

Uso de reciclado de pavimentos asfálticos como una solución rápida, económica y sencilla en el mejoramiento de serviciabilidad de caminos básicos

Use of recycled asphalt pavements as a quick, economical and simple solution to improve the serviceability of basic roads

Guillermo Brante^{1 y 2}, Luis Mella³, Consuelo Ruiz⁴

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del
artículo:

Recibido

14-11-2023

Aceptado

03-12-2024

Publicado

30-04-2025

Palabras Clave:

RAP

Caminos básicos

Sustentabilidad

Reciclado

Article history:

Received

14-11-2023

Accepted

03-12-2024

Available

30-04-2025

Keywords:

RAP

Basic roads

Sustainability

Recycling

Resumen

Para la confección de caminos se requiere estudios en las diferentes especialidades de la ingeniería, necesitando la mayoría de las veces una gran cantidad de equipamiento y personal calificado, con el fin de proveer al usuario caminos que tengan un diseño apropiado en cuanto a seguridad, durabilidad y serviciabilidad. De modo singular, un camino básico consiste en una alternativa rápida y con reducidos costos de producción, mejorando aquellas vías no pavimentadas de bajo flujo vehicular. El objetivo es proponer una solución de rodadura para caminos básicos con el uso de materiales recuperados asfálticos (RAP) y el de una emulsión que permita una trabajabilidad adecuada con procesos de mezclado, extendido y compactación tradicionales. Se evalúa las propiedades físicas del RAP y su mejor dosificación con distintas emulsiones asfálticas. Con los resultados experimentales se ejecuta una cancha de prueba con dos emulsiones distintas comparando su desempeño en obra. Posteriormente se ejecuta un tramo de prueba en un camino comunal de la región, para finalmente validar la experiencia adquirida en una conservación tipo solución básica en la ruta Callejón Lo Salas. Del análisis de resultados empíricos y prácticos se concluye que es posible ocupar RAP en una solución sencilla de ejecutar, con bajos costos de aplicación y que no obstante entrega una nueva condición de serviciabilidad a los usuarios. Además, el uso del RAP ofrece un beneficio ambiental al aprovechar este subproducto logrando un desarrollo sustentable de las rutas a intervenir al reducir la extracción de áridos vírgenes cada vez más escasos.

Abstract

Road construction requires studies in different engineering specialties, most of the time requiring a large amount of equipment and qualified personnel, in order to provide the user with roads that have an appropriate design in terms of safety, durability and serviceability. Uniquely, a basic road is a fast and cost-effective alternative to unpaved roads with low traffic flow. The objective is to propose a surfacing solution for basic roads using reclaimed asphalt materials (RAP) and an emulsion that allows adequate workability with traditional mixing, paving and compaction processes. The physical properties of RAP and its best dosage with different asphalt emulsions are evaluated. With the experimental results, a test course is executed on a communal road in the region, to finally validate the experience acquired in a basic solution type maintenance on the Callejón Lo Salas road. From the analysis of empirical and practical results, it is concluded that it is possible to use RAP in a solution that is simple to implement, with low application costs and that nevertheless provides a new serviceability condition to users. In addition, the use of RAP offers an environmental benefit by taking advantage of this by-product, achieving a sustainable development of the routes to be intervened by reducing the extraction of increasingly scarce virgin aggregates.

* Corresponding author at: Guillermo Brante Lara, Dirección de Vialidad- MOP, Valparaíso, Chile.

E-mail address: guillermo.brante@uv.cl

RIOCI

journal homepage: <https://rioc.ufro.cl/index.php/rioc/index>

Vol. 13, no. 01, pp. 1–9, Abril 2025

1. Introducción.

Chile posee una red vial conformada por más de 85 mil kilómetros de caminos totales para tránsito vehicular, esto según informes realizados en 2017 por la Dirección de Vialidad (DV) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), siendo hasta entonces un 60% de caminos a base de ripiaduras, repafilados y recebos de materia granular entre otros (. Tales obras no pavimentadas, si bien solucionan el problema de conectividad, presentan una baja serviciabilidad, baja durabilidad y elevados costos de conservación, perjudicando a la comunidad al generar excesos de polvo en verano, barro en invierno y produciendo también, efectos nefastos sobre el medio ambiente debido a la constante extracción de materiales de ríos o pozos de empréstito para la reposición del material desgastado (MOP, 2015).

El MOP, mediante de la DV, desarrolló a partir del año 2003, el “Programa de Caminos Básicos”, programa que hasta la fecha ha disminuido considerablemente los kilómetros de caminos no pavimentados, al mejorar las condiciones de la carpeta de rodadura mediante un tratamiento superficial de bajo costo.

Sin embargo, la creciente implementación del programa, la constante mantención de caminos, la gran cantidad de kilómetros aún por pavimentar y las diversas obras civiles que están en progreso, ha provocado un aumento excesivo en la extracción de áridos, los cuales en su mayoría son obtenidos de cauces naturales que, en muchos casos, no son autorizados y/o regularizados, generando y manteniendo un deterioro ambiental importante (Terram, 2017).

Como alternativa de mitigación de esta problemática se propone la utilización de pavimento asfáltico recuperado (RAP: Reclaimed Asphalt Pavement). En la actualidad, se han realizado mezclas experimentales con el uso de este material mediante un proceso en caliente, con un desarrollo de implementación costoso y usando un porcentaje muy reducido de RAP dentro de la mezcla (Zuñiga, 2016).

El RAP contiene partículas chancadas, homogéneas, bien distribuidas y compuestas de agregados pétreos cubiertos de cemento asfáltico endurecido, existiendo entonces, un material de alta calidad y con gran potencial de reutilización. No obstante, las inmensas cantidades de RAP que se generan en la renovación de caminos estos quedan en la espera de pocas opciones de utilidad, generando enormes volúmenes en desuso y destinándolos únicamente para rellenos (Miranda, 2010). Sólo en la ruta 68 se generan anualmente más de 7.000 m³ de RAP, el cual es un material que puede estar disponible para la solución propuesta, convirtiéndose en 6 kilómetros aproximados de caminos bidireccionales mejorados, considerando el 100% de este material como reemplazo del árido virgen.

El presente Trabajo desarrolla el estudio de una nueva

alternativa de mejoramiento de caminos no pavimentados, con la utilización de material recuperado de caminos asfálticos, descrito más sencillamente como RAP. Esta nueva propuesta establece un trabajo de confección simple, mediante un procedimiento de rápida apertura para el tránsito normal de vehículos, abordando también, diversos factores que conllevan a un desarrollo vial sustentable, al generar beneficios sociales, económicos, estéticos, medio ambientales y también en recursos naturales. La investigación tiene como meta principal, obtener la dosificación más adecuada para una mezcla de carpeta de rodado con el uso de RAP y emulsión asfáltica, para implementarlo en la extensa red vial no pavimentada del país.

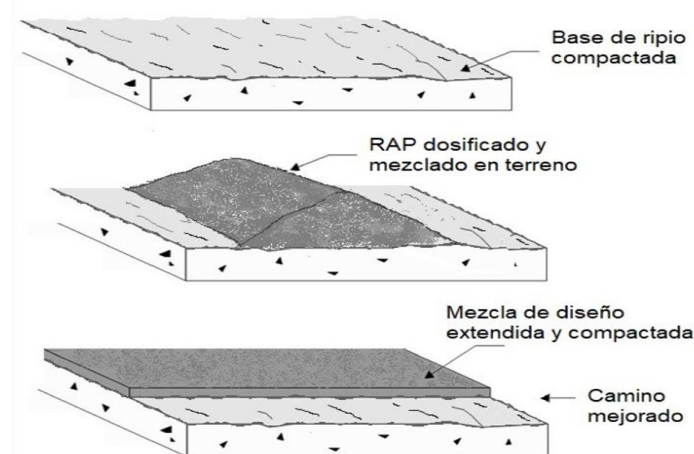


Figura 1. Secuencia de la propuesta de mejoramiento con RAP Fuente: Tobar, 2019.

Considerando lo anterior, ¿Cómo es posible utilizar el Rap de una forma simple, haciendo uso de la maquinaria disponible en nuestra Administración Directa, para mejorar las condiciones de servicio de la rodadura de caminos básicos?

El objetivo principal de este trabajo es proponer una alternativa de solución de rodadura asfáltica usando RAP, para caminos básicos, usando una técnica de aplicación sencilla y económica.

Para validar la técnica presentada en este trabajo se realizan ensayos de laboratorio que permiten determinar el contenido óptimo de emulsión a utilizar como también decidir cual ligante es el más adecuado considerando los tiempos de quiebre y el comportamiento mecánico de la mezcla. Posteriormente se realiza una cancha de prueba que avala los resultados obtenidos en laboratorio, para finalmente llevar esta propuesta a escala real en un tramo de prueba de un camino básico de la comuna de Casablanca.

2. Metodología

Etapas del Trabajo:

El trabajo contempla el estudio del material mediante ensayos de laboratorio que permitan determinar la mezcla RAP emulsión más adecuada. Para este fin se procede a:

- Analizar las propiedades del RAP y de los materiales constituyentes de la mezcla de diseño.
- Abordar las características necesarias para esta metodología y establecer los ensayos más apropiados para un correcto análisis.
- Establecer la dosificación de emulsión óptima en la mezcla, la cual debe generar al mismo tiempo una distribución homogénea y con suficiente capacidad de cubrimiento sobre el material.
- Conocer el tiempo de quiebre, el cual se espera que sea de aproximadamente 1 hora, con el fin de proveer un correcto proceso de mezclado y compactado en terreno.

Posteriormente y con estos datos efectuar una cancha de prueba que valide en terreno lo deducido en laboratorio. Se planifica realizar un tramo de prueba usando una nueva mezcla que reemplace totalmente el árido virgen tradicional con el uso de RAP y con distintas emulsiones asfálticas. El lugar escogido es el campamento de vialidad de Pangal en Limache.

En la etapa de implementación se pretende mejorar el estándar y funcionalidad de un camino de ripio existente, al aumentar la movilidad, accesibilidad, seguridad y otorgar más confort en el andar de vehículos. Para esto se lleva a cabo un tramo de prueba en la ruta código 65S10872 (Callejón Los Barrera) para validar la solución propuesta.

Con la experiencia lograda finalmente se realiza la conservación de un camino básico de la comuna de Casablanca de la región de Valparaíso, esta vez el camino código 65S10868 (Callejón Lo Salas).

Con la técnica propuesta se pretende bajar los tiempos de intervención por conservación que implican los caminos de ripio. Además disminuir los costos asociados al mejoramiento de vialidades mediante la utilización de materiales reciclados, reduciendo el impacto ambiental por emisión de polvo y contaminación de cauces naturales cercanos a rutas no pavimentadas.

2.1 Pruebas de Laboratorio.

Para evaluar la mezcla de diseño, se considera el "MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO CON EMULSIÓN", cuyo procedimiento se describe en la sección 8.302.51 del capítulo N°8 del MC y comprende las siguientes etapas:

- Contenido inicial de emulsión
- Contenido de agua de premezcla
- Contenido óptimo de agua para compactación
- Contenido óptimo de asfalto residual

Los agregados que se utilizan comúnmente para pavimentos asfálticos deben ser limpios tenaces y las especificaciones generales que estos deben tener son: (Dirección de Vialidad, 2022)

- Granulometría
- Resistencia al desgaste
- Solidez
- Limpieza y pureza
- Rozamiento interno
- Propiedades superficiales

En el volumen N°5 del MC, específicamente en la sección 5.409, se describen los alcances y las indicaciones para mezclas asfálticas en frío, señalando dos procedimientos según el tipo de graduación. Si la mezcla es de graduación gruesa se diseñan según el método 8.302.51, mientras que para una mezcla de graduación abierta se designa el método ubicado en la sección 8.302.48 del volumen N°8 de MC.

2.1.1 Criterios de Diseño.

La mezcla con el contenido de asfalto residual seleccionado debe cumplir con la totalidad de los criterios de diseño que se presentan en la tabla 1:

Tabla 1. Criterios de diseño para mezclas en frío, Fuente: Dirección de Vialidad, 2022.

Ensaye	Mínimo	Máximo
Estabilidad	2224 N (500 lbs)	-
Pérdida de Estabilidad	-	50%
Cubrimiento del agregado	50%	-

2.2 Cancha de Prueba recinto Vialidad Pangal, Limache.

Se realiza una prueba a escala real en un sector de desplazamiento y aparcamiento de maquinaria pesada de la región de Valparaíso en el campamento fiscal de Pangal. El terreno estaba en condición de terreno natural compactado, el que corresponde a un suelo SM o A2-4 (Maicillo) con un CBR máximo de 40%.

Para el procedimiento se tiene en cuenta los siguientes puntos:

- Se dispone de 50 metros cúbicos de RAP con una densidad aparente de 1.416 kg/m^3 .
- El material se emplaza en un área aproximada de 500 m^2 con un espesor aproximado de 10 cm.
- Se destinan dos áreas para lograr la mezcla con CSS-1h y CRS-2 respectivamente, tal como se indica en la figura 2.

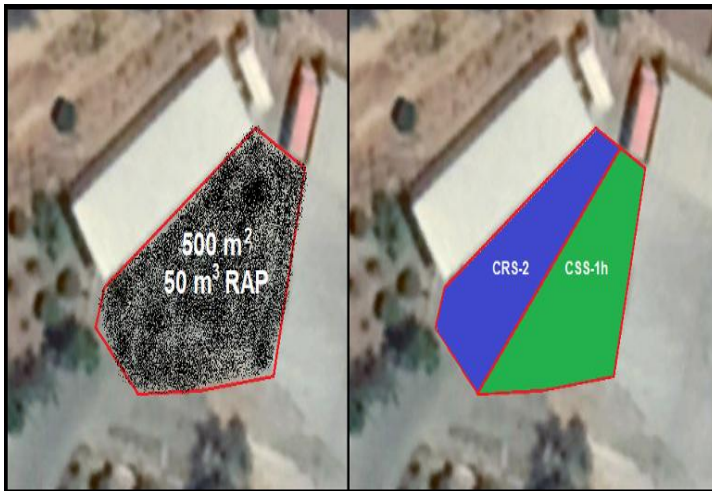


Figura 2. Sectores de cancha de prueba, Fuente: Elaboración Propia.

El modelo experimental es el siguiente:

1. Extender el RAP uniformemente con motoniveladoras sobre el camino previamente compactado.
2. Según la dosis de diseño de emulsión y agua, dosificar a la temperatura correspondiente mediante camión regador.
3. Revolver los contenidos mediante el uso con motoniveladoras.
4. Repetir el punto 2 y 3 hasta lograr una mezcla homogénea y con la dosis correcta de diseño.
5. Volver a extender el material ya mezclado utilizando una motoniveladora.
6. Finalmente, compactar hasta lograr una superficie uniforme y lisa, con el uso del compactador de tambor vibratorio y compactadora de rodillos de goma.

2.3 Tramo de Prueba en Callejón Los Barrera

Con la colaboración de la empresa concesionaria de la ruta 68 y gracias al apoyo entregado por el inspector fiscal de esta obra Sr. Raúl Serrano fue posible disponer del volumen de RAP necesario para aplicar esta solución en una ruta comunal de la comuna de Casablanca. Efectivamente la alcaldía de esta comuna confió y accedió a probar esta nueva forma de entregar una solución

funcional de rodadura al callejón Los Barrera, cercano a la ruta 68 y con condiciones de accesibilidad difíciles, sobre todo en invierno, ya que al presentar una superficie existente de maicillo ésta era fácilmente erosionable y deformable con la lluvia.

Pavimentación con el uso de RAP y emulsión 7000 litros (CSS-1h 50 % - AGUA 50%)

Procedimiento utilizado para la ejecución de una obra de 100 m de longitud, 5 m de ancho y 8 cm de espesor:

1. Perfilar y compactar la plataforma existente.
2. Extender el Rap uniformemente con motoniveladora sobre el camino.
3. Extraer todos los sobre tamaños superiores a 3", esta tarea se debe realizar hasta el final de la faena.
4. Aplicar riego de asfalto en el menor tiempo posible, 2 pasadas de camión por punto.
5. Revolver el RAP uniformemente con la emulsión, hasta que la mezcla se vea homogénea (más o menos 3 pasadas de Motoniveladora)
6. Aplicar segundo riego de asfalto, 2 pasadas de camión por punto, revolver RAP y extender.
7. Aplicar tercer riego de asfalto, 2 pasadas de camión por punto, revolver RAP y extender.
8. Aplicar cuarto riego de asfalto, 1 pasadas de camión por punto.
9. Revolver y perfilar el RAP, continuando con la extracción del sobre tamaño.
10. Compactar con rodillo liso vibrando, con un total de 4 pasadas por punto.
11. Aplicar 3 pasadas de rodillo liso
12. Aplicar compactación con rodillo neumático
13. Terminar con Rodillo Liso para borrar huellas (planchando).

2.4 Camino Básico Lo Salas

En base a la experiencia obtenida en el tramo de prueba del callejón Los Barrera se pavimenta 1 km con la misma secuencia constructiva explicada anteriormente en 2.2.3 con el mismo diseño obtenido de la investigación en Laboratorio.

3. Análisis de resultados

3.1 Resultados de Laboratorio.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio y el análisis de estos.

3.1.1 Propiedades del RAP.

El RAP se obtuvo directamente desde el acopio en el cual se emplazó luego del proceso de fresado, sin ningún tipo de tratamiento y sin ningún cuidado extra. El tamaño máximo de partículas del RAP fue inferior a 1 pulgada y con cierta cantidad de contaminación (material orgánico como hojas y ramas).

Tabla 2. Propiedades del RAP analizado, Fuente: Elaboración Propia.

Propiedad	Valor	Norma
Contenido de Asfalto existente	5,33%	8.302.56
Densidad Aparente Suelta	1416 kg/m ³	8.202.19
Densidad Real Seca	2439 kg/m ³	8.202.20
Humedad Óptima de Compactación	5%	8.102.6

El ensaye para determinar el contenido de asfalto que existe de forma envejecida en el RAP, se indica en el punto 8.302.56 del volumen N°8 del MC., es un dato que sirve para caracterizar y eventualmente usar para generar comparaciones con otras procedencias de RAP.

La densidad aparente suelta es de gran importancia, ya que se utiliza para relacionar la dosificación de diseño con los porcentajes apropiados de emulsión y de agua en terreno.

La densidad real seca se realizó según el método indicado en la sección 8.202.20 del volumen N°8 del MC. Este valor se utiliza para determinar el porcentaje de vacíos en el agregado mineral de la mezcla (VAM).

3.1.2 Mezcla utilizando emulsión de quiebre controlado ERC con

RAP y sin agregado fino.

A continuación, se muestran los resultados luego de mezclar esta emulsión con el RAP y sin agregado de material granular fino.

Tabla 3. Resultados de estabilidad con emulsión CQS y 100% RAP Fuente: TOBAR, 2019

Porcentaje de Emulsión (CQS)	Contenido Asfáltico 63% (gr)	Estabilidad 1 (N)	Estabilidad 2 (N)	Estabilidad 3 (N)	Promedio (N)
6%	3,47%	1745	2011	2404	2053
7%	4,05%	3316	-	3589	3452
8%	4,62%	2921	2952	3326	3066

Tabla 4. Resultados de estabilidad con emulsión CQS-M y 100% RAP Fuente: TOBAR, 2019.

Porcentaje de Emulsión (CQS)	Contenido Asfáltico 63% (gr)	Estabilidad 1 (N)	Estabilidad 2 (N)	Estabilidad 3 (N)	Promedio (N)
6%	3,41%	2171	2730	2512	2471
7%	3,98%	3071	3407	4218	3565
8%	4,55%	4097	3442	3114	3551

Se evaluó además el uso de emulsiones de quiebre controlado modificadas con polímeros, que son aquellas a las que se le incorporan plastómeros o elastómeros (Araya, 2016). La dosificación con un 8% de emulsión CQS-M resultó ser más apropiada para esta mezcla, ya

que en caso contrario se generaba una mezcla demasiado líquida, sin viscosidad y también produciendo derrame de material al momento de compactar.

Los aspectos positivos de la mezcla con esta emulsión son:

- Alta trabajabilidad,
- Facilidad de confección,
- La mezcla resulta ser homogénea,
- Se nota una alta capacidad de cubrimiento de la emulsión sobre el agregado y
- Tiempo adecuado de quiebre entre 30 y 60 minutos.

3.1.3 Mezcla con emulsión CSS-1h

La emulsión CSS-1h que se utilizó, fue otorgada por la empresa “Productos Bituminosos S.A.” y el modo de empleo es a temperatura ambiente. Para este ensayo, se utilizó la misma cantidad de agua para premezcla y contenido asfáltico que el óptimo de emulsión de CRS-2. El resultado de las estabilidades obtenidas se muestra a continuación:

Tabla 5. Resultados de estabilidad con emulsión CSS-1h, mezclas con 70% de RAP y 30% de fino Fuente: TOBAR, 2019

Emulsión CSS-1h %	Residuo %	Estabilidad (N)			Promedio (N)
		P1	P2	P3	
5,53	62%	4082	3648	4229	3986,5

Con el uso de la emulsión CSS-1h, resultó más sencillo realizar las probetas Marshall, ya que no fue necesario realizar el calentamiento de la emulsión. Además, a diferencia de la emulsión CRS-2 y debido al tiempo de quiebre prolongado, se pudo cubrir la totalidad del agregado en el proceso de mezclado.

Los valores de estabilidad fueron aceptables, ya que el mínimo exigido para mezclas en frío es de 2.224 Newton, sin embargo, se establece que para una carpeta de rodadura se exige un mínimo de 9.000 Newton, por lo tanto, esta mezcla no podría ser utilizada como tal.

Tabla 6. Dosificación de diseño con emulsión CSS-1h y CQS para mezclas con 70% de RAP y 30% de fino y 100% RAP Fuente: TOBAR, 2019

	Contenido de emulsión (%)	Residuo en emulsión (%)	Total residuo (%)	Agua libre (%)	Total agua de emulsión (%)	Agua premezcla (%)	de Relación residuo v/s agua de premezcla aproximada
Mezcla para cumplir con banda IV-A-12	5,5	62	3,4	4,5	2,1	6,6	1:2
100% de RAP	7,0	62	4,3	2,8	2,7	5,5	4:5

Realizar la mezcla con 70% RAP y 30 % de finos, para ajustarse a la banda IV-A12 resulta ser más adecuada si lo que se persigue es mejorar el comportamiento estructural de ésta. Sin embargo la utilización de 100% RAP resulta ser más adecuada si se persigue mejorar las condiciones de serviciabilidad del camino

por sobre su capacidad estructural, con la gran ventaja de la sencillez de su aplicación al no tener que hacer mezcla de materiales, lo que se traduce además en una solución mucho más rápida de aplicar.

3.2 Resultados Cancha de Prueba Pangal

Prueba con CSS-1h

Se tomó la decisión de comenzar con la emulsión CSS-1h, para tantear de mejor manera la dosis a incorporar, ya que el tiempo prolongado de quiebre permite realizar el proceso de revoltura más pausadamente, teniendo en cuenta también que la geometría del área a mejorar es la más compleja de las dos. Se siguió el procedimiento que se detalla a continuación:

- Se distribuyó la emulsión CSS-1h previamente diluida en agua a razón 1:1, con una temperatura de 50°C y a una dosificación de riego de 1,5 l/m².
- El tiempo de riego y revoltura fue de 1 hora 5 minutos.
- Se usó 3.300 litros de riego, lo que se traduce en un 4,6% de emulsión y 4,6% de agua para 25 m³ aproximados de RAP.
- Luego se utilizó una compactadora de tambor vibratorio, realizando una serie de pasadas y rellenando aquellos sectores desnivelados hasta conseguir una superficie relativamente lisa, para luego volver a compactar mediante una compactadora de rodillos de goma.

Prueba con CRS-2

Para el mezclado de RAP con esta emulsión se siguió un proceso similar al anterior, con un tiempo de riego de 19 minutos a una dosificación de 1,5 lt/m² y con una revoltura más intensa y rápida. Se usó 2.900 litros de mezcla de emulsión y agua en igual cantidad, con una temperatura de 70°C, logrando una dosificación de un 4,1% de emulsión y 4,1% de agua. El tiempo de mezclado se registró en 21 minutos, acordonando el material y generando capas para la revoltura. Luego de realizar el procedimiento de mezclado se efectuó el mismo proceso de compactación que en el caso anterior.

Observaciones generales:

Visiblemente, ambas opciones proporcionaron una carpeta lisa, con una textura comparable a la de un camino convencional de asfalto.

El proceso de mezclado y compactado fue complejo, debido a la pendiente y geometría existente en el área de prueba. En teoría, la implementación sobre un camino común de ripio lograría un mejor resultado al disponer de condiciones más cómodas para la maquinaria usada.

La mezcla con CSS-1h fue relativamente sencilla de usar en el proceso de revoltura y posterior compactación, mientras que la emulsión de quiebre rápido CRS-2, alcanzó una efectividad semejante, sin embargo y como era de esperar, el tiempo de quiebre fue demasiado corto (18 minutos), causando eventualmente un efecto negativo en el proceso de revoltura, al no conseguir la capacidad de cubrimiento del agregado que sí logró la emulsión de quiebre lento.

No se debe regar el asfalto sin realizar seguidamente un proceso de mezclado con motoniveladoras.

El proceso se logró de forma positiva, generando un pavimento uniforme, trabajable y con mejores propiedades al de un camino de ripio, evitando el polvo y generando más confort en el tránsito de vehículos, entregando también una mayor durabilidad de la carpeta.

Se retiraron aquellos escombros de mayor tamaño que pudiesen impedir un correcto proceso de mezclado (mayores a 3" aprox).

Es posible observar que el uso de una emulsión del tipo CRS-2 en la operación dificulta el mezclado y homogenización del ligante con el RAP. Por otra parte en el proceso de compactación se forma una cáscara rígida superficial no logrando uniformar la compactación en todo el espesor de la capa.

El uso de emulsión de quiebre lento supera estas dificultades logrando una mezcla homogénea y uniformemente compactada. La figura 3 muestra testigos extraídos en ambas canchas, pudiendo observar la diferencia de resultado en el uso de una y otra emulsión en los distintos sectores de prueba.



Figura 3. Testigos de Cancha de prueba de ambos sectores Fuente: Elaboración Propia

3.3 Resultados tramo de prueba Callejón Los Barrera Comuna de Casablanca.

A Mayo del 2023 el camino se presenta aún en buenas condiciones, cabe señalar que el TMDA es bajo (menos de 500 vehículos diarios), aun así la carpeta de rodadura ha respondido de buena forma, no presenta baches en la superficie y se ha mantenido estable. Cabe señalar que los primeros 300 m de aplicación de RAP, tuvieron lugar a mediados del año 2019.

3.4 Resultados tramo de aplicación en Camino Básico Callejón Lo Salas comuna de Casablanca.

El camino se encuentra en excelentes condiciones, no presenta ningún tipo de falla. Para mejorar sus características superficiales se colocó una lechada asfáltica y no se le ha realizado ningún tipo de mantención desde su construcción en el año 2020.



Figura 4. Vista General Callejón Lo Salas, Casablanca Fuente: Elaboración Propia.

4. Conclusiones

El uso del RAP ofrece una nueva solución de carpeta de rodado asfáltica utilizando materiales que actualmente se estaban llevando a botaderos.

Protege al medioambiente ya que reduce la cantidad de residuos contaminantes en el planeta, minimiza el consumo de recursos naturales y disminuye la generación de nuevos residuos.

La solución propuesta está respaldada por una tesis de investigación, con pruebas de terreno (prototipo) y Laboratorio. Se entrega proposiciones técnicas de diseño como constructivas.

Se puede replicar y aplicar en caminos básicos que no tienen posibilidad de postular a cambios de estándar, tanto en obras por administración directa como en obras por contrato.

En la versión 2022 del Manual de Carreteras fue incorporada esta metodología en el ítem 7.304.14 del volumen 7.

Utilizar emulsión de quiebre lento para el RAP, tipo CSS-1h o similar en una dosificación 1:1 con agua en el mismo camión asfaltero, resulta ser una buena práctica de muy simple aplicación.

La utilización del RAP bajo esta metodología en invierno (temperaturas medias de 12°C), para evitar quiebre rápido, evaporación del agua y el desprendimiento superficial del árido resulta ser una buena recomendación de aplicación, abriendo, además, la posibilidad de trabajar con temperaturas que otro tipo de solución asfáltica de camino básico no lo permite.

El avance diario está limitado por la capacidad del camión asfaltero, con un rendimiento diario de hasta 600 m² con un camión distribuidor de asfalto. En Lo Salas se utilizaron 2 camiones con un rendimiento de aprox 200 m.

Es, en resumen, una alternativa que entrega una solución sustentable a los problemas del territorio, que a una escala

micro mejora la conectividad y serviciabilidad del territorio con las implicancias ya mencionadas, a una escala meso provoca un cambio positivo en la imagen de desarrollo vial en obras de mejoramiento de mezclas asfálticas que producen RAP incorporando Investigación + desarrollo + innovación generada en la academia y finalmente a una escala macro ofrece una solución sustentable al generar economía circular y disminución de la huella ecológica al usar este pasivo ambiental en reemplazo de áridos vírgenes no renovables; solución que no sólo es válida para este territorio sino también para todo el desarrollo vial nacional e internacional de problemáticas similares.

Para lograr un desarrollo sostenible se debe implementar normas que permitan la adaptabilidad del territorio frente a los cambios logrando así un territorio resiliente y estable (homeostasis del sistema socio ecológico). La idea es que los cambios sean para mejor y respetando los principios de Justicia Intergeneracional y Intrageneracional y Dinamismo (Gallopín, 2003) es decir se debe compensar a los habitantes del territorio y las futuras generaciones por la merma de recursos provocada por el desarrollo poniendo las innovaciones tecnológicas al servicio de este proceso dinámico.

5. Referencias

- Miranda, A. (2017), recuperado de: <https://www.latercera.com/noticia/60-los-caminos-chile-no-esta-pavimentado-regiones-viii-ix-lideran-deficit/>
- Dirección de Vialidad. (2022). Manual de Carreteras, Volumen N°3, N°5 y N°8. Santiago.
- Ministerio de Obras Públicas, MOP (2015) recuperado de: http://www.vialidad.cl/proyectos/caminosbasicos/Documents/Conceptos_CBasicos.pdf
- Zúñiga, R. (2016) Mezcla asfáltica con Pavimento asfáltico Recuperado, jefa Subdepto. Tecnológico y Materiales, Laboratorio Nacional de Vialidad.
- Gallopín, G. (2003) Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico, división de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL.
- Tobar, F. (2019) Uso de RAP para una solución rápida, económica en la confección de Caminos Básicos Trabajo de Título para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad de Valparaíso.
- Fundación Terram, (2017) recuperado de:
- <https://www.terram.cl/2017/04/dga-alerta-de-peligrosidad-en-el-rio-aconcagua-por-extraccion-de-aridos/>
- Araya F., (2016) "Actualización y Mejoramiento de la

Normativa Chilena para Tecnologías en Frío que utilicen Emulsiones Modificadas con Polímeros”, Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica Federico Santa María.

- Miranda, R. (2010), “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos”, Trabajo de título para optar al título de Ingeniero Constructor, Universidad Austral, Valdivia – Chile.