

Título: “Mejorado de suelos finos viales con residuo de barbijos triturados”. Revista: Carreteras de la Asociación Española de Carreteras (España). Código: ISSN 0212-6389. 4° Época, N°236, Año 2022, pp. 73-75. Autores: J. Rivera, I. Zapata, N. Battista.

MEJORADO DE SUELOS FINOS VIALES CON RESIDUO DE BARBIJOS DE UN SOLO USO TRITURADOS

Julián Rivera, Ignacio Zapata Ferrero, Nicolás Battista

LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP – CIC PBA, Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. La Plata (Argentina), Avenida 60 y 124, La Plata (1900), Bs. As., Argentina; jrivera@frlp.utn.edu.ar; tel. +54-221-4890413

Título reducido: Mejorado de suelos con barbijos triturados

RESUMEN

La pandemia por COVID-19 trajo aparejada un incremento exponencial a nivel mundial del empleo de barbijos y tapabocas; especialmente los denominados como “barbijos de un solo uso” y, de estos, los coloquialmente identificados como “barbijos celestes”. Este aspecto resulta en un pasivo ambiental si no se investigan nuevos modos de utilización del residuo domiciliario generado por los mismos.

Desde el LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP- CIC PBA (Argentina), en vistas a algunos antecedentes existentes a nivel mundial, pero que no llegan a cubrir el campo de aplicación en materiales viales granulares finos, se genera un análisis de prefactibilidad para utilizar estos residuos, una vez triturados, en la mejora y estabilización de esos materiales, en vistas a la constitución de subrasantes mejoradas o, incluso, capas de subbase.

Los positivos resultados mecánicos iniciales se complementan con una profundización en cuanto a cómo podrían solucionarse los diversos aspectos concurrentes, que surgen al llevar lo analizado en laboratorio a las obras viales en el ámbito de la provincia de Buenos Aires.

El presente trabajo se constituye por las memorias de estos aspectos, e intenta ser una referencia que allane el camino de futuras experiencias en tal sentido.

Las conclusiones a las cuales se arriban para estos residuos pueden ser extrapoladas a todos otros elementos de diversos orígenes que se confeccionan con el mismo textil; por lo que el alcance de las mismas tomaría una importancia exponencial en función del interés que pueda despertar en tal sentido.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic generated an exponential increase in the use of face masks around the world; especially those known as “single-use face mask” and, of these, those colloquially identified as “light blue face mask”. This aspect results in an environmental threat if new ways of using the household waste generated by them are not investigated.

From the LEMaC Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP- CIC PBA (Argentina), in view of some worldwide antecedents, that do not cover the field of application of fine granular road materials, a pre-feasibility analysis is generated to use these residues, once shredded, in the improvement and stabilization of those materials, in view of the constitution of improved subgrade or, even, sub-base layers.

The positive initial mechanical results are complemented by a deepening of how the various concurrent aspects could be solved, which arise when taking what has been analyzed in the laboratory to road works in the Buenos Aires province.

The present work is constituted by the memories of these aspects and tries to be a reference that simplified the way for future experiences in this regard.

The conclusions reached for these residues can be extrapolated to all other elements of different origins that are made with the same textile; so, the scope of the same would take an exponential importance depending on the interest that may arouse in this regard.

PALABRAS CLAVES: Ingeniería Vial, Suelos Viales, Subrasante, Subbases, Residuos, Barbijos de Un Solo Uso, Barbijos Celestes, COVID-19.

KEYWORDS: Road Engineering, Road Soils, Subgrade, Subbases, Waste, Single-Use Face Mask, Light Blue Face Mask, COVID-19.

INTRODUCCION

La pandemia por COVID-19 trae aparejada un incremento exponencial en la utilización de barbijos de un solo uso a nivel mundial (CONICET, 2021). Estos barbijos, en Argentina, se identifican coloquialmente como “barbijos celestes”, los cuales en rigor son barbijos que califican como de “Tipo 1 – Básico” cuando se materializan con doble capa de una tela sintética o como “Tipo 2 – Clase I” cuando poseen tres capas; ambos conocidos como barbijos de procedimientos (Nuñez Montoya & Uema, 2020). En la práctica, estos “barbijos celestes” son de los de más amplio uso (CONICET, 2021), razón por la cual se decide apuntar a su tratamiento en el presente análisis de prefactibilidad.

A nivel mundial pueden señalarse antecedentes de la problemática que los mismos conllevan. En Oceanía, por ejemplo, ya desde el principio de la pandemia en las playas de diversas pequeñas islas deshabitadas del archipiélago de Soko (entre Hong Kong y Lantau) se han encontrado miles de mascarillas usadas (Figura 1), probablemente provenientes de Hong Kong y su área de influencia, cuando previo a la misma tales residuos se hallaban solo esporádicamente (Elcacho, 2020).



Figura 1. Incremento de barbijos en playas de Oceanía al principio de la pandemia (Elcacho, 2020)

Sin ir más lejos, más o menos en ese momento la empresa MercadoLibre, líder a nivel sudamericano en ventas *on-line*, denunciaba que la demanda de barbijos a través de su plataforma se incrementó de 2019 a mayo de 2021 en un 608 % (Marketers, 2020).

Los datos más actuales, luego de cerca de 2 años de pandemia, según recoge la revista National Geographic, indican que a nivel mundial se utilizan 129.000 millones de barbijos descartables al mes (para que sea más fácil de imaginar: tres millones por minuto) (CONICET, 2021).

No obstante, el incremento de basura de plásticos de un solo uso (batas, guantes, mascarillas, etc.) es una dimensión poco abordada en el marco de la pandemia de COVID-19, lo cual se refleja en el bajo porcentaje que la temática tiene en las numerosas publicaciones que se generan entorno a esta pandemia (Olmedo & Ceberio de León, 2020). Investigadoras del CONICET en el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO, CONICET-UNS) analizaron la situación de los sistemas de gestión de Residuos Sólidos en América Latina, antes y durante la pandemia, y establecieron que las deficiencias preexistentes en estos sistemas se acentuaron por la falta de preparación para el manejo de un mayor volumen de desechos médicos y por el hecho de que la recolección de residuos domiciliarios se vio restringida; lo cual sería uno de los factores en los que trabajar para evitar que los desechos lleguen al mar. El trabajo, publicado en la revista *Science of the Total Environment*, pronostica que la mayoría de estos elementos fabricados con materiales poliméricos terminarán formando piscinas de microplásticos en los océanos. Los desechos llegan allí transportados por vientos, ríos, mareas, desagües pluviales, y también por descargas directas. El análisis de las especialistas del IADO señala que “...la falta de conocimiento sobre el tipo de residuo doméstico generado y su deficiente clasificación por las personas en el hogar...”, ha contribuido al aumento de la contaminación y agrega: “...en muchas costas de América del Sur, es cada vez más común encontrar barbijos y otros artículos de protección personal, como mascararas faciales o guantes, que son fuentes potenciales de microplásticos...” (Squarcia, 2021).

Más allá entonces de registros que puedan resultar medianamente precisos, no quedan dudas de que el mundo, y específicamente la Argentina, se encuentran ante un nuevo desafío al respecto.

Variadas son hasta el momento las iniciativas en relación a la temática, algunas de las cuales buscan dar a estos residuos, previo algún tratamiento, un valor comercial. Tal es el caso, por ejemplo, de empresas en el Gran Buenos Aires que generan diversos insumos a partir de estos barbijos usados (rellenos, carga, etc.).

Adicionalmente, los residuos de barbijos de un solo uso es una problemática instalada en diversas expresiones de la sociedad argentina. Cuando desde las redes sociales del LEMaC se ha anunciado en septiembre de 2021 que se analizaban posibles soluciones, se recibieron múltiples mensajes de representantes de instituciones y particulares que ya se preocupaban por la temática y estaban recolectándolos, sin saber a ciencia cierta que iban a hacer luego con ellos. Tal es el caso, solo como ejemplo, de Carla Bozzano que trabaja en la empresa Globant de La Plata, que se organizó para concentrar los barbijos utilizados por todos los compañeros de trabajo, en espera de encontrar una vía para destinarlos, y que al momento de contactarse contabilizaban más de 500. Cuando, más adelante, se anunció que se había arribado a conclusiones preliminares positivas en el estudio, desde numerosos medios de comunicación se contactaron con los autores para generar notas y entrevistas, difundidas por diversos medios y con buena recepción por parte de la comunidad. Finalmente, al anunciarse la disponibilidad del LEMaC para encarar tramos de prueba para el desarrollo, desde diversas empresas y reparticiones su pusieron en contacto, destacándose la delegación Chubut de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV); la cual se encuentra avanzada en la concreción de tal obra al momento de esta publicación. Es que la ingeniería vial no queda al margen de iniciativas que buscan una solución al problema (Rodríguez, 2021). Tal es el caso de los estudios efectuados en la RMIT University de Australia respecto de la incorporación del triturado de estos barbijos, identificados como SFM (por su sigla en inglés para Shredded Face Mask), en capas

estabilizadas granulométricamente, con hormigón triturado como agregado, en porcentajes óptimos de entre 1 % y 3 % y mediante ensayos, entre otros, de resistencia a la compresión inconfinada (Saberian et al., 2021).

Pero no se han registrado, en cambio, antecedentes de estudios que impliquen la utilización de estos residuos para el mejorado o la estabilización de suelos finos. Es por esto que, desde el LEMaC, se efectúa el presente estudio a tales fines, incluido en el Proyecto I+D homologado en el Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación denominado “Inclusión de nuevas tecnologías y materiales alternativos en pavimentos flexibles multicapas; diseño, aspectos económicos y análisis estructural” (Código TVTCBLP0008084TC). Este proyecto, dirigido desde el LEMaC, cuenta con integrantes de la Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. Avellaneda y de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), la Universidad de la República (Uruguay), la Universidad de Piura (Perú) y la Universidad Politécnica de Cataluña (España).

MATERIALES Y MÉTODOS

Planteada la situación, se establece entonces que los materiales que conforman las mezclas bajo estudio son los denominados “barbijos celestes” y una serie de suelos viales diferentes, que permitan cubrir un rango de las posibilidades existentes en el panorama vial.

Los barbijos celestes

Estos barbijos se constituyen, además de sus elásticos y un elemento para el ajuste en la nariz (los cuales se consideran de influencia despreciable a los efectos del presente estudio de prefabricabilidad), por capas de una tela sintética conocida como “tela no tejida SMS” (debido a la sigla en inglés de su composición de *Spunbond-Meltblown-Spunbond*). Este material se compone de filamentos de polipropileno soldados por el método de *spunland termobonded*, que componen las dos capas que cubren al *meltblown*. Es utilizado en sus distintas versiones en aplicaciones médicas descartables (por ejemplo: batas, cofias, cubrecalzados, sábanas, etc.). A los efectos de reducir la variabilidad de los condicionantes de entorno, el presente estudio se limita a los barbijos ya mencionados, pero resulta claro apreciar que las conclusiones que de aquí se desprendan probablemente puedan ser trasladadas a toda otra serie de residuos relacionados, que incluso no provienen del ámbito de la salud, como es el caso de las bolsas actualmente utilizadas para las compras en mercados y tiendas, entre otras.

De manera promedio puede señalarse que estos barbijos en su versión con tres capas poseen un peso de 3,5 g de los cuales 2,7 g son de tela, la cual se utiliza de manera exclusiva para el presente estudio.

En la experiencia ya citada efectuada en Australia se utiliza una segmentación de esta tela en fragmentos de 20 mm x 5 mm (Saberian et al., 2021). El análisis efectuado por los autores permite relevar diversas metodologías empleables a escala de producción para lograr partículas de tamaños similares al citado. Entre ellas, existen aquellas correspondientes a equipos con ejes de triturado. Estos equipos existen a nivel industrial en diversos rangos de envergadura, asociados claramente al nivel de producción buscado. Si se piensa en una posible aplicación a nivel municipal de estos residuos, por ejemplo, de manera tal de no implicar un costo por transporte del material y brindar una solución ambiental a nivel local, serían entonces recomendables equipos de trituración menores, que podrían utilizarse tanto para las experiencias de diseño en laboratorio como en la trituración del producto a ser utilizado en obra. Se han relevado equipos de esta tipología con costos que van desde los 2.500 euros.

Otra línea de equipos que podría utilizarse es la de los molinos rotatorios. Estos equipos cuentan con un rotor con cuchillas (planas o en V) que realizan el corte en conjunto con

cuchillas fijas, complementándose con un sistema de cribas y de recirculación del material a los efectos de generar un tamaño de partículas preestablecido. Se han relevado equipos de esta tipología, con un ancho de trabajo útil de 300 milímetros, tamaño de picado de entre 5 y 50 milímetros y una capacidad de producción que puede llegar a los 150 kg/hora, con valores que van desde los 10.000 euros.

El otro sistema de triturado que podría implementarse sería el de las guillotinas. Estos equipos, como su nombre indica, poseen una cuchilla que realiza de manera automatizada el corte de aquel material textil que se le incorpora por medio de una cinta. Para el caso de ejemplo de La Plata, área en la que se encuentra emplazado el LEMaC, las consultas realizadas permitieron acceder a uno de estos equipos, con un valor aproximado de 100.000 euros. Con dicho equipo se realizó un triturado de prueba (Figura 2 y 3), con el cual se obtuvo una muestra con material de trituración prismático con una dimensión máxima de 20 mm (Figura 4), a una tasa de triturado de 400 kg/h.



Figura 2. Guillotina utilizada en la trituración de prueba (elaboración propia)



Figura 3. Triturado de prueba de los barbijos (elaboración propia)



Figura 4. Producto resultante del triturado de prueba (elaboración propia)

A partir de los antecedentes existentes a nivel de laboratorio y los triturados alcanzables señalados, se decide efectuar las experiencias con el cortado a mano de los barbijos en segmentos de aproximadamente 20 mm x 5 mm (con la dimensión mayor obtenida en el sentido longitudinal del barbijo), tal cual se observa una muestra en la Figura 5. De este modo se ajusta una variable de entorno del modelo en estudio, respecto del grado de variabilidad de dimensiones que lógicamente introduce el triturado a escala de producción.



Figura 5. Muestra de barbijos cortados a mano para las experiencias de laboratorio (elaboración propia)

Un tema adicional asociado surge en cuanto a la seguridad sanitaria de concentrar y manipular dichos barbijos. En tal sentido, cabe señalar lo manifestado por diversas fuentes, entre ellas el Ministerio de Salud de la Nación, en cuanto a que luego de 72 horas de su empleo, los barbijos que pudieran potencialmente haber sido utilizados por un enfermo de COVID-19 ya no deberían presentar rastros activos de dicho virus (Gioberchio, 2020). Para acotar la investigación se decide que los barbijos implicados en laboratorio sean:

- Provenientes del uso particular.
- No se hayan utilizado en personas que presenten sangrado o que posean enfermedades que generen patógenos perennes.
- Sean esterilizados previo a proceder a su trituración.

En tal sentido, en vistas a establecer algunos criterios en cuanto a su acopio y empleo de manera masiva luego en obra, se han mantenido entrevistas con distintos especialistas de la temática. Varias líneas de pensamiento se vislumbran, aunque todas coincidentes en

cuanto a que se trata de una temática no resuelta en su totalidad, al menos a nivel de la provincia de Buenos Aires, ámbito inicial de empleo previsto para las conclusiones a las que se arribe. La primera línea de pensamiento señala que, si bien los barbijos a los que se apunta de manera individual serían un residuo domiciliario (diferenciable de los residuos patogénicos provenientes de los establecimientos de salud o residuos peligrosos si fueran acopiados por la industria), al generarse su acopio de manera concentrada, deberían pasar a considerarse como un residuo patogénico, más allá de su procedencia. Así planteada la situación, entonces correspondería que previo a su empleo ese residuo sea esterilizado mediante autoclave por algún operador patogénico certificado, los cuales no son muchos y se encuentran concentrados entorno al Gran Buenos Aires. Esto resulta en una problemática desde el punto de vista de la aplicación, pues salvo que la obra se halle en las cercanías de uno de estos operadores, o de que se instrumente algún sistema de incentivo económico gubernamental para la solución analizada, los costos de transporte del residuo tratado probablemente tornarían inviable su empleo en obra.

Una segunda línea de pensamiento detectada en los expertos consultados a los efectos del estudio señala que los barbijos utilizados a nivel domiciliario son un residuo sólido urbano más, que no debería ser considerado como peligroso. Pero para que esto sea así, debe asegurarse su procedencia, lo cual no sería una tarea sencilla. Los entrevistados que adhieren a esta línea de pensamiento indican que, no obstante, debería implementarse un “resguardo de seguridad” adicional al esterilizar mediante autoclave esos barbijos, pero sin necesidad que esa esterilización se realice por un operador certificado. Se indica en tal sentido que numerosos serían los entes distribuidos en todo el territorio provincial que podrían cumplir con tal función; como es el caso de los establecimientos de salud provinciales o la mayoría de los municipales. Para esto, por ejemplo, debería pensarse en una línea de trabajo conjunta entre las reparticiones encargadas de la recolección de los residuos sólidos, obras públicas y salud municipales.

La tercera línea de pensamiento manifestada por algunos de los expertos consultados señala, de manera coincidente con la anterior, que se trata de un residuo sólido urbano más, y que la seguridad en el proceso debe limitarse a establecerse la procedencia del barbijo; superada la cual el resguardo de seguridad podría constituirse de simple lavado del residuo con una solución de hipoclorito de sodio, previo a su empleo.

Lo manifestado por estas líneas de pensamiento ratifica que, llegado el caso de una aplicación en específico del mejorado de suelo mediante la técnica en estudio, deberá verificarse cuál es la que mejor ajusta al caso; lo cual, claramente, escaparía a los alcances del presente estudio de prefactibilidad.

Los suelos viales

Las experiencias se plantean sean realizadas a nivel de prefactibilidad para su empleo en la zona próxima de influencia del LEMaC, la cual puede considerarse abarca al menos la provincia de Buenos Aires (Rivera et al., 2018). Como ya se mencionó, la idea inicial es comprobar si el empleo de mezclas de suelos naturales más el triturado de barbijos posee un aporte desde el punto de vista vial y, en caso positivo, el orden de porcentaje de este residuo que podría estar empleándose en una situación óptima. Esta aplicación se realizaría entonces a nivel de generar una mejora o estabilización de la subrasante o, en el mejor de los casos, de una primera subbase de un hipotético paquete estructural de pavimentos flexible multicapa (Rivera, 2021). Al conectar los conceptos volcados en este párrafo se puede señalar que, en la zona de estudio y a los efectos de las aplicaciones mencionadas, suelen emplearse suelos finos del más amplio espectro. A partir de esto es que se decide instrumentar el análisis sobre tres categorías de suelos típicos, de manera tal de arribar a conclusiones iniciales de la aplicación que posean un ámbito de empleo mínimo adecuado. Estas categorías se decide instrumentarlas mediante un sistema de calificación de baja,

media y alta aptitud vial, en función de la Clasificación HRB (DNV, 2001). De este modo se decide utilizar suelos de alta plasticidad (con Índice de Plasticidad mayor a 10), plasticidad media (con Índice de Plasticidad cercano a 5) y suelo friccional (con Índice de Plasticidad de 0), respectivamente.

La mezcla

La mezcla de ambos materiales, más el agua de compactación, es una tarea que se realiza en bandejas de manera manual en laboratorio, lográndose un producto como el que se observa en la Figura 6.



Figura 6. Mezcla de suelo y barbijos en su Humedad Óptima (elaboración propia)

Esta tarea debe tener su contraparte en la aplicación en obra, lo cual requiere de algunas previsiones. Una de ellas se relaciona con lo fácil que puede resultar que los barbijos triturados sean arrastrados por el viento. Por ello, se vislumbran al menos dos opciones. Una de ellas es que el mezclado se realice en planta, transportándose la mezcla de suelo y barbijos triturados en su Humedad Óptima (o cercana a la misma), de manera tal de que luego pueda ser distribuida mediante terminadora, u otro equipo que permita tal acción, e inmediatamente compactada. Para esta tarea puede utilizarse, por ejemplo, una mezcladora para bases, en la cual los barbijos triturados se incorporen desde uno de los silos cerrados y el suelo desde uno abierto. Estos equipos realizan el mezclado con ejes con paletas, lo cual sería adecuado para el tipo de producto abordado.

La otra opción es generar el mezclado en obra con un equipo que posea una cámara de mezclado cerrada, como es el caso de las recicladoras; pero en este caso se las debería adaptar para que la incorporación de los barbijos triturados se realice dentro de la cámara, junto con la humectación, de modo que el grado de humedad de la mezcla a la salida de la misma sea tal que no se vuelen los fragmentos de barbijos. Esta opción, al menos inicialmente, parece menos factible de ser aplicada en la tipología de obras a las que se apunta; no obstante, también valdría la pena profundizar en su análisis.

Para establecer las respuestas estructurales aproximadas esperables, se decide emplear una metodología acorde al hecho de que se trata de un análisis de prefactibilidad, para una aplicación en vías rurales de muy bajo nivel de tránsito o en vías suburbanas de similares características, al menos en un principio. Es decir, se decide utilizar una metodología de

análisis básica, que se puede complejizar en futuros estudios, a medida que el grado de particularidad de la aplicación así lo amerite (por ejemplo, con determinaciones de módulo resiliente en laboratorio y deflexiones en obra).

El contenido óptimo de barbijos triturados, expresado en % en peso por encima del 100 % de peso de suelo seco, se establece para la Densidad Seca Máxima y la Humedad Óptima establecidas mediante el Ensayo Proctor correspondiente según norma (DNV, 2001) mediante el Ensayo de Valor Soporte Relativo (VSR) sin embeber y sobre probetas moldeadas a densidad prefijada (DNV, 2001). En la Figura 7 se observa la colocación de una mezcla en el molde (izq.), el moldeo estático de la probeta (centro) y el posterior ensayo de la misma (der.), a manera de ejemplo. En la Figura 8 se observa como quedaría superficialmente una probeta de VSR compactada, con un porcentaje de barbijos cercano al óptimo.



Figura 7. Proceso de Ensayo de VSR con moldeo a densidad prefijada (elaboración propia)



Figura 8. Superficie de probeta de VSR con contenido de barbijos cercano al óptimo (elaboración propia)

El Tipo de Ensayo Proctor a utilizarse en cada suelo se establece en Argentina al vincular la norma de ensayo y el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales Edición 1998 de la DNV (DNV, 1998). Se decide mantenerlo al incorporar los diferentes contenidos de barbijos triturados.

RESULTADOS

A continuación se vuelcan los principales resultados obtenidos en las experiencias con las tres tipologías de suelos representativos seleccionadas.

Para analizar de manera representativa estas tipologías de suelo, se recurre a muestras provenientes de diferentes regiones de la provincia de Buenos Aires. La muestra de suelo friccional proviene del oeste bonaerense en la zona de Rivadavia, la muestra de plasticidad media proviene del conurbano bonaerense en la zona de Pilar y la muestra de plasticidad alta del centro de la provincia en la zona de Olavarría. Dichos suelos se determina cuentan con las características volcadas en la Tabla 1. En dicha tabla se vuelca como "PTN°X" al porcentaje de pasa tamiz número X y con "np" a no posee.

Tabla 1. Caracterización de los suelos utilizados en las experiencias (elaboración propia)

	Suelo Friccional	Suelo Plast. Media	Suelo Plast. Alta
	A-2-4	A-4	A-6
LIMITE LIQUIDO (%)	np	35	32
LIMITE PLASTICO (%)	np	29	21
INDICE DE PLASTICIDAD	0	6	11
PTN°10 (%)	99,7	86,3	99,4
PTN°40 (%)	89,7	78,0	88,4
PTN°200 (%)	23,5	63,5	72,7
CLASIFICACION HRB	A-2-4(0)	A-4(3)	A-6(7)

Debido a la clasificación obtenida, se procede entonces a analizar muestras con diferentes contenidos de barbijos, mediante el Ensayo Proctor según el Tipo correspondiente para la Clasificación HRB de cada suelo natural, obteniéndose los resultados volcados en la Tabla 2. Como puede observarse, al menos en el rango analizado, no se registran tendencias notorias en la modificación de la Densidad Seca Máxima (DSMAX) ni en la Humedad Óptima (HOPT). Por esto, se realizan los análisis de respuesta estructural a partir de los valores medios de los registros para cada suelo, como una decisión válida para un análisis de prefactibilidad con resultados como los obtenidos.

Tabla 2. Resultados Ensayo Proctor según Tipo correspondiente (elaboración propia)

Suelo	Proctor	Parámetro	Porcentaje de Barbijos			Media
			0,0%	1,5%	3,0%	
A-2-4	Tipo V	DSMAX (g/cm ³)	1,807	1,812	1,798	1,806
		HOPT (%)	11,0	10,9	10,7	10,9
A-4	Tipo II	DSMAX (g/cm ³)	1,606	1,610	1,569	1,595
		HOPT (%)	22,4	19,0	20,3	20,6
A-6	Tipo II	DSMAX (g/cm ³)	1,656	1,649	1,658	1,654
		HOPT (%)	17,0	17,2	16,5	16,9

Los resultados de VSR no embebido logrados en probetas moldeadas a densidad prefijada son los que se observan en la Tabla 3, graficados en la Figura 9.

Tabla 3. Resultados de VSR no embebido con los suelos analizados (elaboración propia)

Porcentaje Barbijos	VSR no embebido		
	A-2-4	A-4	A-6
0,00	20,2	19,9	9,8
0,50	24,0	20,2	9,9
1,00	24,9	20,8	10,0
1,50	34,2	29,5	10,5
2,00	48,3	25,4	15,7
2,50	34,4	20,1	13,0
3,00	34,4	17,7	11,1

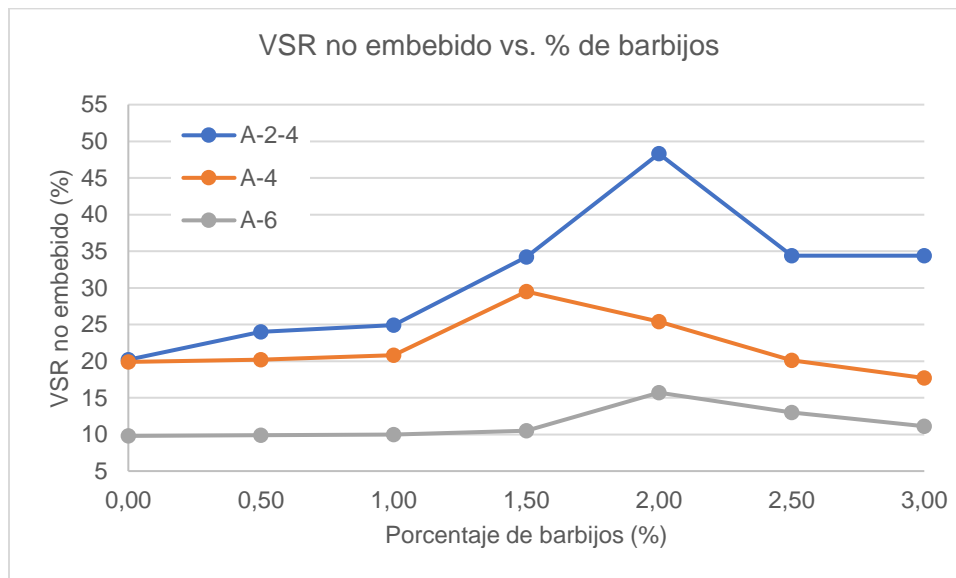


Figura 9. Gráficas de VSR no embebido versus % de barbijos en los suelos analizados (elaboración propia)

Finalmente, se analiza en los suelos la relación de incremento de aporte estructural en cuanto a VSR no embebido, respecto del 100 % obtenido para el suelo solo, en cada uno de los contenidos óptimos de barbijos establecidos (Tabla 4).

Tabla 4. Incremento de VSR no embebido en contenido óptimo de barbijos vs. suelo solo (elaboración propia)

Suelo	% ópt. barbijos	VSR no embebido (%)		% incremento
		suelo solo	suelo + barb.	
A-2-4	2,0	20,2	48,3	139
A-4	1,5	19,9	29,5	48
A-6	2,0	9,8	15,7	60

DISCUSIÓN

Los ensayos realizados arrojan resultados preliminares que deberían ratificarse en estudios en aplicaciones puntuales más profundos; estableciéndose, por ejemplo, si las tendencias se mantienen ante condiciones de saturación (en VSR embebido), qué sucede con el comportamiento volumétrico en esas condiciones (Hinchamiento) y si es necesario modificar la tipología de ensayo Proctor utilizado al incrementar el contenido de barbijos (en función de una modificación en la trabajabilidad de la mezcla y el correspondiente cambio en la metodología de compactación en obra).

No obstante, estos resultados preliminares, con todas las salvedades que una prefactibilidad implica, permiten observar de manera general que:

- Existiría un aporte estructural de la inclusión de los barbijos triturados, al menos hasta cierto porcentaje límite.
- Este aporte estructural óptimo parece ubicarse en el entorno a los 1,5 % y 2,0 % de barbijos.
- No existe una tendencia clara en relación a cuánto sería el incremento de aporte estructural esperable de manera genérica.

Adicionalmente, vale la pena señalar en este apartado cuáles serían algunas implicancias derivadas de los contenidos óptimos establecidos de manera tentativa. Por ejemplo, si se analizan los resultados alcanzados con el suelo friccional, podría pensarse en el empleo de la mezcla óptima en la conformación de una subbase. Debido a que se trataría de una mezcla con una Densidad Seca cercana a $1,800 \text{ g/cm}^3$ (1.800 kg/m^3), aplicable habitualmente en un espesor de capa de subbase de 20 cm, se tendría un peso de barbijos aproximado de $7,2 \text{ kg/m}^2$. Esto, aplicado a una cuadra típica adoptable en zona suburbana de 100 m de longitud por 6 m de ancho, se traduciría en función de su peso útil individual en 1.600.000 barbijos por cuadra; lo que se considera un número más que interesante para la aplicación prevista. También vale la pena señalar que si esos números resultan excesivos para las posibilidades de recolección en alguna aplicación en particular, esto no significaría la imposibilidad de empleo; pues no es necesario utilizar exactamente el contenido óptimo (con menores contenidos también se evidenciaría un incremento de aporte) ni es necesario utilizar la mezcla solo en la constitución de bases de cuerdas completas (podría utilizarse en bacheos profundos localizados o en aplicaciones civiles por fuera del ámbito vial).

CONCLUSIONES

El estudio preliminar encarado permite concluir que:

- Existe a nivel mundial un pasivo ambiental generado a partir del crecimiento exponencial del empleo de barbijos de un solo uso a raíz de la pandemia por COVID-19, del cual Argentina no sería ajeno.
- Este pasivo ambiental se relaciona con un residuo domiciliario puntual, pero puede verse amplificado si se extrapolan los resultados obtenidos a otros residuos similares.
- Existen diferentes modos de abordar ese residuo domiciliario en función, fundamentalmente, del ámbito de recolección y concentración del mismo, y del ámbito en el cual vaya a ser aplicado una vez triturado para el mejorado de un suelo vial fino (propósito principal del estudio).
- Dependiendo de la zona en la cual se realice la aplicación y de los volúmenes implicados, existen variados equipos que permitirían materializar el triturado de los barbijos previsto.
- También existirían vías para la materialización de las capas en obra, ya sea elaborando la mezcla en planta o in-situ.

- El entorno de porcentaje óptimo de inclusión de barbijos (expresado en peso de barbijos por encima del 100 % del peso del suelo natural seco) estaría ubicado entre 1,5 % y 2,0 %.
- Este contenido debería establecerse, no obstante, para cada suelo en particular, profundizándose el análisis en cuanto a implicancias en su saturación y metodología de compactación en obra; además de en cuánto se ubicaría el incremento de aporte estructural implicado.

REFERENCIAS

CONICET (2021). Los barbijos son indispensables pero muy contaminantes. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina [Consultado en noviembre de 2021 en: <https://ier.conicet.gov.ar/los-barbijos-son-indispensables-pero-muy-contaminantes/>]

DNV (2001). Normas de Ensayo. Dirección Nacional de Vialidad, Argentina.

Elcacho, J. (2020). Descubren miles de mascarillas convertidas en residuos en islas deshabitadas. LaVanguardia.Com, España, 13/03/2020. [Consultado en noviembre de 2021 en: <https://www.lavanguardia.com/natural/20200313/474107668765/impacto-ambiental-coronavirus-covid-mascarillas-residuos-contaminacion-playas-china.html>]

Gioberchio, G. (2020). Cómo desechar los residuos de los pacientes con COVID-19 que cursan la enfermedad en sus casas. Infobae, 28/08/2020. [Consultado en noviembre de 2021 en: <https://www.infobae.com/salud/2020/08/28/como-desechar-los-residuos-de-los-pacientes-con-covid-19-que-cursan-la-enfermedad-en-sus-casas/>]

Marketers (2020). Top 25 de productos que más crecieron en ventas online en la Argentina. [Consultado en noviembre de 2021 en: <http://www.marketersbyadlatina.com/articulo/6726-top-25-productos-que-mas-crecieron-en-ventas-online-en-la-argentina>]

Nuñez Montoya, S. & Uema, S. (2020). Uso de barbijos (mascarillas) en la pandemia por COVID-19. Repositorio Digital, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Olmedo, C., & Ceberio de León, I. (2020). Basura y COVID-19 ¿el nexa que no estamos queriendo ver? Proyección 28, vol XIV, pp 142-167.

Rivera, J. (2021). De “poner asfalto” a “construir un pavimento flexible multicapa”. Acercando la Vialidad a los Arquitectos, Portal Dolmen.

Rivera, J. J., Bianchetto, H. D., & Queizán, A. F. (2018). Modelo para corrección de dosaje de riegos de liga sobre superficies fresadas en refuerzos asfálticos. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, (218), 46-54.

Rodríguez, A. S. (2021). Los objetivos del Desarrollo Sostenible y la carretera. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, (232), 8-16.

Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., & Boroujeni, M. (2021). Repurposing of COVID-19 single-use face masks for pavements base/subbase. Science of the Total Environment, 769, 145527.

Squarcia, P. (2021). Cuidarse del COVID-19 sin descuidar el medioambiente. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.