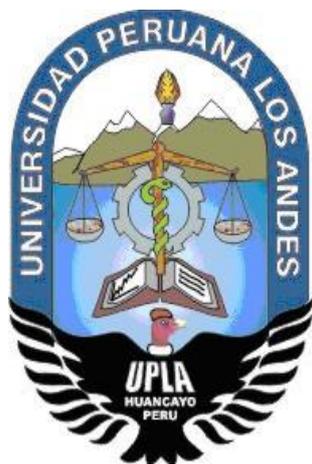


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTA DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE TESIS

**PROPUESTA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE RECICLADO PARA REHABILITACIÓN VIAL -
PACHACAMAC**

Línea de Investigación: TRANSPORTE Y URBANISMO

PRESENTADO POR:

Bach. PACCORI MORI FRANKLIN LUIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

LIMA - PERÚ

2018

ASESORES

DR. GONZALO CATALINO TREJO MOLINA
ING. DAYANA MARY MONTALVAN SALCEDO

DEDICATORIA

A mi madre Lidia Mori huamani por el esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional, que me brinda durante mi etapa de formación profesional y personal. A mis hermanos Judith, sayuri y jhordy quienes me brindan su constante apoyo moral, incentivándome a cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque me ha permitido estar con vida durante todo el desarrollo de esta investigación, cuidándome y fortaleciéndome en cada momento.

A los ingenieros de la carrera profesional de Ingeniería Civil, que me brindaron su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación y que con sus experiencias en campo me orientaron en diversos puntos temáticos para el desarrollo de la presente investigación.

A mi colega Bryan Ibáñez quien me ayudo a dar solución a las constantes dudas en el desarrollo de esta tesis.

Al Sr. Asesor Dr. Trejo Molina Gonzalo Catalino por las constantes sugerencias y orientaciones en el campo metodológico, quien a través de su experiencia en el ámbito de la metodología nos conduce al buen desarrollo de nuestra investigación.

Ala ing. Dayana Mary Montalván Salcedo por las sugerencias en el ámbito temático de la Ingeniería Civil, quien con su conocimiento en el ámbito de la ingeniería nos guiara en el buen desarrollo de nuestro tema de investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ

PRESIDENTE

ING. IVAN ALONSO ZAPATA ROJAS

JURADO

ING. FELIPE LUIS DURAND LOPEZ

JURADO

MG. GIAN FRANCO PEREZ GARAVITO

JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES

SECRETARIO DOCENTE

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE CUADROS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación y sistematización del problema	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Justificación	2
1.3.1 Justificación Social.....	2
1.3.2 Justificación Metodológica	3
1.4 Delimitaciones	3
1.4.1 Delimitación Espacial.....	3
1.4.2 Delimitación Temporal.....	4
1.4.3 Delimitación Económica	4
1.5 Limitaciones.....	4
1.5.1 Limitaciones técnicas	4
1.5.2 Limitaciones Económicas.....	4
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 Objetivo general.....	5
1.6.2 Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco conceptual	8

2.2.1	Pavimento	8
2.2.2	Tipos de Pavimento	8
2.2.3	Conformación estructural de un Pavimento flexible.....	10
2.2.4	Características principales que debe tener un pavimento.....	11
2.2.5	Elementos que integran un pavimento flexible.....	11
2.2.6	Ciclo de vida fatal del pavimento.....	13
2.2.7	Ciclo de vida deseable del pavimento	15
2.2.8	Comportamiento del pavimento.....	17
2.2.9	Ventajas y desventajas de un pavimento flexible y rígido	19
2.2.10	Identificación de fallas en los pavimentos.....	21
2.2.11	Clasificación de los deterioros o fallas	21
2.2.12	Fallas estructurales	23
2.2.13	Fallas superficiales	27
2.2.14	Evaluaciones viales	30
2.2.15	Mantenimientos viales	34
2.2.16	Aplicación de pavimentos flexible reciclados como alternativa de rehabilitación vial	37
2.2.17	Concepto de reciclado de pavimentos.	40
2.2.18	Técnicas para el reciclado de pavimentos	41
2.2.19	Técnica según la temperatura del pavimento reciclado.....	42
2.2.20	Técnica según el lugar del pavimento reciclado	45
2.2.21	Técnica según la profundidad del pavimento reciclado	47
2.2.22	Principales Ventajas del reciclado de pavimentos	48
2.2.23	Análisis de Beneficios	48
2.2.24	Materiales asfálticos para el pavimento flexible reciclado	50
2.2.25	Cementos Asfálticos.....	50
2.2.26	Agregados pétreos.	58
2.2.27	Emulsiones Asfálticas:	63
2.3	Definición de términos	70
2.4	Hipótesis	72
2.4.1	Hipótesis general.....	72
2.4.2	Hipótesis específicas	72
2.5	Variables	72
2.5.1	Definición conceptual de las variables.	72

2.5.2	Definición operacional de la variable	73
2.5.3	Operacionalización de la variable	74
2.6	Propuesta técnica de rehabilitación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial-Pachacamac.....	74
2.6.1	Información previa	74
2.6.2	Granulometría del pavimento flexible reciclado.....	75
2.6.3	Ensayo de lavado asfáltico del Pavimento flexible reciclado	75
2.6.4	Ensayo de calidad del Material, agregados pétreos.....	76
2.6.5	Evaluación del Análisis granulométrico del pavimento flexible reciclado	77
2.6.6	Evaluación del Análisis granulométrico del pavimento flexible reciclado más agregados vírgenes de la cantera La Gloria	78
2.6.7	Contenido de emulsión tentativa para la mezcla asfáltica	79
2.6.8	Ensayo de recubrimiento	80
2.6.9	Ensayo de adherencia	80
2.6.10	Ensayo de Estabilidad - flujo Marshall	80
2.6.11	Equipo y personal para la colocación de la carpeta asfáltica.....	81
2.6.12	El proceso de colocación de la propuesta técnica de aplicación.....	82
CAPITULO III		83
METODOLOGÍA.....		83
3.1	Método de investigación.....	83
3.2	Tipo de investigación	83
3.3	Nivel de investigación	83
3.4	Diseño de la investigación	83
3.5	Población y muestra	84
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	84
3.7	Técnicas y análisis de datos	89
CAPITULO IV		90
RESULTADOS.....		90
CAPITULO V.....		91
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		91
CONCLUSIONES		92
RECOMENDACIONES		94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		95
ANEXOS.....		96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: deficiencias o falla en los pavimentos flexibles	22
Tabla 2: Niveles de severidad en baches	28
Tabla 3: Rangos de clasificación del PCI (índice de condición del Pavimento)	33
Tabla 4: Rango, Clasificación e intervención del PCI (índice de condición del pavimento) ...	34
Tabla 5: Especificaciones técnicas del asfalto diluido de curado medio (MC)	57
Tabla 6: Especificaciones técnicas del asfalto diluido de curado rápido (RC)	57
Tabla 7: Requerimiento granulométrico para bases	58
Tabla 8: Requerimiento del agregado grueso según la altitud	59
Tabla 9: Requerimientos del agregado fino	59
Tabla 10: Granulometría para mezclas asfálticas en caliente	61
Tabla 11: Granulometría para reciclado en frío – in situ.....	62
Tabla 12: Clasificación de emulsiones asfálticas	64
Tabla 13: Especificaciones para emulsiones según su velocidad de rotura.....	66
Tabla 14: Ensayos de control de calidad de las emulsiones asfálticas	68
Tabla 15: Ensayos de control de calidad de las emulsiones asfálticas	69
Tabla 16: Resultado del ensayo granulométrico del Pavimento flexible reciclado	75
Tabla 17: resultado granulométrico del material reciclado después del lavado asfáltico	76
Tabla 18: granulometría del agregado grueso de la cantera La gloria	76
Tabla 19: granulometría del agregado fino de la cantera La gloria	77
Tabla 20: evaluación granulométrica del material reciclado	77
Tabla 21: evaluación granulométrica del material reciclado para una mezcla en frío	78
Tabla 22: Ensayo de Adherencia.....	80
Tabla 23: Resultado de ensayo estabilidad y flujo Marshall para mezcla en frío con emulsión	81
Tabla 24: evaluación deductiva Grietas longitudinales y Transversales	87
Tabla 25: Evaluación deductiva de baches	87
Tabla 26: DM vs DMC	88
Tabla 27: DM vs DMC	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: mapa del distrito de Pachacamac y la av. Víctor Malásquez	3
Figura 2: Estructura del pavimento	10
Figura 3: estructura de un pavimento flexible.	13
Figura 4: Fases de un pavimento sin mantenimiento	15
Figura 5: Fases de un pavimento con mantenimiento	15
Figura 6: Diagrama de ciclo de vida fatal y deseable de una via.	16
Figura 7: transmisión de cargas verticales a un pavimento rígido	18
Figura 8: Transmisión de cargas verticales a un pavimento flexible.	19
Figura 9: Piel de cocodrilo y niveles de severidad bajo-medio-alto	24
Figura 10: Fisuras longitudinales y niveles de severidad bajo-medio-alto.....	25
Figura 11: Ahuellamiento y nivel de severidad bajo - -medio.....	26
Figura 12: Reparaciones o parchados y nivel de severidad bajo-medio-alto	27
Figura 13: Peladuras superficiales y niveles de severidad bajo-medio-alto	27
Figura 14: Baches y nivel de severidad bajo-medio-alto	28
Figura 15: Fisuras y nivel de severidad bajo - alto	29
Figura 16: Exudaciones	30
Figura 17: Costo y energía de producción de mezcla asfáltica.....	39
Figura 18: Diagrama de clasificación de técnicas de reciclado de pavimentos	41
Figura 19: Equipo de reciclado en caliente – tren de reciclado.	42
Figura 20: Diagrama para categorizar el reciclado en frio del pavimento	43
Figura 21: Equipo de reciclado en frio in-situ	47
Figura 22: Comparación de reciclaje a una profundidad de 30 cm.....	47
Figura 23: Componentes de los cementos asfálticos según el sistema coloidal	51
Figura 24: Esquema de la obtención de los asfaltos.....	53
Figura 25: Tipos de emulsión según la carga que presente.	64
Figura 26: Proceso de rotura de una emulsión.	65
Figura 27: Proceso del Control del Material Reciclado	67
Figura 29: Curva Granulométrico de la carpeta material reciclada	78
Figura 30: Curva granulométrica corregida del material reciclado.....	79
Figura 31: Estado Actual del Pavimento de la Av. Víctor Malásquez	84
Figura 32: ficha de evaluación del pavimento flexible.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Principales ventajas de reciclado de pavimentos	48
Cuadro 2: Composición química del cemento asfáltico	50
Cuadro 3: Clasificación y comercialización de cementos asfálticos en el peru.....	54
Cuadro 4: Especificaciones técnicas del cemento asfáltico según su penetración (PEN).....	54
Cuadro 5: Grado de los asfaltos diluidos RC	55
Cuadro 6: Grado de los asfalto diluidos MC	56
Cuadro 7: Grado de los Asfaltos diluidos SC	56
Cuadro 8: Clasificación y comercialización de asfaltos diluidos en el peru	56
Cuadro 9: Ensayo de calidad del agregado pétreo	60
Cuadro 10: Parámetros de control de calidad –agregado a (altitud)	61
Cuadro 11: Ensayos de una mezcla asfáltica bituminosa	62
Cuadro 12: Parámetros de control de calidad de mezclas emulsionadas.....	63
Cuadro 13: Criterios para el diseño de mezclas en frio – emulsión asfáltica.	63
Cuadro 14: Especificaciones y Normas para emulsiones asfálticas.....	66
Cuadro 15: Operacionalización de las Variables	74

RESUMEN

La presente investigación tiene como problema general ¿En qué medida mejora el uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez?, el objetivo general es, “Determinar la mejora del uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez”, y la hipótesis general es, “Utilizando el pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial se mejora la circulación de vehículos y peatones de la av. Víctor Malásquez”.

La metodología empleada en la investigación es el científico con un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación es Aplicada, con un nivel descriptivo – explicativo y el diseño es no experimental. Para el desarrollo de la investigación se tomó como población la av. Víctor Malásquez-Pachacamac que tiene una longitud de 15 km + 483.00, con un tipo de muestreo no aleatorio o dirigido, la muestra es un área de 250 m² comprendidas entre el km 5 +030 y km 5 + 080.

La principal conclusión es: Con el uso de pavimentos flexibles reciclados en las rehabilitaciones viales se pueden corregir las deficiencias superficiales severas de un pavimento deteriorado, además su uso puede generar beneficios económicos y ambientales en el momento de la ejecución del proyecto.

Palabras claves: Pavimento flexible, rehabilitación vial, reciclado

ABSTRACT

The present investigation has as a general problem to what extent it improves the use of recycled flexible pavement in the road rehabilitation of the av. Víctor Malasquez ?, the general objective is, "Determine the improvement of the use of recycled flexible pavement in the road rehabilitation of the av. Víctor Malasquez ", and the general hypothesis is, " Using the flexible pavement recycled in road rehabilitation improves the circulation of vehicles and pedestrians of the av. Víctor Malasquez. "

The methodology used in the research is the scientist with a quantitative approach, the type of research is Applied, with a descriptive-explanatory level and the design is non-experimental. For the development of the investigation the population was taken as av. Víctor Malasquez-Pachacamac that has a length of 15 km + 483.00, with a type of non-random or directed sampling, the sample is an area of 250 m² comprised between km 5 +030 and km 5 + 080.

The main conclusion is: With the use of recycled flexible pavements in road rehabilitation, the severe superficial deficiencies of a deteriorated pavement can be corrected, besides its use can generate economic and environmental benefits at the moment of the execution of the project.

Keywords: Flexible pavement, road rehabilitation, recycling

INTRODUCCIÓN

El tema del presente trabajo de investigación corresponde al uso de pavimentos flexibles reciclados para actividades de rehabilitación de carpeta asfáltica. Durante los últimos años se ha visto que nuestras vías de transporte han llegado a presentar fallas superficiales y estructurales, generando incomodidad en los usuarios transportistas y peatonales.

Por esta razón es que actualmente se buscan divulgar alternativas de rehabilitación de carreteras que sean más beneficiosos que las que comúnmente son usadas a nuestras vías, pues siendo nuestro país económicamente desordenado no es posible el derroche de recursos en métodos obsoletos o que pueden ser remplazados por otros más eficientes. Además, actualmente la tendencia de conservar el medio ambiente, ha originado la búsqueda la búsqueda de alternativas de protección, tanto en el proceso constructivo como en los insumos usados.

En la conservación de vías a través del mantenimiento y la rehabilitación, especialistas en el ámbito de ingeniería de carreteras proponen como alternativa de solución el uso del material asfáltico reciclado como alternativa de rehabilitación para fallas superficiales y estructurales, debido a que los métodos teóricos aplicado en el proceso pueden generar mejores beneficios.

El reciclado de pavimentos tiene una variedad de ventajas, entre las principales son la parte económica, ambiental y proceso constructivo, etc., según estudios de investigación sobre el tema de reciclaje de pavimentos, su forma de aplicación en una rehabilitación puede ser con una mezcla en frío o una mezcla en caliente.

En nuestro país no es una técnica muy aplicada debido a la falta de información técnica sobre el buen desempeño que esta pueda tener en las rehabilitaciones de nuestras vías y debido a la falta de interés de emplear este sistema de mantenimiento en nuestras vías nacionales.

La tesis consta de capítulo las cuales serán descritas según el desarrollo de investigación.

Capítulo I: Trata del planteamiento del problema, formulación del problema, problema general y específicos, objetivo general y específicos, justificación y limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Se presentan antecedentes del estudio, el marco teórico y bases teóricas, aspectos generales del área de estudio y definición de términos básicos, se plantea la hipótesis general y específica, las variables e indicadores y su Operacionalización de cada una de ellas.

Capítulo III: Se expone la metodología de la investigación, con el método de investigación, el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Se presenta los resultados de la investigación de la aplicación del pavimento flexible reciclado.

Capítulo V: Se realiza la discusión de resultados y análisis de resultados.

Se finaliza con la presentación de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Franklin Luis Paccori Mori

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El presente trabajo de investigación describe una Propuesta Técnica de Aplicación de Pavimento flexible reciclado para la rehabilitación vial de la avenida Víctor Malásquez - Pachacamac.

En el Perú, los pavimentos flexibles son los más utilizados para la construcción de vías urbanas dado el menor costo que demanda su aplicación, sin embargo, este tipo de pavimentos son más propensos a presentar fallas superficiales y/o estructurales durante su ciclo de vida.

Para poder conservar el pavimento en un nivel de servicio adecuado, es necesario realizar un mantenimiento oportuno, pero en la actualidad las diversas Municipalidades dejan que el pavimento llegue hasta un estado crítico o deteriorado, el cual ha generado diversos problemas como es el confort de servicios de transporte, las disminuciones de velocidad, y el riesgo de seguridad de los usuarios. Además de generar una disminución de la vida útil de los vehículos hasta un 25%.

Cuando el pavimento se encuentre en ese estado, no requerirá solamente de un maquillaje o parchado a las fallas presentadas, sino que ya requerirá de un mayor gasto en su reparación a través de una Rehabilitación vial.

Como muestra de esto, tomamos como referencia la Avenida Víctor Malásquez, ubicada en la Zona de Manchay, Distrito de Pachacamac, Lima. Ésta vía urbana, es una vía arterial construida en el año 2010 por la Municipalidad de Pachacamac, donde se ha observa un mal estado del pavimento, el mismo que ha generado problemas de circulación vehicular y peatonal, y una disminución de ingresos de productores agrícolas y de turismo en la zona.

Dada la situación actual de la zona, se busca proponer una metodología de rehabilitación vial que buscará mejorar la calidad servicio del pavimento, de forma técnica y social.

1.2 Formulación y sistematización del problema

Este trabajo consiste en proponer una alternativa de solución no convencional para el mantenimiento de vías mediante la aplicación de pavimentos reciclados a nivel de rehabilitación superficial de vías para la localidad de Manchay – Pachacamac. La citada investigación se llevó a cabo desde el mes de febrero hasta mayo del 2018.

1.2.1 Problema general

¿En qué medida mejora el uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿De qué manera la evaluación de fallas influye en la propuesta técnica de aplicación de pavimentos flexible reciclado en la rehabilitación vial?
- b) ¿Cuál sería el tipo de aplicación del pavimento flexible reciclado para la rehabilitación vial?
- c) ¿De qué manera la aplicación de pavimento flexible reciclado disminuye los costos en la rehabilitación vial?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación Social

La presente investigación abordara las deficiencias de transitabilidad vehicular y peatonal, debido a que el estado del pavimento de la av. Víctor Malásquez presentan fallas superficiales severas, ha generado la incomodidad de confort de viaje de los transeúntes. En tal sentido se pretende realizar una rehabilitación de la av. Víctor Malásquez usando el pavimento flexible reciclado a fin de generar condiciones viales favorables para la continua transitabilidad vehicular y peatonal, siendo los beneficiarios directos los pobladores y productores cercanos al distrito de Pachacamac.

1.3.2 Justificación Metodológica

La información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecen el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema del uso del pavimento flexible reciclado enfocado al mantenimiento o rehabilitación de vías.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Delimitación Espacial

La investigación comprende propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para la rehabilitación vial, Pachacamac.

Ubicación del proyecto: Av. Víctor Malásquez, departamento de lima, provincia de lima, distrito de Pachacamac y población de Manchay.

La población será la av. Víctor Malásquez que cuenta con una longitud de 15 km + 483.00 m y la muestra será un área de 250 m²

Coordenadas geográficas de la ubicación del proyecto.

Longitud: O 76° 86' 24"

Latitud: S 12° 87' 32.1"



Figura 1: mapa del distrito de Pachacamac y la av. Víctor Malásquez

Fuente: Maps

1.4.2 Delimitación Temporal

Para la investigación se recopilaron datos principalmente de proyectos ya existentes, las informaciones tomadas para el desarrollo de la investigación están basadas al uso que se le puede dar al material o pavimento flexible reciclado para realizar una rehabilitación vial, además algunos datos fueron tomados en campo para tener un mejor aporte al desarrollo de este proyecto en función a la zona, el periodo de desarrollo comprende entre los meses de febrero hasta el mes de junio del año 2018.

1.4.3 Delimitación Económica

Para el presente trabajo de investigación se realizará la evaluación técnica y los ensayos básicos respectivos con financiamiento propio del investigador. Sin el apoyo de ningún financiamiento externo.

1.5 Limitaciones

1.5.1 Limitaciones técnicas

- La investigación está limitada a la imposibilidad de tomar muestras directas en una obra en ejecución o donde se realicen una rehabilitación vial usando material de reciclado del pavimento.
- Dada a la escasa información bibliográfica y práctica, se tuvo la dificultad de conseguir informaciones sobre el empleo del pavimento flexible reciclado aplicadas a la rehabilitación de vías.

1.5.2 Limitaciones Económicas.

- Básicamente las limitaciones de la investigación se centran que existen ensayos caros para determinar la calidad de emulsión, el porcentaje de humedad de la mezcla asfáltica sumergida, y el ensayo de compactación, pero se realizaron ensayos accesibles que son suficiente para determinar resultados que ayudaran a interpretar el tema de investigación.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Determinar la mejora del uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de la evaluación de fallas en la propuesta técnica del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.
- b) Determinar el tipo de aplicación del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.
- c) Determinar el costo de rehabilitación de la aplicación de pavimentos flexible reciclado con respecto a una rehabilitación tradicional.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para el presente trabajo se tomó en cuenta investigaciones relacionadas a la utilización de pavimentos reciclados para rehabilitaciones viales.

- Antecedentes Internacionales

Méndez (2015), ha señalado su tesis titulada “*Evaluación técnica y económica del uso de pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas*” señaló en su trabajo “Que las vías colombianas han sido reducidas y que no han cumplido su vida útil, esto se por qué la vía fue sometida a un flujo vehicular mayor al del diseño o por defectos de procedimiento, supervisión o calidad de los materiales utilizados en la construcción, por lo que es necesaria una rehabilitación inmediata. El objetivo de la tesis es describir las diferentes técnicas de reciclado ya sea en frío o en caliente, el trabajo de investigación demuestra la viabilidad económica y técnica, del uso del asfalto reciclado en Colombia”

Debido al anterior estudio demuestra que las fallas en los pavimentos de las vías de Colombia generalmente muestran falta de criterios de diseño, de supervisión y calidad de material usado, lo cual ha generado como tema de estudio evaluar técnicas de rehabilitación de menor costo e impacto ambiental a la zona para mejorar el desarrollo urbano de la ciudad Colombia.

Rodríguez & Rodríguez (2004), ha señalado en su tesis titulada “*Evaluación y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por el Método del Reciclaje*” señaló en su trabajo “la necesidad de volver a proveer una nueva condición adecuada para el tráfico y con la limitante de la carencia relativa de agregados (con sus altos costos); es necesario volver la vista hacia la recuperación de caminos a través de los métodos que nos benefician en carreteras durable. El reciclaje de pavimento asfáltico es una tecnología especial que permite la reconstrucción de los pavimentos envejecidos y/o deteriorados, empleando sus materiales de construcción originales. El objetivo de la tesis es conocer los estudios previos del reciclaje, el tipo y el lineamiento técnico que se aplican en el proceso constructivo.”

Debido al anterior estudio está enfocado en la evaluación de un pavimento flexible haciendo conocer las deficiencias que se presenta una vía durante su ciclo de vida, así mismo busca la investigación de la aplicación del pavimento reciclado proponiendo alternativas optima de solución dependiendo de las características de las fallas presentadas en el pavimento.

- **Antecedentes Nacionales**

Yangali (2015), en su tesis titulada *“Influencia del uso de carpeta asfáltica reciclada en las propiedades físico – mecánicas de diseño, para la rehabilitación de pavimento flexible”* señaló en su trabajo “ El método del reciclado del pavimento empleado está basado en la metodología expuesta por el Instituto de Asfalto referido al diseño de Mezclas Asfálticas recicladas en frío, pero evitando la aplicación de agentes rejuvenecedores con la finalidad de conocer el aporte integro de añadir el asfalto reciclado a la Base, el objetivo es determinar la influencia de las propiedades físico - mecánicas de los materiales (específicamente la Base granular) en el comportamiento estructural de una rehabilitación de pavimento flexible al mezclar carpeta asfáltica reciclada con la Base Granular ”.

De lo anterior Yangali busca explicar las propiedades físico - mecánicas del material fresado o triturado, el trabajo consistió en ver la influencia del uso del material reciclado en la capacidad portante de la capa, base granular. Su evaluación consistió en mejorar el comportamiento estructural de la base granular, por lo cual requirió de ensayo de CBR.

Villa (2007), en su tesis titulada *“Reciclado in situ en frío de pavimentos empleando emulsiones asfálticas – aplicación”* señaló en su trabajo “Al ser el Perú un país económicamente desordenado no es posible el derroche de recursos en métodos obsoletos o que pueden ser reemplazados por otros más eficientes. La tendencia a conservar el medio ambiente, ha originado la búsqueda de alternativas de protección, tanto en el proceso constructivo como en los insumos usados. Villa sustenta que la rehabilitación de pavimentos de reciclado en frío empleando emulsiones asfálticas es una alternativa viable (técnico- económica) en la rehabilitación de las carreteras peruanas”

Del estudio anterior Chamán demuestra la viabilidad económica y técnica del uso del asfalto reciclado, ya que realiza un análisis comparativo de los costos de pavimentación entre un asfalto de mezcla asfáltica en caliente convencional y un asfalto reciclado in situ en frío.

2.2 Marco conceptual

En este capítulo definiremos los diferentes conceptos teóricos que se desarrolló para elaborar esta tesis.

2.2.1 Pavimento

Para Rodríguez & Rodríguez (2004) define al pavimento como:

“Se llama pavimento al conjunto de capas o estratos conformado de un material selecto dadas a que estas reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para el adecuado funcionamiento del pavimento deben ser: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones severas. El pavimento debe presentar características que lo definan como, por ejemplo, una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y la humedad. Además, debe contar con una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas en la estructura del pavimento” (pág. 16).

2.2.2 Tipos de Pavimento

Los pavimentos se clasifican en dos tipos:

- Pavimentos Rígidos
- Pavimento Flexibles

2.2.2.1 Pavimentos rígidos

Rodríguez & Rodríguez (2004) señala en relación al pavimento rígido:

“El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico sobre una base o directamente sobre la subrasante y además en algunas ocasiones la losa de concreto presenta un armado de acero, la cualidad más importante de este tipo de pavimentos es que los esfuerzos transmitidos a la estructura es minimizada y absorbida por su mayor capacidad de resistencia a los esfuerzos de falla, sin embargo este tiene un costo inicial más elevado que el flexible y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas” (pág. 17).

2.2.2.2 Pavimentos flexibles

En cuanto a los pavimentos flexibles, Rodríguez & Rodríguez (2004), han expresado:

“El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto a base de varias capas de material principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base. Su cualidad de este pavimento dada su composición flexible es que al ser superior una carga o esfuerzo esta traslada las cargas restantes hasta la capa inferior pudiendo de esta forma soportar las cargas totales en el conjunto de capas” (pág. 18).

Conceptos complementarios de Pavimentos Flexibles

“Es la estructura generalmente integrada por la sub-base, base y carpeta de rodadura, construyéndose sobre una subrasante debidamente compactada, para poder soportar cargas de tránsito de acuerdo al diseño, impidiendo la acumulación o penetración de humedad, disponiendo de una superficie tersa, resistente al deslizamiento y al deterioro en general” (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004, pág. 16).

“Los pavimentos flexibles son aquellos que tiene una base flexible o semirrígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de asfalto de consistencia plástica” (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004, pág. 16).

2.2.3 Conformación estructural de un Pavimento flexible

Por otro lado, el pavimento flexible presenta una conformación estructural, que de acuerdo a Rodríguez & Rodríguez (2004), “Se refiere a las características relativas de cada una de las capas que constituyen la estructura de la vía tales como: espesor, resistencia y deformabilidad en las condiciones esperadas de servicio. Estas características se pueden agrupar de la siguiente manera” (pág. 21).

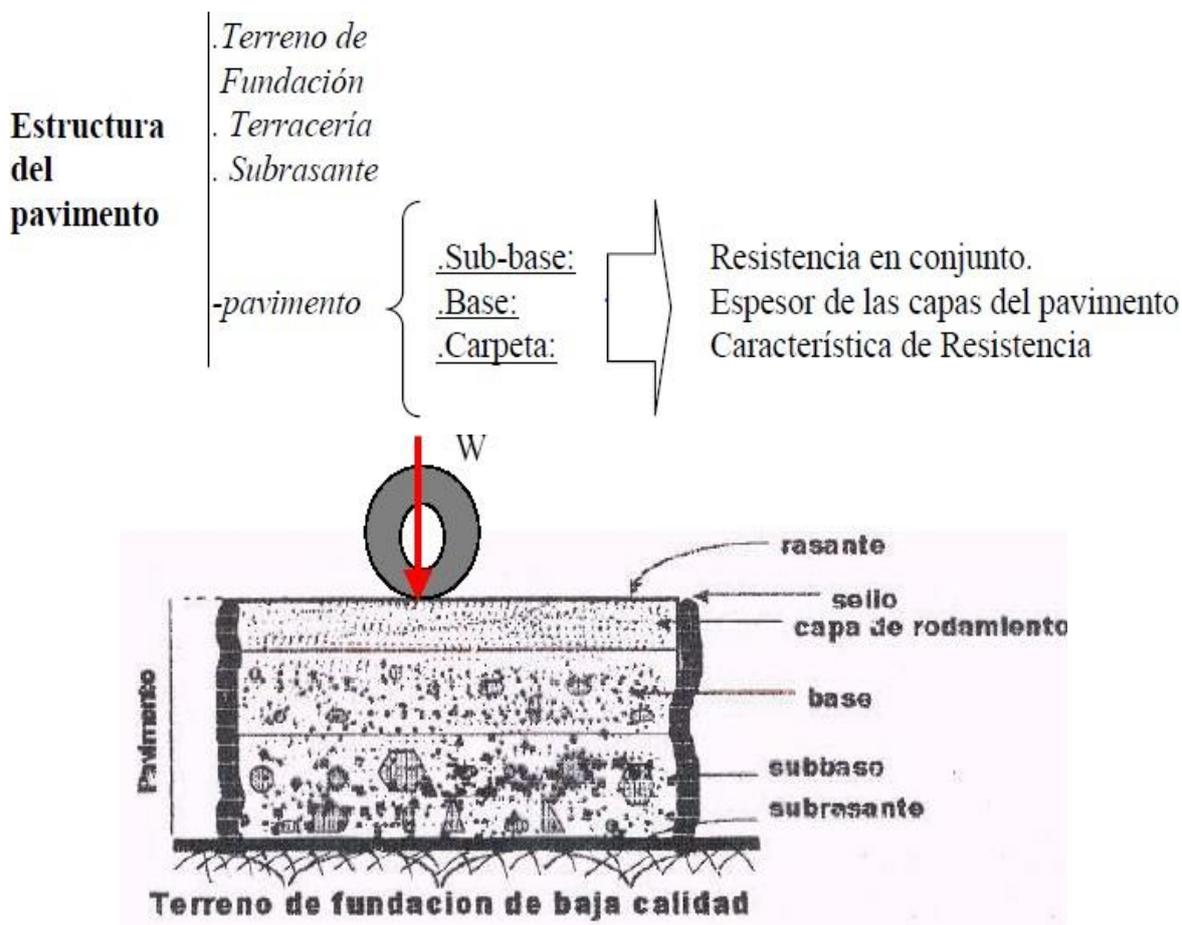


Figura 2: Estructura del pavimento

Fuente: Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje (Rodríguez y Rodríguez, 2004)

2.2.4 Características principales que debe tener un pavimento

Un pavimento debe contar con ciertas características que permitirán cumplir con su función de construcción (Humpiri Pineda, 2015, pág. 16), las cuales son:

- Tener una resistencia a las cargas sometidas por el tráfico.
- Tener una resistencia a los agentes de intemperismo.
- Tener una textura superficial óptima para las velocidades previstas de diseño para los vehículos.
- Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Tener una regularidad optima, para que brinde un confort de viaje a los usuarios.
- Debe ser durable y económico.
- Tener características para condiciones de lluvia, tener una buena condición de drenajes.

2.2.5 Elementos que integran un pavimento flexible

Los pavimentos flexibles se componen de capas o estratos con material clasificado no rígidas que son la carpeta de rodadura, la base, sub-base y sub-rasante las cuales serán descritas en el presente trabajo de investigación.

2.2.5.1 Subrasante

De acuerdo a Humpiri (2015), la capa denominada subrasante viene a ser:

“Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incomprensibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad” (pág. 46).

Su función de la subrasante es actuar como cimiento de la estructura, si el material que constituye a la subrasante es de una buena calidad.

2.2.5.2 Sub-base

Por otra parte, el mismo Humpiri (2015) señala que la sub-base es:

“Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento” (pág. 46).

La sub-base al estar conformado de un material granular, puede cumplir ciertas funciones como el drenaje y controlar la ascensión capilar de agua, de esta forma la sub-base y su funcionamiento estructural permiten proteger la integridad del pavimento.

2.2.5.3 Base granular

La base granular, de acuerdo a Humpiri (2015):

“Esta base está constituida por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso” (pág. 47).

Entre sus principales funciones están en soportar de forma adecuada la carga transmitida por los vehículos, distribuyéndolos de forma gradual; si se tiene una buena base se puede evitar fallas considerables que afecten la estructura del pavimento

2.2.5.4 Superficie de rodadura o carpeta asfáltica

La denominada superficie de rodadura o carpeta asfáltica, de acuerdo a lo que señala Humpiri (2015), expresa que “Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de

lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos” (pág. 47).

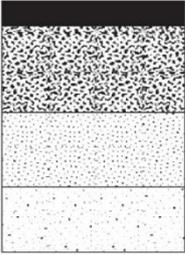
<i>Posición relativa en la estructura</i>		<i>Material de construcción</i>
	Superficie	Asfalto o sello asfáltico
	Base	Mezcla asfáltica/granular estabilizado con asfalto o cemento/granular
	Subbase	Granular estabilizado con asfalto o cemento/granular
	Subrasante	Granular estabilizado con cemento/granular/material in-situ

Figura 3: estructura de un pavimento flexible.

Fuente: Diseño de una base emulsificada, para la recuperación de pavimento asfáltico mediante reciclado in situ. (Flores, García y Moscoso, 2012)

2.2.6 Ciclo de vida fatal del pavimento

Los pavimentos están en constante deterioro a causa de los agentes que actúan sobre estos como es principalmente el tráfico, los factores ambientales y otros. Al estar sometido el pavimento a estos agentes por su acción permanente hacen que en mayor o menor medida estas lleguen a afectar hasta el deterioro severo de la vía y al estar está en una situación crítica hace que la vía se intransitable e incómoda.

Debido a los agentes influyentes en el deterioro de la estructura del pavimento es que se proponen mantenimientos, sin embargo, el mantenimiento no es una acción que se puede efectuar en cualquier momento, sino que es la acción que esta sostenida al tiempo de servicio del pavimento, la cual permite prevenir las deficiencias que generan los agente sobre el pavimento. Humpiri (2015, pág. 19), indica que el pavimento consta de cuatro fases, la cuales serán descritas a continuación:

2.2.6.1 Fase A: Construcción

La Fase A, denominada de Construcción se refiere a que “Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos, entra en servicio apenas se termina la obra. El pavimento se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A de la figura 4)” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 19).

2.2.6.2 Fase B: Deterioro lento y poco visible

En la Fase B, referente al deterioro lento y poco visible, se puede establecer que:

“Durante cierto número de años el pavimento va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por el pavimento, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Durante la fase B el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, (Punto B de la figura 4)” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 19).

2.2.6.3 Fase C: Deterioro acelerado

Por otra parte, el deterioro acelerado, de acuerdo a Humpiri (2015)

“Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados”; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento, (Punto C de la figura 4)” (pág. 19).

2.2.6.4 Fase D: Descomposición total

La última fase, descomposición total y que Humpiri (2015) señala que es “Esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original, (Punto D de la figura 4)” (pág. 20).

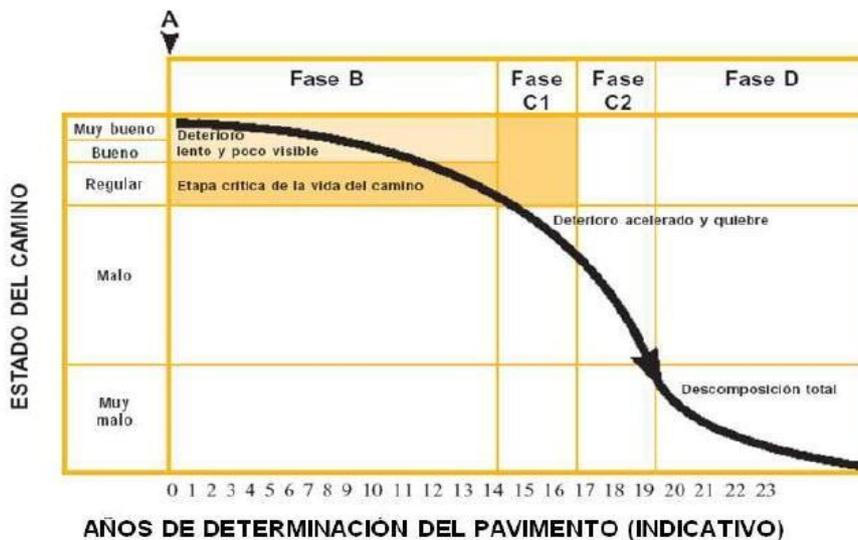


Figura 4: Fases de un pavimento sin mantenimiento

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

2.2.7 Ciclo de vida deseable del pavimento

De acuerdo a Humpiri (2015), el ciclo de vida deseable del pavimento sin que tenga mantenimiento,

“El proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total de la vía o carretera, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en la (figura 5)” (pág. 19).

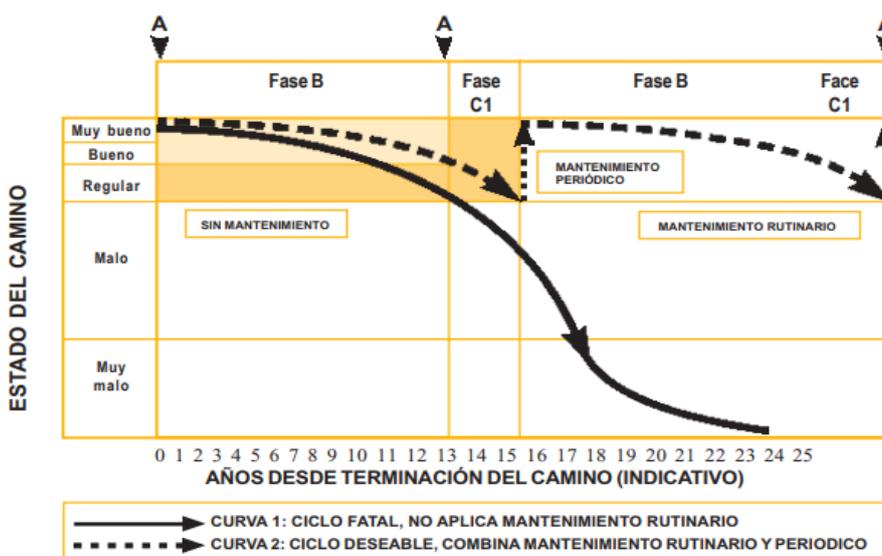


Figura 5: Fases de un pavimento con mantenimiento

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

“El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico, tal como se interpreta en la siguiente (figura 6)”. (Menéndez, pag7).

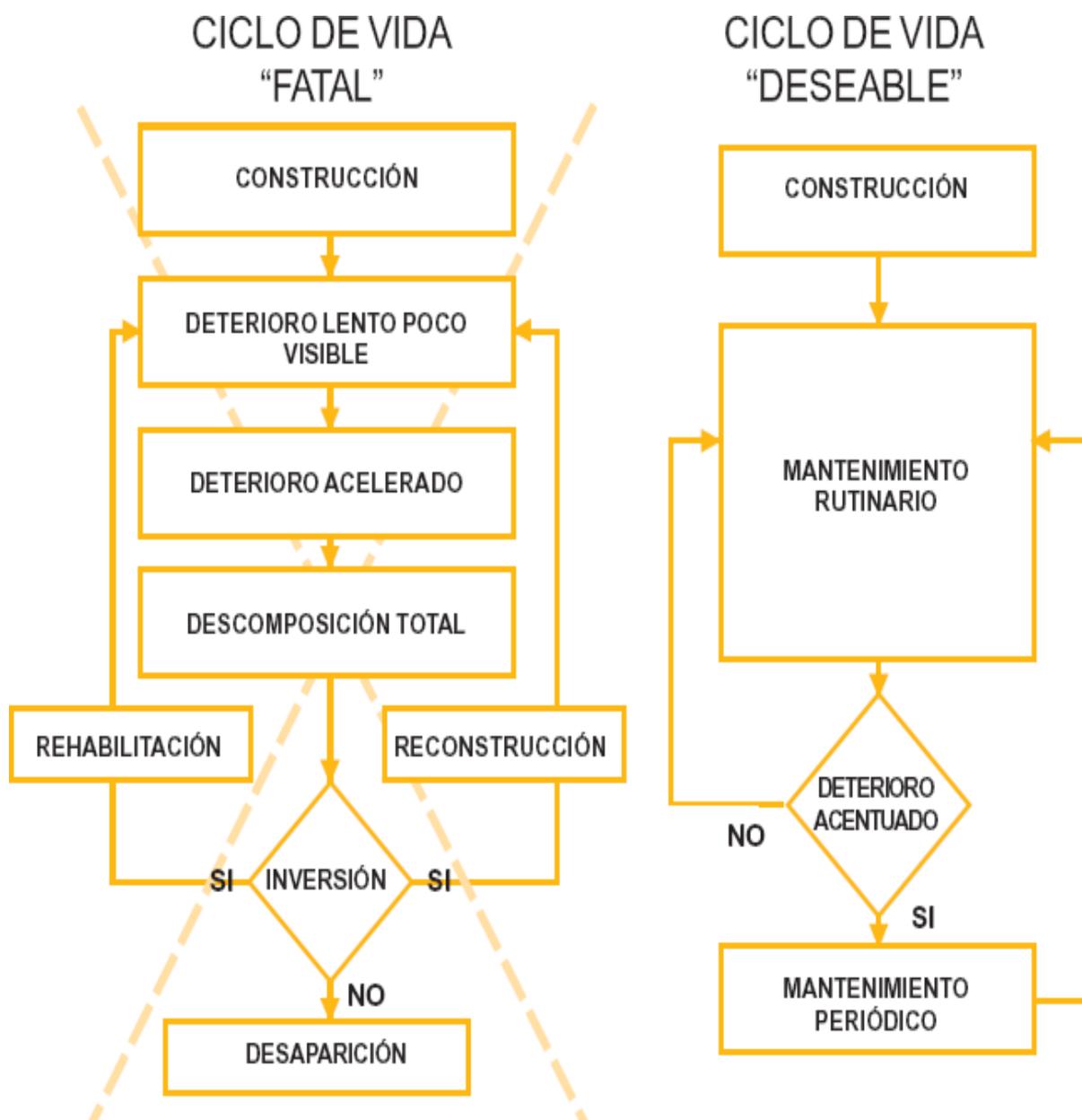


Figura 6: Diagrama de ciclo de vida fatal y deseable de una vía.

Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

2.2.8 Comportamiento del pavimento.

Los actuales conceptos sobre el comportamiento, toma como principales consideraciones el comportamiento funcional, estructural y de seguridad de un pavimento. Un aspecto de mayor importancia de este último es la resistencia a la fricción entre el pavimento – neumático.

- **El comportamiento estructural** de los pavimentos se rige a la capacidad de soportar o resistir a las sollicitaciones de cargas para el cuales fueron diseñadas. La estructura del pavimento es la de evitar deficiencias tempranas como por ejemplo, fisuras, agrietamientos y fallas, sin embargo estas están limitadas al tiempo de servicio para cual fueron construidas.
- **El comportamiento funcional** se asocia a la capacidad del pavimento que tiene para brindar un servicio a los usuarios, es ese sentido las características predominantes son el confort o calidad de transitabilidad en este caso la rugosidad superficial, textura, adecuada fricción, fisuras, son deficiencias percibidas por los usuarios, en nuestro caso relaciona al nivel de deterioro del pavimento, las probabilidades de dañar mercancías de transporte, el desgaste de los vehículos y consumo de energía.

Fano & Chávez (2017, pág. 19), señalan que “Para poder evaluar esta característica se desarrolló el concepto de “serviciabilidad-comportamiento” recomendado en la carretera experimental de la AASHTO. Dicho concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos esenciales, los cuales son”:

- Las carreteras son realizadas para el confort y conveniencia del público usuario.
- El confort o la calidad de transitabilidad, es una cuestión de respuestas subjetivas u opiniones del usuario.
- La serviciabilidad puede ser planteada del análisis de las calificaciones de los usuarios de la carretera, llamándosele ratio de serviciabilidad.
- Algunas de las características físicas de un pavimento pueden ser medidas objetivamente, las cuales pueden estar relacionadas a evaluaciones subjetivas, produciendo así un índice de serviciabilidad objetivo.
- El comportamiento puede ser representado por los antecedentes de serviciabilidad que tiene el pavimento.

2.2.8.1 Comportamiento estructural sometido a cargas Pavimentos Rígidos

Se relaciona con la condición física, los pavimentos constantemente son sometidos a cargas de tránsito vehicular y cuya función principal es la de soportar y transmitir los esfuerzos a las capas que la conforman, El pavimento por lo general está compuesto por diversas capas de distinto material, las cuales tienen distintas propiedades de resistencia y cada capa tiene el objetivo de disipar y distribuir la carga que recibe, partiendo desde la parte superior hacia un área mayor en la parte inferior.

Los pavimentos rígidos de cierta forma presentan pequeñas tensiones a su deformación misma esto se da por a su forma de distribuir los esfuerzos ocasionado por el tránsito, como se ve en la figura 7, esto es debido a que el concreto es mucho más rígido que la mezcla asfalta, además el concreto cuenta con resistencia a la tensión y hace que el comportamiento de un pavimento rígido, aun cuando existan zonas débiles en la subrasante, sea suficientemente satisfactorio.

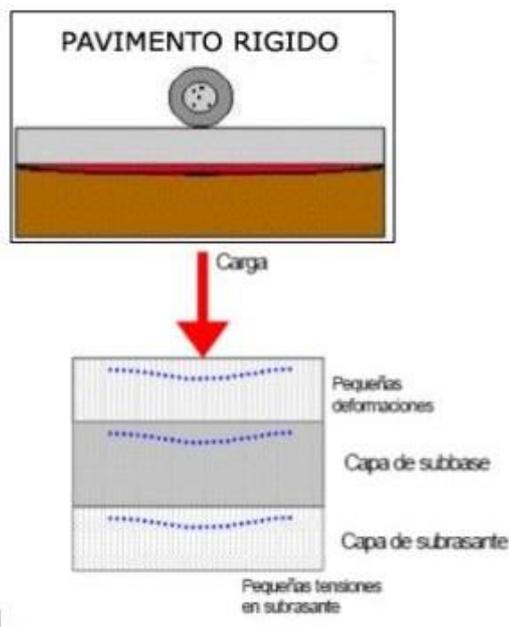


Figura 7: transmisión de cargas verticales a un pavimento rígido

Fuente: Método de diseño de pavimentos. (Ing. Eliezer Chirinos C, Pag5). <https://es.slideshare.net/eliezerchirinos/mtodos-de-diseo-de-pavimentos>

2.2.8.2 Comportamiento estructural sometido a cargas Pavimentos Rígidos

Los pavimentos flexibles de cierta forma presentan mayores tensiones la cual conlleva a una mayor deformación, esto se da por su forma de distribuir los esfuerzos ocasionados por el tránsito, Es por ello, que la calidad es mayor cuando se aproxima más a la superficie y menor cuando se acerca a la subrasante, debido a que los esfuerzos producidos por el tránsito van disminuyendo con la profundidad como se ve en la figura 8.

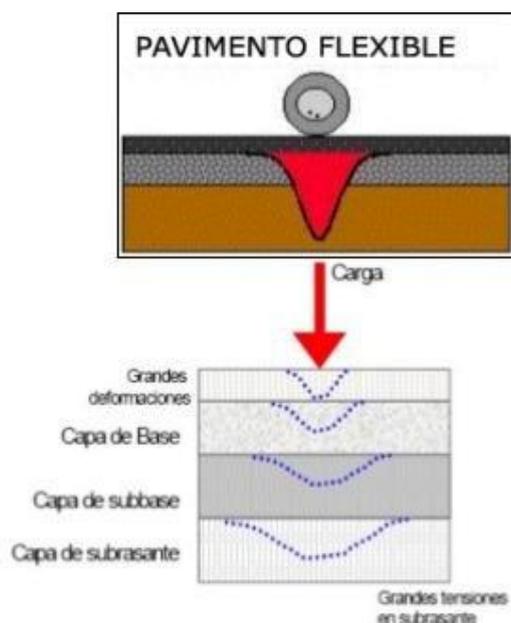


Figura 8: Transmisión de cargas verticales a un pavimento flexible.

Fuente: Método de diseño de pavimentos. (Ing. Eliezer Chirinos C, Pág5). <https://es.slideshare.net/eliezerchirinos/mtodos-de-diseo-de-pavimentos>

2.2.9 Ventajas y desventajas de un pavimento flexible y rígido

- Pavimento flexible

Ventajas. (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 13):

- Facilidad de construcción y más económica.
- Su periodo de vida está entre 10 – 15 años.
- Su metodología de dimensionamiento es muy diversa.
- Permite una mejor marcha de vehículos debido a que no presenta juntas de unión.

- **Desventajas.** (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 13)

- Requiere de un mantenimiento constante, para preservar su vida útil.
- Las cargas pesadas producen fallas superficiales en el asfalto las cuales generan un peligro potencial para los usuarios.
- Las fallas superficiales como los agrietamientos, la piel de cocodrilo causado por la fatiga del pavimento y demás fallas implican un tratamiento continuo de subsanar dichas fallas a nivel de un mantenimiento continuo.
- Las sobrecargas imprevistas y tráfico pueden causar daños estructurales al pavimento que pueden incluir hasta el suelo de apoyo.
- Tiene mayor facilidad de absorción de humedad, por la cual necesita sistemas de drenaje.
- La visibilidad es más reducida durante la noche y en condiciones climáticas adversas.
- Pérdida constante de superficie o textura, por agentes climático y tráfico

- **Pavimento Rígido**

- **Ventajas.** (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 14)

- Tiene una mayor capacidad de soportar agentes naturales, químicos y cargas de tráfico las cuales producen deformaciones y fallas.
- Su duración de vida está entre los 20 – 40 años.
- Tiene mayor rigidez la cual ayuda a mantener su estado actual de construcción.
- Tiene mayor rugosidad la cual permite tener una mejor adherencia superficial entre pavimento – neumático.
- Tiene una mejor capacidad de reflejar la luz con respecto a un pavimento flexible, el cual puede disminuir los costos de iluminación hasta una 30%, ahorrando de esta forma consumo de energía.
- No requiere de un mantenimiento continuo, sin embargo, hacer su respectivo mantenimiento vial puede hacer que este tenga una duración de vida hasta tres veces a la diseñada.
- Tiene una mejor de distribución de presiones con respecto a los suelos de apoyo.
- Este tipo de pavimento pueden ser diseñado para duren de 10 a 50 años, dependiendo de las necesidades requeridas.

- Tiene una capacidad de endurecerse a medida que pasa el tiempo, al primer mes de su construcción este tipo de pavimento sigue ganando una resistencia hasta de un 40%.
- Resiste a ataques químicos como combustible, aceite y grasas
- **Desventajas.** (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 14)
- Su costo de construcción es más elevada que un pavimento flexible.
- Tiene un diseño más cuidadoso debido a las características de materiales que lo conforman.

2.2.10 Identificación de fallas en los pavimentos

La identificación de falla consiste en determinar qué tipos de fallas presenta un pavimento flexible, que son las de tipos estructural y las superficiales.

2.2.11 Clasificación de los deterioros o fallas

Se puede establecer que “Los deterioros/fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: los deterioros / fallas estructurales y los deterioros/fallas superficiales. Los deterioros de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Los deterioros de la segunda categoría se relacionan generalmente con obras de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial)”. (MTC-Manual de Conservación vial, pag152)

- **Tipos y causa de los daños estructurales:** “Los deterioros estructurales caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas del mismo o bien solamente a la capa de superficie. Las cargas circulantes resultan generalmente en”. (MTC- Manual de Conservación vial, pag152).

Deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante.

Deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas.

- **Tipos y causa de los daños superficiales:** “Los deterioros superficiales se originan en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o

por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales, se distinguen en”. (MTC- Manual de Conservación vial, pag153).

- Los desprendimientos
- Los baches
- Las fisuras transversales
- La exudación

Tabla 1: deficiencias o falla en los pavimentos flexibles

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/ falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero \leq 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y \leq 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC)-Conservación vial, 2013

2.2.12 Fallas estructurales

2.2.12.1 Piel de cocodrilo

- **Descripción:** Se les describe a los pequeños polígonos interconectados de ángulos irregulares que se forman en la parte superficial del pavimento, generalmente con un diámetro menor a 30 cm. Por otra parte, “El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 56).

Las fisuras en un principio pueden de forma leve, pero con paso del tiempo estas pueden empeorar mostrándose de formas longitudinales paralelas y al hacerse repetitivas llegan a interconectarse hasta el punto de asemejarse al cuero del cocodrilo.

- **Causas:** Se generan por las constantes repeticiones de cargas superiores a las permisibles, a las cuales se les denominan falla por fatiga.

Estas se forman por:

- Una de capa de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la sub-rasante.
- Problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares.
- Mala compactación a las capas (granulares y asfálticas).
- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: la mala dosificación y empleo de materiales.
- Mala ejecución de reparación del pavimento que no llegan a corregir el daño en las áreas designadas.

- **Niveles de severidad:** (Humpiri Pineda, 2015, pág. 57)

- **Bajo (B):** Presencia de fisuras finas grietas finas capilares y longitudinales desarrolladas en forma paralela, en esta etapa estas grietas no están interconectadas por lo que no llega a presentarse la pérdida del material. Su dimensión debe ser mayor 0.5m.

- **Medio (M):** Es la etapa donde se puede ver ligeramente el proceso interconexión entre grietas la cual genera el desprendimiento mínimo de material. Su dimensión de malla es entre 0.3 y a0.5m.
- **Alto (A):** Es la etapa donde a simple vista se ve el patrón de interconexión de grietas, al estar en este nivel de severidad se produce el desprendimiento de material o “descascarado”. Su dimensión de malla es menor a 0.3m.



Figura 9: Piel de cocodrilo y niveles de severidad bajo-medio-alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.12.2 Fisuras Longitudinales

- **Descripción:** Son fisuras longitudinales de fatiga que se presentan de forma paralela al eje de la vía, su crecimiento se propaga hacia una fisuración continua.
- **Causas:** La principal causa es el fenómeno de fatiga la cual indica que la estructura es sometida a constante repeticiones de cargas superiores a las permisibles además es un indicativo de la insuficiencia estructural.
Estas se generan (Humpiri Pineda, 2015, pág. 62).
 - Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad.
 - Una inadecuada ejecución en las juntas de construcción.
 - Empleo de ligante muy duros en el asfalto

- **Niveles de severidad:** (Humpiri Pineda, 2015, pág. 62)
- **Bajo (B):** Presencia de fisuras finas con una dimensión de anchura menor a 1mm.
- **Medio (M):** Presencia de fisuras media, estas son grietas abiertas y ramificadas con una dimensión de anchura de entre mayor a 1mm y menor a 3mm.
- **Alto (A):** Presencia de fisuras gruesas. Estas son grietas abiertas y ramificadas con una dimensión de anchura de mayor a 3mm.



Figura 10: Fisuras longitudinales y niveles de severidad bajo-medio-alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.12.3 Ahuellamiento

- **Descripción:** “Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes de la zona deprimida y de fisuración. Un Ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilaje por almacenamiento de agua” (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 21).
- **Causas:** “El Ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del pavimento asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas” (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 22). Estas pueden ser algunas probables causas para que se generen los Ahuellamientos:
 - Mala dosificación del asfalto.
 - La mala aplicación del tipo de asfalto con respecto a la temperatura de la capa rodadura.
 - La mala selección de gradación de los agregados para la capa de rodadura.
 - La mala gradación de los agregados para el tipo de tránsito.

- **Niveles de severidad:** estas son determinados por la profundidad de la huella. Estas se evaluados en tres niveles de severidad (Humpiri Pineda, 2015, pág. 68).
- **Bajo (B):** La depresión promedio debe ser menor a 6mm.
- **Medio (M):** La depresión promedio debe ser entre 6mm y 12mm.
- **Alto (A):** La depresión promedio de ser mayor a 12mm.

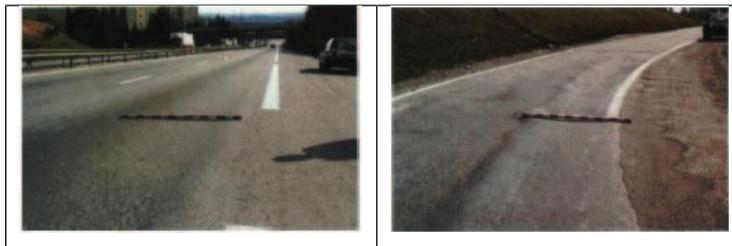


Figura 11: Ahuellamiento y nivel de severidad bajo - -medio

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.12.4 Reparaciones o parchados

- **Descripción:** Consiste en la restauración del pavimento a su estado original, este sistema consiste en subsanar los daños estructurales a nivel de carpeta asfáltica o capa granular del pavimento a través de un material similar o diferente.
- **Causas:** Estas pueden ser:
 - Sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron.
 - Parche estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
 - Mala construcción del parche (base insuficientemente compactada, mezcla asfáltica mal diseñada).
- **Niveles de severidad:** Se clasifican en:
 - **Bajo (B):** Reparación para deterioros-fallas superficiales
 - **Medio (M):** Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado
 - **Alto (A):** Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.



Figura 12: Reparaciones o parchados y nivel de severidad bajo-medio-alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.13 Fallas superficiales

2.2.13.1 Peladura y Desprendimiento.

- **Descripción:** Es la desintegración superficial de la carpeta asfáltica debido a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado. (MTC-Mantenimiento de vías, pag167).
- **Causas:** (MTC-Mantenimiento de vías, pag167)
 - Mala dosificación de materiales.
 - Un asfalto de malas características que llegan a perder sus propiedades ligantes.
 - Una mala gradación del agregado grueso.
 - Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).
- **Niveles de severidad:** Se clasifican en:
 - **Bajo (B):** Peladura superficial a nivel superficial
 - **Medio (M):** Desprendimiento de la carpeta de rodadura con aparición de la base granular del pavimento.
 - **Alto (A):** Aparición de la base granular



Figura 13: Peladuras superficiales y niveles de severidad bajo-medio-alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.13.2 Baches (Huecos)

- **Descripción:** generada principalmente por la destrucción de la carpeta asfáltica, que al desprenderse estos del pavimento por los efectos del movimiento de neumáticos llegan a formar cavidades semicirculares y al no realizar su mantenimiento respectivo este se reproduce en cadena. Para considerar una cavidad o hueco esta debe tener una dimensión mayor a 150mm.
- **Causas:** (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 21)
 - Una mala capacidad portante de las capas que no cumplen con las características de diseño requerido para dicha carretera.
 - Un mal sistema de drenaje
 - Una ineficiente ejecución dura el proceso constructivo
 - Derrame de químicos solventes (bencina, aceite, etc.).
- **Niveles de severidad:** Se clasifican en:
 - **Bajo (B):** Baches con un diámetro menos 0.2m.
 - **Medio (M):** Baches con diámetro ente 0.2m y 0.5m.
 - **Alto (A):** Baches con diámetros mayores a 0.5m.

Tabla 2: Niveles de severidad en baches

Profundidad máxima (cm)	Diámetro promedio del bache (cm)		
	Menor a 70	70 - 100	Mayor a 100
Menor de 2.0	B	B	M
De 2.0- 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A



Figura 14: Baches y nivel de severidad bajo-medio-alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.13.3 Fisuras Transversales

- **Descripción:** Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, con sentido transversales al eje de la vía. Estas fisuras se generan por la existencia de esfuerzos de tensión a alguna de las capas estructurales del pavimento el cual indica que el material superado su capacidad resistencia.

Las fisuras generadas por el continuo tránsito de cargas indican que el pavimento está sujeto a problemas de fatiga.

- **Causas:** Se pueden considerar estas (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 19).
 - Rigidización se produce por pérdida de flexibilidad de la mezcla asfáltica y envejecimiento del asfalto.
 - Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito.
 - Riego de liga insuficiente o ausencia total.
 - Un mal dimensionamiento de la carpeta asfáltica.
- **Niveles de severidad:** Se clasifican en:
 - **Bajo (B):** Presencia de fisuras finas con una dimensión de anchura menor a 1mm.
 - **Medio (M):** Presencia de fisuras media, estas son grietas abiertas y ramificadas con una dimensión de anchura de entre mayor a 1mm y menor a 3mm.
 - **Alto (A):** Presencia de fisuras gruesas. Estas son grietas abiertas y ramificadas con una dimensión de anchura de mayor a 3mm.



Figura 15: Fisuras y nivel de severidad bajo - alto

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013.

2.2.13.4 Exudación

-Descripción: Es el afloramiento del ligante bituminoso o asfáltico de la mezcla, sobre la superficie del pavimento, este tipo de falla se caracteriza por mostrarse a través de un brillo en la superficie del pavimento, los resbaladizo que puede ser y lo, reflectante y pegajoso que puede ser según el nivel del fenómeno. Este fenómeno afecta la resistencia al deslizamiento entre pavimento – neumático.

- Causas: “La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de mezcla sea bajo, sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes” (Miranda Rebolledo, 2010, pág. 22).

- Niveles de severidad: Se clasifican en:

- Cuando se muestra en unas áreas pequeñas (puntual)
- Cuando se muestra en tramo largo de la vía (continua)
- Cuando se muestra en tramo largo de la vía y presenta viscosidad superficial (continua con superficie viscosa).



Figura 16: Exudaciones

Fuente: MTC- Manual de conservación vial, 2013

2.2.14 Evaluaciones viales

- Evaluación inicial del estado del pavimento

La evaluación del pavimento tiene como objetivo el análisis y estimación del valor estructural remanente, además busca proporcionar informaciones básicas necesarias de investigación que permitirán definir a juicio abierto las cantidades de fallas del pavimento, además de realizar un

adecuado muestreo y diversos ensayos de materiales que buscarán la mayor optimización del reciclaje asfáltico.

Los testigos y/o perforaciones se usan para poder obtener la estratigrafía de las capas que conforman al pavimento además de ayudar a obtener muestras para ensayos en laboratorio. Para los materiales asfálticos los ensayos más usados son la extracción convencional del asfalto, que permiten obtener el contenido óptimo de asfalto mediante tamizado y granulometría de los agregados. A través de una evaluación se define las acciones de mantenimiento y/ o rehabilitación a ejecutar según las deficiencias encontradas.

- **Procedimientos para la evaluación del pavimento.**

La evaluación de un pavimento por general consiste en determinar las deficiencias superficiales o estructurales existentes en un pavimento, además de las causas que lo originan.

La característica que tiene el realizar una evaluación es poder establecer un diagnóstico que nos permita seleccionar y proyectar soluciones más adecuadas para los mantenimientos viales. Una evaluación debe tener en consideración estos aspectos.

Tienen que ser sistemática y permanente, porque a través de ella se busca la detección de daños en el pavimento, claro está que esta debe realizarse ni bien se observe las primeras muestras de fallas para poder tomar medidas preventivas de mantenimiento. No se debe asumir determinadas condiciones o propiedades de los materiales, dado que esto puede impedir que se obtengan los resultados deseados.

Permite diferenciar los daños influyentes sobre el pavimento como la calidad del tránsito y aquellos influyente en el deterioro paulatino de la estructura.

Determinar las condiciones de las fallas y su respectiva solución de mantenimiento.

“La evaluación a realizar para efectos prácticos, considera la toma de datos como la base metodológica principal a desarrollar a partir de la inspección visual del pavimento, debiéndose hacer las anotaciones de lo observado mientras se maneja o camina sobre la red vial en estudio, en planillas especialmente preparadas para tal fin” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 51).

A continuación, se describen en forma resumida los pasos a seguir para efectuar la evaluación superficial de los pavimentos de la Red Vial materia de estudio, mediante la inspección visual de las vías.

- **Paso 1: Inspección Visual de la Vía**

Consiste en realizar un recorrido sobre la vía con fin estudiarlo, este paso consiste en obtener un información básica y sistematizada que permitirá observar el tramo de mayor deficiencia superficial.

Para la toma de nuestra muestra de estudio a través de una visualización panorámica sobre la dimensión de la vía, este nos permitirá determinar de forma básica el área de mayor presencia fallas o deterioros superficiales que se muestran en el pavimento.

- **Paso 2: Observación de fallas**

Nos permitirá analizar las condiciones superficiales en la que se encuentra el pavimento, su función es la de examinar la fallas en función del tipo, la severidad, su ancho de influencia y la causas que puedan originarlas.

- **Paso 3: Registro en planilla de evaluación**

Consistirá en registrar todo lo observado durante el recorrido de la inspección visual, se anotará todas las fallas del área de muestra escogida para determinar el tipo el tratamiento de mantenimiento posible a aplicar. A través de este procedimiento se podrá definir la condición del pavimento y/o red vial, posibilitando definir algunos programas de conservación vial.

- **Paso 4: Determinación del PCI**

“La ASTM D6433-07 presenta para el PCI (Índice de condición del pavimento) rangos del 0 al 100, por ejemplo, pavimento excelente= 100% y Pavimento destruido =0%. Por tal motivo se divide el tramo en secciones uniformes” (Yangali Limaco, 2015, pág. 61).

- Pasos para determinar el PCI del pavimento.

Caso 1: Si ninguno de los valores de deducción por falla es mayor de 2%, entonces la Deducción Máxima es igual a la suma de todas las deducciones.

Caso 2: Si el Caso 1 no se cumple, se tiene que seguir un proceso iterativo como se explica a continuación.

1. Los puntos de deducción se ordenan de manera decreciente.
2. Solo se permiten 10 deducciones como máximo, pero el número de deducciones real (m) se determina con la siguiente fórmula:
3. $m = 1 + 9/98 (100 - DM) \leq 10$

Donde DM =Deducción Máxima

"m" se calcula como el valor entero de la ecuación. Si hay menos valores de deducción que los indicados "m" se usan todos. Si hay más de "m" deducciones, solo se usan las primeras "m".

Se empieza a iterar para determinar la mayor cantidad de puntos a deducir. Se hace primero sumando todos los valores de deducción. De aquí, se computa según figura a ser dada la Deducción Máxima Corregida (DMC). La DMC se calcula usando el valor de "q" = "m".

Se vuelve a iterar cambiando el valor más bajo por 2%, se suma y por figura a ser dada se vuelve a calcular la DMC. En este caso $q = m - 1$.

Se repite el paso 5 hasta que solo quede $q = 1$.

Se usa el mayor DMC en la ecuación $PCI = 100 - DMC$.

- Rangos de calificación del PCI

Tabla 3: Rangos de clasificación del PCI (índice de condición del Pavimento)

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 71	Muy Bueno
70 - 56	Bueno
55 - 41	Regular
40 - 26	Malo
25 - 11	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: Calculo de índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima (Robles, 2015)

- **Intervención del PCI**

Tabla 4: Rango, Clasificación e intervención del PCI (índice de condición del pavimento)

Rango	Clasificación	Intervención
100 - 71	Bueno	Mantenimiento
31 – 70	Regular	Rehabilitación
0 – 30	Malo	Construcción

Fuente: Cálculo de índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco – Lima (Robles, 2015)

- **Pasó 5: evaluaciones opcionales**

Mediante la ayuda de equipos no destructivos se puede tener un mejor resultado pudiéndose obtener la capacidad estructural y el análisis del desplazamiento vertical de su superficie (deflexión) de un pavimento. Entre los sistemas de medición tenemos:

- El deflectografo Iacox
- El curviametro
- La viga benkelman
- El deflectometro de impacto

2.2.15 Mantenimientos viales

Para Humpiri (2015) “El “mantenimiento vial”, en general, es el conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos de una carretera: derecho de vía, capa de rodadura, bermas, drenajes, cunetas, taludes, etc. El mantenimiento vial nos permite conservar una vía inclusive más allá de su periodo de diseño, lo que significa, a la larga, un ahorro de recursos económicos” (pág. 105).

- **Categorías de mantenimiento**

Por lo general se clasifican en siete categorías, las categorías son el mantenimiento rutinario, periódico, preventivo, diferido, rehabilitación, reconstrucción y el mantenimiento de emergencia.

- **Mantenimiento Rutinario**, Consiste en realizar actividades de conservación del pavimento de un estado regular a uno de buen estado, este tipo de mantenimiento se repite una o dos veces al año. Por otra parte, “Incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines” (Rodriguez Mineros & Rodriguez Molina, 2004, pág. 33). El objetivo de estas actividades tiene como finalidad evitar la destrucción gradual de la estructura básica y carpeta asfáltica de la vía, mediante acciones y reparaciones preventivas.

- **Mantenimiento periódico**, Consiste en realizar actividades de conservación del pavimento de un estado regular a uno de buen estado, este tipo de mantenimiento se realiza en periodos de más de un año. Asimismo, “El mantenimiento periódico es destinado primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por fenómenos climáticos, también podrá contemplar la construcción de algunas obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 106). El objetivo de esta actividad tiene como finalidad proteger la estructura básica y la capa superficial del pavimento, su ejecución consiste en actividades extensivas periódicas, como es el tratamiento superficial. El mantenimiento periódico se refiere a las obras de mantenimiento programadas con una frecuencia superior a un año. Las obras de mantenimiento periódico incluyen: (Rodriguez Mineros & Rodriguez Molina, 2004, pág. 34)
 - Empleo de sellos sobre pavimentos asfálticos
 - empleo de tratamientos especiales como la lechada Asfáltica.
 - Restauración de pavimento a través de la colocación de capas de asfalto a una superficie recapada.
 - Aplicación técnica como **EL RECICLAJE** de pavimentos existentes.
 - **El Mantenimiento Preventivo**, “consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía antes de que ocurra.

Tratamientos aplicados a la superficie de pavimentos existentes con capacidad estructural suficiente, con el propósito de mantener su estructura y prolongar su vida útil sin incrementar su valor estructural.

Actualmente el mantenimiento vial en Centroamérica está enfocado a la reparación de fallas mediante la programación de mantenimiento rutinario. Se debe cambiar al enfoque hacia el mantenimiento preventivo mediante, lo cual se aplican las providencias necesarias para evitar que las fallas ocurran. Las experiencias en otros países han comprobado que la implantación de programas de mantenimiento preventivo conlleva economías sustanciales. El programa de mantenimiento preventivo abarca intervenciones tales como”: (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004, pág. 35)

- Lechada Asfáltica (Slurry Seals)
- Tratamientos Superficiales
- Micro-Superficies
- Sobre capas asfálticas delgadas
- Sello de grietas y juntas en pavimentos de concreto hidráulico.
- Reparación parcial y entera de losas de concreto
- **Fresado y reciclaje** de pavimentos bituminosos
- **Reciclaje** de pavimentos asfálticos

Es por ello que “La clave en cada caso es de aplicar los tratamientos mientras que el pavimento todavía esté en regulares condiciones sin fallas mayores que comprometan la capacidad de soporte del pavimento” (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004, pág. 35).

Pero, resulta que “El problema estriba en que existe cierta renuencia por parte de las autoridades competentes de asignar los fondos necesarios para aplicar dichos tratamientos sobre carreteras que todavía están en bueno o regular estado cuando la mayor parte de la red está todavía en malas o pésimas condiciones. No es sino hasta que la deterioración del pavimento ha fallado que se piensa en rehabilitarla. Para ese entonces el mantenimiento preventivo ya no es una opción viable” (Rodríguez Mineros & Rodríguez Molina, 2004, pág. 35).

- **Mantenimiento Diferido**, “realiza acciones y actividades de mantenimiento que deberían haberse efectuado en el pasado, pero que por alguna razón no se realizaron. Su objetivo es detener y restablecer las condiciones de transitabilidad de un pavimento evitando que los deterioros no atendidos con oportunidad sean más graves e irreversibles” (Humpiri Pineda, 2015, pág. 107).

- **Rehabilitación,** Son actividades que permiten restaurar o recuperar las condiciones iniciales de la vía, la reparación es más selectiva dada que esta actividad busca restablecer la capacidad estructural y la calidad original de la superficie de rodadura, considerando que cumplan las especificaciones técnicas con las cuales fueron diseñadas.
- **Reconstrucción,** Es la actividad que consiste en la demolición parcial o completa de la vía, esta busca la renovación de la estructura en su totalidad. El objetivo es "... restaurar los deterioros provocados por desatención o descuido prolongado de las vías, a fin de asegurar el normal funcionamiento de la vía, al menor costo posible" (Humpiri Pineda, 2015, pág. 107).
- **El mantenimiento de emergencia,** son aquellas actividades que se realizan cuando el estado de la vía o camino está en mal estado e intransitable. Estas consecuencias ejercen una mayor fuerza de intervención como en el caso de desastres naturales, que necesitan de la habilitación inmediata de la vía que permita el paso vehicular.

2.2.16 Aplicación de pavimentos flexible reciclados como alternativa de rehabilitación vial

Se observa que en las obras que comprenden la rehabilitación de vías se presentan grandes problemas vinculadas al impacto negativo del medio ambiente y costo que generan las soluciones planteadas para la rehabilitación del pavimento y el manejo de los materiales excedentes de la remoción de las capas.

Las mezclas empleadas generalmente en las rehabilitaciones de vías, como alternativa de soluciones técnicas para los proyectos de mantenimiento son las mezclas asfálticas en caliente. Las mezclas asfálticas en calientes otorgan al pavimento propiedades mecánicas y de adhesión, sin embargo, esta aplicación requiere de un control minucioso ya que al estar expuesto la mezcla a factores de calentamiento (temperatura), pueden producir problemas de fisuramiento, deformaciones y otras muchas fallas en el pavimento, con respecto a su tiempo de diseño.

Al presentar las fallas la mayoría de los trabajos incluyen la remoción de carpeta asfáltica o tratamiento de fisura, bacheos, slurry seal, tratamientos superficiales, entre otras. El uso de estos trabajos con mezclas asfálticas en caliente genera incomodidad y malestares a los usuarios, aparte de que en la actualidad estos tratamientos ya no logran satisfacer los requerimientos técnicos y ambientales para la rehabilitación o mantenimiento de una vía.

En cuanto a los problemas ambientales generados por este tipo de tratamiento con mezclas de asfalto en caliente se debe a que la mezclas presenta elementos nocivos como el kerosene, petróleo y el nafta, las cuales son usados para rebajar los asfaltos esto es debido a que el asfalto en su forma natural es más densa la cual complica su aplicación al proceso de mezclado entre materiales, por lo que durante su proceso de fabricación y aplicación estos elementos nocivos se liberan al medio ambiente dando como consecuencia una contaminación ambiental.

Dada a la gran variedad de técnicas de mantenimiento y rehabilitación para las vías y carreteras y tomando un punto de vista desde la parte técnica ambientalista y económica se observa que en los tratamientos superficiales y reconstrucción de vías a nivel de carpeta asfáltica, los materiales removidos durante la ejecución del proyecto son excluidos y botados, sin embargo en la actualidad se conoce una técnica conocida como RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) pero que a pesar de que hay sistemas metodológicos para su aplicación en la rehabilitación de vías aún no se le toma mucho en cuenta en el peru, cabe mencionar que los estudios de investigación sobre el RAP han indicado que estas generan beneficios de mejoramiento de la vía a nivel superficial, económico y ambiental.

La aplicación del pavimento flexible reciclado o RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) también requiere de una mezcla asfáltica. Dada al poco interés que se le toma a esta técnica aún no hay especificaciones técnicas que se deba cumplir para este tipo de actividad, sin embargo, para su aplicación estas se rigen a las especificaciones de una mezcla convencional las cuales buscan que el pavimento presente de nuevo el comportamiento similar al de un pavimento recién construido. En el Perú según la EG-2013 manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción en los capítulos de pavimento flexible sección 435 y 436 indican la aplicación un pavimento con mezcla reciclada en caliente y pavimento con mezcla reciclada en frío respectivamente.

Según investigaciones las mezclas asfálticas en caliente generan contaminación ambiental, pero al usar el rap para reponer el porcentaje restante para la nueva mezcla a simple vista se puede ver que se disminuye de cierto modo la contaminación ambiental y económica, sin embargo también se presenta lo que son las mezclas asfálticas en frío para RAP, esta es una mezcla que se caracteriza por emplear elementos no nocivos aportando la conservación del medio ambiente, además su aplicación se puede desarrollar en condiciones ambientales diversas. Las mezclas asfálticas en frío por lo general emplean una variedad de agregados y de emulsiones asfálticas que caracterizan las propiedades reológicas en comparación a un asfalto convencional. Además, mejora las propiedades y se aprecia un menor costo de proceso y menor impacto ambiental.

En la siguiente figura se observa la reducción de costo y energía que se necesita para su producción.

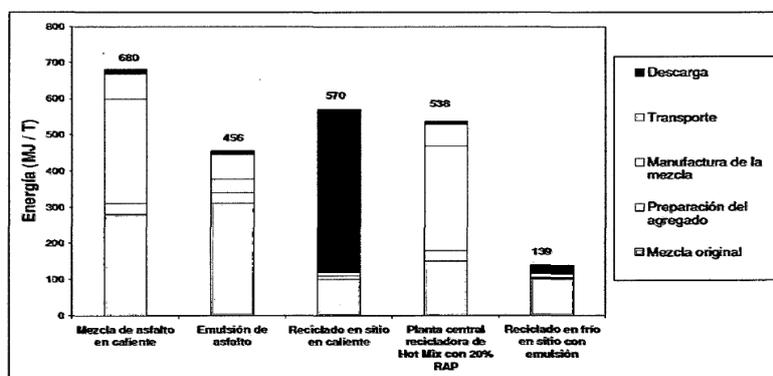


Figura 17: Costo y energía de producción de mezcla asfáltica

Fuente: Criterios de Análisis de Diseño de una Mezcla Asfáltica en Frío con Pavimento Reciclado y Emulsión Asfáltica.

En 1983 el Instituto del Asfalto comienza integrando métodos para el reciclado de pavimentos en caliente y frío, usando el tipo de reciclaje en planta. Apareciendo, por esos años artículos con el mismo fin como, por ejemplo: "Introducción al reciclado de pavimentos" de Elvira M. en la región de Madrid- España, enfocándose en las jornadas sobre la maquinaria y "Estudio y proyecto de obras de reciclado en caliente mediante técnicas de reciclado" de Dorfman en la región de Buenos Aires - Argentina (Montejo F., 2006). Luego de un periodo de aplicación del método de reciclado, éste se retoma en el 2002 dentro de la Guía AASHTO del 2002 como rehabilitaciones.

Entender por reciclado, a la reutilización de un material de pavimento que ha cumplido su finalidad inicial. Empleándose para construir un refuerzo en la misma carretera o alguna capa de calzada nueva, técnica desarrollada en gran medida por:

El progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de los agregados pétreos de adecuada calidad y el crecimiento de sus precios en canteras, debido a la influencia del costo de transporte.

Los aspectos ecológicos y la necesidad de conservar el medio ambiente, razones por las cuales es notoria la tendencia hacia la reutilización de los materiales existentes en lugar de proceder a la explotación de yacimientos y canteras, contaminando la zona donde se realizan estas actividades.

El corto presupuesto destinado a la conservación, rehabilitación y reconstrucción de los sistemas viables existentes, ha obligado a estudiar y aplicar técnicas de mantenimiento menos oneroso, pero con un comportamiento similar a las actuaciones convencionales.

2.2.17 Concepto de reciclado de pavimentos.

Se le denomina en la construcción reciclaje de pavimentos a la reutilización de materiales que conformaban las capas estructurales del pavimento, puesta que aquellas ya cumplieron su finalidad inicial. Mediante el reciclado se busca transformar el pavimento degradado en una estructura con calidad y capacidad homogénea, que cuente con las características de soportar cargas como al inicio de su construcción.

Las técnicas y metodologías que se han desarrollado para el reciclaje de pavimentos obedecen, a un desarrollo básico de conceptos empíricos y a comprobaciones de campo las cuales tienen que ser experimentadas directamente durante el proceso de ejecución.

De acuerdo con Restrepo & Stephens (2015) “Consiste en la buena gradación del material existente como residuo, puesto que ese material ya sufrió los procesos de selección, clasificación y trituración, que lo hicieron apto para la producción de materiales que conforman las estructuras de pavimento (bases granulares y mezclas asfálticas). Por otra parte, se fundamentan en principios químicos que trabajan sobre el ligante asfáltico presente en los residuos o escombros de pavimentos, que, aunque envejecido y de cantidad variable, puede ser reutilizado con la ayuda de aditivos químicos, agentes rejuvenecedores o complementado con la acción de emulsiones asfálticas o crudos pesados tratados” (pág. 24).

2.2.18 Técnicas para el reciclado de pavimentos

Las técnicas empleadas en el reciclado, son procedimientos que utiliza como materia prima partes de la estructura de pavimento, estas son:

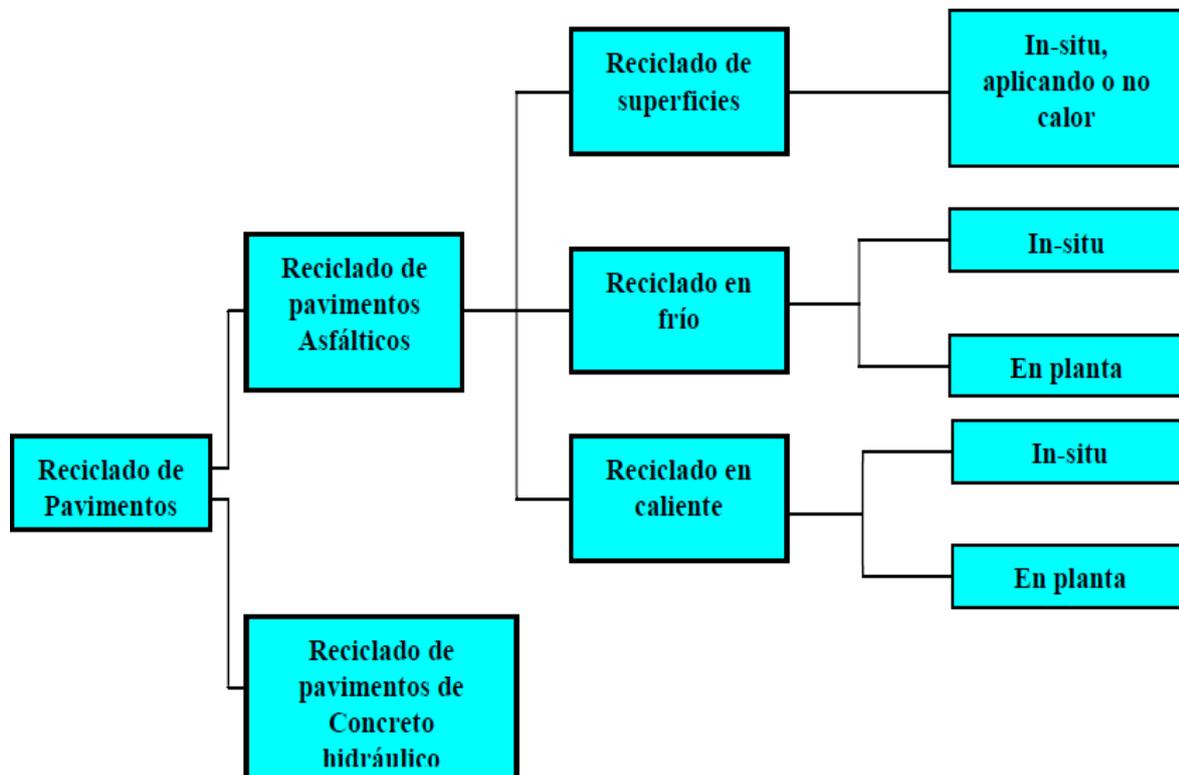


Figura 18: Diagrama de clasificación de técnicas de reciclado de pavimentos

Fuente: Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje. (Rodríguez y Rodríguez, 2004)

Las tendencias tecnológicas en la ingeniería actualmente promueven al máximo tener en consideración el aprovechamiento de recurso e insumos que existen en las vías. Los tratamientos de pavimentos reciclados son una de ellas el cual busca la reutilización de su propia estructura como fuente de materia prima para el desarrollo de su propio mantenimiento o rehabilitación. El reciclado de pavimentos o RAP se clasifican según su temperatura y según el lugar de ejecución.

2.2.19 Técnica según la temperatura del pavimento reciclado.

-Estas se diferencian en

- Pavimento Reciclado en Caliente

Se define como la recuperación de capas bituminosas de firmes dañados o de mezclas nuevas que no han sido utilizados, su ejecución consiste en retirar el pavimento envejecido mediante un fresado o demolición, posteriormente se procesa el material mezclándolo con proporciones adecuadas de áridos vírgenes, betún nuevo y agentes rejuvenecedores. De esta forma se busca obtener la mezcla bituminosa compuesta en parte por el material reciclado del pavimento fresado, el cual será colocado y compactado debidamente.

El proceso de reciclado en caliente consta de una maquina calentadora que calienta las superficies de las capas del pavimento deteriorado, llegando hasta 6cm de profundidad a través de los generadores de radiación que tiene la maquina fresadora. Posteriormente la maquina realiza una serie de procesos que permitirán que el material reciclado busque la homogeneidad con los materiales adicionados. La máquina calienta, afloja y mezcla los materiales para luego extenderlas sobre la capa superior para luego ser compactada por maquinas convencionales. Además, dependiendo en qué estado se encuentre el pavimento, se puede agregar aglomerado y ligantes al proceso de tratamiento. Por lo general esta actividad se realiza a través de una maquina conocida como tren de reciclado en caliente y por lo usual es desarrollado in-situ

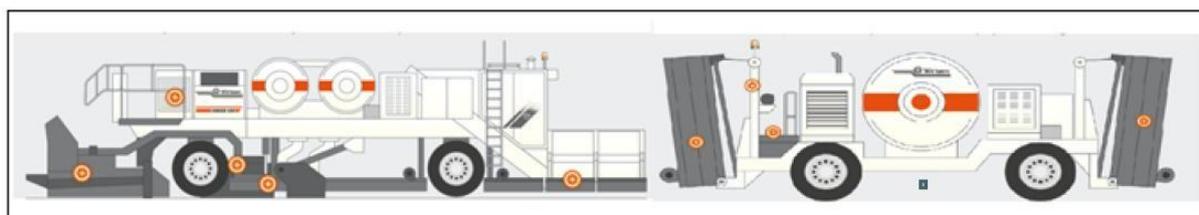


Figura 19: Equipo de reciclado en caliente – tren de reciclado.

Fuente: Diseño Estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica (Fano y Chávez, 2017)

Entre las ventajas que se obtiene de aplicar esta tecnología son:

- La conservación de recursos no renovables.
- Conservación de energía con respecto a otros métodos.
- Brinda el mismo o incluso puede ser mejor con respecto al rendimiento comparado con el pavimento construido con 100% de materiales nuevos.
- Son más económicos con respecto a otros métodos.

- Pavimento Reciclado en frío.

Es el reciclado del pavimento asfáltico sin la aplicación de calor sobre la estructura, esta técnica emplea equipos mecánicos como camiones cisterna, fresadora, unidades de trituración y cribado, mezcladoras, pavimentadoras y rodillos. El reciclado en frío por lo general utiliza el 100 por ciento de pavimento asfáltico reciclado (RAP) durante el proceso de tratamiento. Por lo general su sistema de trabajo a nivel de superficie de rodadura o carpeta asfáltica comprende entre 2 a 4 pulgadas (50 a 100 mm) y cuando el sistema de trabajo comprende mayor profundidad esta tiene un rango de ente 5 a 6 pulgadas (125 a 150 mm).

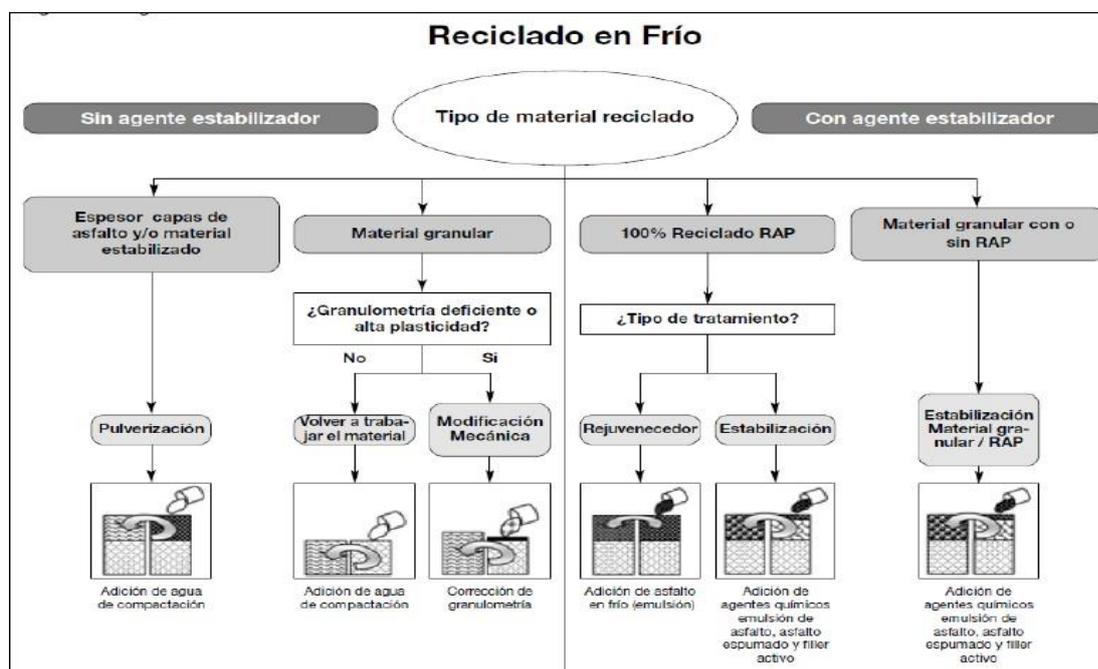


Figura 20: Diagrama para categorizar el reciclado en frío del pavimento

Fuente: Diseño Estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica (Fano y Chávez, 2017)

Del siguiente cuadro se describirán las clases más relevantes:

- **Reciclado del 100% de RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado):** Esta engloba a total del reciclado de material al 100 por ciento, su aplicación de forma técnica está dividida en dos. La primera consiste en una aplicación de mezcla asfáltica en frío con la adición de emulsión a una capa reciclada menor a 100mm de espesor, el cual cumple la función de rejuvenecer el asfalto. En este caso la granulometría del reciclado será diferente a la granulometría del asfalto original y por consiguiente la fracción fina estará adherida al material reciclado por lo que la adición de finos debe realizarse durante el proceso de

reciclado. La otra es la estabilidad del RAP a través de un ligante como el cemento, la emulsión o asfalto esta será aplicada para capas mayor a 100 mm.

- **Estabilización con RAP/Base granular:** Su aplicación consiste en mejorar la estructura de pavimento dañados como las bases granulares y superficies asfálticas. La estabilización granular /RAP se puede realizar a través del reciclado su profundidad de reconstrucción esta entre 150mm y 250mm. sin embargo para aplicar esta técnica se necesita tener un mínimo de material de buena calidad. El reciclado de las capas granulares superficiales sirven como agentes estabilizantes.

“La estabilización con cemento o cal hidratada habitualmente se realiza entre 150 mm a 250 mm de profundidad, mientras que estabilizar con emulsión o asfalto espumado solo requiere entre 125 mm a 150 mm de profundidad” (Fano Descalzi & Chávez Céspedes, 2017, pág. 81).

- **Pulverización:** “Cuando se recicla un pavimento que contiene capas asfálticas gruesas, no siempre es necesario adicionar un agente estabilizador. Ocasionalmente, las capas asfálticas gruesas que estén agrietadas por fatiga severa, son tratadas mejor mediante la pulverización anticipada de la capa asfáltica completa. Seguido a ello, se compacta el material para crear un “granular reconstituido”. Luego, sobre esta capa asfáltica reconstituida se construyen la base asfáltica nueva y las capas superficiales, obteniéndose una estructura de pavimento equilibrada” (Fano Descalzi & Chávez Céspedes, 2017, pág. 81).
- **Reprocesamiento:** Es la técnica mediante el cual se busca obtener al máximo beneficio ejecución constructivo de una carretera, la reprocesamiento consiste en volver a trabajar y recompartar la capa superior del pavimento, incluso esta metodología se puede usar para vías nuevas construidas con materiales disponibles del lugar. La finalidad de este proceso es que se busca homogenizar la capa y las propiedades de capacidad de soporte del nuevo o viejo pavimento.
- **Modificación de propiedades mecánicas:** Consiste en obtener una gradación granulométrica óptima, en cuanto a la unión de los materiales granulares faltantes y los reciclados cuyo fin es alcanzar las condiciones de compactación para el material reutilizado.

- **Ventajas del uso de pavimento reciclado en frío:**

- Se puede conservar los recursos no renovables.
- Conservación de energía.
- Eliminación de las irregularidades y grietas superficiales.
- Eliminación de baches.
- Los materiales no son modificados de la base ni de la sub-base.
- Se pueden mejorar las secciones transversales y el perfil longitudinal de la vía.
- Se puede corregir la gradación de los materiales a través de una buena selección del material.
- Mejora la calidad del pavimento a nivel superficial y estructural.
- Mejorar la calidad de servicio y confort.
- Genera ahorro económico.

2.2.20 Técnica según el lugar del pavimento reciclado

Estas se diferencian en.

- **Reciclado en planta:**

Son las actividades que se realizan en lugar predeterminado, su obtención generalmente será producido por un fresado pudiendo ser esta de forma superficial asfáltica o base granulada, los materiales reciclados como la base granular, el asfalto, los agregados nuevos y agentes de reciclaje pasan a combinarse en una planta central donde se producirá el nuevo material reciclado para su posterior tendido y compactado con métodos y equipos convencionales, las características de mezclado del nuevo material son solicitadas dependiendo de la necesidad requerida.

Por otra parte, el reciclado en planta tiene algunos beneficios como:

- Se tiene un mejor control del material de entrada, en el reciclado en planta se puede mezclar distintos tipos de agregados y al poder controlar el ingreso del material se puede obtener productos más específicos.
- Calidad de mezclado, como la operación del mezclado de agregados es continuo se pueden hacer modificaciones para alterar el tiempo en que el material es retenido dentro de la cámara de mezclado durante este proceso se puede cambiar la calidad de la mezcla.
- Posibilidad de aglomerar el material, tener la facilidad de que los materiales tratados puedan ser almacenado y empleados cuando sea necesario.

- **Reciclado en vía o in-situ:**

El reciclado in-situ es una de las técnicas del RAP (Pavimentos Asfáltico Reciclados) para rehabilitaciones de carreteras, consiste en poder reutilizar los materiales procedentes de las capas del pavimento asfáltico que ya han estado en servicio y que por diversos factores y envejecimiento natural estas ya han perdido algunas propiedades con respecto a su construcción inicial, como la cohesión, textura, composición, geometría, etc., pero a través de esta técnica se busca una mezcla homogénea a través de un nuevo ligante (emulsión bituminosa) y ciertos porcentajes de agua y aditivos (cemento y cal), se busca que estas den como resultado una mezcla con capacidades de soporte y calidad al igual que su construcción inicial, el nuevo mezclado pueden ser utilizados para integrar nuevas capas del mismo pavimento. Por lo general este tipo de rehabilitación es utilizada para pavimentos viejos o con un avanzado deterioro.

El reciclado in-situ en frío permite obtener considerables economías y minimizar el impacto ambiental.

El pavimento reciclado en frío in-situ tiene un procedimiento que será ejecutado en etapas.

Disgregación de los materiales del pavimento existente mediante el fresado del espesor recomendado por el diseño de tratamiento.

- Detección y extracción de sobre tamaños
- Adicción y mezclado de agente estabilizado
- Extendido, nivelación y compactación
- Curado
- Colocación de la capa superficial nueva o cubrimiento del material reciclado.

Ventajas del reciclado en frío in-situ según: (Fernandez Larrauri , 2012, pág. 79)

- Eliminación de las ondulaciones, superficies lisas, superficies de pavimento deteriorado y/o asfalto oxidado.
- Corrección del perfil longitudinal y sección transversal.
- Eliminación de los selladores de fisuras antes de la aplicación de capas delgadas superpuestas.
- Eliminación del pavimento construido por etapas para restaurar la altura inicial.
- Preparación de la superficie antes de la aplicación de alguna técnica adicional de reciclado de pavimentos.
- Conservación de la energía en comparación con otros métodos de reconstrucción.
- Incremento en la eficiencia de los proyectos y reutilización de los materiales existentes.
- Mayor productividad con menos interrupciones al usuario.

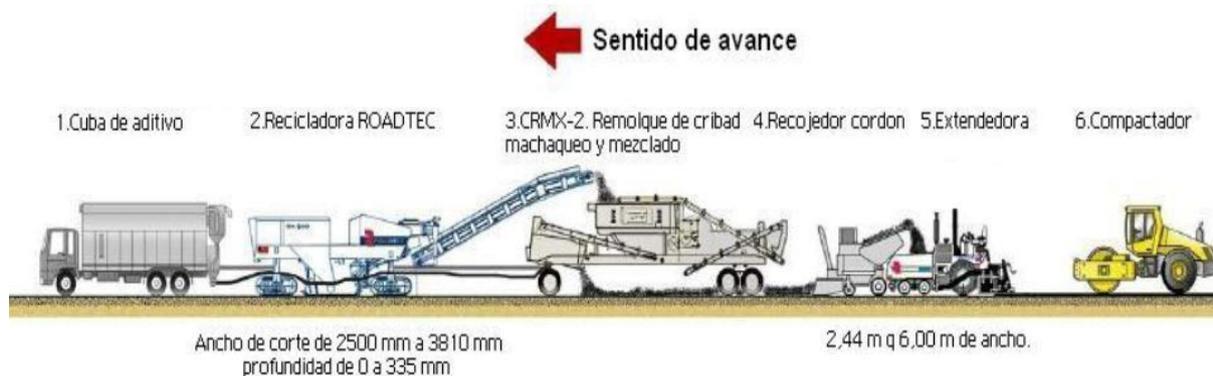


Figura 21: Equipo de reciclado en frío in-situ

Fuente: Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos reciclados. (Restrepo y Stephens, 2015)

2.2.21 Técnica según la profundidad del pavimento reciclado

Por lo general el reciclaje de pavimentos en frío lo divide en dos categorías: reciclaje superficial y reciclaje profundo.

- **Reciclado Superficial:** Se desarrolla para espesores no superior a 2.5 cm cuya finalidad es eliminar el agrietamiento severo que se presentan en la carpeta asfáltica. Además, esta permite mejorar el índice servicio y confort.
- **Reciclado Profundo:** Se desarrolla para espesores superiores a 2.5 cm, tiene como finalidad reforzar los pavimentos deteriorado a nivel estructural ya sea a las capas asfálticas gruesa o delgadas. Debido a esta situación este tiene una mayor confiabilidad de aplicación, por ende, esta debe contar con estrategias de diseño a mediano y largo plazo. Esta técnica permite mejorar las propiedades funcionales del pavimento.

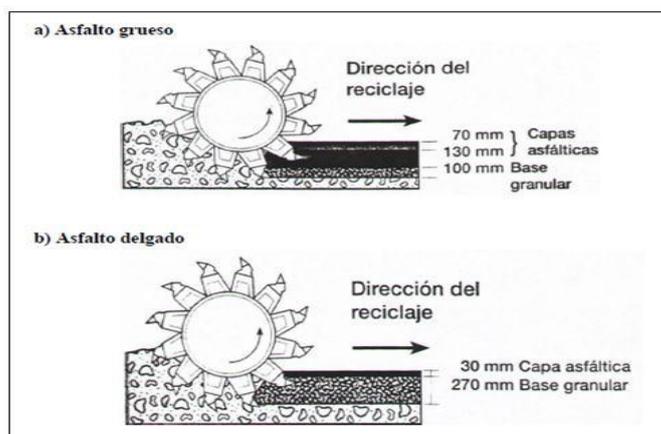


Figura 22: Comparación de reciclaje a una profundidad de 30 cm

Fuente: Diseño Estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica (Fano y Chávez, 2017).

2.2.22 Principales Ventajas del reciclado de pavimentos

Las técnicas desarrolladas en el ámbito del reciclaje de pavimentos flexibles o asfáltico están basadas en dos tipos de procesos, estas pueden ser en planta o in situ.

Cuadro 1: Principales ventajas de reciclado de pavimentos

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

Fuente: Estudio de las Ventajas Económicas del reciclado en frío in situ de pavimentos asfálticos.

2.2.23 Análisis de Beneficios

Cuando es planteado un sistema de reciclado para realizar una rehabilitación se tiene en consideración tres grandes áreas, la económica, la ambiental y la técnica.

- **Beneficio Económico.**

En general todas las propuestas que implican un proceso de reciclado son más económicas por cuestiones obvias. Sin embargo, en algunos casos la comparación no es favorable claramente para el proceso de reciclado en sentido estricto, aun así, en estos casos el proceso de reciclado siempre es más económico en termino globales.

Principales beneficios económicos al usar el reciclado en frío.

- La disposición, como desechos de los materiales de los pavimentos es reducida o en gran parte eliminada por lo que hay un ahorro de combustible.
- Genera conservación de consumo de combustible al construirse in-situ y no requiere calentamiento de los materiales
- Preservación de los recursos naturales, gracias a reutilización de los agregados pétreos y del asfalto en los pavimentos existentes.
- Dependiendo del sistema a aplicar se puede ahorrar el transporte de materiales.
- El periodo de construcción es menor.
- El material reciclado se recupera cuando menos un 50%.
- **Beneficio Ambiental.**

Los beneficios ambientales son:

- No hay impacto ambiental tan negativo como el necesitar botaderos pues la disposición como desecho de material es reducida o en gran parte eliminada.
- Se preservan recursos naturales gracias a que se reutilizan los agregados y el asfalto contenido en el pavimento reciclado, de esta forma la cantidad para extraer nuevos materiales de agregados pétreos es reducida.
- Si el proceso de mezclado se realiza en in-situ se puede conservar la energía al construirse en el lugar y no requiere combustible para el calentamiento de los materiales.
- Si la mezcla es en frío se evita la evaporación de elementos nocivos al medio ambiente.
- **Beneficio Técnico.**

A continuación, se darán principales beneficios técnicos.

- Se evita elevar la rasante, de esta manera no se varía el diseño original y no se llega a afectar los niveles de la tapa de los buzones
- Se corrige las deficiencias superficiales y estructurales
- Se reducen al mínimo las perturbaciones causadas por las operaciones de construcción, a las capas por lo que se logra conservar intacta la resistencia del pavimento.
- Si el proceso de rehabilitación se realiza todo in-situ se tiene un periodo de construcción menor.
- Si la aplicación del proceso se realiza en frío se genera el beneficio de no tener que pasar por un proceso del calentamiento del agregado.

2.2.24 Materiales asfálticos para el pavimento flexible reciclado

Se el proceso de obtención de los materiales asfálticos se consideran dos grupos, los productos naturales y productos manufacturados

En los productos naturales se consideran a los asfaltos naturales y las rocas asfálticas, estos productos son formados por la composición natural de petróleo. Y en los productos manufacturados se encuentran los cementos asfálticos del petróleo, los asfaltos diluidos y las emulsiones asfálticas estos productos son obtenidos después del proceso de destilación del petróleo crudo.

Estas son:

- Cementos asfálticos
- Agregados pétreos
- Emulsiones asfálticas

2.2.25 Cementos Asfálticos.

Naturaleza y composición del cemento asfáltico.

Según (vallejo, 2011) “Químicamente los cementos asfálticos son mezclas muy complejas de hidrocarburos, que contienen en sus moléculas además azufre, oxígeno, nitrógeno, compuestos metálicos, obtenidos como subproductos en el refinado de los petróleos. (pág. 2)

- **Composición de los cementos asfálticos**

Cuadro 2: Composición química del cemento asfáltico

ELEMENTO	PORCENTAJE (%)
Carbono	80 – 88
Hidrógeno	9 – 12
Nitrógeno	0 – 2
Azufre	0 – 3
Oxígeno	0 – 12

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales. (Vallejo, 2011).

Según en el cuadro se puede observar que los elementos químicos del carbono y el hidrogeno presentan una mayor variación de porcentaje, indicando que estos elementos se presentan en mayor cantidad en la composición del cemento asfaltico, pero desde luego también indica que dichos elementos presentan comportamientos muy diferentes con respecto a los otros elementos de menor concentración, los elementos químicos de concentración mayor en el cemento asfaltico generan un comportamiento diferente .

Según (vallejo, 2011) “los cementos asfálticos forman un sistema coloidal, esto quiere decir que cuentan con una fase dispersa y una fase continua. La fase dispersa está constituida por las partículas más pesadas, asfáltenos, mientras que la fase continua es un medio fluido aceitoso formado por los componentes más ligeros, máltenos”. (pág. 3).

Los aceites saturados y las resinas aromáticas son compuestos que pertenecen a tercer componente del asfalto denominado los aceites, los aceites son dichos componentes que mantienen la estabilidad del sistema coloidal. En la figura se muestra la composición del cemento asfaltico según el sistema coloidal.

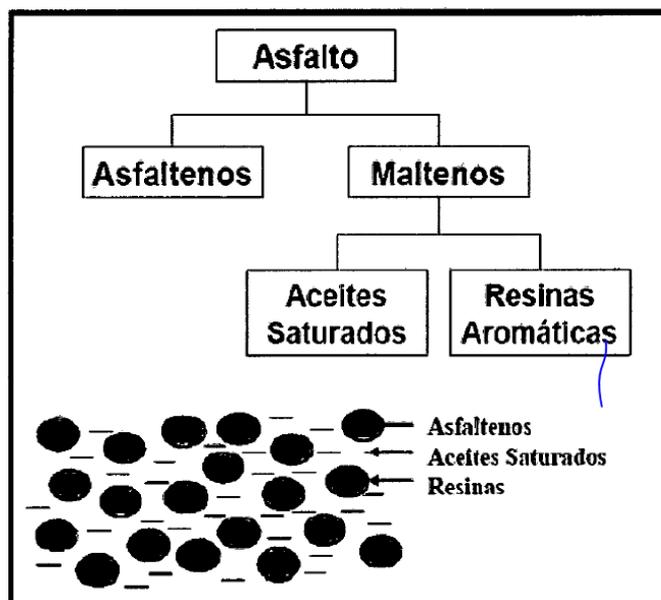


Figura 23: Componentes de los cementos asfálticos según el sistema coloidal

Fuente: Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica. (Galván, 2015)

Refleja la composición del cemento asfáltica en la figura 23 el contenido del asfalteno en el cemento asfaltico por lo regular tiene una variación de entre 15% y un 20%.

Los asfáltenos según (vallejo, 2011) “son las partículas sólidas sin un punto de fusión definido y de alto peso molecular, además de ser el componente que le da dureza al cemento asfaltico

y de ser muy adherentes no intervienen directamente en la adherencia de los agregados”. (pág. 4)

Los máltenos según (vallejo, 2011) “son la fracción soluble en hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición. Generalmente existe mayor proporción de maitenes que asfáltenos, dándole mayor calidad al cemento asfáltico debido a que regula en gran parte las propiedades químicas de estos”. (pág. 4)

Las resinas aromáticas perteneciente al tercer componente del cemento asfáltico los aceites son más pesadas y tienen un punto de ebullición más elevado, las resinas dan características cementantes o aglutinantes al cemento asfáltico.

Los aceites saturados igualmente perteneciente al tercer componente se caracteriza por dar consistencia generando que el cemento asfáltico se trabajable, además de proteger de la oxidación debido a su gran estabilidad química.

- **Características de los cementos asfálticos.**

El comportamiento de un cemento asfáltico debe responder las exigencias requeridas para su empleo en proyectos de carreteras, estas exigencias son:

Tiene que ser suficientemente fluido durante su empleo (bien mediante calentamiento, fluidificación o emulsificación) esto sirve para cumpla funciones de recubrimiento y adherencia para los agregados empleados.

Presentar la suficiente consistencia y viscosidad para que el pavimento con altas temperaturas y bajo la acción del tráfico, no presente deformaciones.

Tener una flexibilidad óptima para soportar bajas temperaturas, para evitar que el pavimento se vuelva frágil.

Las propiedades de consistencia de un cemento asfáltico, tales como las viscosidad, fluencia y demás propiedades dependen de la temperatura en la que se encuentra y del tiempo en que se que se ejecutara su aplicación a un determinado pavimento.

- **Proceso de destilación del petróleo.**

Es la operación continua que está dividida en dos procesos, la destilación primaria y la destilación al vacío. La destilación se es realizada mediante el bombeo del crudo a través de un horno tubular, donde la temperatura de proceso es de 400° C, es debido a este proceso que los vapores o fracciones más ligeras se aglutinan en los niveles superiores de la torre y las fracciones más pesados del crudo se sitúan en los niveles inferiores. Durante el proceso de destilación se obtiene principalmente estos productos.

- Gasolina de destilación
- Kerosene destilado
- Diésel oil
- Aceites lubricantes
- Material residual.

La destilación al vacío del residuo pesado, al poder regular y controlar la temperatura en el horno tubular y el vacío aplicado en la torre de destilación, se logra separar las fracciones constituyentes aceitosas del residuo pesado de la destilación primaria, es de aquí de donde se puede obtener los diferentes tipos de asfalto deseable.

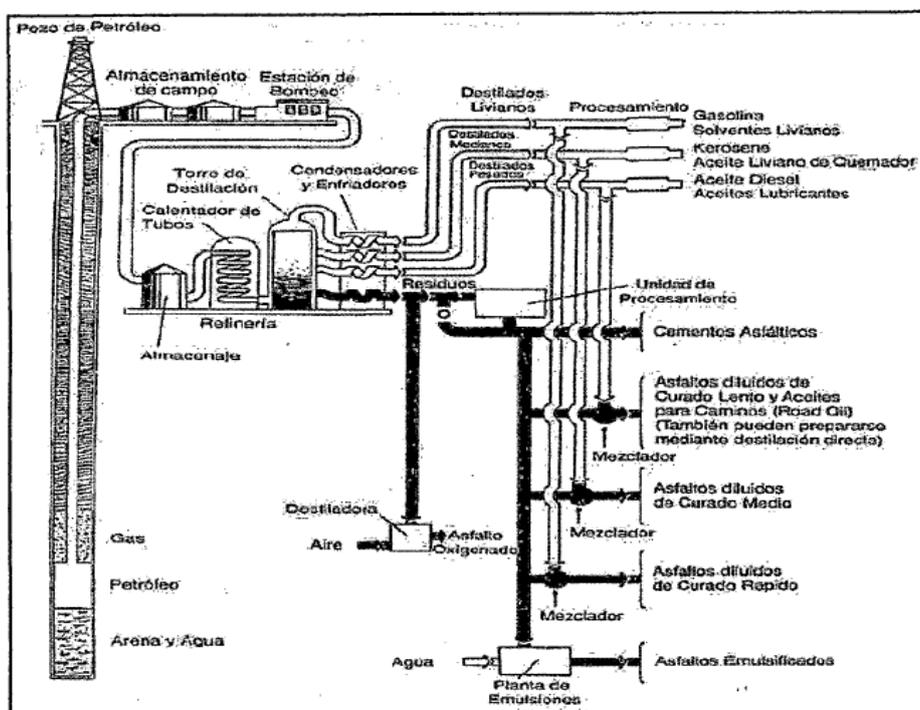


Figura 24: Esquema de la obtención de los asfaltos

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011)

- **Cementos Asfálticos Producidos en Perú.**

Clasificación comercial de los cementos asfálticos de petróleo en el Perú.

Cuadro 3: Clasificación y comercialización de cementos asfálticos en el Perú

CLASIFICACIÓN	REPSOL	PETROPERÚ
PEN 10/20	NO	SI
PEN 20/30	NO	SI
PEN 40/50	NO	SI
PEN 60/70	SI	SI
PEN 85/100	SI	SI
PEN 120/150	SI	SI

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011)

La denominación PEN significa que se trata de un cemento asfáltico de petróleo, además indica el rango de penetración del cemento asfálticos

- **Especificaciones del cemento asfáltico.**

Son los parámetros que deben cumplir los cementos asfálticos para aplicación.

Tablas: Especificaciones técnicas del cemento asfáltico según su penetración (PEN)

Cuadro 4: Especificaciones técnicas del cemento asfáltico según su penetración (PEN)

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

- **Asfaltos Diluidos.**

- **Definición.**

Conocido también como “cut backs” o “asfaltos fluidificantes” su obtención se debe a la dilución de cementos asfálticos con algún derivado del petróleo, tales como la gasolina, kerosene, nafta, etc. Estos disolventes tienen como característica principal disminuir la viscosidad del cemento asfáltico permitiendo su mejor aprovechamiento en la puesta en obra, sin embargo, luego de ser aplicado sobre el pavimento los elementos disolventes se evaporan produciendo la pérdida de un producto nada despreciable y generando una contaminación atmosférica, así como riesgos de inflamación por el carácter de los diluyentes utilizados.

La evaporación de elementos mencionados está influenciada por el tipo de solvente utilizado, por la temperatura del medio ambiente, por la velocidad del aire y por el ligante utilizado en el ambiente.

- **Clasificación de asfaltos diluidos.**

Estos tienen una clasificación que se rigen a la velocidad del curado siendo estas:

- **Asfaltos diluidos de curado rápido (RC):** compuesto de un disolvente que se evapora rápidamente después de ser aplicado sobre el pavimento, se caracteriza por que el disolvente empleado es un material con un bajo punto de ebullición esta son la gasolina o la nafta. En el siguiente cuadro se muestran los asfaltos RC.

Cuadro 5: Grado de los asfaltos diluidos RC

GRADO	RESIDUO ASFÁLTICO EN VOLUMEN
RC-70	55%
RC-250	65%
RC-800	75%
RC-3000	80%

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011)

- **Asfaltos diluidos de curado medio (MC):** Compuesto de un disolvente que tiene un punto de ebullición intermedio como el kerosene. En el siguiente cuadro se muestra los asfaltos de MC

Cuadro 6: Grado de los asfaltos diluidos MC

GRADO	RESIDUO ASFÁLTICO EN VOLUMEN
MC-30	50%
MC-70	55%
MC-250	67%
MC-800	75%
MC-3000	80%

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011).

- **Asfaltos diluidos de curado lento (SC):** Su obtención se genera a través de dos procedimientos, el primero consiste en mezclar el asfalto con gas oil de al punto de ebullición y el segundo consiste en controlar el caudal y temperatura del crudo duran proceso de destilación, cabe mencionar que es asfalto se obtiene en la primera destilación. En el siguiente cuadro se muestra los asfaltos de SC.

Cuadro 7: Grado de los Asfaltos diluidos SC

GRADO
SC-70
SC-250

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011).

Los asfaltos diluidos están representados por dos letras y la enumeración, las letras designan el tipo y la enumeración indican el grado de viscosidad. Según la clasificación aquellos asfaltos que presentan una enumeración baja indican que el asfalto es menos viscoso y más fluido, y aquellos que presentan una enumeración mayor indican que presentan mayor viscosidad y menos fluidez.

- **Asfaltos diluidos producidos en el Perú**

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación y las empresas que comercializan el producto.

Cuadro 8: Clasificación y comercialización de asfaltos diluidos en el Perú

CLASIFICACIÓN	REPSOL	PETROPERÚ
MC 30	SI	SI
MC 70	NO	SI
RC 70	NO	SI
RC 250	SI	SI

Fuente: Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comerciales (vallejo, 2011)

- Especificaciones técnicas para los asfaltos diluidos

Tabla 5: Especificaciones técnicas del asfalto diluido de curado medio (MC)

Tipo	Material Bituminoso Diluido									
	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso										
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	60	70	140	250	500	800	1.600	3000	6.000
-Punto de Inflamación, °C	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
-Ensayo de destilación										
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C										
-a 225 °C	-	25	-	20	-	10	-	-	-	-
-a 260 °C	40	70	20	60	15	55	-	35	-	15
-a 315 °C	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-	78	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:										
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) ^(*)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ^(**)										
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: Si la ductilidad a 25°C es menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5 cm/min es como mínimo 100cm.

Fuente: ASTM D 2027, AASHTO M 82 y NTP

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

Tabla 6: Especificaciones técnicas del asfalto diluido de curado rápido (RC)

Tipo	Material Bituminoso Diluido							
	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso								
Viscosidad Cinemática a 60 °C, cSt.	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación, °C	-	-	27	-	27	-	27	-
Contenido de Agua, %	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Ensayo de destilación:								
Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C								
-a 190°C	10	-	-	-	-	-	-	-
-a 225°C	50	-	35	-	15	-	-	-
-a 260°C	70	-	60	-	45	-	25	-
-a 315°C	85	-	80	-	75	-	70	-
Residuo del destilado a 360°C, % en volumen por diferencia	55	-	65	-	75	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:								
Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s.(P) ^(*)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ^(**)								
Solvente Nafta-Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta-Xileno, %Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano-Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 80 a 120 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo Fuente: ASTM D 2028 Y AASHTO M-81

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

2.2.26 Agregados pétreos.

Los agregados pétreos o minerales granulares, como arena, grava, piedra, escoria o relleno mineral son ampliamente usados en la composición primaria de un pavimento ya sea de un pavimento flexible o rígido, por lo general son empleadas en las bases y sub -bases y relleno de carreteras.

Estos materiales también son utilizados para elaboración de mezclas asfálticas para los pavimentos flexibles.

Tomando en consideración la aplicación del material reciclado y dada su diversidad de aplicación en la mejora de las vías, estas pueden ser usadas en la mejora de la estructura del pavimento, sin embargo, su aplicación depende de la evaluación que se le da al pavimento, de esta forma el resultado no indicara que capa necesita ser rehabilitada. Por las informaciones recolectadas durante la investigación de la tesis se pudo observar que dicho sistema de mantenimiento se realiza a las capas de la carpeta asfáltica y base granular por lo que se tomara como referencia las especificaciones del EG-2013 manual de carreteras – especificaciones técnicas, cabe mencionar que si el resultado de la evaluación indica que la rehabilitación se realiza en la carpeta asfáltica esta necesitara un proceso de diseño de mezcla ya sea en caliente o en frio.

A continuación, se muestra las gradaciones para una base granular y los límites de gradación para una mezcla asfáltica.

- Gradación para bases granulares

Tabla 7: Requerimiento granulométrico para bases

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ($\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

La gradación A se usa para alturas mayores a 3000 m.s.n.m

Tabla 8: Requerimiento del agregado grueso según la altitud

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

Se muestra los parámetros que debe cumplir un agregado grueso, según los ensayos realizados.

Tabla 9: Requerimientos del agregado fino

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTCE 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTCE 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTCE 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTCE 209	-----	15%

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

- Ensayos de control de los agregados pétreos.

Cuadro 9: Ensayo de calidad del agregado pétreo

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
Análisis Granulométrico.	NTP 400.012 (01) NTP 400.018 (02)	Permite determinar los tamaños de las partículas de agregados grueso y fino de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.
Contenido de Humedad.	NTP 339.127 (98)	Permite determinar la cantidad de agua contenida en las moléculas de suelo y/o agregado.
Límites de Consistencia.	NTP 339.129 (99)	Permite determinar el límite líquido, plástico, índice plástico de un suelo o agregado fino.
Equivalente de Arena.	NTP 339.146 (00)	Permite determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos.
Impurezas Orgánicas	NTP 400.024 (99)	Permite determinar de forma cualitativa la presencia de materia orgánica dentro de un suelo o agregado fino.
Abrasión.	NTP 400.019 (02)	Permite determinar la resistencia al desgaste de agregados triturados o en estado natural.
Durabilidad.	NTP 400.016 (99)	Permite determinar la resistencia a la desintegración de los agregados por la acción de los agentes atmosféricos.
Peso Unitario.	NTP 400.017 (99)	Permite determinar el peso unitario suelto y compactado de los agregados.
Peso Específico y Absorción.	NTP 400.021 (02)	Permite determinar el peso específico aparente y real de los agregados, así
Partículas Chatas y Alargadas.	NTP 400.040 (99)	Permite determinar el aplanamiento y alargamiento de los agregados.
Caras de Fractura.	MTC E-210 (00)	Permite determinar el porcentaje en peso del material que presenta una o más caras de fractura del agregado.
Sales Solubles.	MTC E – 219 (00)	Permite determinar el contenido de cloruros y sulfatos solubles en agua de los agregados pétreos.
Adhesividad de los Ligantes Bituminosos a los Áridos Finos (Procedimiento Riedel Weber).	MTC E – 220 (00)	Permite determinar la adhesividad de los materiales bituminosos con los agregados triturados finos.
Coating and Stripping of Bitumen – Aggregate Mixture.	AASHTO T – 182	Permite determinar la adhesividad de los materiales bituminosos con los agregados gruesos.

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

Cuadro 10: Parámetros de control de calidad –agregado a (altitud)

Característica	Altitud (m.s.n.m.)	
	Menor a 3000	Mayor a 3000
Durabilidad (al sulfato de sodio) (%)	12 máx.	10 máx.
Durabilidad (al sulfato de magnesio) (%)	18 máx.	15 máx.
Abrasión (%)	40 máx.	35 máx.
Partículas Chatas y Alargadas (%)	10 máx.	10 máx.
Sales Solubles Totales (%)	0.5 máx.	0.5 máx.
Absorción (Agregado Grueso) (%)	1.00	Según Diseño.
Absorción (Agregado Fino) (%)	0.50	Según Diseño.
Adherencia.	+95	+95
Adhesividad (Riedel Weber) (%)	4 mín.	6 mín.
Índice de Plasticidad (Malla No 40) (%)	N.P	N.P
Índice de Plasticidad (Malla No 200) (%)	4 máx.	N.P

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

- Gradación para mezclas asfálticas en caliente y en frio para reciclado.

La gradación de los materiales para mezclas asfálticas está regida a las especificaciones técnicas EG-2013 para nuestro caso, por supuesto esta gradación y sus límites buscan el comportamiento óptimo de la mezcla asfáltica. A continuación, se muestra las tablas de gradación que se deben tomar según la mezcla a usar para la rehabilitación de la carpeta asfáltica.

Tabla 10: Granulometría para mezclas asfálticas en caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

El mac-1 por lo general es usado para alturas mayores 3000 m.s.n.m.

Tabla 11: Granulometría para reciclado en frío – in situ

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
37,5 mm	1 1/2"	100
25,0 mm	1"	75-100
19,0 mm	3/4"	65-100
9,5 mm	3/8"	45-75
4,75 mm	N.º 4	30-60
2,00 mm	N.º 10	20-45
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	5-20

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras-especificaciones técnicas para construcción.

- Ensayos de control de las mezclas asfálticas.

Los ensayos tienen como finalidad someter a una variedad de pruebas, dichas pruebas permitirán conocer el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica. En el siguiente cuadro se observa alguna los ensayos de control para mezclas asfálticas.

Cuadro 11: Ensayos de una mezcla asfáltica bituminosa

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
Estabilidad (lb.)	ASTM D – 1559	Permite determinar resistencia a la compresión diametral de la mezcla asfáltica, mediante el aparato Marshall.
Fluencia Marshall (0.01 pulg.)	ASTM D – 1559	Permite determinar la deformación de la mezcla asfáltica por efectos de los esfuerzos de compresión diametral y es medido mediante un dial de deformación vertical.
Porcentaje de Vacíos (%).	ASTM D – 3203	Permite determinar la cantidad de bolsas de aire que se encuentra presente entre las partículas de agregado cubiertas con asfalto, luego de ser compactada la mezcla.
Pérdida de Estabilidad (%).	ASTM D – 1075	Permite determinar la pérdida de la cohesión de la mezcla asfáltica por la acción del agua.
Humedad Absorbida (%).	ASTM D – 1188	Permite determinar del peso específico aparente y a su vez la cantidad de agua que la mezcla asfáltica puede absorber.

Fuente: “Reciclado en Frío de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

Cuadro 12: Parámetros de control de calidad de mezclas emulsionadas.

Parámetro	Mínimo	Máximo
Estabilidad (lb.)	500.0	—
Fluencia (0.01 pulg.)	8.0	14.0
Vacios Totales (%)	2.0	8.0
Pérdida de Estabilidad (%)	—	50.0
Humedad Absorbida (%)	—	4.0
Recubrimiento de Agregado Combinado (%)	50.0	—

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

Cuadro 13: Criterios para el diseño de mezclas en frio – emulsión asfáltica.

Propiedades de los Ensayos	Mínimo	Máximo
Estabilidad, N (lb) a 22.2° C (72°F) Mezclas para pavimentos	2224 (500)	-
Porcentaje de Perdida de estabilidad Después de saturación de vacios e inmersión	-	50
Agregado para recubrimiento	50	-

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras Especificaciones técnicas.

2.2.27 Emulsiones Asfálticas:

Son productos emulsificados, que a través de la integración mecánica y química entre dos o más materiales permite mejorar la calidad de la mezcla para su posterior aplicación al pavimento. Las emulsiones presentan su composición, tipos y clasificación.

- **Componentes:** “La emulsión asfáltica tiene tres componentes básicos: asfalto, agua y agente emulsivo. En algunas ocasiones la emulsión puede contener otros aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia o agentes de control de rotura” (Fernández Larrauri , 2012, pág. 24).

El asfalto cuya composición esta entre los 50% y 75% en la emulsión, el agua es el otro componente, aunque esta no ha sido aún establecida en que porcentaje de cantidad influye en la mezcla con emulsiones esto debido a que las aguas contienen impurezas afectando en cierto grado la calidad de la emulsión y por último tenemos el agente emulsivo tiene como fin mantener las gotitas del asfalto en suspensión estable permitiendo controlar el tiempo de rotura.

- **Tipos:** Estas son aniónicas y catiónicas son de uso general en el mantenimiento de vías o de carreteras. se caracterizan por la carga eléctrica a la cual están rodeados las partículas del asfalto. Las aniónicas son cuando las partículas del asfalto están cargadas negativamente y se pasan al ánodo, las catiónicas tiene una función inversa debido a que estas están cargadas eléctricamente positivas lo produce su migración hacia cátodo. En la figura se puede ver su ejemplificación.

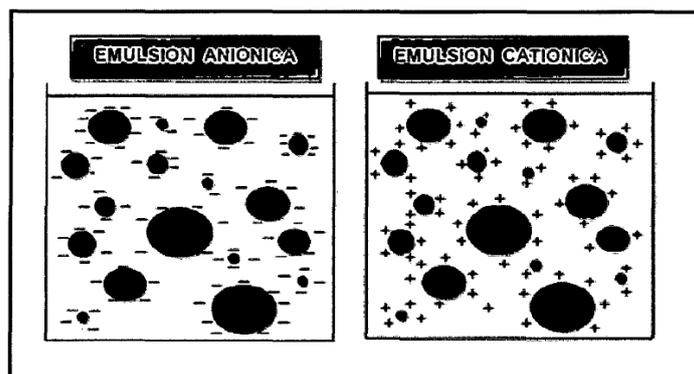


Figura 25: Tipos de emulsión según la carga que presente.

Fuente: Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica. (Galván, 2015)

- **Clasificación:** las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Según las normas la emulsión está dividida en dos grandes grupos, estas están según la velocidad de rotura de cada emulsión.

Tabla 12: Clasificación de emulsiones asfálticas

Emulsión Asfáltica Aniónica (ASTM D977, AASHTO M140)	Emulsión Asfáltica Cationica (ASTM D2397, AASHTO M208)
RS - 1	CRS - 1
RS - 2	CRS - 2
HFRS - 2	—
MS - 1	—
MS - 2	CMS - 2
MS - 2h	CMS - 2h
HFMS - 1	—
HFMS - 2	—
HFMS - 2h	—
HFMS - 2s	—
SS - 1	CSS - 1
SS - 1h	CSS - 1h

Fuente: Reciclado en Frío de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Cationicas. (Fernández, 2012)

Las terminologías con cuales está representadas su clasificación indican que tipo de propiedades tiene la emulsión. Los RS-MS-SS, indican tiempo rotura (alta-media-baja), Los RS tiene deficiencias de mezclado entre agregados, los MS tiene facilidad de agregarse con el agregado grueso y no con el fino y la SS y QS sirven para la mezcla de los agregados finos. El QS tiene mayor velocidad de rotura con respecto al SS. La rotura de una emulsión es el recubrimiento del asfalto al agregado, como se puede ver en la figura el agua cuyo elemento está en la mezcla asfáltica pasa por proceso de evaporación, dejando que el asfalto recubra y mejore sus adherencias entre los agregados pétreos.

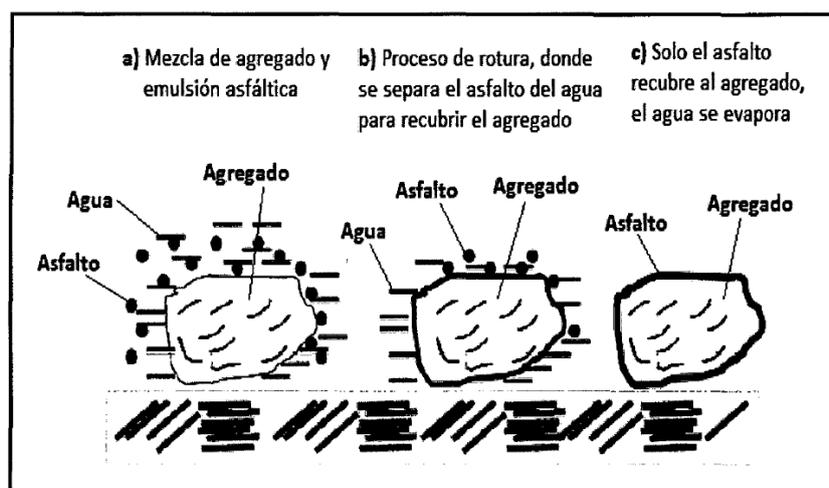


Figura 26: Proceso de rotura de una emulsión.

Fuente: Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica. (Galvan,2015)

La letra C indica que el tipo de emulsión es catiónica y las que no tiene son aniónicas, el sufijo h significa que la base asfáltica es más consistente o dura (hard) y el sufijo S indica que la base asfáltica es blanda (soft), Las terminologías HF indica que la emulsión es de alta flotación.

En la actualidad existen emulsiones asfálticas catiónicas modificadas con polímeros, el polímero agregado mejora las propiedades de las emulsiones de forma mecánica y reológica.

“Los tipos utilizados son los termo –fijos (resinas epóxicas, poliuretanos, poliésteres) y los termoplásticos como el cloruro de polivinilo (PVC), polietileno y poli-isobutilenos, SBR (hule estireno-butadieno), EVA (etileno-acetato de vinilo) y SBS (estireno-butadieno-estireno), hule natural y artificial.” (Fernandez Larrauri , 2012, pág. 27).

- **Especificaciones Técnicas Para emulsiones asfálticas.**

Para el control de calidad se regirán normas de ensayos establecidas.

Cuadro 14: Especificaciones y Normas para emulsiones asfálticas.

Especificaciones técnicas	Normatividad para los ensayos
<p>-Especificaciones Técnicas Generales para Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EG - 2013 MTC).</p> <p>-Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica del Consejo Nacional de Vialidad (CRM - 2002/ CONAVI).</p>	<p>-American Society for Testing and Materials {ASTM}.</p> <p>- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).</p> <p>-Norma Técnica Peruana (NTP).</p> <p>-Manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (EM - 2013 MTC).</p>

Fuente: propia

Los ensayos de una emulsión permiten definir las características que presenta el agente emulsivo

Tabla 13: Especificaciones para emulsiones según su velocidad de rotura

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida		
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Prueba sobre Emulsiones															
- Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100	
- Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-	
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h, % ^(**)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	
Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Diocilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- Revestimiento y Resistencia al agua:															
- Revestimiento agregado seco					Bueno				Bueno						
- Revestimiento, agregado seco después del rociado					Aceptable				Aceptable						
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable				Aceptable						
- Revestimiento, agregado húmedo después del rociado					Aceptable				Aceptable						
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		
Prueba de Tamiz % ^(**)	-	0,1	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	
Mezcla con Cemento, %									-	2,0	-	2,0			
Destilación:															
- Destilación de aceite, por volumen de emulsión	-	3	-	3	-	12	-	12							
- % Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-	
Pruebas sobre el Residuo de destilación:															
- Penetración, 25°C, 100 g. 5s	100 ^(a)	250 ^(a)	100 ^(a)	250 ^(a)	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90	
	50 ^(a)	150 ^(a)	50 ^(a)	150 ^(a)											
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40		
- Solubilidad en Tricloroetileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		

^(*) CQS - 1H, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la Norma D 3910.

CQS - 1h, usado para sistemas de mortero asfáltico.

^(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

^(a) En función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 ó 100-250)

Fuente: ASTM D 2397 y D 3910.

Fuente: EG-2013 Manual de carreteras- Especificaciones Técnicas.

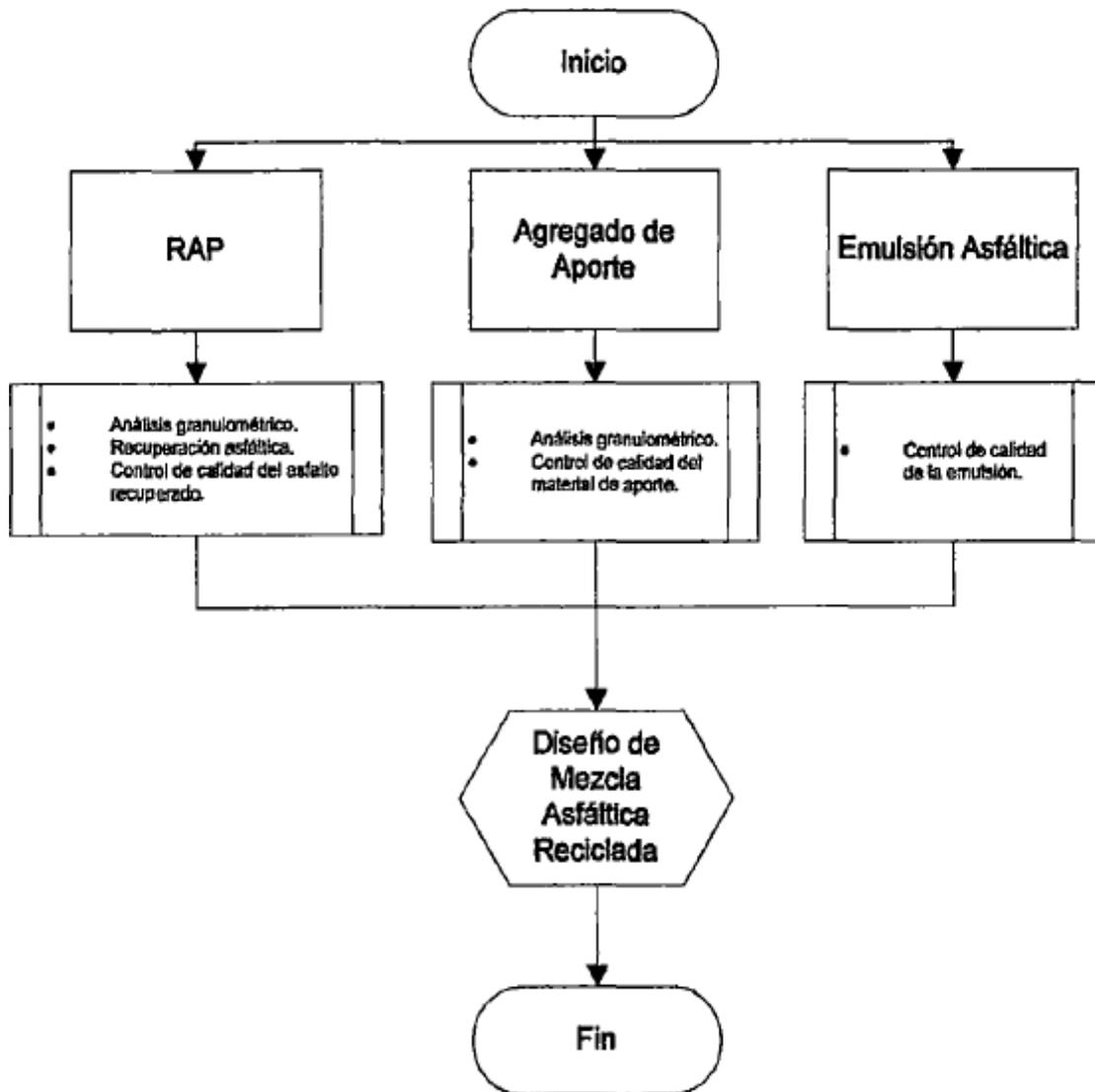


Figura 27: Proceso del Control del Material Reciclado

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

El material reciclado obtenido durante el proceso de fresado de la carpeta asfáltica existente, estará conformado por agregado y cemento asfáltico envejecido, para el cual será necesario realizar ensayos de laboratorio que me permitirán determinar las propiedades físicas y mecánicas del material reciclado actual.

Las emulsiones asfálticas actúan como un material ligante durante el proceso de mezclado, es por eso motivo que deben realizar los ensayos que corroboren su aplicación en función de la destilación.

Tabla 14: Ensayos de control de calidad de las emulsiones asfálticas

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
Viscosidad Saybolt Furol, 25°C.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la viscosidad o consistencia de la emulsiones asfáltica por medio del viscosímetro Saybolt Furol.
Estabilidad al Almacenamiento, 24 horas.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la estabilidad de la emulsión durante el almacenamiento por medio de la medición de la tendencia de los glóbulos del asfalto a sedimentar durante un periodo de tiempo igual a un día (24 horas).
Sedimentación, 05 días.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la estabilidad de la emulsión durante el almacenamiento por medio de la medición de la tendencia de los glóbulos del asfalto a sedimentar durante un periodo de tiempo igual a cinco días.
Sieve Test (Tamiz No 20).	ASTM D – 244/00	Permite determinar la calidad y estabilidad de la emulsión por medio de la medición de la cantidad de partículas retenidas en el tamiz.
Cubrimiento de Agregados.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la capacidad de la emulsión asfáltica para recubrir el agregado completamente, resistir el efecto de mezclado mientras permanece con una película sobre el agregado y resistir la acción de lavado

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

Tabla 15: Ensayos de control de calidad de las emulsiones asfálticas

Ensayo	Norma Técnica	Descripción
		del agua una vez finalizada la mezcla. No se realiza para emulsiones asfálticas de rotura rápida.
Carga de Partículas.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la carga eléctrica de la emulsión. Pudiendo ser aniónicas, catiónicas o no iónicas.
Contenido de Agua.	ASTM D – 244/00	Permite determinar la cantidad de agua contenida en la emulsión, mediante la destilación a reflujo.
Residuo por Evaporación.	ASTM D – 244/00	Permite determinar el cantidad de cemento asfáltico contenido en la emulsión. En este tipo de ensayo cabe la posibilidad de envejecimiento del residuo asfáltico.
Residuo por Destilación.	ASTM D – 244/00	Permite separar el agua del cemento asfáltico. Para posteriormente al último de ellos realizar ensayos de control de calidad.
Penetración, 25°C, 100gr, 5s, 0.1mm.	ASTM D – 5/97	Permite determinar la consistencia del residuo asfáltico contenido en la emulsión.
Ductilidad, 25°C, 5cm/min.	ASTM D – 113/99	Permite determinar la ductilidad del residuo asfáltico contenido en la emulsión.
Recuperación elástica, 25°C, 5cm/min.	ASTM D – 113/99	Está basado en el ensayo de ductilidad y permite determinar la capacidad de recuperación luego de experimentar una deformación del residuo asfáltico contenido en la emulsión asfáltica modificada.
Solubilidad en Tricloroetileno.	ASTM D – 2042/97	Permite determinar la solubilidad del residuo asfáltico contenido en la emulsión.

Fuente: “Reciclado en Frio de Pavimentos Flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Catiónicas.” (Fernández, 2012)

2.3 Definición de términos

Agregado: Es el producto de la mezcla de dos materiales, arena y piedra de granulometría variable, su origen puede ser natural o superficial.

Alternativa: Es la posibilidad de elegir entre dos o más cosas.

Asfalto: Es la mezcla sólida y compacta que es empleado en la construcción de pavimentos asfáltico, por mayor uso es utilizado en la carpeta asfáltica.

Mezclas asfálticas: es la combinación de agregados y agentes asfálticos.

Estabilizadores: son los materiales encargados de estabilizar una superficie.

Carpeta Asfáltica: Es la capa de menor espesor y se ubica en la parte superior del pavimento el cual tiene la función de soportar la abrasión de neumáticos de los vehículos, está compuesto por materiales pétreos y asfálticos.

Escarificado: Es la actividad encargadas de remover la porción de la carpeta asfáltica existente, se utiliza equipos como la motoniveladora con escarificador incorporado.

Fundación: es parte de la estructura del pavimento que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable.

Parcheo: tratamiento que se hace a la vía en el que se intervienen áreas localizadas de pavimento para corregir defectos relacionados con un deterioro estructural o problemas de humedad, de materiales o de construcción, la intervención puede abarcar sólo las capas asfálticas (parcheo) o comprender también las granulares o estabilizadas hasta lograr un apoyo firme (bacheo), dependiendo de la naturaleza del deterioro.

Pavimento: Se le denomina así al conjunto de capas del suelo de una construcción o de una superficie, estas pueden ser de concreto o asfalto. Y por lo general se denominan a las carreteras y vías.

Reciclaje: aglomeración de materiales extraídos de la carretera, cuyo fin principal es poder ser reutilizado.

Superficie de Rodadura: Es aquella faja que se ha condicionado especialmente para el tránsito de los vehículos. En las carreteras de primera categoría esta superficie es pavimentada.

Daños: deficiencias superficiales y estructurales producidas por los factores ambientales y tráfico.

Deflexión: El desplazamiento vertical temporal de un pavimento proveniente de la aplicación de cargas de las ruedas de los vehículos.

Mantenimiento: son actividades de reparación que se realizan de manera regular, periódica o rutinario a una vía o carretera su finalidad es prolongar la vida de servicio de la estructura y su buen funcionamiento.

Rehabilitación: son actividades constructivas que permiten restablecer las condiciones físicas, superficiales y estructurales del pavimento.

Rugosidad: es calidad superficial del pavimento es decir que analiza la carpeta asfáltica aun nivel de desgaste.

Granulometría: determina cuantitativamente los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, mediante tamices de aberturas cuadradas.

Curado: es la propiedad del ligante asfáltico, sucede cuando una emulsión rompe y las partículas coalescen.

Coalescencia: proceso mediante el cual dos o más partículas se funden para formar una partícula más grande.

Emulsión Asfáltica: es la combinación del cemento asfáltico y agua que contiene una cantidad de agente emulsivo.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Utilizando el pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial se mejora la circulación de vehículos y peatones de la Avenida Víctor Malásquez.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) La evaluación de fallas influye significativamente en la propuesta técnica del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.
- b) Las características del pavimento flexible reciclado influyen en la propuesta técnica de rehabilitación.
- c) La propuesta técnica de aplicación de pavimento flexibles reciclado es más económico con respecto a una rehabilitación tradicional.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de las variables.

Definición de la Variable independiente: (X)

- **Pavimento flexible reciclado:** Es la técnica por el cual se busca obtener un buen comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del material extraído de la carpeta asfáltica. Para que luego sea reutilizado en el nuevo proceso constructivo de rehabilitación o mantenimiento.

Definición de la Variable Dependiente: (Y)

- **Rehabilitación de vías:** Actividad que consiste técnicamente que restaurar el estado original del pavimento a través de técnicas de mantenimientos

2.5.2 Definición operacional de la variable

- Variable X (Aplicación de Pavimento flexible reciclado)

Se define operacionalmente como la reutilización de la materia prima del pavimento, mediante la adición de ligantes como el cemento o betún asfáltico, emulsiones asfálticas o aglomerantes hidráulicos como el cemento portland. El reciclado del pavimento se divide en dos tipos.

a.- pavimento reciclado en frío o in situ

b.- pavimento reciclado en caliente o en planta

Pavimento flexible Reciclado

Tipos

Pavimento Reciclado en frío in-situ

Pavimento Reciclado en frío en planta

- Variable Y (Rehabilitación Vial)

Se define operacionalmente a la mejora o recuperación de la calidad de una carretera o red vial, que fueron afectadas por las fallas que estas presentaban debido a los factores naturales o externos.

Rehabilitación:

Fallas Superficiales

Fallas estructurales

Costo

2.5.3 Operacionalización de la variable

Cuadro 15: Operacionalización de las Variables

variable	Dimensión	Indicadores
Variable independiente (X) 1.- Aplicación del pavimento flexible reciclado	Tipos	-
Variable dependiente (Y) 2.- Rehabilitación vial	Fallas superficiales	M2
	Fallas estructurales	M2
	costo	soles

Fuente: Propia

2.6 Propuesta técnica de rehabilitación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial-Pachacamac.

La propuesta para la rehabilitación vial será, la restauración de la carpeta asfáltica con emulsión CSS-1H, a continuación, se describirá el sistema de desarrollo para obtener la dosificación de la mezcla a emplear, la rehabilitación está sujeta previamente a la evaluación del pavimento.

2.6.1 Información previa

El proyecto está localizado en el departamento de lima, distrito de Pachacamac, en la zona 5 Manchay y la av. Tiene por nombre AV. Víctor Malásquez.

La avenida Víctor Malásquez, fue construida en año 2010 por lo que aún está dentro de los rangos de su vida útil, pero como se mencionaba en el desarrollo de la investigación dicha vida útil esta aferrada al mantenimiento rutinario que se le realiza.

Las características del pavimento de dicha avenida son una base granular de espesor de 0.2m y una carpeta asfáltica de 2” (0.05m), la dimensión de la vía es 2 carriles con un ancho de 7.5m.

Para la propuesta de rehabilitación se consideró realizar los trabajos a nivel superficial, esto será sustentada con la ficha de evaluación del pavimento y con el PCI (índice de condición del pavimento), además se tomó en cuenta los factores económicos y ambientales, el análisis determina proponer una rehabilitación de la carpeta asfáltica

Trabajos Previos para determinar la calidad del pavimento flexible reciclado:

2.6.2 Granulometría del pavimento flexible reciclado

Se tomó una muestra de material reciclado de 1500 gr, posterior se hizo el ensayo granulométrico en seco del material reciclado.

Tabla 16: Resultado del ensayo granulométrico del Pavimento flexible reciclado

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	75.000	-	-	
2"	50.000	-	-	
1 1/2"	37.500	-	-	
1"	25.000	-	-	100.0
3/4"	19.000	5.3	5.3	94.7
1/2"	12.500	38.0	43.3	56.7
3/8"	9.500	19.1	62.4	37.6
1/4"	6.300	17.5	80.0	20.0
Nº4	4.750	7.0	86.9	13.1
Nº10	2.000	10.1	97.0	3.0
Nº20	0.850	2.3	99.3	0.7
Nº30	0.600	0.2	99.6	0.4
Nº40	0.425	0.1	99.7	0.3
Nº60	0.250	0.1	99.8	0.2
Nº100	0.150	0.1	99.9	0.1
Nº200	0.075	0.1	99.9	0.1
FONDO		0.1		

% Grava	:	86.9
% Arena	:	13.0
% Finos	:	0.1

Este documento se encuentra en el Anexo 124

2.6.3 Ensayo de lavado asfáltico del Pavimento flexible reciclado

Para este ensayo se tomó un peso inicial de material reciclado de 1500 gr. Posterior se realizó el lavado asfáltico con tricloroetileno puro, luego se hizo el ensayo granulométrico del material reciclado, esto es para poder observar la el tamaño de los agregados pétreos.

Peso inicial seco: =1500.00 gr

Peso lavado seco: =1409.0 gr

Porcentaje de cemento asfáltico (% C.A) = 6.07 %

Tabla 17: resultado granulométrico del material reciclado después del lavado asfáltico

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	100.0
1/2"	12.700	5.8	5.8	94.2
3/8"	9.525	2.7	8.5	91.5
Nº4	4.760	24.0	32.5	67.5
Nº10	2.000	24.3	56.8	43.2
Nº40	0.426	21.3	78.1	21.9
Nº80	0.180	6.7	84.7	15.3
Nº200	0.074	5.6	90.4	9.6
FONDO		9.6		

% Grava	:	32.5
% Arena	:	57.8
% Finos	:	9.6

Cemento Asfáltico %		6.07
---------------------	--	------

Este documento de laboratorio se encuentra en el Anexo 123

2.6.4 Ensayo de calidad del Material, agregados pétreos

Los ensayos de calidad de los agregados se tomarán de la cantera La gloria. La empresa de brindarnos dicha información es T y R Construcciones y Servicios.

En la tabla se muestra el ensayo de calidad de los agregados gruesos.

Tabla 18: granulometría del agregado grueso de la cantera La gloria

AGREGADO GRUESO HUSO # 67						
Malla	Peso Rete.	% Retiene	% Ret.Acu.	% Pasa	"C" ASTM	"C" ASTM
3 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
1/2"	2472.00	25.2	25.2	74.8	50.0	79.0
3/8"	2519.00	25.7	50.8	49.2	20.0	55.0
# 4	4275.00	43.5	94.4	5.6	0.0	10.0
# 8	522.00	5.3	99.7	0.3	0.0	5.0
# 16	12.00	0.1	99.8	0.2	0.0	0.0
# 50	18.00	0.2	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: T y R Construcciones y Servicios

El documento se encuentra en el Anexo 115

En la esta tabla se muestra el ensayo de calidad del agregado fino.

Tabla 19: granulometría del agregado fino de la cantera La gloria

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			ESPECIFICACION EMPIRICA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		TAMAÑO MAXIMO	1/2"
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	23.400						HUMEDAD	1.1 %
3/4"	19.050						PSI:	869.9 gr
1/2"	12.700						PS	gr
3/8"	9.300	0.0	0.0	0.0	100.0			
N° 4	4.760	18.2	2.1	2.1	97.9		> N° 4 :	2.1 %
N°10	2.000	244.3	28.1	30.2	69.8		FINOS :	10.3 %
N° 40	0.420	370.5	42.6	72.8	27.2			
N° 80	0.177	84.2	9.7	82.4	17.6			
N° 200	0.074	63.2	7.3	89.7	10.3			
< 200	-	89.5	10.3	100.0				

Fuente: T y R Construcciones y Servicios

El documento se encuentra en el Anexo 116

2.6.5 Evaluación del Análisis granulométrico del pavimento flexible reciclado

Tabla 20: evaluación granulométrica del material reciclado

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PARA MEZCLAS EN FRIO

NORMA ASTM D422

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q' PASA	ESPECIF.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0			MUESTRA: ANALISIS GRANULOMETRICO
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			DE PAVIMENTO REICLADO
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	CURVA GRANULOMETRICA PARA
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	75	100	MEZCLA ASFALTICA EN FRIO
3/4"	19.000	79.5	5.30	5.3	94.7	65	100	
1/2"	12.500	570.0	38.00	43.3	56.7			
3/8"	9.500	286.5	19.10	62.4	37.6	45	75	
1/4"	6.300	262.5	17.50	79.9	20.1			
N°4	4.750	105.0	7.00	86.9	13.1	30	60	
N°10	2.000	151.5	10.10	97.0	3.0	20	45	
N°20	0.850	34.5	2.30	99.3	0.7			
N°30	0.600	3.0	0.20	99.5	0.5			
N°40	0.425	1.5	0.10	99.6	0.4	10	30	
N°60	0.250	1.5	0.10	99.7	0.3			
N°100	0.150	1.5	0.10	99.8	0.2			
N°200	0.075	1.5	0.10	99.9	0.1	5	20	
FONDO		1.5	0.10	100.0	0.0			
		1500	100.0					

Fuente: Propia

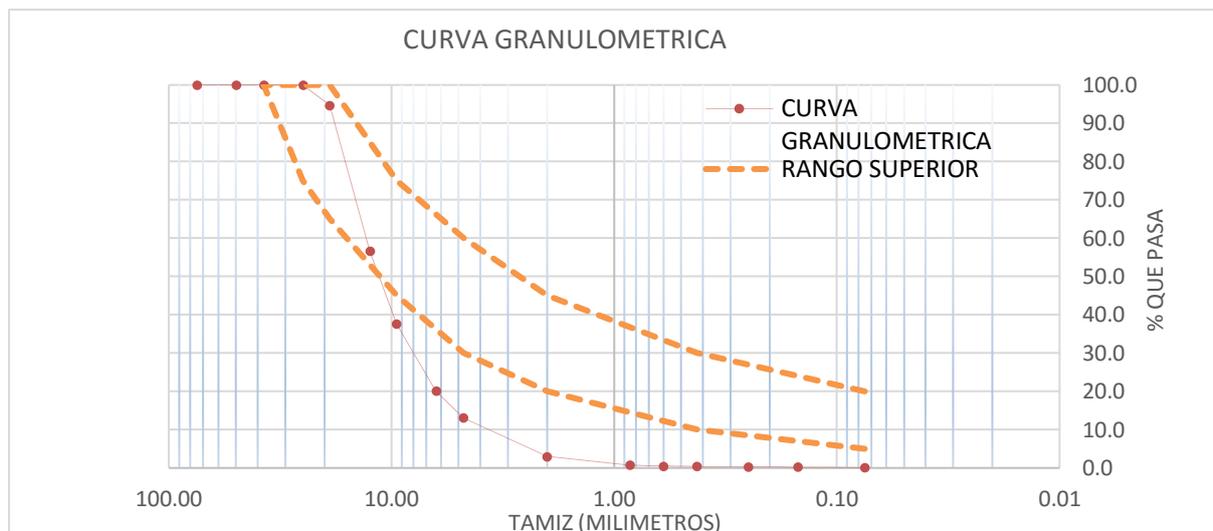


Figura 28: Curva Granulométrico de la carpeta material reciclada

Fuente: Propia

Como se observa en la figura de la granulometría para mezclas asfálticas en frío, nos indica que el material para entrar en los rangos de la mezcla este debe ser mezclado con agregados vírgenes, según la figura y el ensayo granulométrico necesita equilibrar los agregados finos.

2.6.6 Evaluación del Análisis granulométrico del pavimento flexible reciclado más el agregado virgen de la cantera La Gloria

Los análisis son trabajados con los materiales pasantes.

El análisis realizado es para compensar los agregados pétreos con el fin de que estas tengan un buen comportamiento en le mezcla asfálticas en frío según la EG-2013.

Tabla 21: evaluación granulométrica del material reciclado para una mezcla en frío

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PARA MEZCLA EN FRIO

NORMA ASTM D2172 / MTC E 502 - ASTM D422

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Q' PASA RAP	% Q' PASA FINA	MEZCLA 50%RAP +50% FINO	TOTAL	ESPECIF. "EN FRIO IN SITU"		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	100.0			100.0			MUESTRA : ANALISIS GRANULOMETRICO
2"	50.000	100.0			100.0			DEL PAVIMENTO RECICLADO MAS
1 1/2"	37.500	100.0			100.0	100	100	AGREGADOS VIRGENES DE LA CANTERA
1"	25.000	100.0			100.0	75	100	LA GLORIA
3/4"	19.000	94.7			94.7	65	100	
3/8"	9.500	37.6	100.0	68.8	68.8	45	75	
Nº4	4.750	13.1	97.9	55.5	55.5	30	60	
Nº10	2.000	3.0	69.8	36.4	36.4	20	45	
Nº40	0.425	0.4	27.2	13.8	13.8	10	30	
Nº200	0.075	0.1	10.3	5.2	5.2	5	20	
FONDO		0.0						

Fuente: Propia

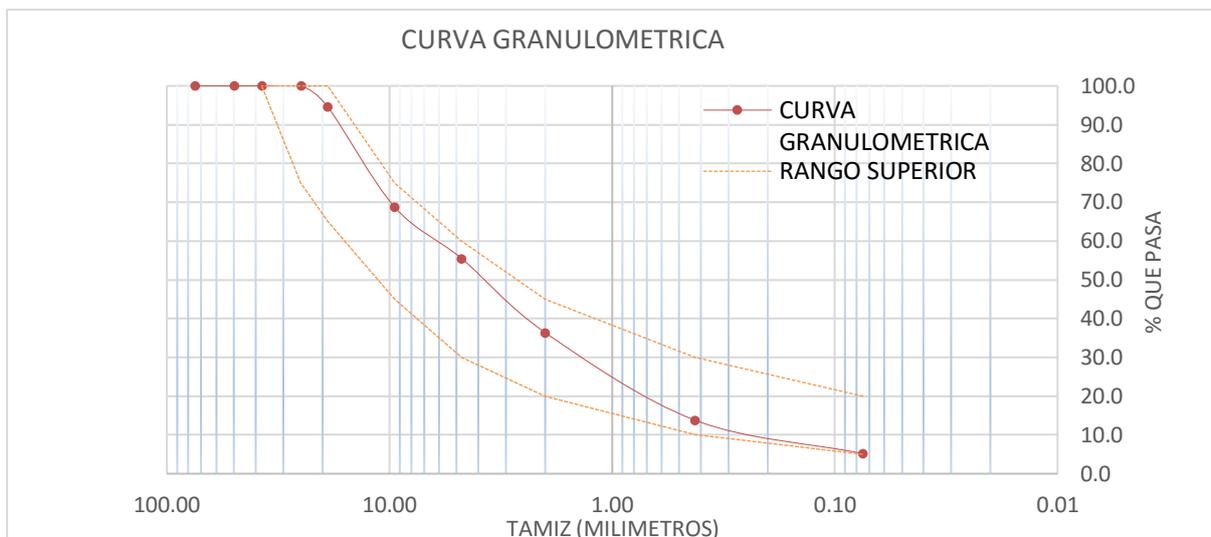


Figura 29: Curva granulométrica corregida del material reciclado

Fuente: Propia

La figura 29 es el resultado de la combinación del material reciclado asfáltico (RAP) más el agregado virgen (Fino).

2.6.7 Contenido de emulsión tentativa para la mezcla asfáltica

La emulsión a usar para este proyecto es CSS-1H, es una emulsión catiónica súper estable, o emulsión de rotura lenta, la selección de esta emulsión se debe a que presenta un mejor comportamiento con los materiales finos. La emulsión CSS-1H escogida contiene un 61% de mezcla asfáltica.

Cantidad aproximada de emulsión

El contenido de emulsión será calculado de forma teórica mediante la fórmula:

$$\%E = ((0.07 \times B) + (0.03 \times C)) \times 100/A$$

%E: porcentaje de emulsión

A: contenido de residuo asfáltico en la emulsión CSS-1H (ensayo laboratorio o referencial)

B: % que pasa la malla N° 4

C: 100 – B % retenido en la malla N° 4

Utilizando la fórmula para obtener % de emulsión a aplicar para nuestro proyecto:

A: 61%

B: 55.5 %

C: 45.5%

$$\%E = ((0.07 \times 55.5) + (0.03 \times 45.5)) \times 100/61$$

$$\% E = 6.9 \approx 7 \%$$

Los rangos de para contener la emulsión optima varia en 1%. Indicando que nuestra variación será en $6\% < 7\% < 8\%$ respectivamente, se recuerda que estos porcentajes de emulsión son tentativos, ya que solo sirven de referencia para obtener el contenido óptimo de emulsión, para nuestro caso al realizar una solo una briqueta para el ensayo respectivo se tomó el valor de 9% con fines de una mezcla óptima.

2.6.8 Ensayo de recubrimiento

Consistió en tomar 3 muestras de 100 gr de la nueva dosificación, la cuales se le agrego agua entre los 2.5, 3 y 3.5 % respectivamente. En nuestra calibración para ensayo de estabilidad – flujo Marshall, se tomó una mezcla que comprende 50% de material reciclado más 49% de agregado fino virgen, se le adicono 1% de cemento y por último se le agrego la emulsión cuyo contenido optimo es de 9%.

Toda la calibración anterior se mezcló manualmente en un recipiente hasta obtener una buena dispersión en la totalidad de la mezcla. Luego del mezclado se pasó a colocar sobre una superficie limpia y plana el mezclado a fin de estimar visualmente el grado de recubrimiento.

2.6.9 Ensayo de adherencia

Consiste en tomar las muestras del ensayo de recubrimiento, la idea es obtener el pesaje del material adherido a los agregados, en nuestro caso:

Tabla 22: Ensayo de Adherencia

% agua	Peso inicial (gr)	peso final (gr)	% adherencia
2.5	100	98.20	98.20
3	100	98.50	98.50
3.5	100	99.20	99.20

Fuente: propia

2.6.10 Ensayo de Estabilidad - flujo Marshall

El ensayo se realizó con dos muestras, según el EG-2013- Manual de carreteras – especificaciones técnicas generales para construcción.

El ensayo se realizó para una mezcla en frio con una calibración propuesta, se tomó las muestras para luego conformar las briquetas, posterior se realizó la compactación con 50 golpes por cara, además se realizó el curado a temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas.

Tabla 23: Resultado de ensayo estabilidad y flujo Marshall para mezcla en frío con emulsión

ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL ASTM D 6927 / AASHTO T245			
BRIQUETA N°	ESTABILIDAD (Kg.)	FLUJO (0.01")	FLUJO (mm)
1	930	26	6.50
2	844	22	5.50

El documento se encuentra en el anexo 125

Según los resultados de estabilidad se puede decir que la mezcla está dentro de los criterios para el diseño de mezcla en frío – emulsiones asfálticas mostradas en el cuadro 13, sin embargo, el flujo indica que la mezcla presenta mucha flexibilidad.

2.6.11 Equipo y personal para la colocación de la carpeta asfáltica

El equipo a usar para la propuesta técnica de aplicación de pavimento flexible reciclado será:

- Barredora mecánica 10 – 20 HP
- Cargador de ruedas 200 HP
- Fresadora 565 HP
- Pavimentadora sobre orugas 105 HP
- Rodillo vibratorio liso autopropulsado 101 – 135 HP
- Rodillo Neumático autopropulsado 81 – 100 HP 5.5 – 20 tn
- Camión cisterna 4 x 122 HP 1500 GAL
- Volquete 6 x 4 330 HP 15m³
- Herramientas Manuales

El personal a intervenir para la propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado.

- 1 técnico de pavimentos
- 1 operador de mezcladora
- 2 peones encargados de abastecer el material reciclado
- 1 peón encargado de abastecer el agua
- 1 peón encargado de abastecer emulsión
- 1 operador de cargador frontal
- 1 operador de rodillo liso y rodillo neumático
- 1 operador de fresadora

2.6.12 El proceso de colocación de la propuesta técnica de aplicación

- Al contar la vía con 2 carriles se propone realizar los trabajos cerrando 1 solo carril por cada avance de obra a fin de no incomodar con el tránsito vehicular, además se debe contar con las señales preventivas correctamente.
- Se realizará el fresado de la carpeta asfáltica con una fresadora 565 HP, el fresado se hará a una profundidad de 1”.
- Luego del fresado se realizará la limpieza de la superficie de la vía con una barredora mecánica 10 – 20 HP.
- Se colocará una imprimación asfáltica a fin de tener un a adhesión entre la base asfáltica y la nueva mezcla asfáltica.
- El material fresado será transportado a través de un volquete 6 x 4 330HP 15 m3, según la elección tomada para realizar el mezclado en frío (la producción de la mezcla puede ser in si-tu o en planta fija).
- La mezcla será puesta en obra mediante una pavimentadora sobre orugas 105 HP a fin de tener un mejor esparcido del material, la mezcla buscará reestablecer el espesor de 2” como menciona el expediente técnico.
- Se deberá tener en consideración el contenido óptimo del agua en la compactación, esta se realiza con rodillo vibratorio liso.
- Posterior se realizará la compactación, la compactación se realizará un rodillo vibratorio liso autopulsado 101 – 135 HP y con el rodillo neumático autopulsado a fin de compactar la capa superficial del pavimento, esta ayuda la eliminación del agua y cierra las superficies porosas de la capa.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El presente trabajo de investigación usa el método científico con un enfoque cuantitativo, en razón a que los datos obtenidos están basados en valores numéricos y que estas son susceptibles a interpretación, los datos obtenidos son sometidas a un análisis y ensayos que permitirán establecer la metodología y diseño adecuado para la aplicación de pavimento flexible reciclado en la rehabilitación de la av. Víctor Malásquez.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada, porque busca aplicar los conocimientos que se adquieren para luego ser plasmado en la práctica, la investigación aplicada es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador por lo que se utiliza la investigación para dar respuestas a preguntas específicas. Para nuestro caso es “LA PROPUESTA TECNICA DE APLICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO PARA REHABILITACION VIAL – PACHACAMAC”

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo - explicativo, porque ayudara a plantear el hecho más relevante de la investigación a través de la acumulación y procesamiento de datos, estos niveles ayudan a buscar la explicación de las causas que generaron el tema de estudio.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño es no experimental por que la investigación no altera y ni manipulas las variables, es decir que la investigación se realiza tal y como se dan su contexto natural, para luego ser analizado e interpretado.

3.5 Población y muestra

- Población:

La población de estudio para la siguiente investigación es la Av. Víctor Malásquez que tiene una longitud de 15 km + 483.00 m esta se encuentra ubicada en el distrito de Pachacamac en la zona 5 (Manchay).

- Muestra

El tipo de muestreo es no aleatorio, para la muestra se delimito un área de 250 m² comprendida entre los km 5 + 030 – km 5 + 080 de la av. Víctor Malásquez.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos para esta investigación se utiliza técnicas de campos, documentos y ensayo de laboratorio, estas técnicas nos ayudaran a entender los procedimientos teóricos y prácticos para la obtención de resultados.

Inspección visual del área delimitada: Esta técnica consiste en recolectar información básica a través de una visualización rápida, para nuestro caso se hizo una inspección visual del área, de esta manera se pudo delimitar nuestra área de investigación, y además al ya tener delimitada el área se procederá a tomar datos de campos para su evaluación correspondiente. Para nuestro proyecto de investigación que se centra en el área de transporte y urbanismo se delimito un área de 250 m² de la avenida Víctor Malásquez, en este caso se estudiara el estado del pavimento de dicha avenida con el fin de evaluarlo y proponer alternativas solución.



Figura 30: Estado Actual del Pavimento de la Av. Víctor Malásquez

Fuente: Propia

Mediante la inspección visual En la figura 23 se puede observar el estado actual de la estructura del pavimento de la av. Víctor Malásquez.

- **Trabajo de campos:** Para este caso se tomará información mediante una observación del área delimitada y planilla de evaluación de campo (ver anexos), en esta etapa se buscará observar y evaluar las principales fallas por la cuales la estructura del pavimento de la avenida Víctor Malásquez necesita de una solución de mantenimiento.

FICHA DE EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Victor Melasquez
 Longitud del tramo: 200 m
 Ubicación de falla: 1+00 km
 Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSION		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)			X			X
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACION						

CONDICIONES DE MANEJO		
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO	
BUENA ()	CONFORTABLE	
REGULAR ()	INCONFORTABLE	
MALA (x)	IRREGULAR	
PESIMA ()	PELIGROSO	
AREA AFECTADA		

Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de baches de forma continua, lo que indica que el pavimento se encuentra en mal estado

Figura 31: ficha de evaluación del pavimento flexible

Fuente: Propia

Para el trabajo de campo se realizó una ficha de evaluación del estado del pavimento para la av. Víctor Malásquez como se puede ver en la figura 24, la ficha consiste en evaluar las fallas, el nivel de severidad y la condición de servicio que brinda en el manejo. Las demás fichas de evaluación estarán ubicadas en Anexos.

- **Datos documentarios:** Con el fin de obtener datos que complemente el estudio de investigación de la avenida Víctor Malásquez se tomara en cuenta datos de investigaciones nacionales e internacionales que tenga el mismo fin en común y la misma alternativa de rehabilitación o mantenimiento, además se tomara él cuenta el expediente técnico para datos complementarios de información básica.
- **Trabajos de gabinete:** Para el trabajo de gabinete se tomará informaciones de campo y documentos que tengan el mismo fin en común, para este trabajo se realizara la evaluación del pavimento de la avenida Víctor Malásquez a través de la metodología llamada índice de condición del pavimento (PCI), además se realizara una dosificación teórica para que nos ayudara a complementar las características de los materiales influyente en esta propuesta técnica.
- **Ensayo de laboratorio:** a fin de tener un mejor entendimiento del comportamiento y características de los materiales empleados con el reciclaje de los pavimentos flexibles, se tomará en cuenta los ensayos más representativos que aporten al desarrollo de la tesis. Estos documentos se encuentran en los anexos.

Procesamiento de la información

- **proceso de evaluación del pavimento con el método (pci)**

Para nuestro trabajo de campo se delimito un área de 250 m², se realiza una evaluación con el método PCI Con los siguientes valores obtenidos de campo.

-grietas longitudinales de severidad media 10 m

-baches de severidad media 18 m²

Paso 1: Calculamos la densidad de la falla

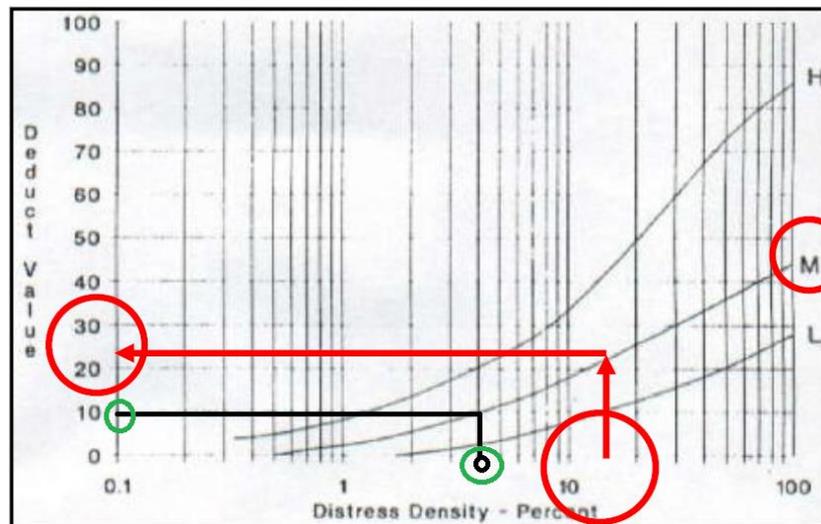
-grietas longitudinales 10m/ 250m²= 4%

-baches 18 m²/250 m² = 7.2%

Pasó 2: Deducir mediante los siguientes cuadros:

Grietas longitudinales (L) 4 % este porcentaje se debe ingresar en la tabla 6. Se puede obtener una deducción de 10%

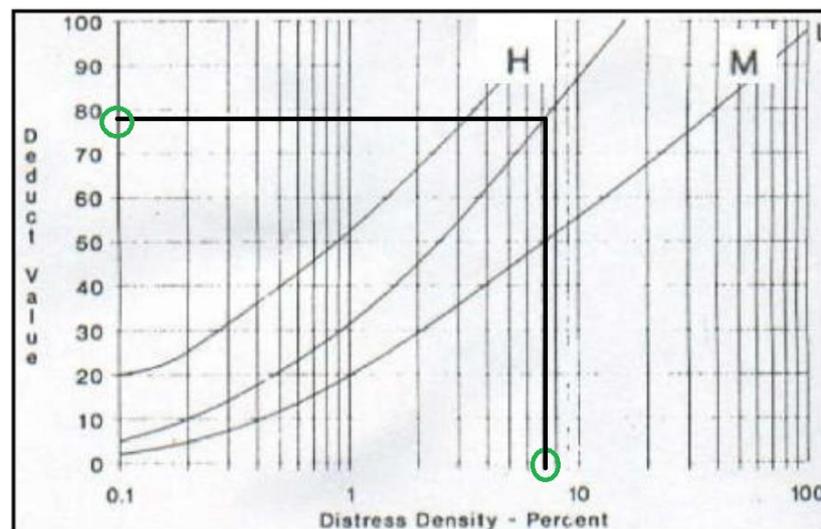
Tabla 24: evaluación deductiva Grietas longitudinales y Transversales



Fuente: Norma americana, ASTM D6433-07.

Baches (B) 7.2 % este porcentaje se debe ingresar en la tabla 7. Se puede obtener una deducción de 79%

Tabla 25: Evaluación deductiva de baches



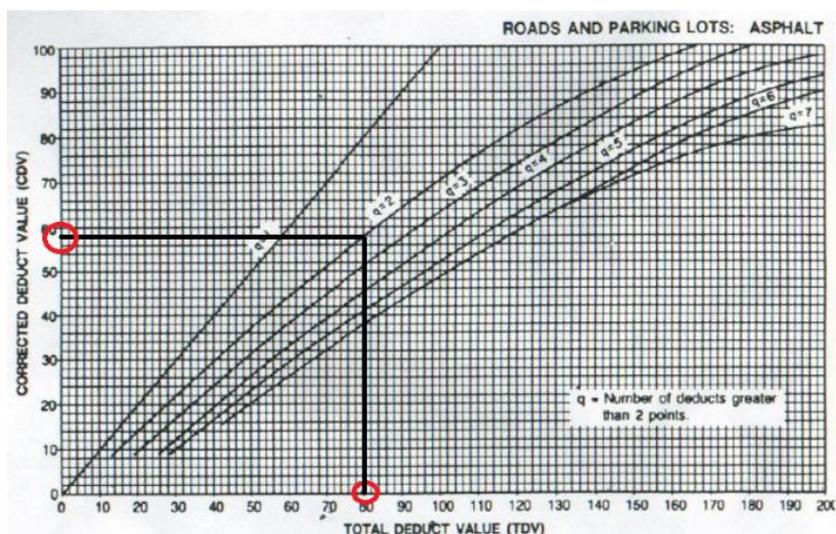
Fuente: Norma americana, ASTM D6433-07.

-paso 2, calculamos el m , $m=1+9/98(100-DM)$, donde el dm es la máxima deducción. Entonces el $DM = 79\%$, se obtiene un $DM= 2.92$

Paso 3, $m=2$ como solo tenemos 2 fallas se usarán las 2

-paso 4, aquí se empieza la primera iteración, se suman la “ m ” fallas: $(79+0.2)=80\%$. En la tabla 8 de DM vs DMC se calcula que para un $DM =84\%$ El $DMC =58\%$, con $q=2$

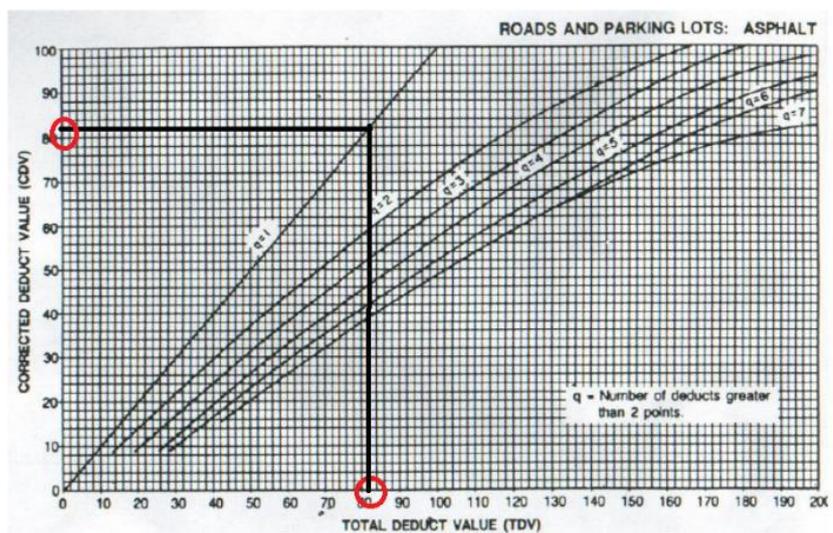
Tabla 26: DM vs DMC



Fuente: Norma americana, ASTM D6433-07.

Paso 5, segunda iteración, $79+2 = 81$ según la figura de DM vs DMC, = 82%

Tabla 27: DM vs DMC



Fuente: Norma americana, ASTM D6433-07.

Paso 6, $q=1$ DMC = 58%, $q=2$ DMC = 82% segunda iteración, $79+2 = 81$ según la figura de DM vs DMC, = 82%, se usará DMC = 50% por tema de investigación.

Entonces $PCI = 100 - 58 = 42\%$ indicando un pavimento en mal estado según el PCI. Y entra en un estado de rehabilitación, como muestra la tabla 4: Rango, clasificación e intervención del PCI.

3.7 Técnicas y análisis de datos

- **La inspección visual:** A través de la toma de foto se interpretará el estado de la vía de forma referencial.
- **El trabajo de campo:** Consistió una ficha de evaluación que permitió la observación y la obtención de las fallas que afectan al pavimento. Su análisis consiste en las mediciones de las fallas para poder procesarlo mediante iteraciones a través de ábacos de norma americana ASTM D6433-07.
- **Documentos:** Información bibliográfica fue la fuente que nos brindó información teórica y básica para poder interpretar la aplicación de pavimentos flexibles reciclados.
- **Ensayo de laboratorio:** En esta etapa se realizaron los ensayos más representativos, como determinar la gradación los materiales y una dosificación representativa para la propuesta del material reciclado.
- **Trabajo de Gabinete:** En esta etapa se utilizó la información recolectada del trabajo de campo, documentaria y ensayos de laboratorio, en esta etapa se realiza el procesamiento de información mediante software, Excel, Word, Paint y presupuestos.pe.

CAPITULO IV

RESULTADOS

1. Durante el trabajo de investigación de esta tesis se ha obtenido información favorable que contribuyen a los resultados de la aplicación de pavimentos flexibles reciclado en rehabilitaciones de vías, por lo que la propuesta para la rehabilitación de la av. Víctor Malásquez - Pachacamac utilizando pavimentos flexibles reciclado genera beneficios económicos, ambientales y técnicos con respecto a una rehabilitación convencional.
2. La evaluación del pavimento a través de la inspección visual y ficha técnica de evaluación de pavimento flexible conjuntamente sustentada con el PCI (índice de condición del pavimento) nos da una evaluación de 42%, lo que indica según la tabla 4: rango, clasificación e intervención del PCI, el actual pavimento requiere de una rehabilitación.
3. La rehabilitación para la av. Víctor Malásquez – Pachacamac, será a nivel de carpeta asfáltica, esto está sujeta a la interpretación de la inspección visual, a la ficha de evaluación, y al trabajo de gabinete de PCI. La rehabilitación considerada por ende requiere de un diseño de mezcla asfáltica, considerando los factores económicos, ambientales y técnicos se propone la aplicación de mezclas asfálticas en frio con emulsión.
4. Para la propuesta de rehabilitación de pavimentos flexibles reciclado con mezcla asfáltica en frio, se considera el mismo material de la vía, por lo que se realizó ensayos para determinar la cantidad de material reciclado que influirá en la rehabilitación. La dosificación respectiva para tener en consideración es de 50% pavimento reciclado, más 49% de material de Agregado fino, 1% de cemento tipo I, 9% de emulsión de rotura lenta CSS-1H y 3.5% de agua.
5. El costo de la propuesta comprende dos tipos proceso el de la elaboración de la mezcla, la mezcla propuesta es realizarlo en frio con emulsiones en una plata fija, el costo se realizó haciendo comparación entre una rehabilitación con mezcla asfáltica en caliente, llego a obtener un ahorro de caso s/.1200.00 esto representa un 10 %.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito proponer un sistema de rehabilitación no convencional, utilizando la carpeta asfáltica para el mejoramiento de la av. Víctor Malásquez, el pavimento flexible reciclado bajo el aprovechamiento hipotético del pavimento antiguo, busca determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de materiales reciclados. Todo esto busca motivar el uso de tecnologías nuevas para las obras de rehabilitación en vías o carreteras.

Para afirmar la hipótesis se realizaron ensayos de laboratorio tomando en cuenta normas de carreteras del EG-2013. Estos ensayos tuvieron como objetivo determinar la cantidad y características de los materiales en el pavimento reciclado, la dosificación próxima para obtener una mezcla óptima y estable, además a la hora del proceso constructivo los materiales del reciclaje estarán sujetas a los parámetros de control y de calidad.

En el desarrollo de la investigación se demostró que a través de la dosificación del 50% de material recuperado genera una gradación óptima para una mezcla en frío. En otros países como en Colombia el uso del material recuperado es hasta un 50%, Así lo sustenta la ingeniera Angélica A. Méndez Revollo en su tesis “Evaluación técnica y económica del uso del pavimento asfáltico reciclado (RAP) en vías colombianas”. Méndez también explica que en países como Estados Unidos y algunos de Europa usan pavimento reciclado hasta 80% de material recuperado.

A pesar de considerar un material recuperado en 50 % el pavimento flexible los ensayos brinda datos de estabilidad que están dentro de los parámetros de una mezcla asfáltica frío. La dosificación y los ensayos respectivos están sujetas al tipo de mezcla asfáltica seleccionada.

CONCLUSIONES

1. La aplicación del pavimento flexible reciclado en rehabilitaciones viales permite corregir las fallas superficiales y severas, mejorando la transitabilidad vehicular y peatonal, una de las características principales de este sistema de rehabilitación es que pueden llegar a tener un desempeño similar a un pavimento nuevo o al de una rehabilitación convencional.
2. Según los ensayos de granulometría del material reciclado, muestran que algunos tamices pasan el límite establecido, según la granulometría las mayores variaciones están el tamiz N° 4, por lo que es necesario combinar agregado fino, la calibración representativa para obtener una buena gradación y tomando como prioridad el material reciclado, se utilizara 50% pavimento reciclado, 49% de agregado fino y 1% cemento tipo I, el cemento ayuda a estabilizar la mezcla asfáltica.
3. Se consideró realizar la rehabilitación superficial según la evaluación del pavimento, por lo que se propuso utilizar una mezcla en frío con emulsión CSS-1H, teniendo en cuenta que este tipo mezcla toma como indicadores el impacto económico y ambiental en su proceso de elaboración, la dosificación propuesta de la emulsión es de 9% con un contenido de agua de 3.5 %. Según el ensayo de estabilidad de las briquetas arroja que para la mezcla en frío propuesta nos da un valor máximo de 930 kg.

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Pavimento Reciclado (50%) +
Arena Chancada (49%) +
Cemento (1%) + Emulsión (9%) + Agua (3.5%)

ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL ASTM D 6927 / AASHTO T245

BRIQUETA N°	ESTABILIDAD (Kg.)	FLUJO (0.01")	FLUJO (mm)
1	930	26	6.50
2	844	22	5.50

4. Para el proceso constructivo se consideró los factores técnicos y económicos, el factor técnico comprende obtener un proceso constructivo bueno y una mezcla optima y el factor económico el costo que necesitara realizar dicho proyecto. El desarrollo técnico

de la investigación se realizará en la av. Víctor Malásquez que tiene una longitud es un área determinada de 250 m² comprendida entre el km 5 +030 y km 5+080. Para la comparación económica se realizó para una aplicación de mezcla en frío y otra en caliente, la producción de ambas será realizadas en una planta fija. El presupuesto indica que para una mezcla en frío genera un ahorro del 10% con respecto a una mezcla en caliente, como se muestra a continuación.

PRESUPUESTO

PROYECTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN FRIO EN PLANTA
 CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI
 UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC
 FECHA BASE: 07-07-2018 MONEDA: NUEVOS SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL
1	OBRAS PROVISIONALES				2,000.00
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				1,625.00
2.1	DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")	M2	250.00	6.50	1,625.00
3	PAVIMENTOS				3,061.75
3.1	IMPRIMACION	M2	250.00	2.12	530.00
3.2	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA CON MARE EN FRIO	M3	12.50	202.54	2,531.75
4	TRANSPORTE				582.00
4.1	TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO	M3-KM	75.00	7.76	582.00
5	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				533.94
5.1	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.00	177.98	533.94
COSTO DIRECTO					7,802.69
GASTOS GENERALES 10%					780.27
UTILIDAD 10%					780.27
SUB TOTAL					9,363.23
IGV 18%					1,685.38
TOTAL PRESUPUESTO					11,048.61

PRESUPUESTO

PROYECTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE
 CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI
 UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC
 FECHA BASE: 08-07-2018 MONEDA: NUEVOS SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL
1	OBRAS PROVISIONALES				2,000.00
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
2	MOVIMIENTOS DE TIERRAS				1,625.00
2.1	DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")	M2	250.00	6.50	1,625.00
3	PAVIMENTOS				4,385.13
3.1	IMPRIMACION	M2	250.00	2.12	530.00
3.2	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE 2"	M3	12.50	308.41	3,855.13
4	TRANSPORTE				582.00
4.1	TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO	M3-KM	75.00	7.76	582.00
5	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				533.94
5.1	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.00	177.98	533.94
COSTO DIRECTO					9,126.07
GASTOS GENERALES 10%					912.61
UTILIDAD 10%					912.61
SUB TOTAL					10,951.29
IGV 18%					1,371.23
TOTAL PRESUPUESTO					12,322.52

RECOMENDACIONES

1. Es muy importante seguir con la investigación para este tipo de sistema de rehabilitación, la intención busca ganar la experiencia sobre el uso de pavimentos flexibles reciclado en rehabilitaciones viales, y una idea más centrada es poder brindar información de los diferentes usos que se le puede dar el material reciclado del pavimento en rehabilitaciones o reconstrucciones
2. Se recomienda la aplicación de pavimentos flexibles reciclado en los proyectos de conservación de vías, su aplicación comprende la preservación de recursos renovables no renovables y un menor costo de ejecución.
3. El tema está centrado para una rehabilitación superficial con mezclas en frío con emulsión. Por lo que si se considerara una rehabilitación estructural se recomienda realizar el estudio de tráfico, las pruebas para determinar el Mr (módulo resiliente) y el CBR y otros datos que influyan en el resultado de la rehabilitación de las capas.
4. Se recomienda aplicar emulsiones asfálticas catiónicas de rotura lenta en mezclas en frío dada a la gran versatilidad que presenta, como la facilidad de trabajarlo a temperaturas desfavorables y ambientes. Además, se recomienda emplear emulsiones con polímeros para zonas de altura.
5. Se recomienda que para las evaluaciones de los pavimentos se usen técnicas manuales y sistematizadas que ayuden a determinar el estado superficial y estructural del pavimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fernandez Larrauri , V. C. (2012). *Reciclado en Frio de Pavimento flexibles, con el Uso de Emulsiones Asfálticas Cationicas*. Tesis.
2. Camacho Plata, H. (2014). *Estudio sobre Pavimentos Reciclados como alternativa económica y ambiental en las futuras obras del País*. Tesis.
3. Fano Descalzi, J. C., & Chávez Céspedes, M. (2017). *Diseño Estructural de un Pavimento Basico Reciclado y Mejorado con Cemento Portland para Diferentes Dosificaciones en el Proyecto de Conservacion via de Huancavelica*. Tesis.
4. Humpiri Pineda, K. (2015). *Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para el Mantenimiento de vías en la región Puno*. Tesis.
5. Mendez Revollo. (2015). *Evaluacion Tecnica y Economica del Uso de Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) en Vias Colombianas*.
6. Miranda Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioro en Pavimentos Flexibles y Rígidos*. Tesis.
7. Restrepo Sierra, H. A., & Stephens Zapta , S. A. (2015). *Estudio de la Ventajas Economicas del Reciclaje en Frio in situ de pavimentos Asfálticos*. Tesis.
8. Rodriguez Mineros, C. E., & Rodriguez Molina, J. A. (2004). *Evaluación y Rehabilitación de pavimentos por el Método de Reciclaje*.
9. Yangali Limaco, G. O. (2015). *Influencia del uso de carpeta asfáltica reciclada en las propiedades físico - mecánicas de diseño, para rehabilitacion de pavimento flexible*. Tesis.
10. Manual de Carreteras EG-2013 MTC- *Especificaciones técnicas Generales*
11. Manual de carreteras EG-2013 MTC - *Conservación vial*
12. Manual de Carretera EG - 2013 MTC - *suelos, geología geotecnia y pavimentos*.

ANEXO

Anexo N° 1: Matriz de Consistencia.

Anexo N° 2: Ficha de Evaluación Técnica del Pavimento Flexible.

Anexo N° 3: Ábacos de Evaluación del pavimento con el PCI.

Anexo N° 4: Análisis de la Calidad del Material Reciclado.

Anexo N° 5: Análisis de la Calidad de Material de Cantera La Gloria.

Anexo N° 6: Presupuesto para Mezcla Asfáltica en Frio y Caliente.

Anexo N° 7: Reporte de Ensayo del Material Asfáltico Reciclado.

Anexo N° 8: Reporte de Ensayo del Lavado Asfáltico del Material Reciclado.

Anexo N° 9: Reporte de Ensayo de Estabilidad Marshall.

Anexo N° 10: Planos

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "PROPUESTA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO PARA REHABILITACION VIAL, PACHACAMAC"

AUTOR: Bach. PaccorijMori Franklin Luis

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿En qué medida mejora el uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Melasquez.?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) ¿De qué manera la evaluación de fallas influye en la propuesta técnica de aplicación de pavimentos flexible reciclado en la rehabilitación vial?</p> <p>b) ¿Cuál sería el tipo de aplicación del pavimento flexible reciclado para la rehabilitación vial?</p> <p>c) ¿De qué manera la aplicación de pavimentos flexible reciclado disminuye los costos en la rehabilitación vial?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar la mejora del uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Melasquez.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Determinar la influencia de la evaluación de fallas en la propuesta técnica del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.</p> <p>b) Determinar el tipo de aplicación del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.</p> <p>c) Determinar el costo de rehabilitación de la aplicación de pavimentos flexible reciclado con respecto a una rehabilitación tradicional.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>Utilizando el pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial se mejora la circulación de vehículos y peatones de la av. Víctor Melasquez.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICA:</p> <p>a) La evaluación de fallas influye significativamente en la propuesta técnica del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial.</p> <p>b) Las características del pavimento flexible reciclado influye en la propuesta técnica de rehabilitación.</p> <p>c) La propuesta técnica de aplicación de pavimento flexible reciclado es más económico con respecto a una rehabilitación tradicional.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>X: Aplicación de pavimento flexible reciclado</p> <p>X1: tipo.</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Y: Rehabilitación vial</p> <p>Y1: fallas superficiales</p> <p>Y2: fallas estructurales</p> <p>Y3: costo</p> <p>Fuente: insitu – estudio de campo</p>	<p>Diseño Metodológico:</p> <p>- Método de Investigación: Científico con un enfoque Cuantitativo</p> <p>- Tipo de investigación: Es Aplicada</p> <p>- Nivel de investigación: Descriptivo-Explicativo</p> <p>- Diseño de investigación: No Experimental</p> <p>Población: Av. Víctor Melasquez. 15km +483.00</p> <p>Muestra: El tipo de muestreo es no aleatorio, la muestra es 250 m2 entre los km 5 + 0.30 y 5+0.80.</p> <p>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos En el siguiente trabajo de investigación se usará análisis estadístico. Las documentales, (las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo). Las no documentadas (las fichas de evaluación). Los ensayos de laboratorio.</p> <p>Procesamiento de la Información Luego de obtener los datos documentales y no documentales se procede procesar la información, con el apoyo de las hojas de cálculo Excel 2016, Word 2016, Power Point, Auto CAD y presupuesto .pe</p>

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+ 030 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)		X			X	
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA ()	CONFORTABLE
REGULAR ()	INCONFORTABLE
MALA (X)	IRREGULAR
PÉSIMA ()	PELIGROSO
ÁREA AFECTADA	1.5 M2



Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de baches peladuras y fisuras longitudinales.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+035 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)		X		X		
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA (X)	CONFORTABLE
REGULAR ()	INCONFORTABLE
MALA ()	IRREGULAR
PESIMA ()	PELIGROSO
AREA AFECTADA	3 M

Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de baches de forma continua, lo que indica que el pavimento se encuentra en mal estado

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+035 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS	X			X		
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA (X)	CONFORTABLE
REGULAR ()	INCONFORTABLE
MALA ()	IRREGULAR
PÉSIMA ()	PELIGROSO
ÁREA AFECTADA	



Descripción de observación: se puede ver que el área analizada, se ve una variación de altura con respecto al nivel de carpeta asfáltica.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+040 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSION		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO		X		X		
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA ()	CONFORTABLE
REGULAR ()	INCONFORTABLE
MALA (X)	IRREGULAR
PÉSIMA ()	PELIGROSO
ÁREA AFECTADA	1 M2



Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de desprendimiento de capa asfáltica.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 4 + 045 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO	X			X		
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA ()	CONFORTABLE
REGULAR (X)	INCONFORTABLE
MALA ()	IRREGULAR
PÉSIMA ()	PELIGROSO
ÁREA AFECTADA	0.5M2



Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de desprendimiento y desgaste superficial de carpeta asfáltica.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+0.50 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES	X			X		
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO		
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO	
BUENA (X)	CONFORTABLE	
REGULAR ()	INCONFORTABLE	
MALA ()	IRREGULAR	
PÉSIMA ()	PELIGROSO	
ÁREA AFECTADA	3 M	

Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla Longitudinal leve

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+055 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO						
BACHES (HUECOS)		X		X		
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO	
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO
BUENA ()	CONFORTABLE
REGULAR ()	INCONFORTABLE
MALA (x)	IRREGULAR
PÉSIMA ()	PELIGROSO
ÁREA AFECTADA	4M2



Descripción de observación: se puede ver que el área presenta se ve que el desprendimiento del material ya llego al nivel de base granular

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+045 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES						
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO		X		X		
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO		
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO	
BUENA ()	CONFORTABLE	
REGULAR (X)	INCONFORTABLE	
MALA ()	IRREGULAR	
PÉSIMA ()	PELIGROSO	
ÁREA AFECTADA	2M2	

Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de desprendimiento y de desgaste carpeta asfáltica.

FICHA DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Nombre de la vía: Av. Víctor Malásquez

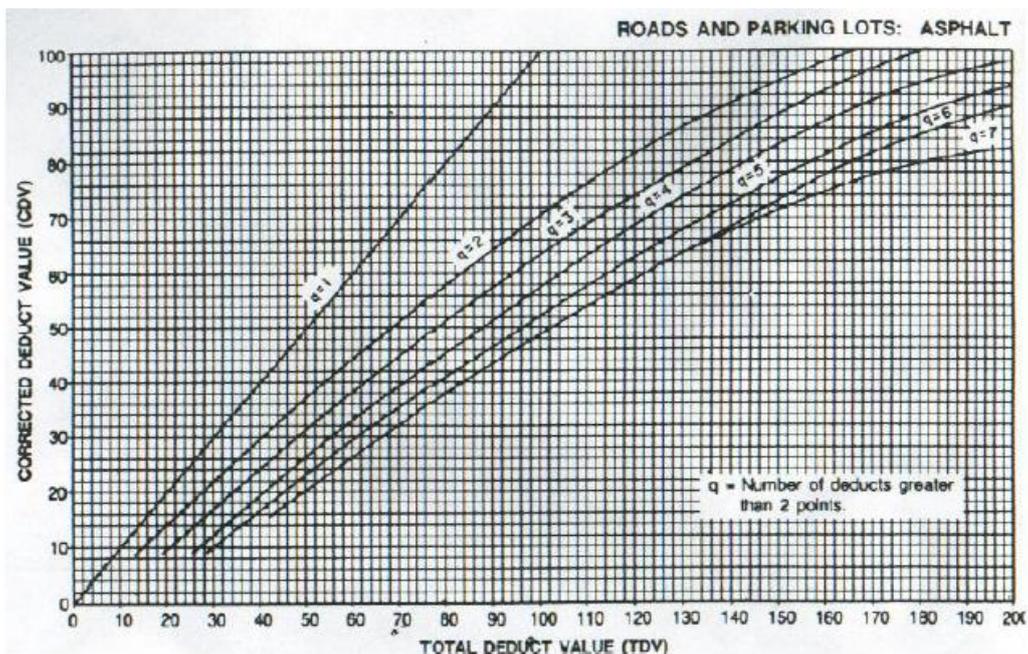
Longitud del tramo: 50 m Ubicación de falla: 5+060 km Clase de Vía: Metropolitana

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	SEVERIDAD			EXTENSIÓN		
	Baja	Medio	Alto	<20%	20%-50%	>50%
DEFICIENCIAS O FALLAS ESTRUCTURALES						
PIEL DE COCODRILO						
FISURAS LONGITUDINALES		X		X		
DEFORMACIONES						
AHUELLAMIENTOS						
REPARACIONES O PARCHADOS						
DEFICIENCIAS O FALLAS SUPERFICIALES						
PELADURA Y DESPRENDIMIENTO		X		X		
BACHES (HUECOS)						
FISURAS TRANSVERSALES						
EXUDACIÓN						

CONDICIONES DE MANEJO		
EXCELENTE ()	SUAVE Y PLACENTERO	
BUENA ()	CONFORTABLE	
REGULAR (X)	INCONFORTABLE	
MALA ()	IRREGULAR	
PÉSIMA ()	PELIGROSO	
ÁREA AFECTADA	3 M2	

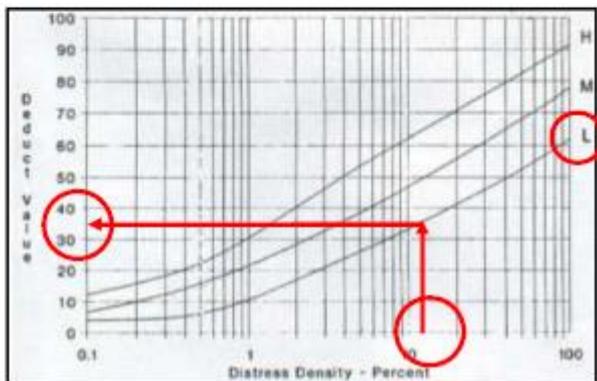
Descripción de observación: se puede ver que el área presenta falla de desprendimiento y fisuras longitudinales.

Ábacos para la evaluación de fallas del pavimento con el método PCI.

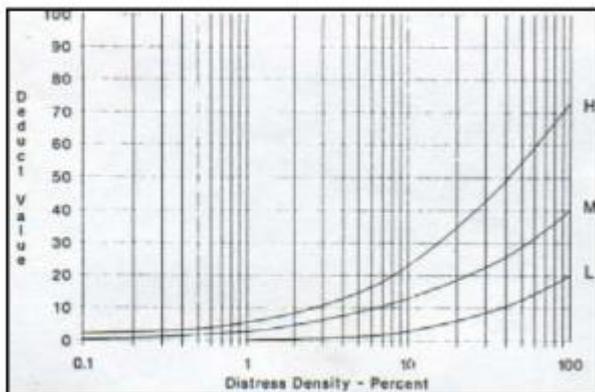


Curvas de valor deducido

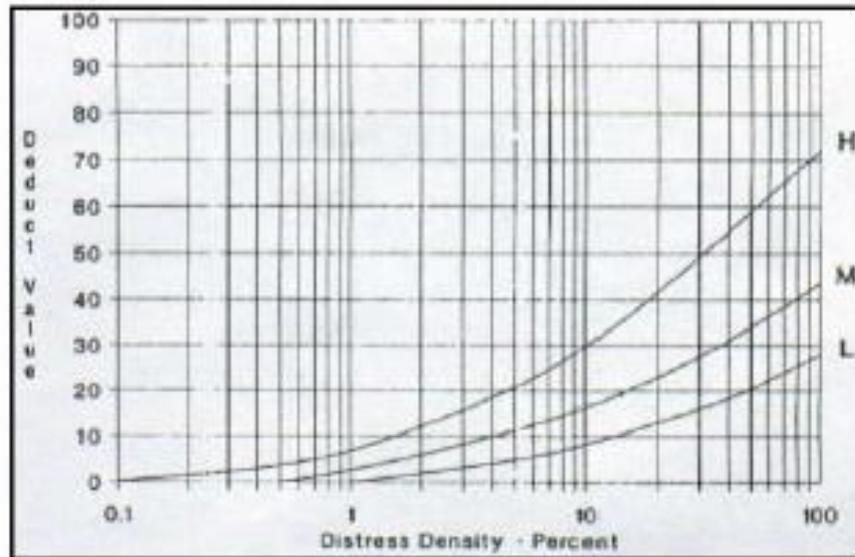
1. Piel de Cocodrilo



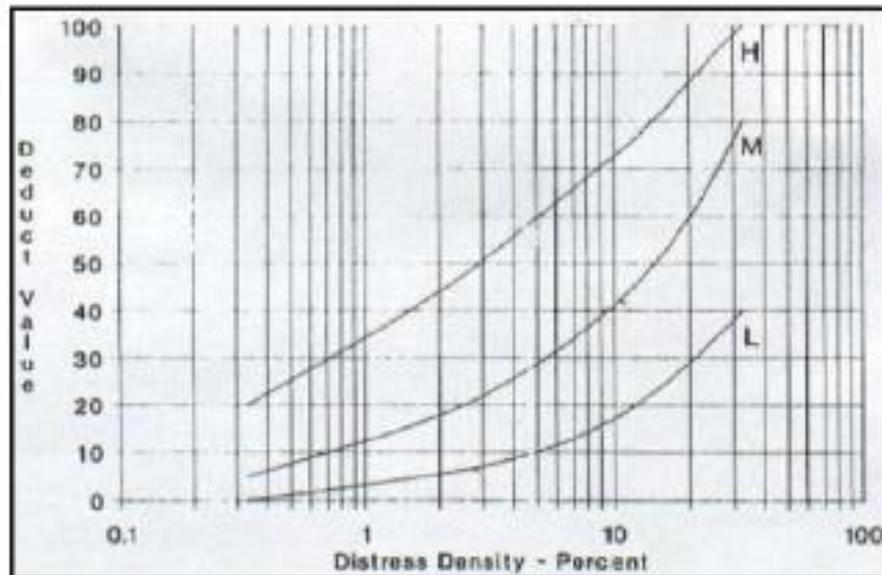
2. Exudación



3. Fisuras en bloque

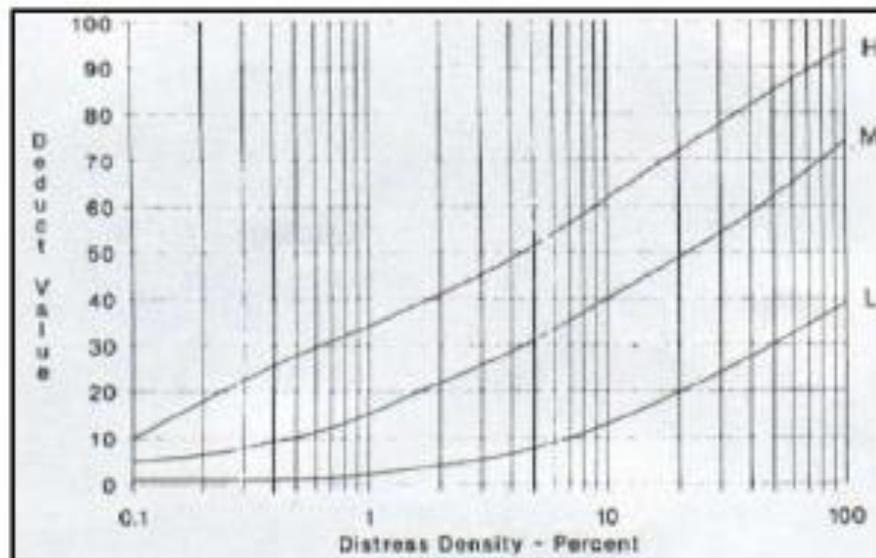


4. Abultamientos y hundimientos

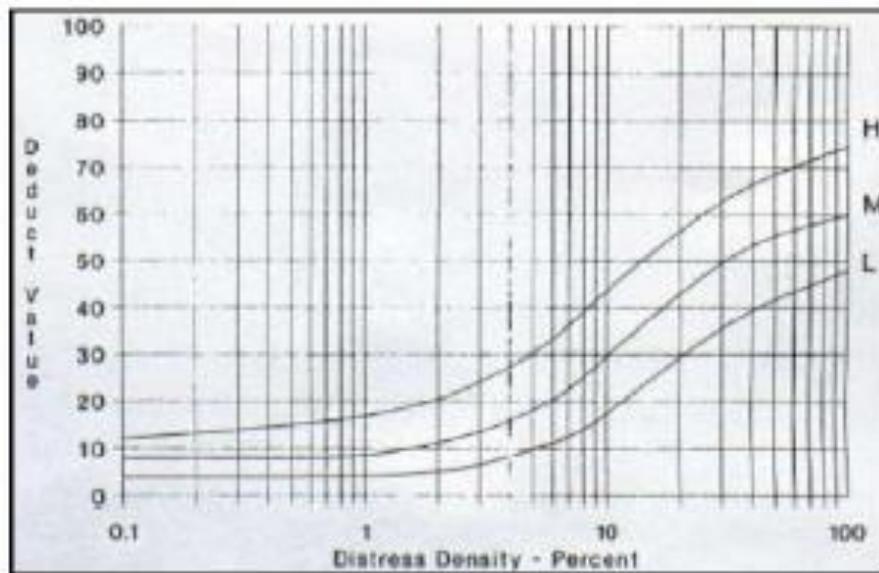


Ábacos que Ayudan a la interpretación e iteración respectiva, según el tipo de falla analizada

5. Corrugación



6. Depresión

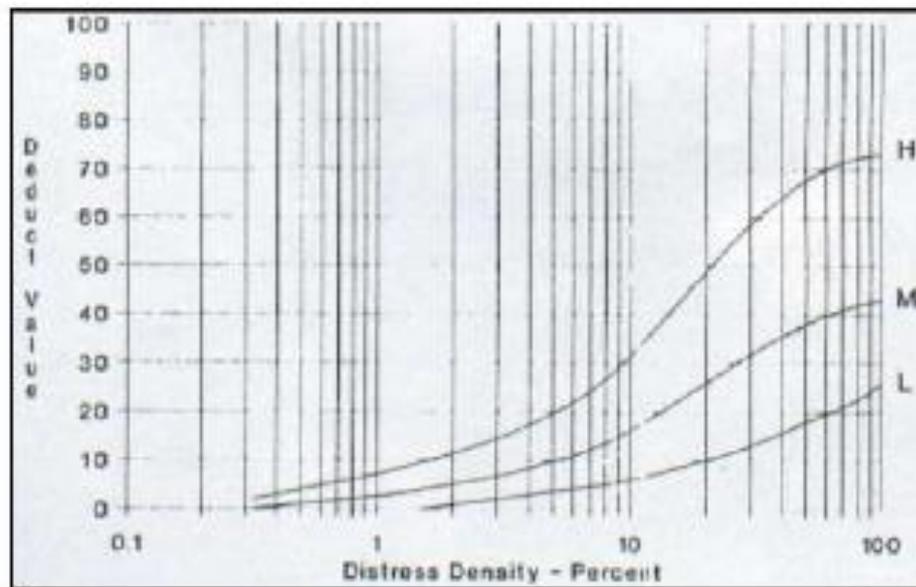


Ábacos que Ayudan a la interpretación e iteración respectiva, según el tipo de falla analizada

7. Fisuras de borde

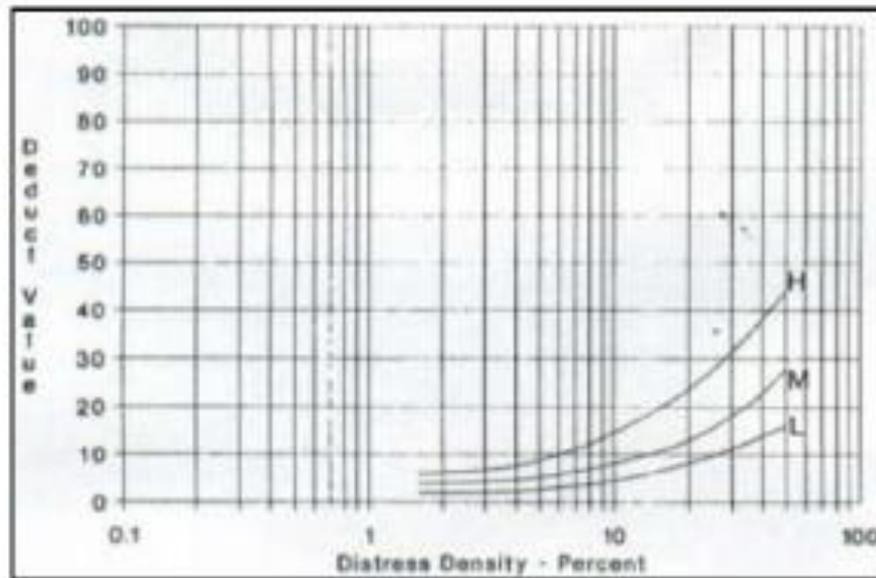


8. Fisuras de reflexión de junta

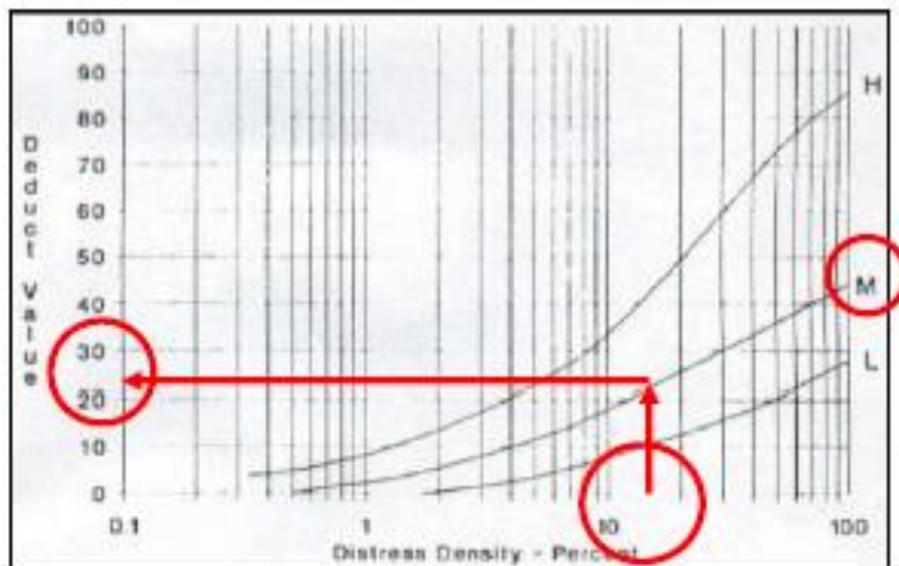


Ábacos que Ayudan a la interpretación e iteración respectiva, según el tipo de falla analizada

9. Desnivel carril - berma

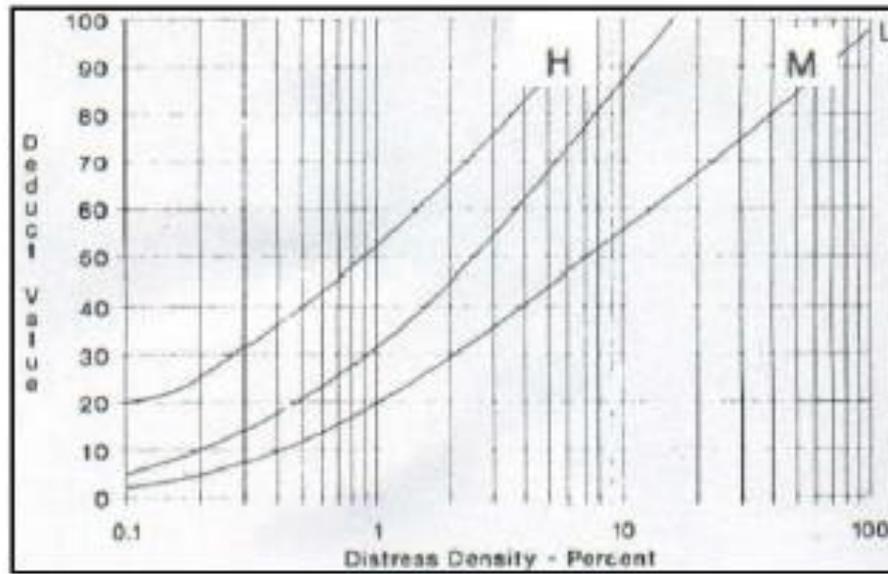


10. Fisuras longitudinales y transversales

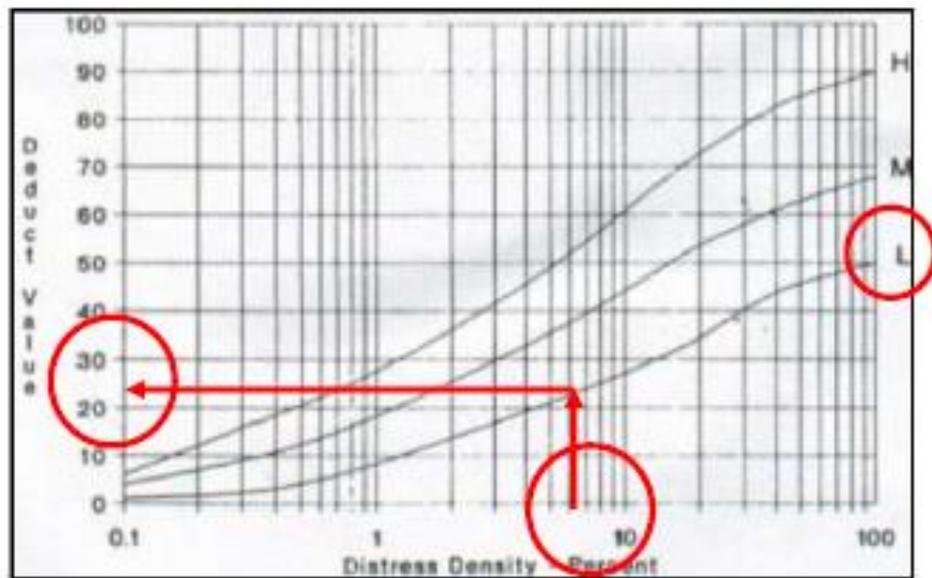


Ábacos que Ayudan a la interpretación e iteración respectiva, según el tipo de falla analizada

13. Baches



14. Ahuellamiento



Ábacos que Ayudan a la interpretación e iteración respectiva, según el tipo de falla analizada

PROYECTO : PROPUESTA TECNICA DE APLICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO PARA REHABILITACION VIAL - PACHACAMAC

LUGAR : LIMA,PACHACAMAC, MANCHAY- AV. VICTOR MELASQUEZ

SOLICITA : PACCORI MORI FRANKLIN LUIS

REFERENCIA: COMPARACION DE MATERIAL PASANTE PARA PAVIMENTO CON MEZCLA RECICLADA EN FRIO SEGÚN LA EG -2013

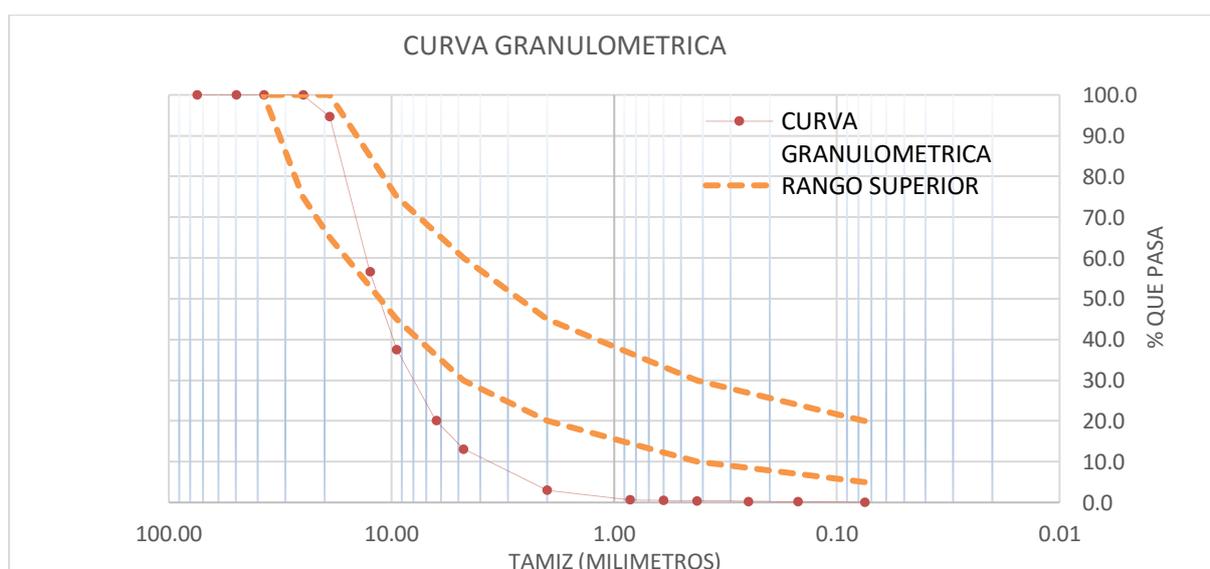
MUESTRA

TECNICO P.M.F.L.

FECHA 06/07/18

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PARA MEZCLAS EN FRIO NORMA ASTM D422

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q' PASA	ESPECIF.		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0			MUESTRA: ANALISIS GRANULOMETRICO
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			DE PAVIMENTO RECICLADO
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	CURVA GRANULOMETRICA PARA MEZCLA ASFALTICA EN FRIO
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	75	100	
3/4"	19.000	79.5	5.30	5.3	94.7	65	100	
1/2"	12.500	570.0	38.00	43.3	56.7			
3/8"	9.500	286.5	19.10	62.4	37.6	45	75	
1/4"	6.300	262.5	17.50	79.9	20.1			
N°4	4.750	105.0	7.00	86.9	13.1	30	60	
N°10	2.000	151.5	10.10	97.0	3.0	20	45	
N°20	0.850	34.5	2.30	99.3	0.7			
N°30	0.600	3.0	0.20	99.5	0.5			
N°40	0.425	1.5	0.10	99.6	0.4	10	30	
N°60	0.250	1.5	0.10	99.7	0.3			
N°100	0.150	1.5	0.10	99.8	0.2			
N°200	0.075	1.5	0.10	99.9	0.1	5	20	
FONDO		1.5	0.10	100.0	0.0			
		1500	100.0					



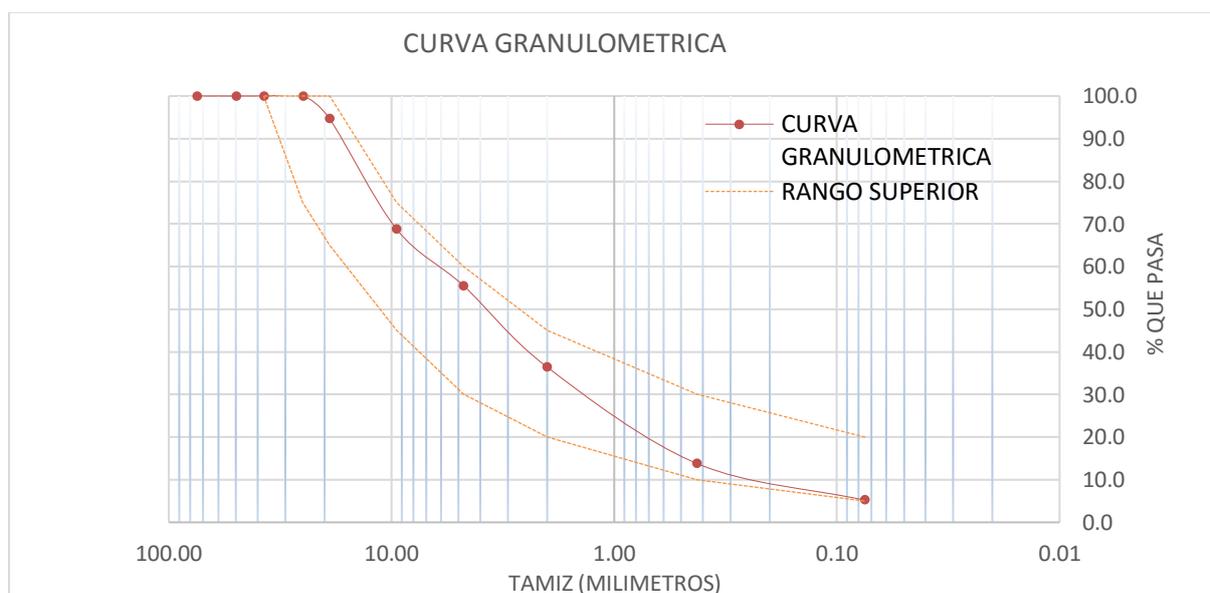
Se evalúa la gradación del material reciclado, además se realiza la curva granulométrica con respecto a los límites establecido para una mezcla asfáltica en frío. Según lo observado se puede decir que la variación estas en los agregados finos.

PROYECTO :	PROPUESTA TECNICA DE APLICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO PARA REHABILITACION VIAL - PACHACAMAC	MUESTRA :
LUGAR :	LIMA,PACHACAMAC, MANCHAY- AV. VICTOR MELASQUEZ	TECNICO : P.M.F.L.
SOLICITA :	PACCORI MORI FRANKLIN LUIS	FECHA : 06/07/18
REFERENCIA:	MEZCLA DE MATERIALES GRUESO Y FINO + MATERIAL RAP PARA PAVIMENTO CON MEZCLA RECICLADA EN FRIJO SEGÚN EG-2013	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PARA MEZCLA EN FRIJO

NORMA ASTM D2172 / MTC E 502 - ASTM D422

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% Q' PASA RAP	% Q' PASA FINA	MEZCLA 50%RAP +50% FINO	TOTAL	ESPECIF. "EN FRIJO IN SITU"		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	100.0			100.0			MUESTRA : ANALISIS GRANULOMETRICO
2"	50.000	100.0			100.0			DEL PAVIMENTO RECICLADO MAS
1 1/2"	37.500	100.0			100.0	100	100	AGREGADOS VIRGENES DE LA CANTERA
1"	25.000	100.0			100.0	75	100	LA GLORIA
3/4"	19.000	94.7			94.7	65	100	
3/8"	9.500	37.6	100.0	68.8	68.8	45	75	
N°4	4.750	13.1	97.9	55.5	55.5	30	60	
N°10	2.000	3.0	69.8	36.4	36.4	20	45	
N°40	0.425	0.4	27.2	13.8	13.8	10	30	
N°200	0.075	0.1	10.3	5.2	5.2	5	20	
FONDO		0.0						



Gradación compensada con material de agregado fino, la dosificación fue realizada con 50% de material reciclado y 49% de agregado fino + 1% de cemento.



T y R CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS
Control de Calidad - Laboratorio

REPORTE GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

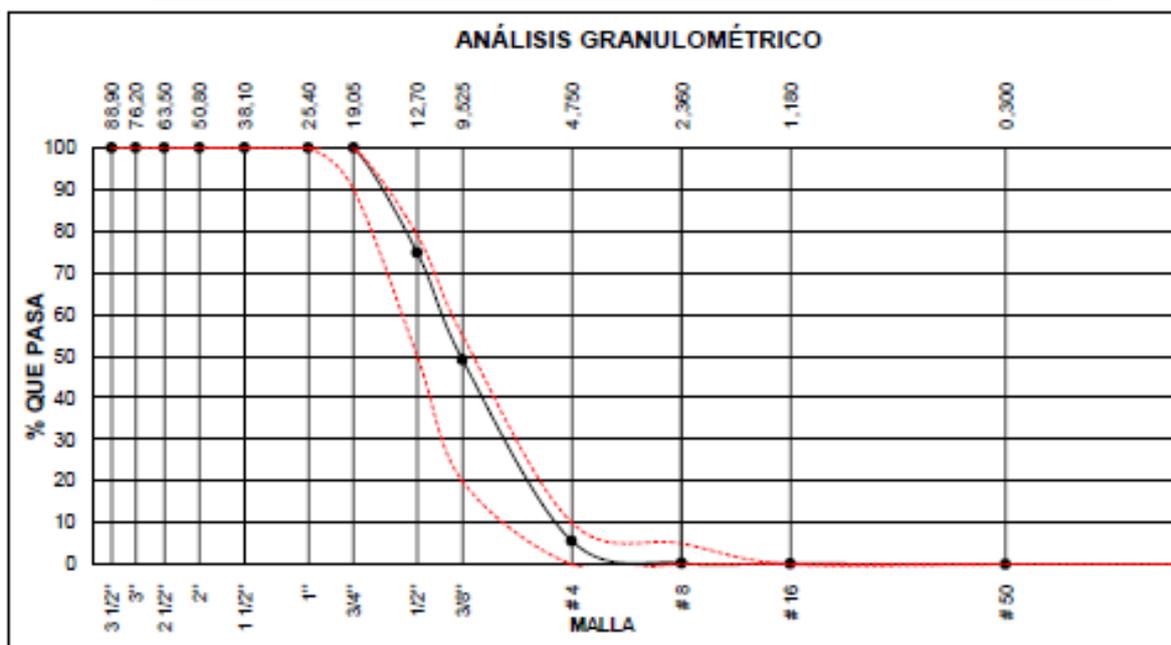
CANTERA: La Gloria

TECNICO: Cesar Junco B.

MUESTRA: Piedra - Huso 67 M-1

FECHA: 08/02/2017

AGREGADO GRUESO HUSO # 67						
Malla	Peso Rete.	% Retiene	% Ret.Acu.	% Pasa	"C" ASTM	"C" ASTM
3 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	0.00	0.0	0.0	100.0	90.0	100.0
1/2"	2472.00	25.2	25.2	74.8	50.0	79.0
3/8"	2519.00	25.7	50.8	49.2	20.0	55.0
# 4	4275.00	43.5	94.4	5.6	0.0	10.0
# 8	522.00	5.3	99.7	0.3	0.0	5.0
# 16	12.00	0.1	99.8	0.2	0.0	0.0
# 50	18.00	0.2	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0



Calidad de material grueso usado en las mezclas asfálticas, producidas por T y R Construcciones y servicios.



TYR Construcciones y Servicios S.A.C.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM C-136 - AASHTO T-27 MTC E-204

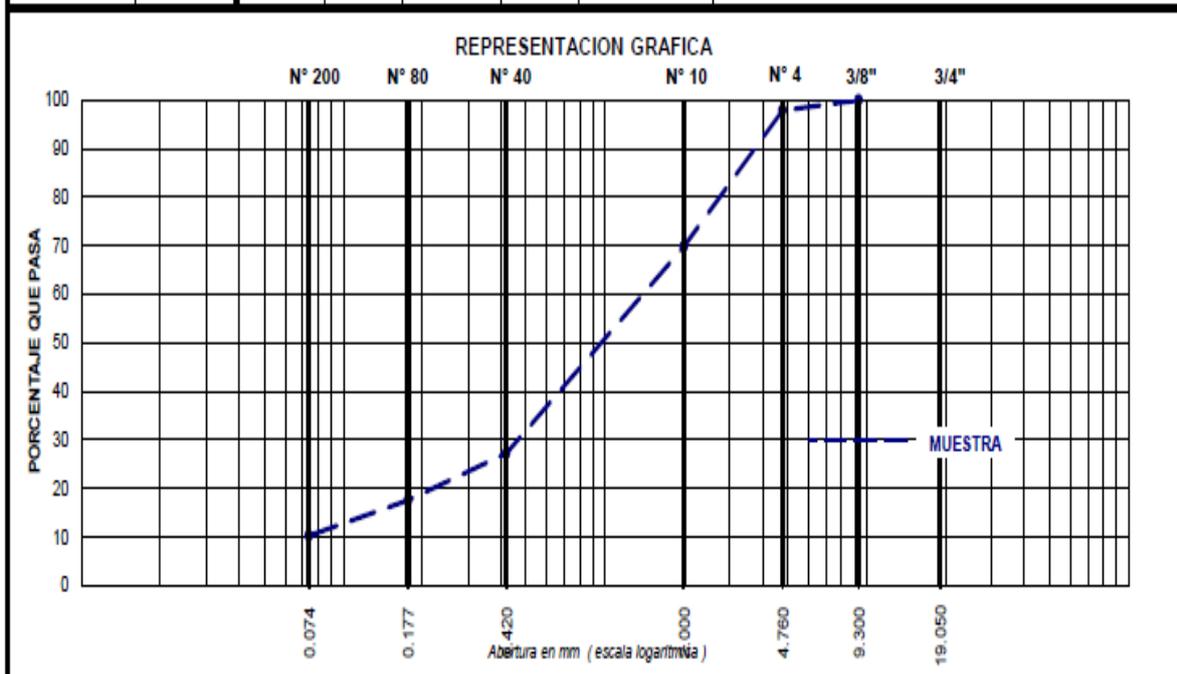
TYR CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S.A.C.

CANTERA : LA GLORIA
 UBICACIÓN : KM 14 + 800 DISTRITO DE ATE
 MUESTRA : ARENA PROCESADA
 FECHA : 08/02/2017

TECNICO : Cesar Junco B.

ARENA USO ASFALTO

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PORCENTAJE			ESPECIFICACION EMPIRICA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		TAMAÑO MAXIMO	1/2"
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400						HUMEDAD	1.1 %
3/4"	19.050						PSI:	869.9 gr
1/2"	12.700						PS	gr
3/8"	9.300	0.0	0.0	0.0	100.0			
Nº 4	4.760	18.2	2.1	2.1	97.9		> Nº 4:	2.1 %
Nº 10	2.000	244.3	28.1	30.2	69.8		FINOS:	10.3 %
Nº 40	0.420	370.5	42.6	72.8	27.2			
Nº 80	0.177	84.2	9.7	82.4	17.6			
Nº 200	0.074	63.2	7.3	89.7	10.3			
< 200	-	89.5	10.3	100.0				



Calidad de material grueso usado en las mezclas asfálticas, producidas por T y R Construcciones y servicios.

Presupuesto para el área delimitada en la investigación que son 250 m², la propuesta para dicha rehabilitación es reciclar el material para luego ser procesada en una planta fija, afín de tener una buena mezcla, la reposición consistirá en una capa 2” a fin de reponer el mismo espesor de pavimento.

PRESUPUESTO

PROYECTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN FRIO EN PLANTA

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 07-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL
1	OBRAS PROVISIONALES				2,000.00
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				1,625.00
2.1	DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")	M2	250.00	6.50	1,625.00
3	PAVIMENTOS				3,061.75
3.1	IMPRIMACION	M2	250.00	2.12	530.00
3.2	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA CON MARE EN FRIO	M3	12.50	202.54	2,531.75
4	TRANSPORTE				582.00
4.1	TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO	M3-KM	75.00	7.76	582.00
5	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				533.94
5.1	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.00	177.98	533.94
COSTO DIRECTO					7,802.69
GASTOS GENERALES 10%					780.27
UTILIDAD 10%					780.27
SUB TOTAL					9,363.23
IGV 18%					1,685.38
TOTAL PRESUPUESTO					11,048.61

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN FRIO EN PLANTA

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 07-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

1.1 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS						
Rendimiento: 1,000.00 GLB/DIA		Unidad: GLB		Precio Unitario: 2,000.00 x [GLB]		
Incumio	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
MOVILIZACION Y DEMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00	
					Materiales: 2,000.00	

2.1 DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")						
Rendimiento: 1,500.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Precio Unitario: 6.60 x [M2]		
Incumio	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
CAPATAZ	HH	0.50	0.0027	20.83	0.06	
OPERARIO	HH	2.00	0.0107	19.23	0.21	
PEON	HH	6.00	0.0320	14.33	0.46	
					Mano de obra: 0.73	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.73	0.04	
CARGADOR DE RUEDAS 220 HP	HM	1.00	0.0053	226.92	1.20	
FRESADORA 565 HP	HM	1.00	0.0053	853.93	4.53	
					Equipos: 6.77	

3.1 IMPRIMACION						
Rendimiento: 5,700.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Precio Unitario: 2.12 x [M2]		
Incumio	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	8.00	0.0112	14.33	0.16	
CAPATAZ	HH	1.00	0.0014	20.83	0.03	
CONTROLADOR	HH	1.00	0.0014	19.23	0.03	
					Mano de obra: 0.22	
ASFALTO LIQUIDO (0.30 X 0.85)	GAL		0.2255	4.87	1.10	
KERSONE INDUSTRIAL	GAL		0.0450	11.50	0.52	
					Materiales: 1.62	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP	HM	1.00	0.0014	40.00	0.06	
CAMION IMPRIMADOR 210 HP 1800GAL	HM	1.00	0.0014	80.00	0.11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.22	0.01	
TRACTOR DE TIRO 80 HP	HM	1.00	0.0014	74.38	0.10	
					Equipos: 0.28	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN FRIO EN PLANTA

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 07-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

3.2 REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA CON MARE EN FRIO						
Rendimiento: 250.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Precio Unitario: 202.64 x [M3]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parotal	
CAPATAZ	HH	0.50	0.0160	20.83	0.33	
OFICIAL	HH	2.00	0.0640	15.94	1.02	
PEON	HH	8.00	0.2560	14.33	3.67	
					Mano de obra: 6.02	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.02	0.25	
VOLQUETE 6X4 330HP 15M3	HM	5.00	0.1600	247.58	39.61	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP 5.5-20 TN	HM	1.00	0.0320	133.15	4.26	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO 101-135 HP	HM	1.00	0.0320	153.65	4.92	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105HP	HM	1.00	0.0320	135.96	4.35	
					Equipos: 63.39	
MATERIAL ASFALTICO RECICLADO EN FRIO CON EMULSION	M3		1.0000	144.13	144.13	
					Sub Partidas: 144.13	

4.1 TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO						
Rendimiento: 328.0000 M3-KM/DIA		Unidad: M3-KM		Precio Unitario: 7.78 x [M3-KM]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parotal	
OFICIAL	HH	0.55	0.0134	15.94	0.21	
					Mano de obra: 0.21	
PETROLEO DIESEL	GAL		0.1450	10.44	1.51	
					Materiales: 1.61	
VOLQUETE 6X4 330HP 15M3	HM	1.00	0.0244	247.58	6.04	
					Equipos: 6.04	

6.1 SEÑALES PREVENTIVAS						
Rendimiento: 4.0000 UND/DIA		Unidad: UND		Precio Unitario: 177.88 x [UND]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parotal	
CAPATAZ	HH	0.50	1.0000	20.83	20.83	
OPERARIO	HH	1.00	2.0000	19.23	38.46	
PEON	HH	1.00	2.0000	14.33	28.66	
					Mano de obra: 87.95	
SEÑAL PREVENTIVA	UND		1.0000	85.63	85.63	
					Materiales: 85.63	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	87.95	4.40	
					Equipos: 4.40	

SUB PARTIDAS - ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE RECICLADO EN FRIO EN PLANTA

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 07-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

MATERIAL ASFALTICO RECICLADO EN FRIO CON EMULSION						
Rendimiento: 500.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Precio Unitario: 144.13 x [M3]		
Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OPERARIO	HH	1.00	0.0160	19.23	0.31	
PEON	HH	6.00	0.0960	14.33	1.38	
					Mano de obra: 1.69	
MATERIAL ASFATICO RECUPERADO	M3		1.0000	7.80	7.80	
ARIDOS DE APORTE (ARENA GRUESA)	M3		0.0896	28.00	2.51	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		0.3162	17.50	5.53	
AGUA EN PRODUCCION ASFALTICA	GLN		14.2032	0.35	4.97	
EMULSION ASFALTICA CSS-1H (9%)	GLN		21.3048	5.50	117.18	
					Materiales: 137.99	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.69	0.08	
PLANTA DE ASFALTO	HM	1.00	0.0160	150.00	2.40	
CAMION CISTERNA AGUA 4X2 122 HP 1500 GAL	HM	1.00	0.0160	122.89	1.97	
					Equipos: 4.45	

PRESUPUESTO

PROYECTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 08-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL
1	OBRAS PROVISIONALES				2,000.00
1.1	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
2	MOVIMIENTOS DE TIERRAS				1,625.00
2.1	DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")	M2	250.00	6.50	1,625.00
3	PAVIMENTOS				4,385.13
3.1	IMPRIMACION	M2	250.00	2.12	530.00
3.2	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE 2"	M3	12.50	308.41	3,855.13
4	TRANSPORTE				582.00
4.1	TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO	M3-KM	75.00	7.76	582.00
5	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				533.94
5.1	SEÑALES PREVENTIVAS	UND	3.00	177.98	533.94
COSTO DIRECTO					9,126.07
GASTOS GENERALES 10%					912.61
UTILIDAD 10%					912.61
SUB TOTAL					10,951.29
IGV 18%					1,971.23
TOTAL PRESUPUESTO					12,922.52

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 08-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

1.1 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS						
Rendimiento: 1.000 GLB/DIA		Unidad: GLB		Precio Unitario: 2,000.00 x [GLB]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
MOVILIZACION Y DEMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB		1.0000	2,000.00	2,000.00	
					Materiales: 2,000.00	

2.1 DEMOLICION Y REMOCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE (CON FRESADORA A 1")						
Rendimiento: 1,500.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Precio Unitario: 6.60 x [M2]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
CAPATAZ	HH	0.50	0.0027	20.83	0.06	
OPERARIO	HH	2.00	0.0107	19.23	0.21	
PEON	HH	6.00	0.0320	14.33	0.46	
					Mano de obra: 0.73	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.73	0.04	
CARGADOR DE RUEDAS 220 HP	HM	1.00	0.0053	226.92	1.20	
FRESADORA 565 HP	HM	1.00	0.0053	853.93	4.53	
					Equipos: 6.77	

3.1 IMPRIMACION						
Rendimiento: 5,700.0000 M2/DIA		Unidad: M2		Precio Unitario: 2.12 x [M2]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
PEON	HH	8.00	0.0112	14.33	0.16	
CAPATAZ	HH	1.00	0.0014	20.83	0.03	
CONTROLADOR	HH	1.00	0.0014	19.23	0.03	
					Mano de obra: 0.22	
ASFALTO LIQUIDO (0.30 X 0.85)	GAL		0.2265	4.87	1.10	
KERSONE INDUSTRIAL	GAL		0.0450	11.50	0.52	
					Materiales: 1.62	
BARREDORA MECANICA 10-20 HP	HM	1.00	0.0014	40.00	0.06	
CAMION IMPRIMADOR 210 HP 1800GAL	HM	1.00	0.0014	80.00	0.11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.22	0.01	
TRACTOR DE TIRO 80 HP	HM	1.00	0.0014	74.38	0.10	
					Equipos: 0.28	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PRESUPUESTO: PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE EN CALIENTE

CLIENTE: FRANKLIN LUIS PACCORI MORI

UBICACION: AV. VICTOR MELASQUEZ, MANCHAY, PACHACAMAC

FECHA BASE: 08-07-2018

MONEDA: NUEVOS SOLES

3.2 REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE 2"						
Rendimiento: 250.0000 M3/DIA		Unidad: M3		Precio Unitario: 308.41 x [M3]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
CAPATAZ	HH	0.50	0.0160	20.83	0.33	
PEON	HH	8.00	0.2560	14.33	3.67	
OFICIAL	HH	2.00	0.0640	15.94	1.02	
					Mano de obra: 6.02	
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	M3		1.2500	200.00	250.00	
					Materiales: 250.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	5.02	0.25	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP 5.5-20 TN	HM	1.00	0.0320	133.15	4.26	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO 101-135 HP	HM	1.00	0.0320	153.65	4.92	
VOLQUETE 6X4 330HP 15M3	HM	5.00	0.1600	247.58	39.61	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105HP	HM	1.00	0.0320	135.96	4.35	
					Equipos: 63.89	

4.1 TRANSPORTE DE RECICLADO ASFALTICO						
Rendimiento: 328.0000 M3-KM/DIA		Unidad: M3-KM		Precio Unitario: 7.76 x [M3-KM]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
OFICIAL	HH	0.55	0.0134	15.94	0.21	
					Mano de obra: 0.21	
PETROLEO DIESEL	GAL		0.1450	10.44	1.51	
					Materiales: 1.51	
VOLQUETE 6X4 330HP 15M3	HM	1.00	0.0244	247.58	6.04	
					Equipos: 6.04	

6.1 SEÑALES PREVENTIVAS						
Rendimiento: 4.0000 UND/DIA		Unidad: UND		Precio Unitario: 177.88 x [UND]		
Incumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	PU	Parcial	
CAPATAZ	HH	0.50	1.0000	20.83	20.83	
OPERARIO	HH	1.00	2.0000	19.23	38.46	
PEON	HH	1.00	2.0000	14.33	28.66	
					Mano de obra: 87.86	
SEÑAL PREVENTIVA	UND		1.0000	85.63	85.63	
					Materiales: 85.63	