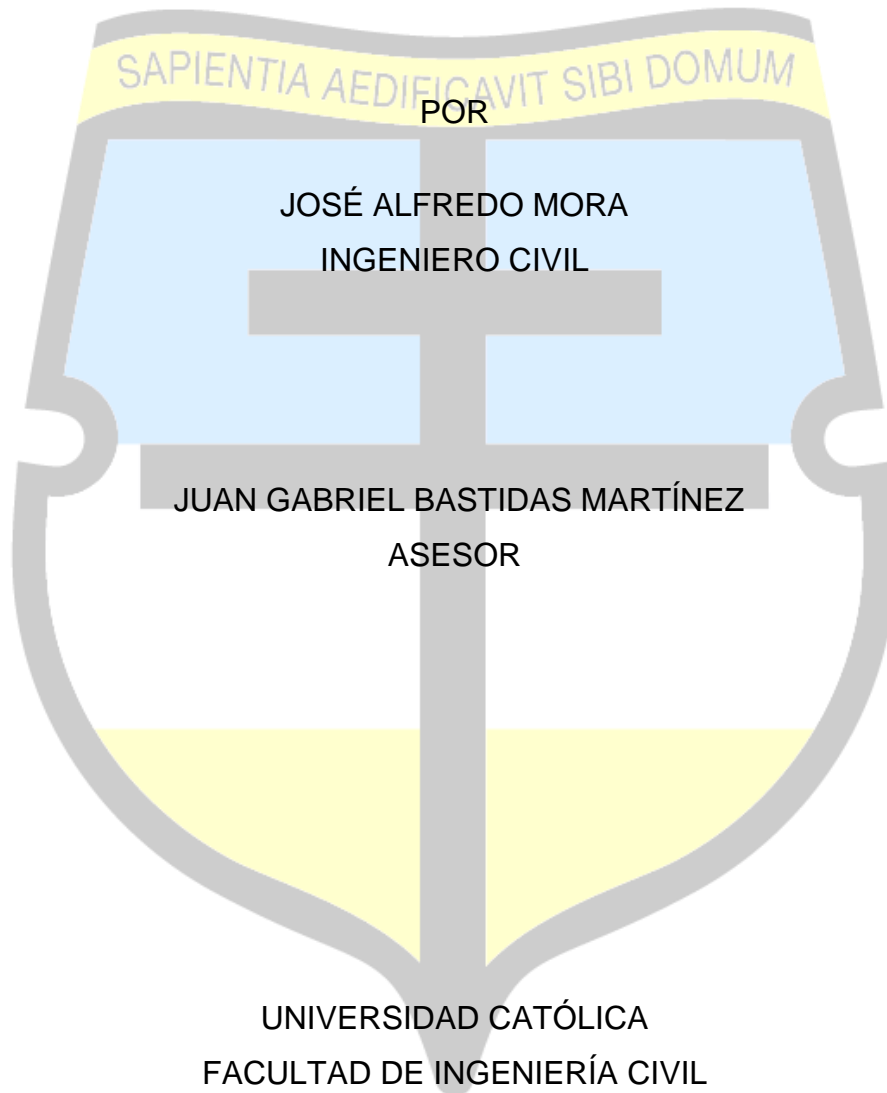
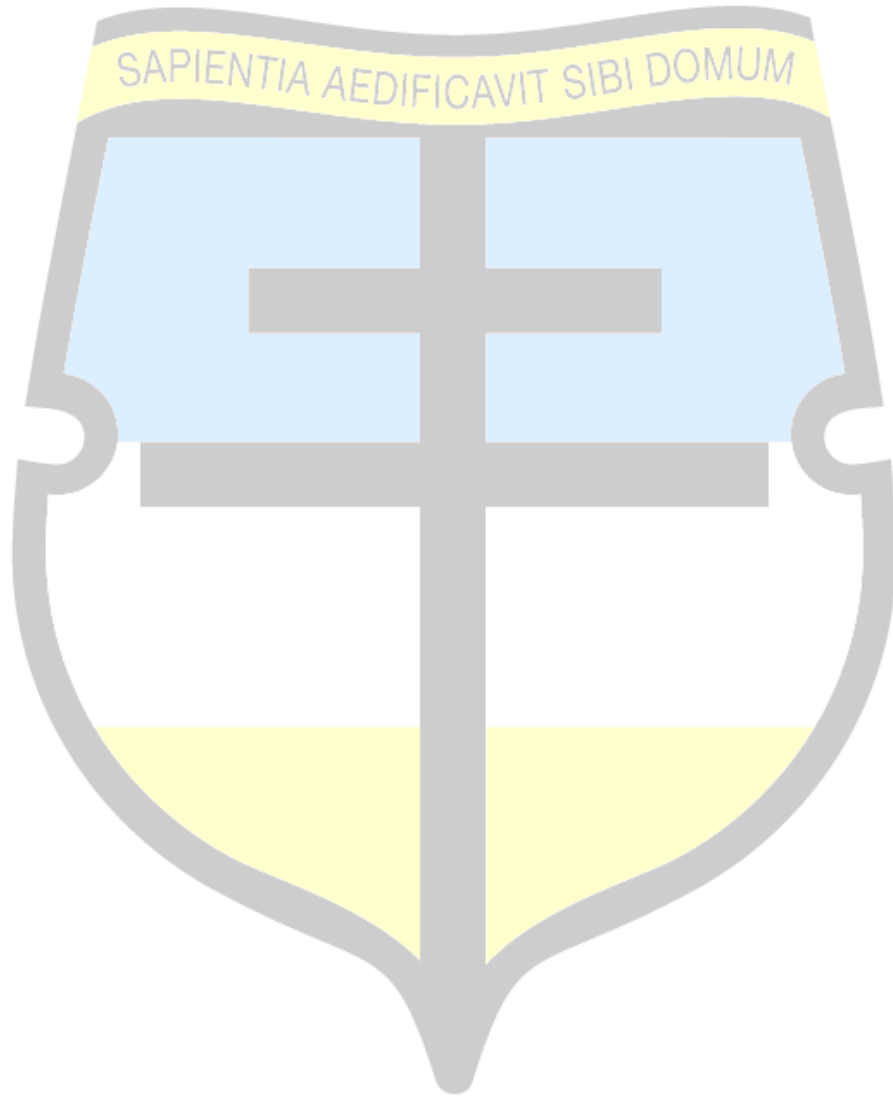


APROVECHAMIENTO DE RECICLADO RAP: PARA MEJORAMIENTO DE LAS
VÍAS Terciarias EN COLOMBIA



UNIVERSIDAD CATÓLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO DE PAVIMENTOS

BOGOTÁ 2020





Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:

- Consultar, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
- hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:

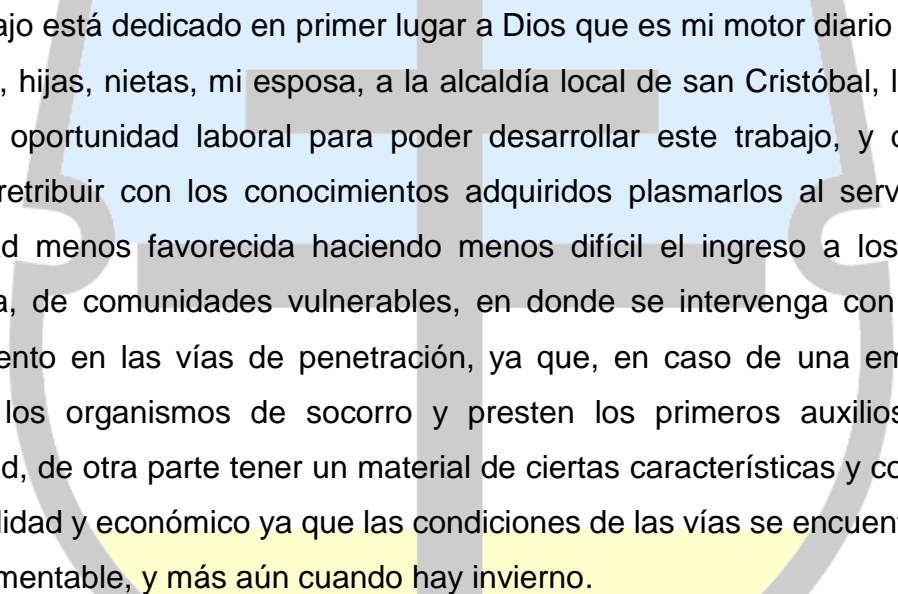


Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

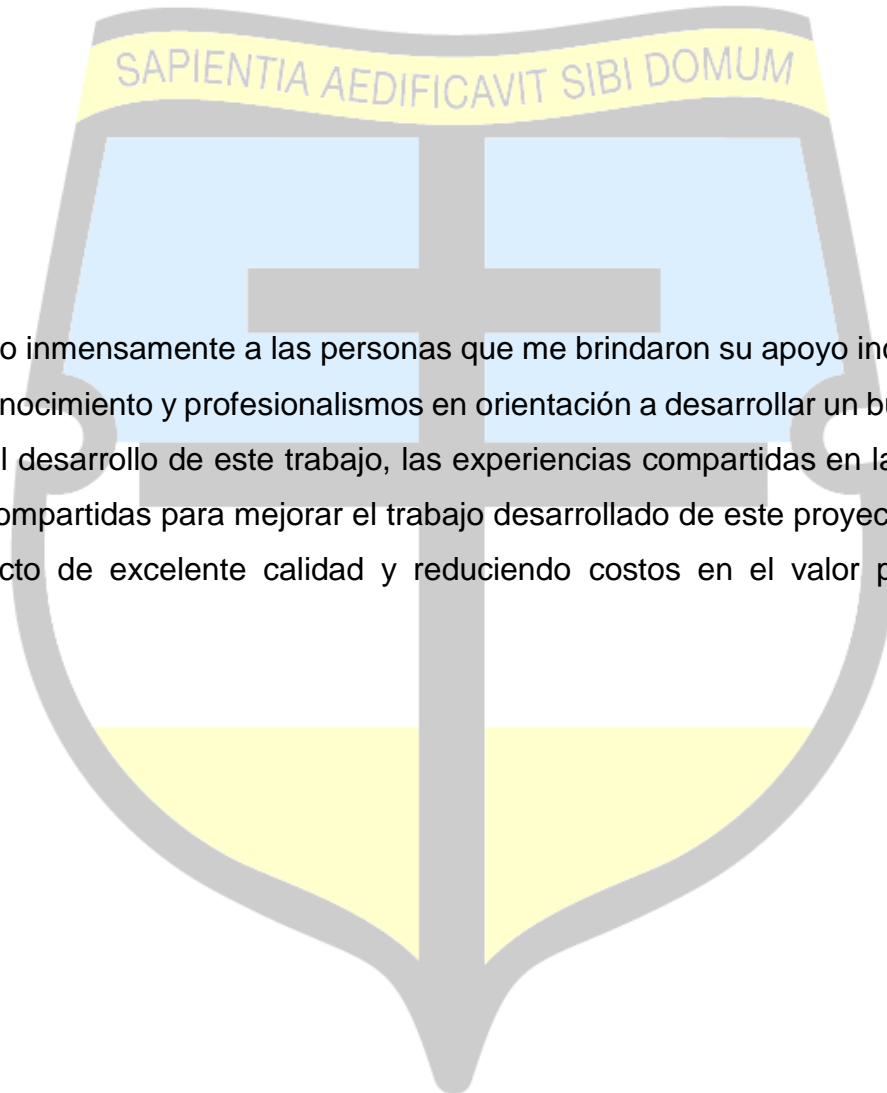
DEDICATORIA



Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios que es mi motor diario de vida, a mi familia, hijas, nietas, mi esposa, a la alcaldía local de san Cristóbal, la cual me brindó la oportunidad laboral para poder desarrollar este trabajo, y de alguna manera, retribuir con los conocimientos adquiridos plasmarlos al servicio de la comunidad menos favorecida haciendo menos difícil el ingreso a los sitios de residencia, de comunidades vulnerables, en donde se intervenga con obras de mejoramiento en las vías de penetración, ya que, en caso de una emergencia, ingresen los organismos de socorro y presten los primeros auxilios a estas comunidad, de otra parte tener un material de ciertas características y condiciones de durabilidad y económico ya que las condiciones de las vías se encuentran en un estado lamentable, y más aún cuando hay invierno.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a las personas que me brindaron su apoyo incondicional con su conocimiento y profesionalismos en orientación a desarrollar un buen trabajo durante el desarrollo de este trabajo, las experiencias compartidas en la ejecución e ideas compartidas para mejorar el trabajo desarrollado de este proyecto, y brindar un producto de excelente calidad y reduciendo costos en el valor por m³ del producto.



RESUMEN

El objetivo de reciclar material fresado de las vías se hace con el fin de aprovechar el asfalto, para por medio de estudios detallados mejorar el material y prolongar su vida útil ya que con esta práctica estamos haciendo ahorro de energía y evitando explotación de materiales nuevos, otro propósito es el de reducir el tiempo de la construcción, en el menor tiempo posible y con materiales de buena calidad, y económicamente viables para los diferentes proyectos que a diario se ejecutan, Con la modernidad llega la idea de reciclar todo tipo de materiales y el asfalto no se nos escapa por que la idea es aprovechar y mejorar este material y darle un valor agregado para mejorar sus características y comportamiento

de rodadura se utiliza en un porcentaje menor ya no se ha profundizado en el estudio de este producto lo cual desde mi punto de vista, se debería profundizar en la investigación de este material para lograr el aprovechamiento del materia en un % mayor, en la carpeta de rodadura, adicionando otros productos que nos den a ciencia cierta un material reciclado de buena propiedad con el fin de obtener una mayor durabilidad en el tiempo cumpliendo con las condiciones de servicivilidad de las carreteras pavimentadas con este material, por otra parte los acopios de este material se establecen en cual quier lugar, y el material queda expuesto y se contamina fácil mente los responsables de esta operación no hacen mucho énfasis en el acopio, el material lo depositan en lugares no aptos, lo cual hace que el material se contamine, y final mente va a parar en cualquier relleno que necesiten en las obras, y por tal razón el material se desperdicia en un porcentaje considerable, por otra parte la humedad el material acopiado tiene una influencia ya que en el secado o evaporación de la humedad incrementa el gasto de energía y esto se traduce en el costo del material e hay que es muy importante que los acopios de (RAP) estén por lo menos provistos de una cubierta, lo adecuado sería que se diseñaran los sitios de acopios y con esto se estaría brindando un material de óptima calidad, todo esto hay que tenerlo en cuenta para cuando se haga la preparación de la mezcla asfáltica.

Los primeros datos sobre el uso del pavimento asfáltico reciclado (RAP) se remontan a 1915, sin embargo, el desarrollo real del RAP se produjo desde mediados de la década de 1970 durante la crisis del petróleo.

De acuerdo con la investigación la literatura nos presenta que en los últimos 20 años se ha presentado un mayor progreso en cuanto al mejoramiento del material, pero el mayor inconveniente se presenta en que los materiales acopiados provienen de

diferentes sitios lo cual hace que no exista una homogeneidad en el material lo cual será representativo a la hora de un estudio, esto se da por la variación de la granulometría del material. Por otro lado los estudios realizados los han desarrollado al tanteo método empírico lo cual no se ha profundizado, en España la (Universidad Politécnica Catalunya) han realizado ensayos por método del tanteo o por tablas de donde conciernen algunas propiedades, y eligen proporciones que presenten el mejor comportamiento. En Colombia se ha realizado los mismos estudios empíricos lo cual no se puede concluir para determinar con certeza las propiedades del material reciclado, y su comportamiento por otra parte, cuando se hace adición de agregados para mejorar el material es otra cosa, los estudios realizados están enfocados con otra visión la cual evalúa es la cantidad de asfalto que se encuentra en la mezcla y la cantidad que debo aportarle para que contenido sea el óptimo más rejuvenecedores.

Estamos tratando de mejorar un producto, pero el mayor inconveniente es que no se cuenta con ningún apoyo de las entidades del estado ya que voluntad hay para trabajar, pero los medios son precarios y en muchas ocasiones no se cuenta con recursos de tal suerte lo que se inicia queda a medio camino por tal razón no se avanzara en la investigación para mejorar hacia futuro.

Por otra parte, en Colombia ya ha sido utilizada esta técnica como estrategia para mejorar las vías terciarias de Medellín, llegando actualmente casi a un 60% de vías arregladas por este método, con una reducción de costos de 20 a 30%. En Colombia gran cantidad de carreteras presentan deterioros inminentes que han traído consigo un periodo de vida corto, múltiples factores han influido en esta situación, como la mala calidad de materiales, insuficientes drenajes, procesos constructivos, etc.

El objetivo de este trabajo es el de cómo mejorar este material y sus aplicaciones en los sectores menos favorecidos mejorando las vías en los sectores más pobres a lo largo y ancho del país, y cumplir con la movilidad en las vías de penetración con un material reutilizable y que brinde un valor costo beneficio en los lugares apartados de los pueblos para que sus habitantes puedan sacar su producto al mercado y su desplazamiento sea en menos tiempo, y de alguna manera contribuir con la mejora de las vías y sus condiciones en los sectores menos favorecidos del país.

CONTENIDO

COMPENDIO	14
OBJETIVO	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVO ESPECIFICO	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	17
JUSTIFICACIÓN	18
INTRODUCCIÓN	21
1.2 Resumen	22
1.3 Justificación	24
1.4 Metodología	26
1.5 Instalación de asfalto en situ, en frio o en caliente	33
1.6 Mezclas frías	34
1.7 Mezclas asfálticas en caliente	34
1.8 Depósitos naturales del asfalto	35
1.9 Tipos de asfalto existente	35
1.10 Temperaturas de mezclado y compactación	36
1.11 Proceso constructivo	36
1.12 Proceso de mezclado y compactación	36
2 NORMAS DE SEGURIDAD EN TRABAJOS CON ASFALTO	37
2.1 Los riesgos de seguridad	37
2.2 Los riesgos higiénicos	37
2.3 El trabajo con estos productos	38
2.4 Los alquitranes pueden producir una reacción tóxica	38
3 RESEÑA HISTÓRICA DEL ASFALTO	39
4 MAQUINARIA UTILIZADA	40
4.1 Las máquinas de reciclado	40

4.2 ¿Qué es el fresado de carpeta asfáltica?.....	41
4.3 ¿Qué es el material fresado?	41
5. FORMATOS DE CONTROL DE OBRA	43
5.1 Generar documento	43
6. PROCESO PRODUCTIVO DE LA CAL.....	43
6.1 Explotación de la cal.....	43
6.1 La Cal es uno productos químico.....	44
6.2 Descripción del producto.....	44
7 DEMANDA HISTÓRICA.....	45
7.1 Emulsiones asfálticas	45
7.2 ¿Qué es el fresado del pavimento?.....	46
7.3 ¿Qué es el rap en asfalto?	47
7.4 El problema.....	47
7.5 La contaminación por emisiones.....	52
8. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES POR TONELADA DE PRODUCTO EN CALDERAS EN CALIENTE.....	53
9 PAVIMENTOS ASFALTICOS CON RAP.....	55
9.1 Tratamiento con material bituminoso.....	55
9.2 Mezcla granulométrica.....	55
9.3 Zonas susceptibles al congelamiento.....	56
9.4 Capa de rodadura.....	56
9.5 Materiales pétreos bien graduados.....	57
10. ELABORACIÓN DE AGREGADOS TRITURADOS.....	59
10.1 Trituración de materiales	59
10.2 Maquina pavimentadora.....	59
10.3 Extensión y compactación	60
10.4 Tránsito automotor	60
10.5 Contaminación del material fresado.....	61
10.6 Incorporación de estabilizantes.....	61

11 AGREGADOS DE ADICIÓN	63
11.1 Materiales reciclados	63
11.2 Operaciones de fresado	63
11.3 Toma de muestras	64
12 GRANULOMETRÍA Y ESPESOR	65
12.1 Condiciones establecidas	65
12.2 Masa unitaria especificada	65
12.3 Técnicas de reciclado	67
12.4 Condiciones generales para el reciclado	67
13 ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS	68
13.1 Tecnologías distintas	68
14. ADITIVOS	70
14.1 Incorporación de la cal	70
14.2 Ejecución de riegos	70
14.3 Extensión de pavimento	71
14.4 Manejo de residuos	71
15 APROVECHAMIENTO IN SITU	72
15.1 ¿Cuál es la reacción de la cal con el agua?	72
15.2 ¿Qué es cal apagada y para qué sirve?	72
15.3 Evita el envejecimiento	73
15.4 La cal evita la viscosidad	73
16 RECOMENDACIONES	74
16.1 Incorporación de la cal	74
16.2 Cal como modificador en el rap	75
16.3 Cal hidratada	75
16.4 Método de adición al tambor	76
16.5 Especificaciones de la cal hidratada en el asfalto	76
OBJETIVO GENERAL	78
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	78

ALCANCES	79
17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
18 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO ASFALTICO FRESADO	81
BIBLIOGRAFÍA.....	85

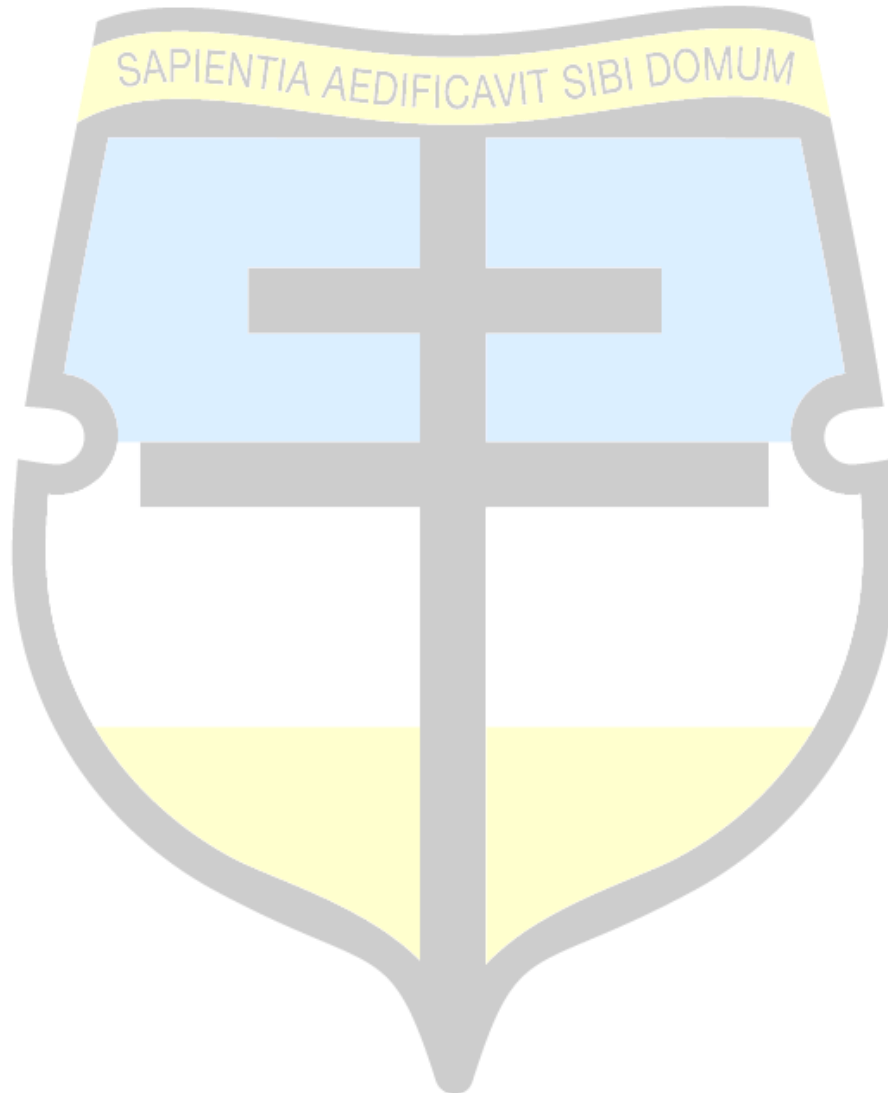


TABLA DE IMÁGENES

Figura 1 Estado de la vía en el barrio Quindío.....	18
Figura 2 Estado en la vía del barrio La Belleza.....	19
Figura 3 Estado en la vía barrio Aguas Claras.....	19
Figura 4 Estado en la vía del Barrio Entre Nubes.....	20
Figura 5 Estado en la vía del barrio Juan Rey.....	20

LISTA DE TABLAS

COMPENDIO

La necesidad de la preservación del medio ambiente es un continuo desarrollo de minimizar la explotación de los recursos naturales directos de constituyentes para la consecución de materiales para conformación de las carreteras y así minimizar el gasto de energías y explotación de los recursos naturales como la explotación de canteras a cielo abierto y la extracción de materiales de río el cual afecta los recursos naturales y el medio ambiente, en el caso de la utilización del (RAP) o materiales reciclados es una forma de minimizar el impacto ambiental a nivel global.

Los asfaltos de mezcla en frío han estado en la agenda de mantenimiento de las carreteras. Europeas durante los últimos 20 años, el uso de (RAP) ha estado presente en los últimos tiempos, pero el mercado de esta tecnología podría considerarse relativamente pequeño en comparación con las mezclas en caliente. Sin embargo, esto podría cambiar, ya que las presiones medioambientales y económicas convierten la mezcla en frío en una elección viable.

En Colombia el reciclaje en frío de pavimentos asfálticos tiene gran acogida desde mediados de la década de los años setenta se inició la utilización de este material, desde los años noventa al año 2019 se han rehabilitado unos 800 km de carreteras mediante este sistema, además de otro kilometraje importante en vías urbanas en las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali.

Este sistema que fuera de ofrecer ventajas importantes para la conservación del medio ambiente, también permite la conservación de energía y ofrece otras ventajas técnicas de incuestionable importancia, las cuales se justifican por un gran ahorro energético y económico.

OBJETIVO

El objetivo es el aprovechar al máximo el material reciclado de las vías cuando ya ha cumplido con su ciclo de vida para el cual estaba destinado, ya que lo podemos optimizar y prolongar su vida útil haciendo los estudios pertinentes para colocar un material ojalá para instalarlo como carpeta de rodadura y que tenga un comportamiento adecuado en esta fase, de rodadura y que dure de acuerdo a lo calculado.

es el de mejorar las vías en sectores periféricos ya que el acceso es lamentable, por otra parte, este material no se le está dando la importancia que se merece, lo estamos desaprovechando en sub bases y rellenos y muchas veces instalándolo de manera no profesional ya que hacen la aplicación de este material sin ningún tipo de preparación de por lo menos la rasante, se debe hacer énfasis en este punto ya que de aquí depende la durabilidad del producto.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es el de hacer una investigación minuciosa con el fin de tener el concepto claro para desarrollar este trabajo comparativamente con documentación de diferentes autores para tener herramientas de juicio y determinar los objetivos de este trabajo, de tal manera que se pueda inferir con lo que se está haciendo en nuestro país y se podría determinar, si vamos bien o debemos replantear para dar una conclusión del trabajo realizado hasta el presente ya que el objetivo es el mejorar el material reciclado, con la innovación de nuevas maquinarias y tecnologías que han desarrollado se debe aprovechar (RAP) en un mayor porcentaje con el fin de que no se desperdicie logrando con esto darle un manejo

distinto a este material y llegue a quienes lo necesitan para mejorar las condiciones de comunicación vial de muchos hogares en Colombia.

OBJETIVO ESPECIFICO

SAPIENTIA AEDIFICAVIT SIBI DOMUM

Una vez desarrollado el estudio de mejoramiento de material (RAP) se pondrán consideración, la norma invias será el parámetro a tener en cuenta dentro del estudio de mezclas asfálticas, de acuerdo con las especificaciones de la entidades tales como unidad de mantenimiento vial, IDU, invias son los entes que tienen la responsabilidad en el sentido de hacer mejoras en este, de material y sacar una normatividad para el fresado de asfalto o (RAP) ya que no se cuenta en la actualidad, de otra parte la técnica de aplicación en la construcción las obras se manejan igual que hace muchos años, no se observa ninguna aplicación distinta en la ejecución de las obras, con un material de buena calidad se debería aprovechar al máximo del material con las tecnologías nuevas los tiempos de ejecución de las obras deberán ser más cortos y se estará contribuyendo con el ahorro económico lo cual será beneficioso para las dos partes contratista y contratante y el ahorro en el presupuesto de los distintos municipios.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que se plantea en este punto, es el dar solución en las vías de penetración de los sectores menos favorecidos aplicando un pavimento reciclado mejorando sus propiedades con el fin de mejorar las composiciones mecánicas de servicio en donde se instale el producto ya mejorado dando solución al problema de acceso en caso de una emergencia que es lo que comúnmente ocurre en estos sectores deprimidos de la ciudad de Bogotá, y en cuanto a los costos estos se reducen en un buen porcentaje.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con las necesidades que se tienen en los sectores periféricos de las ciudades y campos en cuanto a las vías que prácticamente son caminos de herradura lo cual este tipo de vías dificulta el transporte y por lo tanto en los campos la dificultad para sacar los productos que se cultivan se pierden ya que se les incrementa el costo del flete para el campesino y por lo cual ellos prefieren que las cosechas se pierdan en muchos de los casos, y por otra parte en las ciudades los barrios periféricos el acceso a los sectores deprimidos las calles en su mayoría son destapadas lo cual dificulta la movilidad de los habitantes de estos sectores el transporte urbano no es asequible en estos sectores. Con este estudio lo que se quiere es que haya un material de buena calidad y su valor económico favorable para mejorar las calles de muchos de estos sectores de las ciudades.

JUSTIFICACIÓN

El objetivo del presente estudio, es adicionar cal al fresado asfáltico con el fin de mejorarla resistencia del asfalto reciclado, mejorando su módulo resiliente esto con el objetivo de aprovechar al máximo éste material, para poder mejorar las condiciones en las vías, de los sectores deprimidos, en los campos y barrios periféricos a nivel local y porque, ¿No a nivel nacional?, ya que en muchos casos este material, se está desperdiciando el uso, y de otra manera se estaría reduciendo la contaminación en un buen porcentaje, la explotación de materiales pétreos a cielo abierto se reduce y la extracción de materiales de río también se reduce, con este estudio se estaría aportando un granito de arena con el aprovechamiento de fresado asfáltico.



Figura 1 Estado de la vía en el barrio Quindío

Sector de zona cuarta de Bogotá barrio Quindío, existen vías en mal estado en caso de una emergencia es crítico su acceso.



Figura 2 Estado en la vía del barrio La Belleza

Sector de la zona cuarta de Bogotá barrio del Barrio la belleza, existen vías en mal estado en caso de una emergencia es crítico su acceso.



Figura 3 Estado en la vía barrio Aguas Claras

Sector de aguas claras localidad de San Cristóbal, existen vías en mal estado en caso de una emergencia es crítico su acceso.



Figura 4 Estado en la vía del Barrio Entre Nubes

Sector parque entre nubes localidad de San Cristóbal vías en mal estado en caso de una emergencia es crítico su acceso.



Figura 5 Estado en la vía del barrio Juan Rey

Sector de Juan Rey localidad de San Cristóbal, vías en mal estado, en caso una emergencia, es crítico su acceso.

Estas son algunas de las vías y el estado en que encuentra en muchos sectores de la localidad cuarta, y en los sectores marginados de la capital de la República, y el estado en que se encuentran, pueblos los campos en donde en pleno siglo 21 la modernidad no se ha hecho presente por diferentes motivos los cuales no son parte de este estudio, entonces estar recorriendo muchos de los sectores deprimidos y pueblos en donde solo llegan las mulas en donde nuestros campesinos sufren a diario por no poder sacar sus productos al mercado esto hace que esta población cada día sea más vulnerable el objetivo es poner un granito de arena para mejorar las vías de penetración de nuestra comunidades.

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se presentaran los comportamientos mecánicos obtenidos mediante el método Marshall de mezclas asfálticas en las que se adicione RAP en diferentes cantidades con adición y contenido de asfalto, el objetivo es el de hacer la caracterización del RAP que se utiliza en la ciudad de Bogotá, se efectuaran toman diversas muestras de los sitio de acopio para tener una condición homogénea del material, los ensayos a realizarse serán, penetración, ductilidad, punto de llama e ignición, viscosidad, y punto de ablandamiento.

Subsiguientemente y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización, se elaborará muestra de (RAP) con diferentes contenidos de asfalto por métodos de envejecimiento a corto (STOA) y largo (LTOA) plazo, y se someterá a dos grados de oxidación, para des pues ser adicionado en diferentes contenidos de asfalto en porcentajes a mezclas asfálticas optimas (MDC-19) de control previamente diseñados.

Estas mezclas resultantes se someterán a método Marshall y los resultados se examinarán identificando la influencia de las diferentes condiciones del (RAP) en mezclas asfálticas nuevas, el objetivo será establecer un alto grado de homogeneidad en el (RAP), en cuanto mayor sea el grado de envejecimiento del rap, mayor será el porcentaje de vacíos y la estabilidad, y menor el flujo de la mezcla.

Palabras claves, recuperación de asfalto, reciclado de pavimento, extracción de asfalto, envejecimiento, caracterización.

1.2 Resumen

El pavimento de una vía está sujeto a la acción continua del tráfico y de la meteorología, componentes que sumados a las propiedades determinadas del material genera un proceso de deterioro del mismo que conlleva a perder la vida útil, sin embargo, el material no pierde por completo las propiedades y puede ser reutilizado con la adición de materiales para dar paso a una nueva mezcla, este método es conocido como reciclado de pavimento asfálticos (RAP).

¿el inconveniente del (RAP) a nivel global es su gradación la cual no es consistente ya que presenta un mayor porcentaje de finos, esta es una razón por la cual se debe agregar materiales nuevos, otro punto perjudicial es el acopio de la materia fresada que no cumple con un protocolo de almacenaje lo cual afecta la calidad de la materia.

A nivel internacional la utilización de (RAP) su aprovechamiento es en un porcentaje considerable comparado con nuestro país. En Colombia no encontré datos de

material recuperado, por otra parte, un estudio realizado en estados unidos, la National Asphalt Pavement Association (NAPA) que mezclas con contenidos entre (30-40%) se pueden producir aun que tiene una restricción y es que la rigidez aumenta con mayor contenido de RAP, entonces aparecen las grietas permanentes por fatiga lo cual no es beneficioso para la carretera.

PISES	MATERIAL FRESADO RECUPERADO (Ton)	REUTILIZADO (%)
ALEMANIA	15000	55%
CROACIA	20000	60%
HOLANDA	30000	100%
ITALIA	13000	70%
SUECIA	1500	100%

En el estudio del fresado (RAP) el objetivo es el de lograr hacer un material de excelente calidad con el aporte de aditivos para este caso la idea es incorporarle cal para mejorar la condición mecánica del material y obtener un producto final de excelente calidad y reducir el costo económico del producto.

Conclusión: el objetivo final del trabajo es poder brindar un material de excelente calidad, aprovecharlo al 100%, se debe realizar un ensayo de compactación norma, INV E – 142 para obtener el contenido óptimo de humedad del agregado, para mezclas en caliente, el acopio de fresado es un factor clave ya esto influye en que el material no este contaminado y la humedad del material sea muy baja, el aporte de la cal, en porcentaje de 1% a 5% al tanteo para mejorar el comportamiento del material, con el fin de que mejore sus condiciones mecánicas, y se aplique como capa de rodadura, lo cual sería un logro muy importante para este tipo de mezcla asfáltica. En Colombia se conocen dos formas de reciclado de pavimento en frio con ligantes bituminoso y asfaltos esfumados, y el reciclado de pavimento en caliente, aplicando la norma reglamentada por la norma técnica del INVIAS 461-07 y 462-07 correspondientemente la adición máxima permitida es de 40%.

Para el progreso de un país está fundamentado en diferentes componentes de la economía, la educación y la tecnología son pilares fundamentales ya que de allí depende los avances y desarrollo, más aún cuando en las vías en nuestro país no son las mejores ya que en muchos lugares todavía existen caminos de herradura lo cual perjudica a nuestros campesinos ya no pueden sacar sus productos al mercado o es muy costoso sacarlos ya que el desarrollo de un país son las vías.

1.3 Justificación

La utilización esencialmente en conformación, se utiliza como carpeta asfáltica. Aunque según indagaciones fundadas sostiene las bondades del material para utilizarlo como capa de rodadura, dentro de la investigación desarrollada en el presente documento y visitados los diferentes proyectos que ejecutan en Bogotá he observado que el materia lo está desaprovechando porque lo están utilizado hasta para rellenos en seguimiento de mejoramientos de algunas vías en sectores deprimidos el material los aplica directamente sobre el suelo sin ninguna preparación previa del terreno.

Asimismo, para el año 2017 en el congreso mexicano de asfalto presentaron un estudio de caracterización del (RAP), en Bogotá se realizaron ensayos de extracción y recuperación de asfalto, ductilidad, penetración, punto de llama e ignición, viscosidad, y punto de ablandamiento. en el cual los comportamientos mecánicos obtenidos mediante el método Marshall, para las cantidades adicionadas de (RAP) en diferentes proporciones de material las cuales alcanzaron un alto grado de heterogeneidad del material fresado, el comportamiento del material asfáltico fue, en cuanto el mayor es el grado de envejecimiento del RAP, mayor es el porcentaje

de vacíos, menor flujo de la mezcla, uno de los propósitos del aprovechamiento de RAP, contribuir con el medioambiente menos contaminación y menos explotación de materiales granulares, y un reducción del costo en el material.

El inconveniente que se presentó en dicho estudio fue el acopio de del material el cual ni presenta ningún protocolo de almacenamiento lo cual hace que el material se contamine y si no tiene cubierta el grado de humedad será muy alto y esto será perjudicial para el producto final.

El aporte de este estudio no me parece representativo ya que el aporte hacia el material no es relevante en cuanto a resultados y mejora del material.

Otra conclusión es que cloruro de metileno modifica las propiedades geológicas del asfalto, puesto que lo hace más blando, modifica la ductilidad disminuye su viscosidad y punto de ablandamiento, la adición de RAP debe ser de 20% como máximo, por otra parte, la norma INVIAS no es clara para los contenidos de (RAP), conclusión hay que seguir investigando este material para lograr obtener un mejoramiento de producto.

1.4 Metodología

El método aplicado en el avance de la indagación se fracciona en dos fases trascendentales, en la primera fase se efectuó una recaudación de la investigación y estudio bibliográfico que consintió en la contextualización del tema y construyó el estado de arte correspondiente al tema de estudio, se comparó con otro autor para encontrar la diferencia con el resultado que el otro no presenta mayor diferencia entre uno y otro, a continuación presento una tabla de un caracterización tomada del documento de congreso mexicano en el año 2017. .

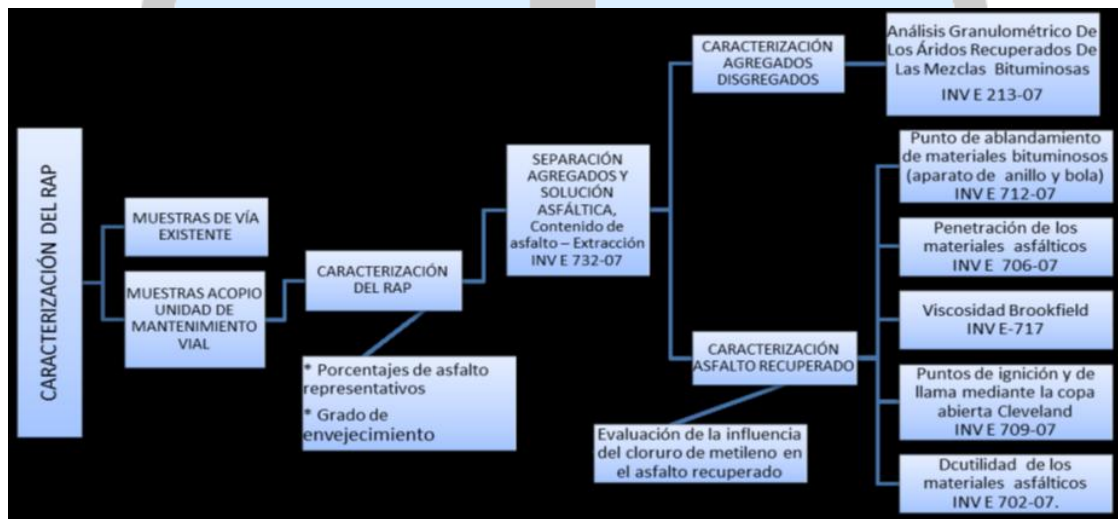


Tabla Caracterización del RAP

En la segunda fase se efectúa la valoración del dominio de las propiedades del (RAP), en una mezcla nueva en caliente, mediante el proceso en el que se tomaron diferentes cantidades de material adicionado y se analizó las diferencias, que se muestra (Tabla 2).

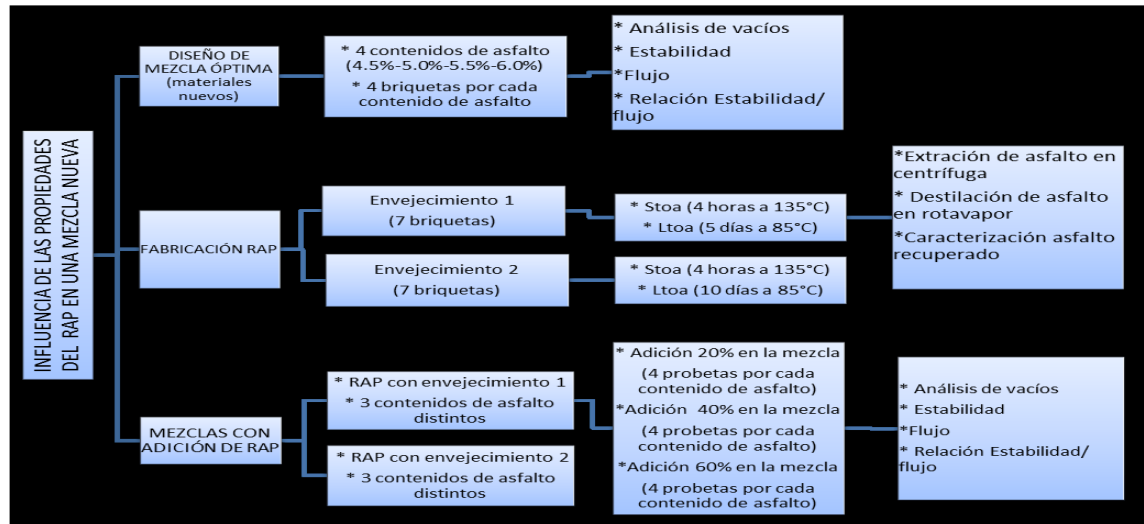


Tabla 1 Predominio de las propiedades del RAP en una nueva mezcla

Se valora el predominio del cloruro de metileno en el asfalto rehabilitado por intermedio de la averiguación del procedimiento mecánico del asfalto antes y después de ser hidratado en el cloruro, para lo cual el asfalto se somete a las mismas pruebas elaboradas al asfalto regenerado de los especímenes de RAP. Trabajaremos investigaciones del (RAP) en el laboratorio por medio de los procedimientos STOA y LTOA. Ello con el fin de registrar las variables de estudio (Contenido de asfalto y envejecimiento del RAP). El (RAP) se representa un variando porcentaje de asfalto, para observar el comportamiento del producto en las pruebas que se ejecuten el laboratorio.

Final mente en la etapa posterior se examinarán las deducciones logradas y se valorara el predominio que tiene la variación del contenido de asfalto y su grado de envejecimiento, y en el procedimiento mecánico de una mezcla densa en caliente. Se muestra el proceso de la campaña experimental aplicada en los diagramas siguientes.

Las muestras del material reciclado del asfalto utilizado para llevar a cabo este trabajo se tomarán de la planta de asfaltos de la unidad de mantenimiento vial de la ciudad de Bogotá previo permiso el cual lo tramitara el estudiante.

CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS PÉTREOS	VALOR
Desgaste de la máquina de los ángeles (%)	24.6
Degradación por abrasión en el equipo Micro Deval (%)	22.3
Resistencia mecánica por el método del (10%) de finos	83
Relación húmedo/seco, mínima (%)	
Perdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso (%)	12.9
Equivalente de arena (%)	76
Cargas fluctuantes (%)	87

Tabla 2 Caracterización agregados pétreos

CARACTERIZACIÓN DE ASFALTO	VALOR
Penetración	66.7
Ductilidad (cm)	>150
punto de ignición (°C)	260
Punto de llama (°C)	282
Punto de ablandamiento (°C)	47.8
Viscosidad 60°C (cenit poises)	175200
Viscosidad 110°C (cenit poises)	1588
Viscosidad 135°C (cenit poises)	262.5

Tabla 3 Caracterización de asfalto

Ligante a emplear será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta y controlada, que corresponda a los tipos CRL – 1, y CRL – 1h, con las características indicadas,

Se entiende por rotura la propiedad que puede conferirse a una determinada emulsión de la regulación de su velocidad de rotura, de tal forma que sea posible conseguir que se realice la envuelta de todo el agregado mineral durante el tiempo que dure el proceso de mezclado, que empiece a romper inmediatamente después durante el proceso de captación y sea total una vez termino este. En la tabla siguiente se muestran las discrepancias de la emulsión.

ENSAYO SOBRE LA EMULSIÓN		CRL - 1		CRL – 1h	
		Min.	Max.	Min.	Max.
Viscosidad saybolt Furor a 25°C	Seg.				
Contenido de agua en volumen	%				
Estabilidad almacenamiento – sedimentación a los 7 días	%				
Destilación	%	57		57	
Contenido en asfalto residual	%				0
Contenido de disolventes					
Tamizado	%		0.1		0.1
Retenido en tamiz N° 20 ASTM					

Rotura	%					2
Mezcla con cemento						
Carga partícula		Positiva		Positiva		
pH			6			6
II - ENSAYO SOBRE RESIDUO DE DESTILACIÓN		SAPIENTIA AEDIFICAVIT SIBI DOMUM				
penetración (25°C, 100 gr. ,5 seg)	0.1mm	60 - 100		100 - 250	60	100
Ductilidad (25°C, 5 cm/m)	cm	40			40	
Solubilidad en tetracloruro de carbono	%	97			97	

Tabla 4 Ensayo sobre emulsión

Agregados en general las mezclas densas en frio se utilizan requiriendo de ellas unas cualidades similares a las alas de las mezclas asfálticas en caliente en capas de pavimentos, por consiguiente, son semejantes a las correspondientes a este caso.

Agregado grueso, se compondrá de elementos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

Con el manejo de emulsión la idea es la de brindar que la adhesividad de un ligante y la adherencia del material fresado tenga una compatibilidad de los dos productos con un objetivo final es el de que el material instalado brinde las condiciones de estabilidad, cosa que debe producirse en cual quiere caso, dada la afinidad de las emulsiones catiónicas por los agregados silíceos y buen comportamiento con la mayor parte de los agregados.

Agregados finos, se define como agregado fino la fracción de agregado que pasa por el tamiz N° 4 ASTM y que da retenido en el tamiz N° 200 ASTM. El agregado fino será la arena procedente de la trituración, externa de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas, obtenida de material cumpla los requisitos fijados para el agregado grueso.

Mezcla de agregados y llenante, los agregados gruesos, fino y llenante tendrá un equivalente de arena superior a 45.

Se normalizará los siguientes tipos de granulometría (tabla 6).

Tamiz ASTM	PORCENTAJE QUE PASA		
	DF - 12	DF 20	DF - 25
1 1/2"	-	-	100
1"	-	100	80 - 95
3/4	100	80 - 95	-
1 / 2	80 - 95	-	62 - 77
3 / 8	-	60 - 75	-
N° 4	50 - 65	47 - 62	45 - 60
N° 8	-	35 - 50	-
N° 30	-	13 - 23	-
N° 200	-	3 - 8	-

Tabla 5 Tamiz ASMT

Considero interesantes y expongo a continuación, unos resultados de ensayos realizados sobre una mezcla asfáltica en caliente fabricada con asfalto 80/100, y una mezcla densa en frío fabricada con emulsión catiónica del 60% de concentración el mismo asfalto 80/100.

CARACTERÍSTICAS	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO
	Sistema de envuelta	Caliente
Tipo de asfalto	80 / 100	80 / 100
% emulsión	-	9 %
% asfalto	5.4 %	5.4 %
Granulometría de los agregados	iguales	
Resistencia al aire (kg/cm ²)	62	61
Resistencia al agua (kg/cm ²)	58	58
Resistencia conservada	93 %	95 %
Agua absorbida (%)	4 %	3.7 %
Densidad	2.255	2.255
Compactación (%)	95 %	94.3 %
agregados	Mezclas densas en frío	Mezclas abiertas en frío
homogeneidad	No importante	Si importante
Dosificación agua de preen vuelta	Necesaria	No necesaria
% Ligante	4.0 – 5.5	2.5 – 4.0
Criterios de diseño y control	Semi racionales	empíricos
Tipo de resistencia	Principalmente por la cohesión del mortero	Por razonamiento interno de los agregados
Contribución al soporte	Sensiblemente igual	
Almacenabilidad	No inmediato	Inmediato (con sellado)
Costos	superiores	-
Fabricación	Difícil	Fácil

Tabla 6 Ventajas e inconvenientes

En cuanto a las mezclas en frío el objetivo es el de trabajar en los estudios de esta técnica para brindar una tecnología en mezclas densas en frío ya que a futuro es un atractivo ya que las ventajas son muy atractivas para este producto, el material fresado presenta bondades para el aprovechamiento del asfalto, y principalmente económico, frente a otras técnicas tradicionales.

Sin embargo, en la actualidad, el diseño o evaluación de materia fresado asfáltico en laboratorio es variado; pero no se ha obtenido una respuesta concisa en los estudios realizados del producto tiene una gran dosis de subjetividad ya que se ha logrado establecer una normatividad para el fresado o (RAP),

Por otra parte, la puesta en obra presenta una serie de dificultades derivadas de, la variabilidad de estado de los materiales, características de agregados y emulsiones, limpieza humedad, así como disposición de maquinaria adecuada y en perfectas condiciones para sectores alejados la utilización de maquinaria no es la mejor, la mezcla densa en frío una alternativa para mejorar las condiciones de las vías en sectores periféricos, y habrá que esperar a su puesta a punto para que se convierta en la realidad lógicamente esperable.

1.5 Instalación de asfalto en situ, en frío o en caliente

La preparación de la superficie para la instalación de material recuperado bien sea en caliente o en frío debe cumplir con un procedimiento que se debe planificar antes de iniciar la obra cumpliendo con todos los parámetros de diseño y especificaciones técnicas requeridas para este proceso. Se recomienda como imprimador de

superficies muy porosas e irregulares, adecuándolas a la impermeabilización. Aplicación: La superficie debe estar seca, limpia y libre de partículas sueltas. Aplique en frío directamente sobre la superficie empleando brocha, cepillo o pistola a presión.

1.6 Mezclas frías.

Es una mezcla asfáltica en frío compuesta por agregados y un ligante asfáltico con características especiales que permite una solución económica y simple para la reparación de baches y reparaciones en superficies de asfalto o concreto.

Tomado de: “Mezclas Frías”, 20/ Abril /2020, disponible en:
<http://www.tdm.com.pe/products-asfaltos-mezclas-frias.php>

1.7 Mezclas asfálticas en caliente

Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 °C centígrados según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos.

1.8 Depósitos naturales del asfalto

El asfalto se encuentra en depósitos naturales, pero casi todo el que se utiliza hoy es artificial, derivado del petróleo. Para pavimentar se emplean asfaltos de destilación, hechos con los hidrocarburos no volátiles que permanecen después de refinar el petróleo para obtener gasolina y otros productos. Uno del principal uso que se les dan a los asfaltos es, entre otros, como material aglutinante en la elaboración de carpetas asfálticas para la construcción de pavimentos flexibles.

Tomado de: “Asfalto, significado y definición”, 20/ Abril /2020, disponible en: <https://normasicontec.xyz>

1.9 Tipos de asfalto existente

- Mezcla de hormigón asfáltico en caliente.
- Hormigón asfáltico templado.
- Hormigón asfáltico frío.
- Hormigón asfáltico cut-back.
- Hormigón asfáltico mastico

1.10 Temperaturas de mezclado y compactación

Las temperaturas de mezclado y compactación tienen un importante impacto en la calidad y el desempeño de una mezcla asfáltica, existen diferentes trabajos de investigación donde se demuestra que la temperatura de construcción tiene una influencia importante en las propiedades mecánicas de la mezcla.

1.11 Proceso constructivo

El proceso constructivo es un paso fundamental en la calidad de una carpeta asfáltica, de nada sirve tener los mejores materiales y tener un diseño de alto desempeño si el proceso constructivo no se hace de manera adecuada cuidando los parámetros como espesores, tiempos y temperaturas.

1.12 Proceso de mezclado y compactación

Las temperaturas de mezclado y compactación de una mezcla asfáltica tienen una importancia fundamental en la calidad y desempeño de la mezcla, en mayor medida la temperatura de compactación dado que las propiedades mecánicas dependen fundamentalmente de que la densidad se alcance aun cuando el asfalto tiene una consistencia adecuada, de no ser así el desempeño de la mezcla puede ser muy deficiente y afectar de manera importante la durabilidad.

2 NORMAS DE SEGURIDAD EN TRABAJOS CON ASFALTO

2.1 Los riesgos de seguridad

Englobarían todos los derivados del uso de equipos de trabajo y maquinaria utilizada para el desarrollo de esta actividad por ello se hace énfasis en la manipulación de herramientas y equipo y los (EPP) de los operarios en actividad se les debe dar una inducción previa al inicio de cada jornada, no sobra hacer la debida recomendación, todos los días por en una distracción el riesgo es inminente.

2.2 Los riesgos higiénicos

Están más relacionados con el riesgo toxicológico de los productos químicos. Consecuentemente, hay que vigilar el riesgo de inhalación de hidrocarburos y humos de asfalto, y especialmente la presencia de venzo-a-pireno. En época de mucho calor (verano), puede provocar estrés térmico y riesgos para la piel por la exposición directa a los rayos solares, por eso es muy frecuente asfaltar por la noche.

2.3 El trabajo con estos productos

Para reducir los riesgos comentados de quemaduras e inhalación originadas por asfalto, alquitrán, brea y derivados, los trabajadores deben utilizar los equipos de protección individual siguientes, los cuales es obligatorio que hayan sido proporcionados por el empresario. Cazadora, abrigo o chaqueta de alta visibilidad, fluorescente, para trabajos nocturnos. La ropa, prendas, y equipos de protección individual utilizados deben ser impermeables, resistir químicamente la composición utilizada, y evitar quemaduras de modo que resistan la temperatura de los procesos y máquinas utilizadas. (pantalón largo, camisa de algodón de manga larga.

2.4 Los alquitranes pueden producir una reacción tóxica

En la piel no protegida. Esta reacción se verá incrementada con el uso de humos, radiación ultravioleta, y líquidos o polvos presente. Para ello, se recomienda utilizar una crema específica para el alquitrán o crema de protección general combinada con protección solar. Uso de gafas protectoras de seguridad con protección lateral (pantalla facial que cubra toda la cara para el manejo de calderas.

3 RESEÑA HISTÓRICA DEL ASFALTO

El betún natural fue descubierto a mediados del siglo XVI, en la Isla de Trinidad, por Cristóbal Colón. El asfalto es un componente natural de los petróleos. la palabra Asfalto, derivada del acadio, lengua hablada en Asiria, a orillas del rio Tigris superior, entre los años 1400 y 1600 A.C. en esta zona se encuentra en efecto la palabra “Sphalto” que significa “lo que hace caer”. Luego la palabra fue adoptada por el griego, paso al latín y, más adelante, al francés (asphalte), al español (asfalto) y al inglés (asphalt). Estudios arqueológicos, indican que es una de los materiales constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado.

Tomado de: “Asfalto en la ingeniería Civil”, 20/ Abril /2020, disponible en: <http://asfaltoingenieriacivil.blogspot.com/>

Tomado de: “El betún natural fue descubierto a mediados del ” Pagina 23, 20/ Abril /2020, disponible en: <https://www.coursehero.com/file/pf0r17/El-bet%C3%BA-natural-fue-descubierto-a-mediados-del-siglo-XVI-en-la-Isla-de/>

4 MAQUINARIA UTILIZADA

4.1 Las máquinas de reciclado

Han evolucionado a través del tiempo desde las primeras máquinas modificadas para fresar y estatizar, hasta las recicladoras especializadas utilizadas hoy en día, estas recicladoras son especialmente diseñadas para lograr un rendimiento mayor cada vez que sacan una nueva maquinaria de fresado el reto que se imponen los diseñadores de maquinaria cada vez el rendimiento sea mayor y también colocan maquinaria con otras funciones o sobre neumáticos, existe una gama amplia de maquinaria para esta actividad ya que su evolución a través del tiempo ha mejorado considerablemente.



figura 6 fresadora

4.2 ¿Qué es el fresado de carpeta asfáltica?

El fresado consiste en retirar la carpeta asfáltica de una vía la cual sea valorado con anterioridad y definido su profundidad y longitud la maquina fresadora va descargando la materia directamente en el camión con volcó el cual transporta la materia a su destino final.



figura 7 Extracción de fresado

4.3 ¿Qué es el material fresado?

Es el resultado de corte el cual lo ejecuta la maquina fresadora la cual lo traslada directamente sobre la volqueta la cual se encarga de su disposición final que será el depósito de acopio o muchas veces lo reutilizan nuevamente en el sitio con la ayuda de otras máquinas las cuales hacen el mezclado en situ.



figura 8 Acopio de material fresado

Actualmente en Colombia cuenta con una serie importante de proyectos de construcción vial, enmarcados dentro del programa denominado “cuarta generación de concesiones (4G)”, el cual tienen el propósito de cubrir 7000km, entre los cuales hay 1370km de doble calzada, 125km de túneles y 146km de viaductos. Para este proyecto, se estima que sea necesarios 12.051.210m³ de fresado.

5. FORMATOS DE CONTROL DE OBRA

5.1 Generar documento

Se debe generar un documento de donde tome la información básica de la vía a mejorar tomando toda la información de terreno para ejercer un control eficiente en el control y mantenimiento de la obra ejecutada para dar una respuesta a la garantía de serviciabilidad y determinar las posibles fallas que pueda presentar en el transcurso de su vida útil.

6. PROCESO PRODUCTIVO DE LA CAL.

6.1 Explotación de la cal

Data de cavilaciones Griega, Egipcia y Romana, Es un proceso de origen natural el cual se hace cielo abierto el cual se trata hacer la extracción de rocas calizas o calcíticas está compuesta por óxido de calcio, la cal viva se obtiene calcinando piedra calcita o dolomita a una temperatura de 880°C a 900°C perdiendo el dióxido de carbono en forma de gas, hidratar una cal es apagarla agregarle agua en cantidades exactas.

6.1 La Cal es uno productos químico

La calcinación es un proceso que requiere mucha energía para que la descabonatacion puede ocurrir este paso seda cuando la piedra caliza (CaCO_3) se transforma en cal viva (CaO), en esta etapa, el óxido de calcio o cal viva se lleva un hidratador en donde se agrega agua a la cal, son muchos usos que se le dan a este producto en la construcción y el agro hasta medicinal.

6.2 Descripción del producto

Es un Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que se elabora calcinando e hidratando mármol calcítico, bajo un estricto control de calidad para garantizar el cumplimiento de la norma "N" de la American Society for Testing and Materials (ASTM)

7 DEMANDA HISTÓRICA

7.1 Emulsiones asfálticas

Asfalto, 133.548.834 litros de emulsiones asfálticas y riegos y 40.894.082 agregados para bases y subbases (García Cadena, 2015). Teniendo en cuenta el gran aumento en la producción de asfalto en los últimos años (más del doble del 2013 al 2015, como lo muestra la siguiente grafica la emulsión se define como una mezcla heterogena de dos o más líquidos, que normalmente no se disuelven en otra, pero cuando se mantienen en suspensión por agitación o, más frecuentemente, por pequeñas cantidades de sustancias conocidas como emulsiones, y forman una mezcla estable. La utilización de otros que briden las mismas propiedades del asfalto sin modificar. Demanda histórica y presupuestada en Colombia (García Cadena, 2015) (tabla 8).



Tabla 7 Demanda histórica (García Cadena 2015)

Por esta razón, en técnicas más novedosas en la ciudad y en el país, como reciclado de mezcla asfáltica, conocido internacionalmente como RAP (por sus siglas en inglés: Recycled Asphalt pavement), es necesario desarrollar estudios que permitan caracterizar el material y entender cuál va a ser su comportamiento en campo. Este tipo de estudios e iniciativas va a permitir un aumento en la confianza de los constructores y las diferentes entidades públicas a la hora de utilizar el material, generando un aumento de su uso responsable y, por ende, una reducción en la utilización de materiales vírgenes. Adicionalmente, el medio ambiente se va a ver beneficiado y va a ser un paso más para encontrar materiales que brinden las mismas propiedades, o mejores, de los que se tienen actualmente, pero que tengan un menor costo ambiental.

7.2 ¿Qué es el fresado del pavimento?

Es un material escarificado con maquina fresadora al cual extrae la carpeta asfáltica la cual ya llevo a su vida útil y se retira para repavimentar la sección, del pavimento, este material se reutiliza luego en otras vías nuevamente.

7.3 ¿Qué es el rap en asfalto?

Pavimento asfáltico reciclado (RAP, por sus siglas en inglés) es el término que se le da a los materiales del pavimento removidos y/o reprocesados que contienen asfalto y agregados. Estos materiales se generan cuando los pavimentos asfálticos son removidos para reconstrucción o rehabilitación.

7.4 El problema

La falta de vías de penetración y su estado lamentable en sectores periféricos y menos favorecidos por nuestros dirigentes políticos, que son los disponen de a quién y en donde se le mejora un segmento vial, pero por otra parte el valor es muy elevado hacerlo, con pavimento rígido luego como los presupuesto son limitados no se hace mucho, a pesar de utilizar pavimentos reciclados no se están utilizando en sectores menos favorecidos para el mejoramiento de las vías terciarias.

PRINCIPALES VENTAJAS DE MATERIALES RECICLADOS RAP

PRINCIPALES VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE RECICLADO	
TECNICA DE RECICLADO	VENTAJAS
Reciclado superficial	Mejora la resistencia al deslizamiento
	Corrige las deficiencias de origen superficial
	Mejora el perfil geométrico de la calzada
	Permite eliminar la capa de restitución de gálibo en refuerzos del pavimento
Reciclado "IN SITU"	Mejora la resistencia al deslizamiento
	Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural
	Permite incrementar en forma limitada la resistencia estructural del pavimento
	Elimina temporalmente las fisuras reflejas
	Permite corregir las características de las mezclas asfálticas superficiales (6 a 7 cm) con deformaciones plásticas
	Mejora el perfil geométrico de la calzada
Reciclado en Planta	Refuerza estructuralmente al pavimento de acuerdo con las necesidades del proyecto
	Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural
	Produce mezclas asfálticas de mejor calidad
	Permite eliminar o corregir las capas intermedias de deficiente comportamiento
	Elimina las fisuras reflejas
	Mejora la resistencia al deslizamiento
	Corrige el perfil geométrico de la calzada

ente: Rafael Menéndez, 2015

Tabla 8 Técnicas del reciclado

GENERACIÓN DE RAP UTILIZADO EN MUCHOS PAÍSES DE EUROPA

PAIS	(t) MATERIAL ASFALTICO RECICLABLE DISPONIBLE	(%) REALMENTE USADO EN RECICLAJE EN CALIENTE	(%) REALMENTE USADO EN RECICLAJE EN FRIO	(%) DE LA PRODUCCIÓN DE LAS MEZCLAS NUEVAS EN CALIENTE QUE CONTENGAN MATERIAL RECICALDO
Alemania	14.000.000	82	18	60
Austria	600.000	10	10	5
Bélgica	13.000.000	50	0	36
Irlanda	48.000	38	0	2,1
Dinamarca	240.000	>80	0	53
Eslovenia	22.000	50	10	15
Eslovaquia	1.250	0	0	0
Francia	6.500.000	13	<2	<10
Holanda	3.400.000	80	20	65
Hungría	-	15	0	0,6
Italia	14.000.000	18	2	0
Noruega	590.000	7	26	8
Polonia	1.000.000	4	55	0,2
Reino Unido	5.000.000	0	0	0
Republica Checa	604.400	30	50	10
España	690.000	30	15	5
Suecia	650.000	50	50	0
Suiza	945.000	50	50	0

Fuente: EAPA, 2006

Tabla 9 RAP utilizado en Europa

CLASIFICACIÓN UTILIZADA PARA LOS RECICLADOS

CLASE	I	II	III
DOSIFICACIÓN DE LIGANTE	4 - 7%	3 - 5%	2 - 4%
FIRME QUE SE RECICLA	Pavimento bituminoso (<5cm) + base granular	Pavimento bituminoso (<10cm) + base	Mezclas bituminosas
ESPESOR RECICLADO (cm)	8 - 15	8 - 15	5 - 15
OBJETIVOS	Estabilización y regularización del firme		Reciclado y regeneración del ligante existente

Tabla 10 Dosificación de ligante

Dosificación de mezcla asfáltica para fabricación de briquetas de ensayo en laboratorio. Preparación de materiales granulométrías de los mismos.

Grupo	Cantidad briqueta	% RAP	% Cal	% Gruesos	% Finos
1	6	100			
2	6	100			
3	6	100	1% a 3%	40	60
4	6	100	1% a 3%	60	40

Tabla 11 Dosificación de mezclas

Dispersión del asfalto con la incorporación de cal en la matriz de fino.

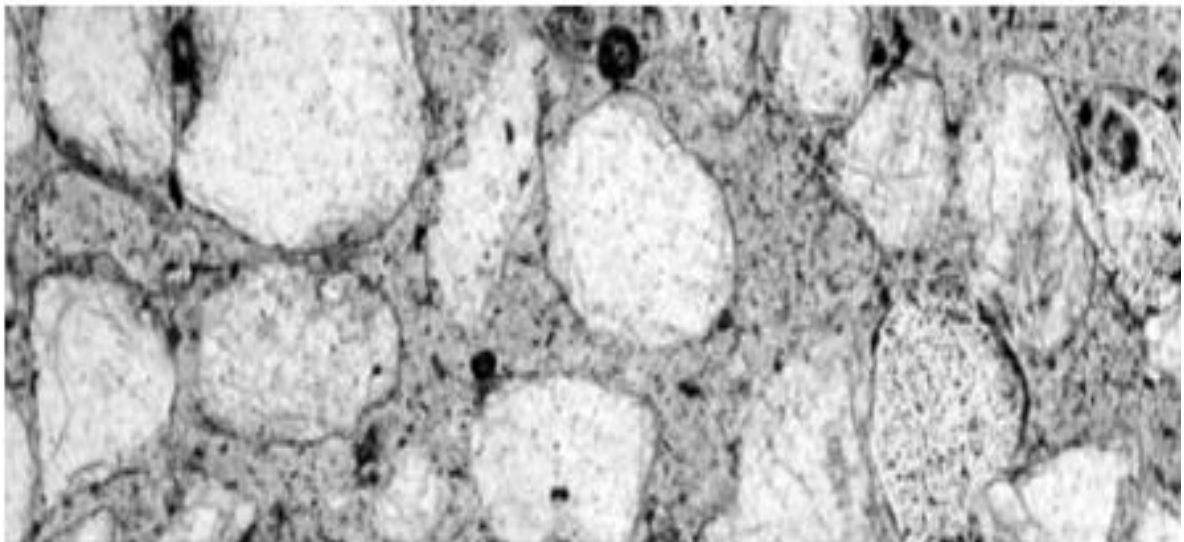


Tabla 12 Dispersión de asfalto

EMISIONES DE VAPOR DE AGUA Y MATERIAL PARTICIPADO EN LA ETAPA DE SECADO

EMISIONES	TON / TON DE PRODUCTO
Vapor de agua	0.08
Material participado	0.09

Tabla 13 Emisiones de vapor

Fuente: UIS – IDEAN

7.5 La contaminación por emisiones

se presenta en el almacenamiento temporal de la mezcla y durante el descargue del material en obra. Estas emisiones pueden contener compuestos gaseosos orgánicos, aerosoles y finos con partículas orgánicas condensadas. Este tipo de contaminación depende en gran parte del tipo de combustible empleado, hay emisiones a la atmosfera de contaminantes como óxidos de carbono (Cox), óxido de azufre (SOx), y material participado a elevadas temperaturas.

8. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES POR TONELADA DE PRODUCTO EN CALDERAS EN CALIENTE

Consumo de combustible	Emisiones de SO ₂	Emisiones CO ₂
Tonelada combustible/ tonelada material	Tonelada SO ₂ / tonelada material	Emisiones CO ₂ / tonelada material
0.009	0.003	0.025

Tabla 14 Caldera en caliente

Para el estudio en particular es muy importante profundizar en el conocimiento de esta tecnología en su diversidad de aplicaciones con otros productos para el mejoramiento de este material y aprovecharlo al máximo, con el estudio del material se podrán presentar diversas alternativas en el uso del (RAP).

GRAFICA: ESQUEMA GENERAL DE RECICLADO DE PAVIMENTOS



Figura 9 Esquema general de reciclado

Fuente: WIRTGEN. MANUAL DE RECICLADO EN FRIO

9 PAVIMENTOS ASFALTICOS CON RAP

9.1 Tratamiento con material bituminoso

El reciclado en frío de pavimentos asfálticos se define como el procesamiento y tratamiento con material bituminoso y/o aditivos químicos, de un pavimento asfáltico existente sin aplicación de calor para producir una capa de pavimento restaurado. Los tipos de mezcla asfáltica se dividen en tres grupos los cuales se denominan en, mezclas asfálticas en caliente, mezclas asfálticas en frío, y mezclas asfálticas por riegos. Las mezclas asfálticas en caliente se dividen en tres grupos, principales que son; mezcla de granulometría densa, mezcla de granulometría discontinua, y mezcla de granulometría abierta.

9.2 Mezcla granulométrica

La mezcla de granulometría densa, están elaboradas con materiales pétreos de granulometría uniforme, la cual cuenta con tamaños estimados entre 19 y 25 mm que equivaldrían a $\frac{3}{4}$ " y 1" pulgada. Es importante aclarar que este tipo de mezcla no tiene función estructural porque contiene normalmente un alto porcentaje de vacíos. Estas capas se utilizan para formar una capa de rodadura sobre capas de granulometría densa. Este tipo de mezcla tiene como finalidad permitir que el agua lluvia sea desplazada por las llantas de los vehículos ocupando de esta manera los vacíos de esta capa, que a su vez incrementa la fricción entre las llantas y la superficie de rodadura, también reduce la cantidad de agua que salpica a los vehículos adyacentes, mejorando la visibilidad de señalización horizontal.

9.3 Zonas susceptibles al congelamiento

Se debe tener en cuenta que este tipo de mezcla no debe colocarse en zonas susceptibles al congelamiento ni en lugares donde la precipitación sea menor a 600 mm/año. La mezcla asfáltica de granulometría discontinua, está elaborada con granulometría con materiales pétreos con tamaños entre 9.5 y 19 mm que equivalen a 3/8" y 3/4" pulgada. La forma de estos materiales es de vital importancia para la mezcla, por lo que evita que el agua lluvia forme película continua sobre la superficie del pavimento. Normalmente esta mezcla asfáltica se utiliza como capa de rodadura, aunque también puede ser utilizada en capas inferiores en carreteras donde se presenta un alto flujo de tránsito.

9.4 Capa de rodadura

Cuando se utiliza como capa de rodadura, su finalidad es mejorar las condiciones de circulación de los vehículos incrementando la fricción de las llantas y reduciendo la cantidad de agua que se proyecta sobre los vehículos adyacentes. Las mezclas homogéneas, principalmente compuestas de emulsiones asfálticas o de asfaltos rebajados y materiales pétreos, elaborados y colocados en frío.

9.5 Materiales pétreos bien graduados

Esta mezcla se divide principalmente en dos tipos que son; mezcla asfáltica en frío con granulometría densa y morteros asfálticos. La mezcla asfáltica de granulometría densa son elaboradas con materiales pétreos bien graduados, con tamaños aproximados a 9.5 y 37.5 mm, que equivalen a 3/8 y 1"1/2. En general, este tipo de mezclas son utilizadas en la construcción de carpetas asfálticas de pavimentos nuevos los cuales requieren de una buena resistencia estructural por la cantidad de vehículos que transitan diariamente por el lugar.

GRADACIONES PARA MEZCLAS DENSAS EN FRIO

TAMIZ			PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MDF-1	MDF-2	MDF -3	
7,5 mm	1 ½"	100	-	-	
25.0 mm	1"	80-90	100	-	
19.0 mm	¾"	-	80-95	100	
12.0 mm	½"	62-77	-	80-95	
9.5 mm	3/8"	-	60-75	-	
4.75 mm	N° 4	45-60	47-62	50-65	
2.36 mm	N° 8	35-50	35-50	35-50	
300 µm	N° 50	13-23	13-23	13-23	
75 µm	N° 200	3-8	3-8	3-8	

Tabla 15 Porcentaje que pasa

Fuente instituto nacional de vías. Mezcla densa en frio. Artículo 440-07

El material que se utiliza depende del tipo y espesor que vaya a tener la capa compactada, la cual se define en los documentos del proyecto, teniendo en cuenta los siguientes criterios.

TIPOS DE MEZCLA POR UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR COMPACTO DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	50-75	MDF – 2
	40 - 50	MDF – 3
Intermedia	≥ 50	MDF – 2
Base	≥ 75	MDF – 1
Bacheo	50 – 75	MDF – 2
	≥ 75	MDF – 1

Tabla 16 Espesor compacto

Fuente: instituto nacional de vías. Mezcla densa en frio. Artículo 440 – 07

10. ELABORACIÓN DE AGREGADOS TRITURADOS

10.1 Trituración de materiales

Los principales equipos utilizados en la mezcla densa en frío son: equipo para la elaboración de agregados triturados, planta mezcladora, equipo para transporte de agregados triturados, planta mezcladora, equipo para transporte de agregados y mezcla, equipo para la extensión de la mezcla, equipo de compactación y equipos accesorios y herramientas menores. Antes de ser aprobada la mezcla en frío para la ejecución en terreno, se debe someter al ensayo de inmersión – compresión, en el cual se debe aplicar el siguiente razonamiento para determinar el contenido óptimo del ligante. Resistencia seca (R_s) ≥ 25 kg/cm² Resistencia a la humedad (R_h) ≥ 20 kg/cm² Resistencia conservación $R_c = (R_h/R_s) \times 100 \geq 75\%$.

10.2 Maquina pavimentadora

La mezcla densa en frío se extiende por medio de una maquina pavimentadora, de modo que cumpla con los lineamientos, anchos y espesores señalados planos determinados. La compactación se debe cometer de manera incesante durante la jornada de trabajo y se completara con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y si es precisó húmedos.

10.3 Extensión y compactación

Existen limitaciones en el proceso de extensión y compactación de la mezcla densa en frío, las cuales tienen que ver principalmente con la temperatura y la lluvia. La temperatura ambiente junto a la superficie del pavimento no debe ser menor a 5°C, y en el caso de la mezcla sea afectada por el agua de lluvia, el constructor deberá retirar obligatoriamente la mezcla afectada y reconstruir nuevamente con sus respectivas especificaciones. Artículo 400 – 07. Fresado de pavimentos asfálticos. En el presente artículo se describe los procesos y condiciones que se deben tener en cuenta para realizar un fresado de pavimento asfáltico.

10.4 Tránsito automotor

Se deberá efectuar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de las labores de obra. La superficie fresada deberá ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido. Los materiales fresados deberán ser transportados en vehículos con sus respectivos certificados de emisión de gases al día y serán depositados en vertederos que tengan su licencia al día para el funcionamiento.

10.5 Contaminación del material fresado

Se deberá evitar la contaminación del material fresado con suelos u otros materiales contaminados para garantizar el producto. La operación del barrido de la superficie fresada no podrá causar molestias por producción de partículas, a las personas transeúntes y vecindario en el entorno de la obra. El material recuperado se deberá proteger con el fin de que no se contamine y el contenido de humedad sea mayor que esto afectara, la dosificación de una nueva mezcla en caliente.

10.6 Incorporación de estabilizantes

Si en el proceso de reciclado en el lugar se incorporan estabilizantes en polvo, se deberán tomar acciones de protección para que las partículas no generen incomodidad en el entorno de la obra por acción del viento. En el caso de reciclado de pavimentos en frío, el precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de cortar y disgregar las capas asfálticas y granulares, también, se deberá incluir todos los costos de la extracción, bombeo, transporte, suministro, aplicación y mezcla del agua solicitada, según se haya definido en la fórmula de trabajo, o la eventual aireación de la mezcla preparada, así como los suministros e incorporación de los mejoradores de adherencia y de los controladores de rotura de la emulsión asfáltica.

**FRANJA GRANULOMÉTRICA DE LOS RECICLADOS EN FRIO EN EL LUGAR
EMPLEADO LIGANTES BITUMINOSOS**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	
37.5 mm	"1 ½"	100
25.0 mm	1"	75 – 100
19.0 mm	¾"	65 – 100
9.5 mm	3/8"	45 – 75
4.75 mm	N° 4	30 – 60
2.00 mm	N° 10	20 – 45
425 µm	N° 40	10 - 30
75 µm	N° 200	5 – 20

Tabla 17 Franja granulométrica

Fuente: instituto nacional de vías. Reciclado de pavimento asfáltico en frío en el lugar empleado ligantes bituminosos

11 AGREGADOS DE ADICIÓN

11.1 Materiales reciclados

Cuando los materiales reciclados no son suficientes, es recomendable que el agregado de adición tenga características similares a las del agregado que se recicla; esto con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes. Otros materiales que se utilizan en la mezcla en frío del reciclado de pavimento son: Los materiales las puzolanas los aditivos mejoradores de adherencia y los bituminosos entre los agregados, del asfalto y el agua.

11.2 Operaciones de fresado

La tecnología de maquinaria ha evolucionado ya que hay máquinas que hacen el fresado almacenan el producto lo dosifican y lo instalan nuevamente en el mismo lugar de donde se extrajo el material, la misma máquina inyecta los de los fluidos, en la mezcla y de extensión de la mezcla elaborada. El abastecimiento de la emulsión asfáltica del cemento asfáltico y del agua se realiza desde depósitos móviles de manera que no se produzca paradas innecesarias de la máquina recicladora. También es necesario tener equipos de compactación apropiados para este tipo de mezcla asfáltica.

11.3 Toma de muestras

El reciclado en frío se toman muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, comprobando el espesor y tipo de material en las diferentes capas. Según las especificaciones, se realizan dos perforaciones por kilómetro.

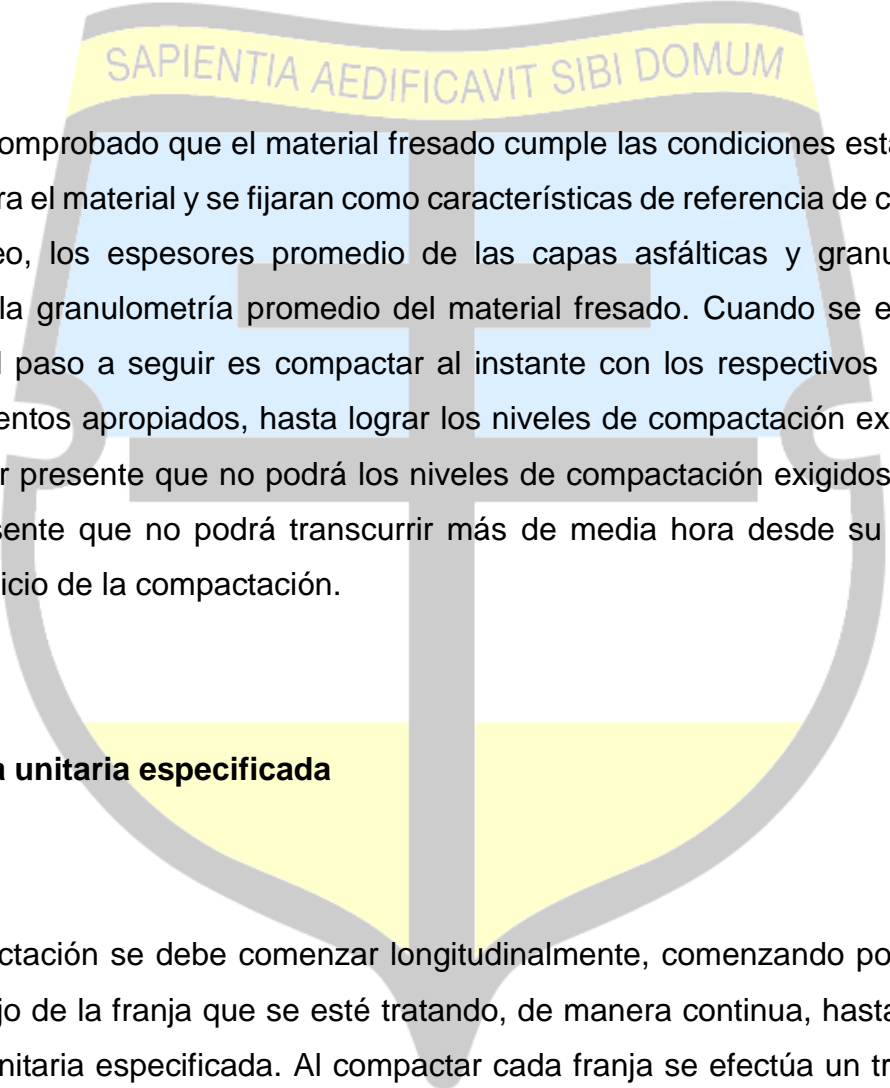
TOLERANCIAS EN LA GRANULOMETRÍA Y EN EL ESPESOR DEL MATERIAL POR RECICLAR PARA CONSIDERAR QUE UN TRAMO ES HOMOGÉNEO

CARACTERÍSTICAS		TOLERANCIAS
Granulometría (tolerancia respecto de la masa total del material reciclado)	Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (N° 10 y mayores)	±6
Espesor (variación en el espesor de la capa en , mm)	Porcentaje que pasa tamiz de 425 (N° 40)	±4
	Porcentaje que pasa tamiz de 75	± 3
	Capas asfálticas	25
	Capas granulares	50

Fuente: instituto nacional de vías. Reciclado de pavimento asfáltico en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos. Artículo 461 -7

12 GRANULOMETRÍA Y ESPESOR

12.1 Condiciones establecidas

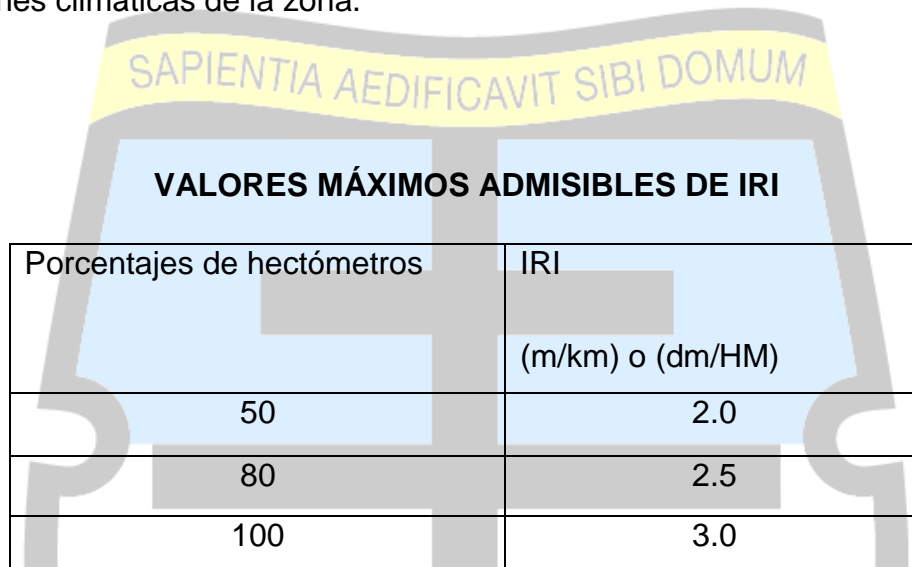


Una vez comprobado que el material fresado cumple las condiciones establecidas, se aprobara el material y se fijaran como características de referencia de cada tramo homogéneo, los espesores promedio de las capas asfálticas y granulares por reciclar y la granulometría promedio del material fresado. Cuando se extiende la mezcla, el paso a seguir es compactar al instante con los respectivos equipos y procedimientos apropiados, hasta lograr los niveles de compactación exigidos. Se debe tener presente que no podrá los niveles de compactación exigidos. Se debe tener presente que no podrá transcurrir más de media hora desde su extensión hasta el inicio de la compactación.

12.2 Masa unitaria especificada

La compactación se debe comenzar longitudinalmente, comenzando por el borde más debajo de la franja que se esté tratando, de manera continua, hasta alcanzar la masa unitaria especificada. Al compactar cada franja se efectúa un traslapo de no menos de 15 cm con la capa anterior. Terminando la compactación, la capa se podrá abrir al tránsito, limitando la velocidad de los vehículos a 30 km/h, durante las primeras 48 horas, cuando el reciclado se haya realizado con asfalto espumado. Si el reciclado se ha realizado con emulsión asfáltica, la apertura no se podrá realizar

antes de tres días, aunque no sucede todos los casos, esto con el fin de garantizar el trabajo realizado. El tiempo de curado de las capas recicladas en frío es como mínimo de unos diez días para el caso de reciclado con emulsión asfáltica y 5 días cuando se utilice cemento asfáltico espumado. Dependiendo también de las condiciones climáticas de la zona.



VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE IRI

Porcentajes de hectómetros	IRI (m/km) o (dm/HM)
50	2.0
80	2.5
100	3.0

Fuente: instituto de desarrollo urbano. Fresado de pavimentos asfálticos. Sección 540 - 05

Si se exceden estos límites, los defectos de regularidad se corrigen mediante un fresado adicional en aquellos tramos que tengan mayor incidencia en el cumplimiento.

12.3 Técnicas de reciclado

La metodología del reciclado es la de recuperar un material e incorporarle aditivos adición de materiales vírgenes en porcentajes ya establecidos para rejuvenecer el material y prolongar su vida útil, Estas técnicas se pueden dividir en diferentes tipos como lo son, el reciclado “in situ” en caliente, reciclado “in situ” en frío con emulsiones bituminosas (RFSE) y reciclado en planta.

12.4 Condiciones generales para el reciclado

Se debe implementar un plan de trabajo ordenando una señalización y demarcación en el sector para no traumatizar el desarrollo automotor y de peatones por otra parte para el control de las partículas que se generan por la acción del fresado se deberán controlar, con barreras para que no se generen afectaciones a los actores que se desplacen por el sitio en el lugar en donde se desarrolla la obra. Los materiales no aptos para su uso se deberán seleccionar y serán conducidos a los acopios autorizados por las autoridades competentes.

ESQUEMA GENERAL CARACTERÍSTICO PARA UN RECICLADO EN FRIO CATEGORÍAS DE RECICLADO EN FRIO



Fuente: WIRTGEN. Manual de reciclado en frío. Alemania. 2004

13 ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS

13.1 Tecnologías distintas

Existen dos tecnologías distintas que pueden ser aplicadas para reciclar el 100% del material RAP que son;

Construcción de una capa de mezcla asfáltica en frío, mediante la adición de emulsión como rejuvenecedor, a una capa reciclada delgada normalmente de 100 mm de espesor. Estabilización del RAP con cemento, emulsión o asfalto espumado en una capa más profunda comúnmente de 100 mm

CANTIDADES DE MATERIAL (RAP) UTILIZADOS

PAÍS	Material asfáltico reciclable disponible (ton)	% material asfáltico reciclado disponible usado
ESLOVENIA	25.600	49% - 12.544 ton
ESPAÑA	1.150.000	18% - 207.000 ton
FRANCIA	6.500.000	2% - 130.000 ton
INGLATERRA	4.000.000	18% - 720.000 ton
REPUBLICA CHECA	1.500.000	30% - 450.000 ton
SUIZA	1.100.000	50% - 550.000 ton
NORUEGA	720.000	10% - 72.000 ton
RUMANIA	18.000	10% - 18.000 ton
SUECIA	1.000.000	10 - % 100.000 ton
COLOMBIA		

14. ADITIVOS

14.1 Incorporación de la cal

Manejo de aditivos en el RAP, con la incorporación de la cal en % se iniciará en el 1%, e ira aumentando hasta obtener un producto de excelente caracterización, con módulo de ruptura muy alto para ofrecer un producto de alta calidad y durabilidad en el tiempo. El objetivo es que sea un material económico duradero.

14.2 Ejecución de riegos

Se deberá vigilar la viscosidad del ligante. Para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie a tratar, el éxito de este proceso es garantizar un excelente trabajo para dar garantía del asfalto diseñado previamente. El tramo superficial a tratar deberá ser barrido adecuadamente para eliminar partículas sueltas las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas a otros vehículos y personas cerca del proyecto. Cuando se hace riegos con emulsión en obras como capas de mezclas, las operaciones de limpieza deben ser minuciosas y se realizarán con escobas y cepillos sopladores mecánicos que estén autorizados por la autoridad ambiental.

14.3 Extensión de pavimento

Se deberán implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de las mezclas en caliente. Se deberá implementar un plan de control del tránsito. Las operaciones se desarrollan con vías abiertas al tránsito público, para no traumatizar el flujo vehicular. Grandes cantidades diarias de escombros de pavimentos son reutilizables. Sus técnicas ya se conocen y son de prácticas relativamente sencillas. Reciclar estos volúmenes evita que una cantidad parecida de materiales no se explote, es decir, se puede preservar en una forma más prolongada la reserva de materiales para construcción de bases granulares y mezclas asfálticas si se acude al reciclaje de los residuos que se generan en el diario accionar de la ciudad.

14.4 Manejo de residuos

El manejo de los residuos de pavimento asfáltico constituye uno de los problemas que enfrentan las ciudades medianas y grandes, pues el volumen generado obliga a las Administraciones a encontrar las soluciones más convenientes desde los puntos de vista social, económico y ambiental, con el fin de evitar los efectos contraproducentes ante la imperiosa necesidad de la continua extensión de las redes de servicio público, el crecimiento de la red vial urbana y del mantenimiento adecuado de la existente. En el tema del reciclaje de pavimentos asfálticos es importante anotar que el conocimiento actual respecto a este tema, no está del todo definido ya que se puede observar acopios en sitios que no deberían estar estos materiales, pero el mismo distrito es el causante de este problema con la afectación del medio ambiente ya que en donde haya acopios comienzan a acumular basuras.

15 APROVECHAMIENTO IN SITU

Ventajas Económicas del Reciclaje en frío (in situ)” aprovechando los recursos existentes en el sitio y así desarrollar infraestructura con un costo económico inferior.

15.1 ¿Cuál es la reacción de la cal con el agua?

Apagado de la cal. El óxido de calcio (CaO) obtenido en la calcinación de la caliza reacciona inmediatamente con el agua, transformándose en hidróxido de calcio (Ca(OH)_2). Este fenómeno se conoce como hidratación o apagado de la cal viva (CaO).

Tomado de: “Apagado de la cal”, fecha, 25/ Abril /2020 Disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_calcio

15.2 ¿Qué es cal apagada y para qué sirve?

Cal apagada. Nombre común para hidróxido de calcio, sustancia química con la fórmula Ca(OH)_2 . Este tipo de cal se utiliza para estabilizar suelos blandos y estabilizar la humedad natural del suelo.

Se encuentra plenamente normada a nivel internacional, México no es la excepción. Tanto la S.C.T., como una serie de gobiernos locales han incluido en sus Normas el uso del Hidróxido de Calcio (Cal hidratada) como un agente modificador del

asfalto. En proporciones promedio de 1.5% con respecto al peso del agregado, la cal presenta los efectos que a continuación se mencionan.

15.3 Evita el envejecimiento

Los asfaltos al perder ciertos componentes por acción del medio ambiente, tienden a aumentar su viscosidad hasta volverse prácticamente sólidos y frágiles. Al llegar a ésta etapa es muy común que se presenten fallas del tipo “piel de lagarto”, provocadas por la incapacidad elástica del asfalto, lo que resulta en fallas mecánicas y en el consiguiente deterioro de la capa por constante fricción con el tráfico del camino, a su vez que las capas inferiores quedan expuestas a la humedad del ambiente.

15.4 La cal evita la viscosidad

La cal evita que la viscosidad aumente, permitiendo un tiempo de vida más largo al pavimento, es compatible con cualquier tipo de asfalto, ya sea de carácter aniónico o catiónico. Por lo regular sustituye a polímeros o mezclas de los mismos y a plastificantes. Por ser mineral no se deteriora con los rayos UV y el costo de aplicación es muy por debajo de usos de otras alternativas.

La cal es un anfótero, en química significa que presenta las dos cargas, el Calcio es fuertemente positivo y el grupo OH⁻ es fuertemente negativo, la combinación de

ambas cargas permite un acomodo de tal suerte que se neutralizan los efectos evitando el rechazo del agregado, lo mismo



SAPIENTIA AEDIFICAVIT SIBI DOMUM

16 RECOMENDACIONES

16.1 Incorporación de la cal

Lo normal es utilizar 1.5% de cal con respecto al peso del agregado seco para lograr los efectos anteriores. Un exceso de cal tiene efectos contraproducentes, ya que se traduce en un fraguado acelerado de la parte asfáltica. Es recomendable hacer pruebas de laboratorio para determinar las proporciones de acuerdo al proyecto y tipo de asfalto. La cal es compatible prácticamente con cualquier tipo de aditivo para asfalto. Sin embargo, depende de los efectos que se quieran lograr lo que determina la formulación final. Por último, permite los usos de agregados con cierta cantidad de arcilla como contaminante, sin que afecte el desempeño final.

16.2 Cal como modificador en el rap

Durante más de 50 años, se ha demostrado que la cal hidratada es la referencia mundial de los modificadores de asfalto para mitigar el daño de la humedad. Sin embargo, como el uso de la cal ha crecido, se han identificado y cuantificado otras ventajas en laboratorio y por parte de las autoridades relacionadas con el transporte.

Cuando se agrega cal hidratada al asfalto, reacciona con el árido, consolidando el enlace entre el betún y la roca. Además, la cal hidratada reacciona con las moléculas altamente polares del betún, bloqueando la formación de jabones solubles en el agua. Estos jabones dan lugar a una fuerza en enlace más débil, y contribuyen así al daño por humedad. En vez de esto, la cal promueve la formación de sales basadas en el calcio insolubles que no atraen el agua al sistema.

16.3 Cal hidratada

La cal hidratada reduce el índice de envejecimiento del pavimento del asfalto, retardando la oxidación de muchos tipos de betún. Esto es debido a que la cal reacciona con las moléculas altamente polares del betún, retardando el índice de cambio de la química del betún. Por lo tanto, el pavimento sigue siendo más flexible a lo largo del tiempo, y se protege del agrietamiento frágil durante más años que sin la contribución de la cal. La cal hidratada se puede agregar a la mezcla asfáltica caliente por varios métodos. Los métodos de adición usados más comúnmente son los siguientes.

16.4 Método de adición al tambor

Dependiendo de la tecnología de producción de mezclas asfálticas calientes (HMA) usada, la cal se añade al tambor junto con los “Fillers” minerales, o se mezcla con otros finos en el grupo de tratamiento.

Cal seca en el método del árido húmedo. Este método implica medir la cal sobre una cinta de alimentación fría. Normalmente, la cal se adhiere suavemente al árido mojado superficialmente.

Método de la lechada de cal Este método utiliza una lechada de cal; una mezcla de cal y agua, que se aplica al árido en un porcentaje medido. Dicho método asegura una cobertura superior de la cal en la superficie de la roca. Después de que se aplique la lechada, el árido se puede alimentar directamente en la planta o añadirse a la pila de cal durante un periodo de tiempo, permitiendo que la cal reaccione con las impurezas (tales como la arcilla) en la superficie del árido.

16.5 Especificaciones de la cal hidratada en el asfalto

La cal hidratada se ha utilizado durante muchas décadas en los EE UU, donde se agregan a 50 millones de toneladas de pavimento asfáltico por año. En algunas regiones, la adición de la cal es obligatoria. En los EE UU, los investigadores y las autoridades relacionadas con el transporte han llegado a la conclusión de que la cal

amplía la vida del pavimento hasta el 38%. En Europa, la cal hidratada también se ha utilizado durante muchos años. Recientes investigaciones han establecido que la cal da lugar a múltiples ventajas para las mezclas asfálticas: calientes, templadas y frías, así como para el reciclaje “in-situ” frío. La adición de cal hidratada previene los deterioros prematuros y aumenta la vida del pavimento.

La cal hidratada se define según la norma: EN 459: Cales para la construcción La cal hidratada puede ser especificada: - Como un aditivo según la norma: EN 13108: Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. - Como “Fíller” mezclado según la norma: EN 13043: Áridos para mezclas bituminosas y tratamientos superficiales de carreteras, aeropuertos y otras zonas pavimentadas. Después de años de investigación, algunos países europeos han convertido el uso de la cal hidratada en mezclas asfálticas como obligatorio en sus reglamentos nacionales para sus carreteras locales, nacionales y autopistas.



SAPIENTIA AEDIFICAVIT SIBI DOMUM

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar el diseño de mezcla asfáltica en caliente con cal hidratada para el mejoramiento de la resistencia a la humedad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar los ensayos correspondientes a los agregados pétreos y al cemento asfáltico siguiendo las respectivas normas para determinar su calidad en el diseño.
- Determinar la proporción de los agregados pétreos por el método Bailey que concedieran la combinación granulométrica de nuestro diseño de mezcla asfáltica en caliente.
- Aplicar la metodología de diseño Marshall, siguiendo la norma AASHTO T-245, (Resistencia a la fluencia plástica de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall), para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente y el proceso de elaboración de briquetas, obteniendo el porcentaje óptimo de asfalto.

- Elaborar un diseño Marshall con el porcentaje óptimo de asfalto incorporando porcentajes de cal hidratada, en base al peso de los agregados pétreos.
- Obtener la resistencia a la compactación de mezcla asfáltica en caliente debido al daño inducido por la humedad, basado en la norma AASHTO T 283 para cada porcentaje de cal hidratada.
- Analizar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

ALCANCES

Se realizará el diseño de la mezcla asfáltica en caliente utilizando el método Marshall.

Los ensayos para agregados pétreos, cemento y mezcla asfáltica se realizarán conforme a normas AASHTO o ASTM.

El diseño de la mezcla asfáltica en caliente será a nivel de laboratorio.

No se realizará tramo de prueba.

En Bogotá la unidad de manteniendo vial es la entidad la cual que está encargada de hacer las operaciones de recuperación de vías y el aprovechamiento del asfalto fresado que se recupera en Bogotá y sus alrededores.

FRESADO ESCARIFICADO

	Fresado escarificado
Mensual	50.000 m3
Anual	200.000 m3

Stop de material	90.000 m ³
------------------	-----------------------

Tabla 18 fresado escarificado

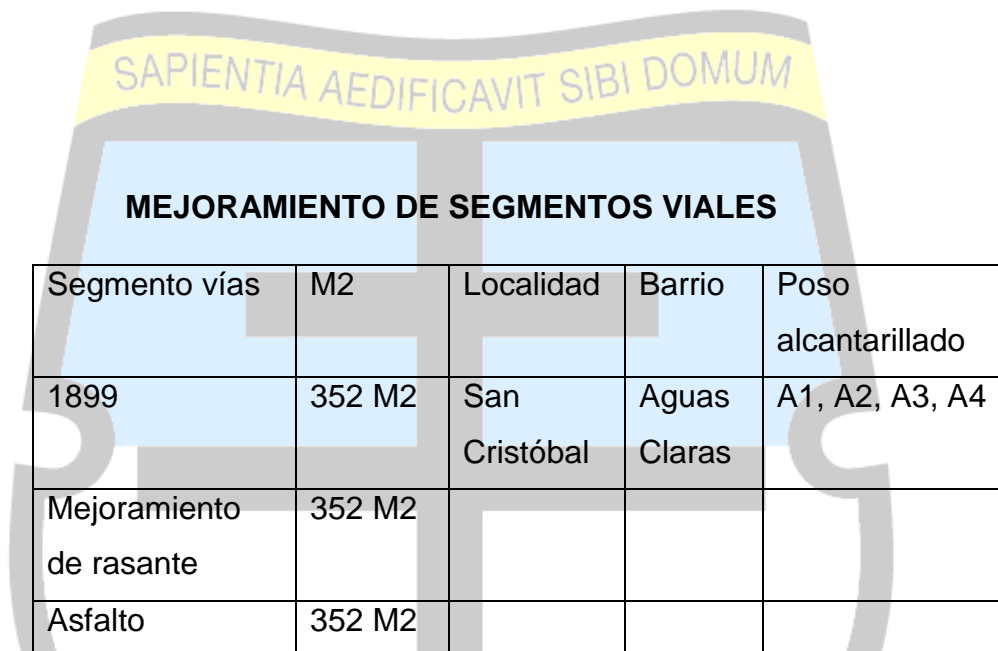
SAPIENTIA AEDIFICAVIT SIBI DOMUM

17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los trabajos de laboratorio ejecutados, se obtuvieron unos resultados excelentes después de un trabajo minucioso, con los materiales del fresado reciclado obtenido del acopio denominado la nutria en la parte sur de la capital, se hizo la granulometría y los respectivos cálculos para hacer las gráficas de cada una de las muestras trabajadas para las distintas briquetas construidas. Dentro de los estimados esperados para este trabajo que do satisfecho por el trabajo realizado en laboratorio y los resultados obtenidos con este producto. Espero que se pongan en práctica y se apliquen para dar solución en las diferentes calles y vías terciarias que fueron las intenciones de este trabajo.

Las recomendaciones para que este trabajo tenga un buen desempeño en la solución de las vías es que el trabajo se haga de manera profesional en la aplicación de los estándares de calidad en la rasante, se haga énfasis en la captación de aguas de escorrentías y drenajes cunetas para que el agua no afecte estas estructuras. Una parte crucial es el mantenimiento periódico, el cual es obligatorio hacerse por parte de los usuario o entidades que les corresponda, porque es mucho más

económico prevenir que curar, porque de nada sirve un buen material si no se le da un buen manejo al entorno del segmento vial.



Segmento vías	M2	Localidad	Barrio	Poso alcantarillado
1899	352 M2	San Cristóbal	Aguas Claras	A1, A2, A3, A4
Mejoramiento de rasante	352 M2			
Asfalto	352 M2			

Tabla 19 segmentos viales

18 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO ASFALTICO FRESADO

El pavimento asfaltico fresado (PAF), es un material que se obtiene de recortar, en frio con equipo especializado, parcial o totalmente, la capa asfáltica de vías que se encuentran en intervención por parte del IDU, en las cuales la capa de rodadura,

requiere ser reemplazada. Utilizando una maquinaria especialmente diseñada para la actividad, denominado fresadora de pavimentos.

Generación de pavimento asfáltico: El pavimento asfáltico fresado es generado durante los procesos constructivos en los contratos de construcción y mantenimiento y rehabilitación de las vías de la ciudad. No obstante, puede ser generado también, por los urbanizadores particulares y las alcaldías locales y sus contratistas de obra que cumplen con este tipo de actividades.

Disposición del material obtenido: El contratista deberá obtener los permisos de disposición final de la materia obtenidos del fresado y dirigirse a estos acopios dispuestos por las entidades responsables del material y sum disposición las entidades que reciben el material son IDU, UNIDAD DE MANTENIMIENTO VIAL, EL INVIAS, el contratista deberá llenar la documentación para hacer la trazabilidad de material resepcionado.

Los sitios autorizados para disposición del material de pavimento asfáltico fresado son los siguientes, entre otros:

Vías locales en jurisdicción de las 20 alcaldías locales del Distrito Capital.

Vías ejecutadas por contratistas de obra del IDU en cualquier capa de la estructura de acuerdo con los diseños previamente aprobados, tales como:

- Pavimento asfáltico fresado como estructura del pavimento: (base y/o sub base). Fresado estabilizado con emulsión asfáltica: capa de rodadura.
- Mejoramientos: base asfáltica para la posterior colocación de capa de rodadura. Sitios definidos por las entidades públicas donde se requiera su utilización.

Para el caso en que una entidad privada solicite material asfáltico fresado, el procedimiento no se encuentra definido ni hace parte del presente manual.

Dentro de la investigación por ningún medio se encontró una la cantidad de material reutilizado en los diferentes proyectos ejecutados ósea que debería ser importante tener la cuantía de materia utilizado en Colombia cada año.

Por otra parte, las entidades que están utilizando el material fresado recuperado no se le da la importancia que se mérese este material ya que es de suma importancia su recuperación y aprovechamiento como nueva mezcla asfáltica, la recuperación del producto y su normalización sería un objetivo el cual se le debería hacer mucho más énfasis para aprovecharlo a 100% ojalá en carpeta asfáltica.

Las entidades como el IDU INVIAS LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO, serían las obligadas a desarrollar estudios para optimizar la utilización del producto y obtener mejores resultados en sus aplicaciones a nivel nacional.



Figura 10 Material contaminado

Sitio en donde están depositando el material reciclado el cual se contamina y se desperdicia. Es lamentable el material se desaprovecha a sabiendas que en algún sector se está necesitando para mejorar las condiciones de una comunidad. Cuando este material se vaya a utilizar, sus propiedades estarán desmejoradas y el material será lanzado en rellenos de cual quier índole sin que se destine para su propósito específico.

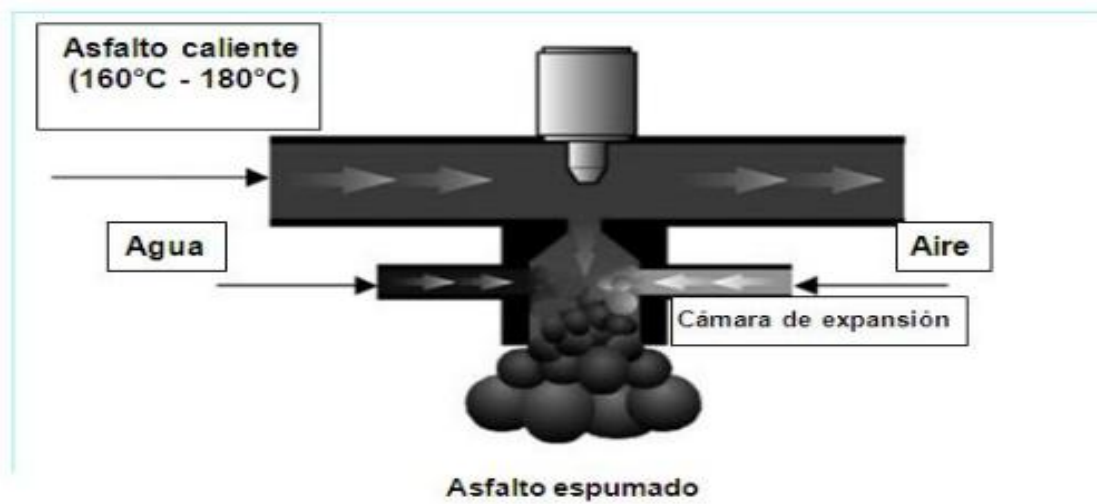


figura 11 Cámara de expansión

La cámara de expansión para mezclar agua con asfalto para generar espuma, inyecta tanto aire como agua al asfalto en la cámara de expansión, como muestra la figura.

BIBLIOGRAFÍA

<https://repository.unimilitar.edu.co>

<https://www.google.com/search?q=fresadoras+de+asfalto&rlz>

<https://www.youtube.com/watch>

<https://www.youtube.com/watch>

<https://www.youtube.com/watch>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Fresado>

www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio

www://upcommons.upc.edu

<https://repository.udem.edu.co>

http://anfacal.org/media/Biblioteca_Digital/

[www.coordinacion-actividades-empresariales. Es](http://www.coordinacion-actividades-empresariales.es)

Shell Colombia S. A emulsiones asfálticas

