMaC, de manera conjunta con el sector productivo que genera el residuo, apuntan principalmente en relación a la temática; pues lo que se instrumenta a partir de la gestión asociada es probable no cuente con un sistema de medición asociado que funcione de un modo tan “aceitado” como se da en las redes de mayor categoría, salvándose el nivel de escala de lo implicado en cada caso.

Ahora bien, estos caminos rurales pueden ser receptores de diversos tipos de residuos en sus diferentes partes componentes, ya que el concepto de vialidad no se limita al de la rasante, sino que va hacia la atención de las necesidades básicas a las cuales sirve (es una forma específica de la demanda del transporte, y por lo tanto es del tipo derivada). Por ello, podría pensarse en la utilización de residuos en la constitución de los postes para los alambrados que limitan la zona de caminos, en el relleno en sectores que requieren de terraplenamientos, como material inerte en el hormigón que constituye sus obras de arte, etc. (Figura N°2); pero a los efectos del presente artículo, el análisis asociado va dirigido específicamente a lo que se refiere a la constitución de las capas superficiales de su “paquete estructural”, a



Figura 5: VSR en laboratorio (izq.). VSR in situ (centro) t DCP (der.)

fin de acotar nuevamente su objetivo de abordaje (Figura N° 3).

El sistema de medición asociado, entonces, al ámbito de aplicación en específico planteado, serviría para comprobar la efectividad de las decisiones que se implementen, comparar alternativas existentes y, por lo tanto, tender a la optimización de los recursos. Algunas de estas mediciones se pueden pensar, en casos no complejos, sean fácilmente efectuadas por los consorcios o municipios afectados; pero en otros casos requieren la intervención de las reparticiones a nivel provincial y/o la participación de centros de referencias, de los cuales el LEMaC es

sólo un ejemplo. Esto se debe a diferentes razones, pero principalmente a que como se trata en ocasiones de una solución innovadora, deban diseñarse sistemáticas de estudio ad hoc, lo cual suele escapar a las capacidades instaladas en estos consorcios y municipios, e incluso en ocasiones en la propia DPV. Es por lo citado que el LEMaC cuenta con experiencia en tal sentido, las cuales dan lugar a este artículo y, junto con otros aspectos que exceden lo especificado y normalizado, dan lugar a su Guía de Procedimientos (LEMaC, 2019).

1.3. Las mediciones necesarias

A los efectos de este artículo se considera bajo este concepto, a aquellas determinaciones sobre los materiales asociados que buscan establecer las adecuadas características de los desarrollos y sus aplicaciones en cuanto a sus aspectos tecnológicos (compatibilidad entre materiales, no existencia cambios volumétricos, baja erosionabilidad, etc.) y de respuesta estructural. Como un ejemplo de este último, puede citarse que en el LEMaC para los materiales granulares (no ligados) la manera directa con que se cuenta para obtener una valoración en laboratorio la puede constituir el ensayo de módulo resiliente (Figura N° 4 a la izquierda) y en obra el empleo de un light weight deflectometer (Figura N° 4 a la derecha); como una forma de demostrar que se trata de



Figura 4: Equipo de módulo resiliente (izq.) y light weight deflectometer (der.)



Figura 7: Residuo del lavado de arenas

equipos que se corresponden más a las disponibilidades de recursos de estos centros de referencia.

En cambio, de manera indirecta estas respuestas pueden obtenerse con el ensayo de valor soporte relativo (VSR) en laboratorio (*Figura N° 5* a la izquierda) o en obra con el VSR in situ (*Figura N° 5* al centro) o con el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) (*Figura N° 5* a la derecha); consistentes posiblemente con las disponibilidades de un consorcio o municipio.

Algo similar sucede con los materiales ligados, en los cuales la medición directa de las respuestas estructurales puede realizarse con un equipo para determinar módulo dinámico como el que cuenta el LEMaC (*Figura N° 6* a la izquierda); o de manera indirecta con ensayos Marshall en materiales con ligantes asfálticos (*Figura N° 6* al centro) y ensayos de resistencia a compresión confinada (RCI) en materiales con ligantes hidráulicos (*Figura N° 6* a la derecha).

Algo análogo sucede con todas aquellas caracterizaciones relacionadas con los aspectos tecnológicos citados. Por todo esto, resulta entonces necesario analizar para la escala del problema la escala de la sistemática de medición; y ver de este modo si se realizan en laboratorios menores o centros de referencia.

2. Niveles de intervenciones y ejemplos asociados

2.1. El mejorado de los suelos de traza

La intervención mínima que puede instrumentarse en el suelo de una traza de un camino rural existente es lo que suele denominarse como su “mejora”, también conocido a veces como su “corrección”. Más allá de que para ciertas reparticiones o autores, puedan existir algunos detalles menores que diferencien estas intervenciones, su nombre deja bien a las claras de que se trata; es decir, el incremento en alguna magnitud de la aptitud vial de la capa de suelo de superficie. Ahora bien, dada las posibles

variaciones en cuanto a las características básicas que estos suelos pueden presentar, conviene efectuar al menos una clasificación mínima entre ambos.

Es así como pueden dividirse de una manera básica en al menos dos grupos. El primero es el grupo de suelos que contienen un porcentaje importante de arcillas, por lo cual presentan una respuesta estructural relacionada con su componente cohesivo de resistencia, que disminuye drásticamente ante la presencia de humedad. En estos suelos las mejoras que generalmente se aplican son aquellas que tienden a incrementar en ellos su “componente friccional”, de manera efectiva o al menos virtual. El otro grupo de suelos, en contraposición, es aquel de los que contienen un porcentaje importante de partículas friccionadas, razón por la cual pueden llegar a presentar un alto componente de erosionabilidad ante agentes climáticos como el viento o el escurrimiento superficial por lluvias; por lo cual la mejora en estos casos consiste en técnicas que permitan dotar al suelo tratado de una mayor “componente cohesivo”.

Una experiencia del LEMaC que puede citarse a nivel de ejemplo de un caso de mejora de los suelos arcillosos, es aquel en el que se ha buscado incorporar a una tipología de dicho suelo en la zona de Olavarría (centro de la provincia de Buenos Aires), identificada en este caso como A-7-5 de acuerdo al sistema de Clasificación HRB, un material fino residual proveniente del lavado de arenas de trituración graníticas de una cantera



Figura 6: Módulo dinámico (izq.), Marshall (centro) y RCI (der.)



de la zona (Loza Panozo et al., 2020). Ese residuo es para la cantera en cuestión un pasivo ambiental, por lo cual el encontrar un destino como el citado resulta sumamente atractivo (*Figura N° 7*).

Es así como se instrumenta un sencillo análisis, mediante el cual se estudia cómo ante incrementos del contenido del residuo en su mezcla con el suelo plástico citado, se modifican los parámetros de compactación adoptables en obra; en este caso determinados mediante el ensayo Proctor y traducidos en las Densidades Secas Máximas y las correspondientes Humedades Óptimas.

Estas situaciones son analizadas luego mediante el ensayo de VSR, arribándose a los resultados volcados en la *Tabla N° 1*, los cuales indican un contenido óptimo del residuo del 10 %. Se observa como se parte de una baja aptitud vial del suelo solo, representada por un VSR de 2,5 %, y se alcanzan valores de respuestas aceptables de VSR del 7,1 %. También cabe analizar como porcentajes mayores de empleo del residuo vuelven a dar por resultado VSR por debajo de ese máximo, lo cual ratifica lo ya expresado en cuanto a la necesidad de medir para posibilitar la instrumentación de alternativas óptimas de empleo.

En el otro extremo de los ejemplos, se encuentra en análisis de potencialidad de empleo de un residuo proveniente de la extracción del aceite de soja y otros compuestos, conocido como desgomado de soja (*Figura N° 8* a la izquierda), de una industria (*Figura N° 8* a la derecha) de la zona del municipio de Riva-



Figura 9: Distribución en obra de la dilución de desgomado de soja

da, en el oeste bonaerense (Rivera et al., 2020b).

Este material es distribuido por el Municipio diluido en un 60 % de agua, de manera tal de poder bombearlo para su riego (*Figura N° 9*) generándose lo que se da a llamar como la Dosis Oficial (D) de aplicación, que implica unos 11,4 g de residuo cada 1000 g de peso de suelo seco tratado. Esta dosis y su doble (Dx2) se analizan como paliativos de polvo para un suelo arenoso del tipo A-2-4; para lo cual se instrumenta un ensayo adaptado por el LEMaC de uno desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (*Figura N° 10*) (LEMaC, 2019). Mediante este análisis se establece que el empleo de la Dosis Oficial disminuye la erosionabilidad del material por debajo de un 50%, y que no es de utilidad incrementarla a los efectos de mejores resultados; tal cual puede observarse de los resultados de la *Tabla N° 2*.

Más allá de las características particulares de estos ejemplos, los mismos sirven para demostrar que se deben instrumentar análisis específicos para el tipo de suelo a ser mejorado y las características intrínsecas del residuo en cuestión. Un aspecto que también es útil resaltar en ambos casos, es el de la cercanía de la fuente de origen del residuo con su lugar de aplicación, lo cual es fundamental para que la ecuación técnico-económica implicada cierre adecuadamente, al disminuir al máximo las distancias de transporte. Además, debe analizarse que el volumen de residuo que se genera, sea acorde al ritmo de obra para su aplicación, no debiéndose generar acopios del residuo por tiempos prolongados (lo que se traduce en costos adicionales) por un lado, ni buscar emplear solo en obras de este tipo la totalidad de residuos que se produzcan en un gran volumen, en el otro extremo.

2.2. La estabilización de los suelos de traza

Un avance respecto del mejorado de suelos de una traza es el de su estabilización; es decir, la aplicación de alguna de las técnicas existentes para dotarlo de una notoria mejora en cuanto a la aptitud vial. Entre las técnicas de estabilización convencionales se encuentran la de compactación, estabilización volumétrica, estabilización con cal o cemento, estabilización con productos base hidrocarburos y otros, como por ejemplo es el caso de los estabilizantes químicos.



Figura 8: Desgomado de soja (izq.), proveniente de extracción de aceite y otros compuestos (der.)

Residuo [%]	V.S.R. [%]	D. Seca Máx. [g/cm ³]
0	2,5	1,764
5	5,3	1,776
10	7,1	1,788
20	6,2	1,798
30	5,3	1,790

Tabla 1: Resultados de VSR de la mezcla vs. % residuo del lavado de arenas

Mediante estas técnicas, o combinación de ellas, es posible entonces desarrollar estabilizaciones en las cuales se incorporen diversos residuos.

Un ejemplo de intervención del LEMaC en la generación de un estabilizado granulométrico a partir de un suelo de una aptitud vial media (VSR del 25 %), es el relacionado con el análisis de empleo de escoria de altos hornos en la zona de San Nicolás al norte de la provincia de Buenos aires, Figura N° 11.

Este material presenta una granulometría que pasa el 100 % el Tamiz de 1", en aproximadamente el 97 % el Tamiz de ¾", en un 25 % el Tamiz de ½" y no registra pasante en el Tamiz N° 4; por lo cual permite generar una adecuada curva granulométrica al ser mezclado en un 60 % con el suelo de la traza. Se obtiene así un material que presenta a una Densidad Seca Máxima de 1,904 g/cm³ y una Humedad Óptima del 18 % un VSR del 97 %, lo cual se ubica por encima del 80 % establecido por DNV para una base de pavimentos de este tipo de material (DNV, 1998). A lo establecido, se debe agregar complementariamente un incremento a registrarse en el tiempo en la capa tratada, debido al efecto cementante retardado que este tipo de residuos suele presentar.

Otro ejemplo de aplicación de un residuo para la estabilización se tiene cuando se ha intervenido en el estudio para el empleo de un catalizador agotado proveniente del refinado del petróleo en el cracking catalítico (Fensel et al., 2018). Este material, luego de los correspondientes estudios en cuanto a sus implicancias ambientales (que quedan por fuera de este artículo), se analiza para su empleo como corrector de un suelo natural que por su baja aptitud vial no

puede ser tratado para la conformación de bases estabilizadas del tipo suelo-cemento. Se arriba como conclusión, por medio de las determinaciones de RCI en diversas mezclas, de que puede ser empleado en una proporción del 25 % mezclado con el suelo natural, más un 7 % de cemento; porcentaje levemente por debajo del habitual debido a que el residuo debe ser tratado con materiales hidráulicos para contar con su aprobación para el traslado desde la planta en la cual se genera. De este modo se trata de un aprovechamiento doble; es decir, del residuo en sí y del material con el cual tiene que ser tratado por razones ambientales.

Como conclusión de este apartado, cabe señalar aquella entonces referida a posi-

bles aprovechamientos de los residuos no solo por sus características iniciales, sino también por algunos aspectos accesorios; como pueden ser los efectos retardados en el tiempo o la existencia de productos de tratamiento implicados. Además, aunque como se dijera no se aborda, también es una conclusión del apartado la necesidad de contar con los adecuados estudios ambientales que avalen el empleo del residuo a los fines previstos.

2.3. Las capas de coberturas

Resulta de aceptación generalizada que en los caminos rurales el paso lógico luego de la estabilización de las capas de rodamiento, para mejorar las condiciones circulatorias y preservar los recursos empleados en la estabilización, sea el de proceder a su recubrimiento; es decir, la colocación de algún tipo de capa de cobertura. Nuevamente, variadas son las tipologías de soluciones que podrían implementarse en estos casos. Entre ellas, cabe señalar aquellas que emplean soluciones del tipo asfálticas a bajas temperaturas (sellos, tratamientos superficiales, mezclas de bajos costos, etc.).

Un ejemplo de residuos que pueden incorporarse en el que ha intervenido el LEMaC es en la generación de un con-



Figura 10: Equipo adaptado por el LEMaC para el control de paliativos de polvo

Situación	Pérdida por Erosión (g)
A	26,8
A+D	10,9
A+D x 2	11,0

Tabla 2: Pérdida por erosión vs. dosis de desgomado de soja



creto asfáltico en frío con una arcilla agotada de un lecho percolador proveniente de procesos de purificación en la industria petrolera (Rivera et al., 2018). Este material, nuevamente analizado previamente desde el punto de vista ambiental, presenta ciertos contenidos de hidrocarburos que pueden ser aprovechados a los efectos de la constitución de esta mezcla. Para el estudio se instrumentan una serie de mezclas tipos con las cuales se confeccionan mediante el procedimiento Marshall modificado adaptado por el LEMaC (LEMaC, 2019), *Figura N° 12*, probetas como las de la *Figura N° 13*; que al ser ensayadas permiten llegar a una mezcla óptima en la cual la arcilla al intervenir en aproximadamente un 10 % permite reducir en un 1 % el contenido de residuo asfáltico necesario de la correspondiente emulsión asfáltica empleada; alcanzándose en ese caso una Estabilidad ante el ensayo Marshall de aproximadamente 450

kg, más que aceptable para la finalidad buscada.

Otro ejemplo se tiene al analizar el empleo de un RCD como lo es el RAP cuando se lo utiliza mezclado con algunos residuos RP del tipo aceitosos y compactado a baja temperatura, como se ha observado se emplea en diversos municipios de la provincia de Buenos Aires (Rivera et al., 2020a). En estos casos, se ha establecido como una opción óptima el empleo de la tolva de una terminadora a los efectos de generar el mezclado, más el aquel adicional con aporte de calor generado por el sinfín en la salida de ésta, generándose una mezcla que se

compacta a aproximadamente 60 °C. En la *Figura N° 14* se observa un ejemplo de aplicación durante la compactación posterior con rodillo liso en el partido de Berisso, al este de la provincia de Buenos Aires.

Mediante esta experiencia se analiza la incorporación al RAP de aceite usado en motores industriales, aceite comestible usado de la industria alimenticia y el desgomado de soja. Se arriba a los coeficientes estructurales considerables mediante la Guía AASHTO93 para el diseño de los pavimentos (AASHTO, 1993), a partir de ensayos Marshall adaptados a las circunstancias, que se muestran en la *Tabla N° 3*. A manera de ejemplo comparativo, cabe señalar que un tratamiento superficial simple en aproximadamente 25 mm de espesor presentaría un coeficiente de aporte estructural asociado de 0,16 1/pulg.

Dosificación	Coefficiente de aporte estructural (1/pulg)
100 % RAP	0,18
100 % RAP + 1,0 % aceite usado de autos	0,23
100 % RAP + 1,0 % aceite comestible usado	0,20
100 % RAP + 3,0 % desgomado de soja	0,19

Tabla 3: Coeficientes estructurales alcanzados en mezclas de RAP y residuos aceitosos



Figura 11: Escoria de altos hornos.



Figura 12: Molde y pistón (izq.) y salida de agua por rotura de emulsión durante el molde de probetas (der.) en método Marshall modificado

CONCLUSIONES

Como conclusiones de los diversos aspectos volcados en el presente artículo, se pueden citar entonces a:

- ✓ Debe analizarse la compatibilidad y conveniencia de empleo de un residuo para cada tipo de solución en particular a desarrollarse; porque ciertos residuos solo pueden ser utilizados de manera combinada con ciertos materiales para ciertas finalidades en específico. En resumen, no se deben generalizar conclusiones de un caso a la totalidad de las circunstancias dables de presentarse.
- ✓ Las soluciones óptimas van en utilizar en mayor grado materiales locales y residuos de actividades cercanas, para de ese modo disminuir al máximo las distancias de transporte implicadas y facilitar la posibilidad de arribar a adecuadas ecuaciones técnico-económicas.



Figura 13: Probetas de concreto asfáltico en frío generadas



Figura 14: Compactación de RAP a baja temperatura para conformación de la superficie de rodamiento

- ✓ El volumen de producción del residuo debe ser acorde a la disponibilidad lógica de su almacenamiento y a las capacidades existentes en cuanto a su ritmo de empleo.
- ✓ Desde el punto de vista vial, es necesario diseñar en función de mediciones que se realicen adaptadas a las problemáticas, por lo que pueden verse implicados ensayos del tipo convencional o no.
- ✓ La utilización de residuos requiere del análisis adicional de requisitos ambientales que pueden ser de diversa índole e importancia, de acuerdo a las características propia del residuo, la necesidad de su traslado y la aplicación en particular del mismo que se prevea.
- ✓ El desarrollo de la totalidad de las tareas que implican iniciativas como las abordadas puede ser realizado por los consorcios camineros o las reparticiones municipales que tengan injerencia en las obras, pero es posible que en muchas oportunidades se requiera además diversos grados de intervención de algún centro de referencia en la temática, de los cuales el LEMaC es un ejemplo.

REFERENCIAS

AASHTO, "Guide for design of pavement structures 1993", American Association of State Highway and Transportation

Officials, ISBN 1-56051-055-2, EEUU, 1993.

Cerutti, N., "Caminos rurales: una deuda pendiente con nosotros mismos". Conferencia para la Asociación Argentina de Carreteras, Argentina, 2020.

DNV, "Pliego de especificaciones técnicas generales (Edición 1998)", Dirección Nacional de Vialidad, Argentina, 1998.

Fensel, E., Botasso, G., Rivera, J., "Utilización de catalizador agotado en bases y subbases de pavimentos". Memorias AEEA Encuentro de Articulación UTN-CEAMSE-OPDS, ISBN 978-987-1896-94-3, Argentina, 2018.

LEMaC, "Guía de metodologías y procedimientos para uso vial desarrollados en el LEMaC – Centro de Investigaciones Viales (edición 2019)". Editorial edUTecNe, ISBN 978-987-4998-27-9, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. 2019.

Loza Panozo, J., Brizuela, L., De Abajo Freire, N., "Análisis de suelos estabilizados con filler residuo de trituración de rocas de la zona de Olavarría". Tesis de Becarios de Investigación 2019 – LEMaC, ISSN 2250-7221, Universidad Tecnológica Nacional, Número 14, pp 13-18, mayo de 2020, Argentina.

Navarro, C., "Experiencias de los consorcios camineros de la provincia de Chaco". Congreso Argentino de Caminos Rurales – Olavarría, Argentina, 2016.

Picca, A., "Experiencias de los consorcios camineros de la provincia de Córdoba". Congreso Argentino de Caminos Rurales – Olavarría, Argentina, 2016.

Rivera, J., "Curso de técnicas de conservación". Maestría en Ingeniería del Transporte con Orientación Vial de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina, 2020.

Rivera, J., Barbeito, S., Porro, A., "Empleo de RAP y residuos aceitosos como pavimento a bajas temperaturas para bajo tránsito". Revista Vial, ISSN 0329-1146. N° 133, pp 18-20, mayo-junio 2020, Argentina.

Rivera, J., Botasso, G., Porro, A., "Desgomado de soja para mejorado de vías no pavimentadas en Argentina". Revista Ingeniería, ISSN 1510-6896, Asociación de Ingenieros del Uruguay, N°87, pp. 35-38, julio de 2020, Uruguay.

Rivera, J., Fensel, E., Botasso, G., "Uso de mezclas asfálticas en frío para fijar un residuo contaminante (arcilla agotada)". Memorias AEEA Encuentro de Articulación UTN-CEAMSE-OPDS, ISBN 978-987-1896-94-3, Argentina, 2018. 🟡