

Determinación del Estado del Pavimento Flexible en la Vía Pamplona-Chitagá, debido a las diferentes Fallas de la Capa de Rodadura y los Efectos que la Generan

Autores

Hugo Antonio Urrego Ciprian

Carlos Enrique Ramírez Domínguez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Yee Wan Yung Vargas

Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Título de Ingeniero Civil

Pamplona

2019

Dedicatoria

Carlos Enrique Ramírez Domínguez

En primer lugar darle gracias a Dios por darme la oportunidad de estar en esta etapa de mi vida ya que lo había soñado especialmente a mi madre Claudia Fernanda Domínguez que me ayudo en todo momento y me dio la oportunidad de estudiar con mucho esfuerzo ya que este era su sueño antes de fallecer, a mi padre Carlos Enrique Ramírez por apoyarme en todo momento económicamente y moralmente en el momento que mi madre falleció. Gracias a mi familia por estar en todo momento apoyándome

Hugo Antonio Urrego Ciprian

Principal mente darle las gracias a Dios por permitirme llegar hasta este punto el cual siempre soñé y en especial a mi mama María Lidia Ciprian que con mucho esfuerzo siempre estuvo apoyándome en este proceso, fue mi motor para cada día estar más motivado a salir adelante y cumplir este sueño, a mi papa Hugo Antonio Urrego Martínez que también hizo parte de este proceso del cual recibí su apoyo incondicional y motivación para poder cumplir con esta meta.

También dedicarles este logro a mis abuelitos que siempre estuvieron pendiente de mí en sus oraciones cuando más lo necesite, a mi sobrina Mari ángel Ciprian otro motivo más para cumplir mis metas, a todos mis hermanos que también aportaron su granito de arena en este largo proceso, también a una persona muy especial en mi vida Salomme Duitama que también me ofreció su apoyo incondicional en este proceso.

Agradecimientos

Carlos Enrique Ramírez Domínguez

A mis padres Claudia Fernanda Domínguez y Carlos Enrique Ramírez por apoyarme en todo momento de mi vida. Ya que lo mucho que me han dado ha sido con mucho esfuerzo para culminar este ciclo de mi vida, gracias a la ingeniera Yee Wan Yung Vargas y a Tatiana Díaz por apoyándonos durante la investigación.

Hugo Antonio Urrego Ciprian

A mis padres María Lidia Ciprian y Hugo Antonio Urrego Martínez por todo el apoyo durante mi vida y este proceso de formación profesional, con mucho esfuerzo me ayudaron a terminar este ciclo, también al ingeniero Edgar Pérez por aportarnos sus conocimientos tanto para esta investigación y durante la carrera, a nuestra tutora la ingeniera Yee Wan Yung Vargas por el apoyo durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Tabla de Contenido

1.	Objetivos.....	2
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos	2
2.	Metodología.....	3
2.1	Fases de la Investigación	3
2.1.1	Fase 1: Tipo de investigación.....	3
2.1.2	Fase 2: Determinación del estado del pavimento a través de las metodologías del PCI y VIZIR.....	4
2.1.2.1	Metodología PCI.....	4
2.1.2.1.1	Unidad de muestreo.....	4
2.1.2.1.2	Procedimiento para la inspección.....	5
2.1.2.1.3	Cálculo del PCI.....	5
2.1.2.2	Metodología VIZIR.....	6
2.1.2.2.1	Unidad de muestreo.....	6
2.1.3	Fase 3: Toma de muestras en la estructura del pavimento en los espesores comprendidos entre la carpeta de rodadura y la base granular.....	7
2.1.3.1	Ensayos realizados.....	8
2.1.3.1.1	Registro de espesor de la carpeta.....	8
2.1.3.1.2	Granulometría de material granular.....	8
2.1.3.2	Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos.....	9
2.1.3.3	Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas.....	10
2.1.4	Fase 3: Resultados.....	10

2.1.4.1	Resultados PCI y VIZIR.....	10
2.1.4.1.1	Determinación de unidades.	10
2.1.4.1.2	Valores obtenidos de PCI.	11
2.1.4.1.3	Método VIZIR.	14
2.1.4.2	Espesores de carpeta encontrados.....	16
2.1.4.3	Extracción de muestras de asfalto y ensayos granulométricos.....	17
2.1.4.4	Ensayos granulométricos de la carpeta y base granular.	17
2.1.4.5	Diseño de la estructura del pavimento.....	18
3.	Conclusiones.....	21
4.	Recomendaciones	25
5.	Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.
6.	Anexos	27

Lista de Tablas

Tabla 2. Resultados de valores de PCI Y VIZIR	12
Tabla 3. Tipos de daños	14
Tabla 4. Daños tipo B	15
Tabla 5. Resumen de resultados.....	16
Tabla 6. Espesores actuales.....	16
Tabla 7. Resultados de porcentajes de asfalto	17
Tabla 8. TPD por tipo de vehículo.....	18
Tabla 9. Premisas de diseño para el cálculo de la estructura de pavimento	19

Lista de Figuras

Figura 18. Porcentajes de fallas encontradas PCI.....	13
Figura 19. Falla 1 y sus porcentajes en cada nivel de severidad PCI.	14
Figura 20. Estado de daños.	16
Figura 21. Categorías de suelos.	19
Figura 22. Alternativas para estructura de pavimento.	20

Anexos

<i>Anexo 1.</i> Tamaños de la muestra.....	27
<i>Anexo 2.</i> Muestra 1 MDC 19.	28
<i>Anexo 3.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra1.....	28
<i>Anexo 4.</i> Muestra 2 MDC 19.	29
<i>Anexo 5.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 2....	29
<i>Anexo 6.</i> Muestra 3 MDC- 19.....	30
<i>Anexo 7.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 3....	30
<i>Anexo 8.</i> Muestra 4 MDC -19.....	31
<i>Anexo 9.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 4....	31
<i>Anexo 10.</i> Muestra 5 MDC -19.....	32
<i>Anexo 11.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 5..	32
<i>Anexo 12.</i> Muestra 6 MDC -19.....	33
<i>Anexo 13.</i> Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 6..	33
<i>Anexo 14.</i> Granulometría muestra 1 BG-38.....	34
<i>Anexo 15.</i> Granulometría muestra 2 BG-38.....	34
<i>Anexo 16.</i> Franjas granulométricas INVIAS.	35
<i>Anexo 17.</i> Formato de registro de fallas.....	36
<i>Anexo 18.</i> Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente.	37
<i>Anexo 19.</i> Resumen de cálculo de deterioro	38
<i>Anexo 20.</i> Nivel de gravedad tipo A	39
<i>Anexo 21.</i> Nivel de gravedad tipo B	40

<i>Anexo 22.</i> Rangos de calificación	40
<i>Anexo 23.</i> Espesores de diseño de la estructura del pavimento- AASHTO 1993 sector PR59+000-PRM29+000.	40
<i>Anexo 24</i> Tomando las mediciones de la panela (0.50 m x 0.50m).....	41
<i>Anexo 25.</i> Realizar Corte con la pulidora.....	41
<i>Anexo 26</i> Incrustación de cincel a la capa de rodadura.....	41
<i>Anexo 27</i> Incrustación de Barra a la capa de rodadura.	41
<i>Anexo 28</i> Extraccion de panela	42
<i>Anexo 29</i> Diferenciar las muestras	42
<i>Anexo 30</i> Espesor de carpeta de rodadura.....	42
<i>Anexo 31</i> Toma de muestra del asfalto.....	42
<i>Anexo 32</i> Tamices.	43
<i>Anexo 33</i> Muestra representativa	43
<i>Anexo 34</i> Cuarteo.	43
<i>Anexo 35</i> Dos parte de la muestra.	43
<i>Anexo 36</i> Peso de la muestra.	44
<i>Anexo 37</i> Tamices organizados.....	44
<i>Anexo 38</i> Tamizado manual.	44
<i>Anexo 39</i> Pesos de material.....	44
<i>Anexo 40</i> Lavado de material.	45
<i>Anexo 41</i> Curvas granulometrica.	45
<i>Anexo 42</i> Toma de datos metodo vizir y pci	45
<i>Anexo 43</i> Visita a campo.....	45

Anexo 44 Visita a campo.....	46
Anexo 45 Derretimiento de asfalto.....	46
Anexo 46 Muestra de asfalto	46
Anexo 47 Maquina extractor de asfalto.....	46
Anexo 48 Contenido de gasolina.....	47
Anexo 49 Extraccion de asfalto.....	47
Anexo 50 Lavado de material.....	47
Anexo 51 Secado de material.....	47
Anexo 52 Tamizado de material.....	48

Resumen

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo la determinación del estado del pavimento de la vía Pamplona-Chitaga (PR59+000-PR29+000), mediante la aplicación del método VIZIR (Metodología de Auscultación Francesa) y PCI (Paviment Condition Index) , los cuales se centran en clasificar el estado en que ésta se encuentra.

Se llevó a cabo una inspección visual del pavimento, Esta se realizó con señalizaciones para así proceder a la recolección de datos en cada tramo, debido a que son curvas cerradas, esto con el propósito de determinar las diferentes fallas que se presentan, para luego ingresar la información en los formatos de cada método y así realizar un análisis detallado de la vía, teniendo en cuenta ecuaciones y tablas encontradas en las mismas dependiendo si es metodología, con las que se pueden determinar las unidades para la realización de calificación.

Se obtuvieron dos muestras de la carpeta de rodadura y la Base granular del tramo a estudiar, así mismo se realizó la extracción de 2 panelas (0.5m*0.5m) y la sub base de la unidad 1 y la unidad 23, a la cual se le realizó los laboratorios necesarios tomando de cada panela tres extracciones de asfalto (porcentaje de asfalto óptimo) y la distribución de la granulometría de la base granular.

El instituto de infraestructura vial (INVIAS) de Norte de Santander, nos proporcionó todos los datos de diseño de la pavimentación y estudios de suelos realizados a esta vía. Con esta información se diseñó por el método de vías la estructura del pavimento y así comparar con los diseños del INVIAS.

Tomando el análisis de los métodos y los laboratorios realizados, se recomiendan algunas alternativas y variables para la recuperación de la capa de rodadura.

Abstract

The objective of this research is determined the pavement condition of the Pamplona-Chitagá road (PR59 + 000-PR29 + 000), by applying the VIZIR (Metodología de Auscultación Francesa) and PCI (Paviment Condition Index) method, these are focused on classifying the state of the road.

First of all, a visual inspection of the pavement was carried out, which was done signaling for the collection of data in section since they are closed curves, with the purpose of determining the different faults for the formats of each methodology to perform a detailed analysis of the road and taking the equations and the tables of the methodologies can determine the units for the realization of the qualification.

This study obtained two samples of the rolling folder and the granular base of the section to be studied, which were extracted 2 bock (0.5m * 0.5m) and the sub base of unit 1 and unit 23 which was made the laboratories taking from each panela three asphalt extraction (percentage of optimal asphalt) and the distribution of granulometry of the granular base.

The National Institute of Vías INVÍAS of Norte de Santander allowed all the pavement design data and soil studies carried out to this track obtained the data was designed by the methods of the roads the pavement structure and to check with the designs of the INVÍAS

Taking the analysis of the methods and the laboratories carried out, it is recommended to look for alternatives and some variables for recovering the surface layer.

Introducción

Tener una vía en buenas condiciones genera para una comunidad un buen desarrollo socioeconómico, facilidad para transportar sus productos, entre otros.

Las vías en norte de Santander en su mayoría tienen un gran problema el cual es su topografía en el trazo, ya que en esta se encuentran curvas bastante pronunciadas, fallas geológicas que junto con el mal estado de la malla vial generan un aumento considerable en la accidentalidad y afectación en el tiempo de recorrido de la población.

Es de gran importancia para las entidades encargadas de su conservación conocer el estado actual de las vías debido a que se pueden generar técnicas de rehabilitación que tomadas a tiempo pueden generar beneficios económicos en cuanto a que si se detectan con anterioridad las mismas, la intervención para devolverla a un estado de serviciabilidad es menor.

El método del PCI (Paviment Condition Índice) tiene como fin determinar el estado de la capa de rodadura, para esto se realizan una serie de actividades como lo son una inspección visual, identificación de las clases de fallas, severidad y cantidad. De estas actividades se puede obtener la información de campo del tramo a estudiar, para evaluar el índice de condición de pavimento cuantificado en cada sección, promediando el estado de pavimento flexible.

La metodología VIZIR divide los deterioros en dos categorías, fallas estructurales y funcionales, teniendo cada una tres niveles de severidad. Mediante inspección visual y clasificación de los daños, se calcula el índice de deterioro superficial para determinar la calidad de la vía.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Determinar el estado del pavimento flexible en la vía PAMPLONA-CHITAGÁ, debido a las diferentes fallas de la capa de rodadura y los efectos que la genera.

1.2 Objetivos específicos

Realizar inspección visual del pavimento flexible en la vía Pamplona-Chitagá comprendido entre el kilómetro 29 y el kilómetro 59, con el propósito de identificar las patologías presentes en la estructura del pavimento existente y determinar las unidades a analizar.

Extraer muestras del pavimento en los espesores comprendidos entre la carpeta de rodadura y Base granular (bloques de 0,5m * 0,5m) para determinar la caracterización de la mezcla asfáltica (porcentaje de asfalto óptimo y composición granulométrica) y distribución de la granulometría de la Base granular.

Diseñar la estructura del pavimento para el tramo en estudio y comparar los resultados con la estructura existente.

De acuerdo al análisis realizado respecto a las patologías en el pavimento, evaluación de la mezcla existente y diseño del pavimento, se recomendarán alternativas viables para la recuperación del pavimento.

2. Metodología

2.1 Fases de la Investigación

La presente investigación está dividida en 4 fases, que se desarrollan con el fin de cumplir con lo estipulado en los objetivos:

- Tipo de investigación
- Determinación del estado del pavimento a través de las metodologías del PCI y VIZIR.
- Toma de muestras en la estructura del pavimento en los espesores comprendidos entre la carpeta de rodadura y la base granular.
- Resultados

2.1.1 Fase 1: Tipo de investigación.

El tipo de investigación utilizada en este proyecto es la investigación aplicada, debido a que se busca determinar el PCI de la vía, partiendo de metodologías ya establecidas, se utiliza estos métodos para obtener resultados en específicos. (Urrego Ciprian, 2019)

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Vargas, Cordero 2009)

2.1.2 Fase 2: Determinación del estado del pavimento a través de las metodologías del PCI y VIZIR.

2.1.2.1 Metodología PCI

2.1.2.1.1 Unidad de muestreo.

Inicialmente se requiere determinar las unidades de muestreo mediante un modelo estadístico con el fin de seleccionar muestras aleatoriamente y generar un resultado confiable.

- Determinar la longitud total y el ancho de la vía
- Se determina el número de secciones teniendo en cuenta que el área de cada sección debe estar entre el rango de 220 m² a 320 m².

$$N = \frac{\text{ancho de la via} * \text{longitud total de la via}}{\text{area seleccionada}(220\text{m}^2 - 320\text{m}^2)}$$

- Determinación del número de muestras:

El número de unidades (n) a trabajar se calcula con la siguiente ecuación

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

N = número total de muestras en la sección

σ = desviación estándar del valor PCI en las unidades de la sección usualmente para pavimentos flexibles se usa $\sigma=10$

e = error permisible en determinación del PCI

El intervalo de las muestras se realiza de manera que las secciones queden separadas todas con la misma longitud.

Para la medición de los parámetros en campo se necesitan los siguientes equipos:

- Cinta métrica
- Odómetro
- GPS garmin etrex
- Flexómetro
- Regla de 1m
- Equipo de señalización vial (conos, chalecos reflectivos, paletas de pare, gorras)

2.1.2.1.2 Procedimiento para la inspección.

Para la inspección de una sección, inicialmente se realiza la señalización de la zona ver anexo 24, con el fin de evitar algún imprevisto como accidentes. El área de estudio se encuentra ubicada sobre una topografía muy agreste por ende durante el trazo de la vía hay curvas muy pronunciadas debido a esto se tiene que realizar una señalización óptima. Se deben ubicar conos anteriores de la zona de estudio y personal (técnico vial) con el fin de reducir las velocidades en ambos sentidos generando un área de trabajo lo más segura posible.

Con la ayuda de los equipos anteriormente mencionados se procede a la medición de cada tipo de falla, según su unidad de medida y el procedimiento para la determinación de la severidad (L-M-H), se realiza la toma de datos registrándolos en el formato (ver anexo 17). Este contiene información detallada de cada sección y su respectivo cálculo para la determinación del PCI.

2.1.2.1.3 Cálculo del PCI.

El procedimiento para determinar la densidad, valor de deducción y PCI se describe detalladamente en los resultados.

2.1.2.2 *Metodología VIZIR.*

2.1.2.2.1 *Unidad de muestreo.*

Se obtuvo por medio de una visita a acampo del kilómetro 59+000 hasta el kilómetro 29+000 tomando unas secciones y en estas se tomaron las unidades para la toma de datos.

Por medio de las tablas se puede terminar mediante rectángulos cuyo fondo (blanco, gris, negro) el cual indica el nivel de gravedad, y la determinación del área o longitud encontrada “extendió”.

Ya obtenida la gravedad y la extensión se puede determinar qué tipo de falla estudiada.

Los tipos de daños se clasifican en 2, tipo A estos son estructurales y tipo B funcionales.

Es posible que uno o más deterioros se presenten en los distintos niveles de gravedad en una unidad o sección sometida a inspección.

$$G = \frac{l_1 + 2l_2 + 3l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

La gravedad se toma como un número entero (1, 2,3) el valor promedio se debe redondear

SI $G < 1.5$ se toma 1

SI $1.5 \leq G < 2.5$ se toma 2

SI $G \geq 2.5$ se toma 3

Obteniendo los niveles de gravedad para el deterioro tipo A se calcula el índice de deterioro inicial se debe registrar el valor obtenido en el primer cálculo realizado de este índice y a partir de las combinación de índice de figuración I_f y el índice de deformación I_d .

Para obtener el índice de deteriora superficial final se debe registra por medio de la tabla anterior donde se observa la iteración de la gravedad y la extensión ya obtenido este valor corregido se le suma al valor del índice de deteriora inicial.

Ya registrado el valor de índice de deteriora superficial final ls permite entrar a la tabla que permite calificar el valor del índice de deterioro superficial final donde nos permite determinar el estado de la capa de rodadura.

2.1.3 Fase 3: Toma de muestras en la estructura del pavimento en los espesores comprendidos entre la carpeta de rodadura y la base granular.

Para la toma de las muestras de la carpeta en campo, según la norma I.N.V.E – 731-07 se determina la cantidad de material a extraer según el tamaño máximo nominal de los agregados, en la tabla del anexo 1 se observan el peso y tamaño mínimo de la muestra.

Con la ayuda de una pulidora, cincel, barra, porra se realiza el procedimiento de la extracción de las panelas de asfalto con medidas de 50 cm *50cm siguiendo los siguientes pasos: ver anexo 24.

1. Realizar un corte con la pulidora por todo el perímetro de la muestra a aproximadamente de un centímetro de profundidad, esto se realiza con el fin de crear una falla para no cortar el total de la muestra y alterar muy poco los agregados. ver anexo 25
2. Con la ayuda del cincel y porra se golpea la grieta creada en las cuatro esquinas de la muestra hasta lograr que el cincel alcance la profundidad de la carpeta. ver anexo 26
3. Incrustar la barra en cada esquina para levantar la panela, ya las fallas prolongado por la grieta facilitando la extracción y disminuye la alteración de la muestra. ver anexo 27

4. Se obtiene una muestra representativa del material de base granular indicada por la norma como la necesaria para realizar el ensayo de granulometría, esta se embala en bolsas herméticas con el fin de que allá poca pérdida de material. ver anexo 28
5. Marcar las muestras con su respectiva identificación para ser llevadas al laboratorio. ver anexo 29

2.1.3.1 Ensayos realizados.

2.1.3.1.1 Registro de espesor de la carpeta.

Con ayuda de un pie de rey, se registra el espesor encontrado de las muestras obtenidas de la carpeta de las dos secciones evaluadas. Ver anexo 30

2.1.3.1.2 Granulometría de material granular.

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. El procedimiento a seguir es el estipulado en la norma I.N.V.E 213-07. (INVIAS, 2013)

En este caso la serie de tamices utilizados son los citados por el capítulo 3 ART.300 del INVIAS, necesarios para caracterizar el material encontrado, ver anexo 16.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Tomar una muestra cuya masa sea la indicada la norma I.N.V.E 213-07. Ver anexo 33
2. Realizar un cuarteo de la muestra. Ver anexo 34
3. Tomar dos partes del cuarteo. Ver anexo 35
4. Registrar el peso w . ver anexo 36
5. Organizar la serie de tamices según el capítulo 3 art.300 del INVIAS, necesarios para clasificar el material (ver anexo 15). Ver anexo 37

6. Ingresar la muestra a la serie de tamices y tamizarla mediante la maquina tamizadora.
7. Registrar los pesos retenidos en cada tamiz. Ver anexo 38
8. El material retenido en el tamiz 200 se le realiza lavado, luego se lleva al horno durante 24 horas y se registra su peso seco. Ver anexo 39
9. Se realizan las curvas granulométricas. Ver anexo 40

2.1.3.2 Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos.

Se pueden emplear todos los métodos, para hacer determinaciones cuantitativas de asfalto en mezclas en caliente para pavimentos y en muestras de pavimento, para su aceptación, para su evaluación en servicio, para control de calidad y para investigaciones. Cada método prescribe el solvente o los solventes y cualquier otro reactivo que se pueda utilizar. (INVIAS, 2013)

El método utilizado fue el A según la norma I.N.V.E 732-07 donde se sigue el siguiente procedimiento:

Se determina la humedad del material. Se coloca la porción de ensayo en la taza y se cubre con (tricloroetileno, cloruro de metileno, bromuro n-propilo o terpeno) en nuestro caso utilizamos como disolvente gasolina y se deja el tiempo suficiente para que el disolvente desintegre la porción de ensayo (no más de 1 hora). Se coloca la taza que contiene la porción de ensayo y el solvente en el aparato de extracción. Se seca a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{ F}$) y se determina la masa del anillo filtrante y se a justa alrededor del borde de la taza. Se aprieta la tapa firmemente sobre la taza y se coloca un recipiente apropiado bajo el desagüe, para recoger el extracto. Se inicia la centrifugación girando lentamente y aumentando gradualmente la velocidad hasta un máximo de 3600 rpm, hasta que deje de fluir el solvente por el desagüe. Se detiene la máquina y se agregan 200 ml (o más, según sea apropiado para la masa de la muestra) del solvente empleado, y se repite el procedimiento. Se deben emplear suficientes adiciones de

solvente (no menos de tres), hasta que el extracto no sea más oscuro que un color ligero de paja. Se recogen el extracto y las lavaduras en un recipiente apropiado, para determinar la materia mineral. Se transfieren cuidadosamente el anillo filtrante y todo el agregado de la taza de la centrífuga a un recipiente metálico tarado. Se seca al aire bajo una campana hasta que se disipen los vapores y luego en un horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante. La masa del agregado extraído (W3) es igual a la masa del contenido en el recipiente menos el peso seco inicial del anillo filtrante. Se desprende la materia mineral adherida a la superficie del anillo filtrante y se añade al agregado extraído para los ensayos posteriores. (INVIAS, 2013)

2.1.3.3 Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas.

Esta norma se utiliza para determinar la gradación de los agregados extraídos de una mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo sirven para determinar la conformidad de la granulometría con la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios en el control de la producción de los diferentes agregado usados en la fabricación de mezclas asfálticas. (INVIAS, 2013)

2.1.4 Fase 3: Resultados.

2.1.4.1 Resultados PCI y VIZIR.

2.1.4.1.1 Determinación de unidades.

Llevando a cabo el procedimiento anterior mente descrito para la determinación de las unidades se tiene lo siguiente:

Se dividen los 29 km en dos secciones, una de 14 km y otra de 15, esto con el fin de tener más unidades de estudio.

Datos:

- Longitud total de la vía: 14 km
- Ancho de la vía: 6,90 m
- $\sigma: 10$
- $e: \pm 5$

Determinar el número total de unidades:

Si 1m \rightarrow 6,9 m²

? \rightarrow 225 m²

X=32,6=33 m|

$$N = \frac{\text{longitud total}}{x}$$

$$N = \frac{14000m}{33 m} = 424.2$$

Determinación del número mínimo de unidades (n):

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{424.2 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (424.2 - 1) + 10^2} = 15und$$

Se realiza el mismo procedimiento para los 15 km y se tiene como resultado 15 unidades más para un total de 30 unidades de estudio.

2.1.4.1.2 Valores obtenidos de PCI.

En la vía Pamplona-Chitaga del kilómetro (PR 59+000-PR 29+000) se recolecto información de campo de las fallas encontradas se utilizaron dos métodos PCI y VIZIR donde el índice de condición del pavimentos PCI todas las falla para la realización de los resultados por

lo contrario el método del VIZIR toma dos tipos de daños o fallas donde las clasifica en tipo A las cuales estructurales y las del tipo B funcionales este método recomiendo solo utilizar las tipo A por son las fallas o daños que son las que inician una patología y las funcionales su origen se encuentran en la deficiencia contractiva y las condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia.

La calificación promedio obtenida en los métodos fueron 44.17 REGULAR (por el PCI) y 3 REGULAR (por VIZIR).

Tabla 1. *Resultados de valores de PCI Y VIZIR*

RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS						
ABSCISAS		TRAMO	PCI		VIZIR	
INICIAL	FINAL		VALOR	CALIFICACION	VALOR	CALIFICACION
58+985	58+953	1	26	MALO	6	DEFICIENTE
57+978.5	57+946.5	2	84	MY BUENO	1	BUENO
56+912	56+880	3	89	EXCELENTE	2	BUENO
55+862	55+830	4	33	MALO	4	REGULAR
54+862	54+890	5	44	REGULAR	3	REGULAR
53+911	53+879	6	50	BUENO	3	REGULAR
52+928	52+896	7	60	BUENO	3	REGULAR
51+970	51+938	8	24	MUY MALO	4	REGULAR
50+910	50+878	9	64	BUENO	3	REGULAR
49+930	49+898	10	33	REGULAR	5	DEFICIENTE
48+960	48+928	12	18	MUY MALO	7	DEFICIENTE
47+978	47+946	13	45	REGULAR	3	REGULAR
47+013	47+045	14	13	MUY MALO	5	DEFICIENTE
45+942	45+910	15	86	EXCELENTE	2	BUENO
44+954	44+922	16	61	BUENO	2	BUENO
43+910	43+878	17	69	BUENNO	2	BUENO
42+872	42+840	18	50	REGULAR	3	REGULAR
41+893	41+861	19	33	MALO	4	REGULAR
40+795	40+763	20	56	BUENO	3	REGULAR
39+629	39+597	21	68	BUENO	2	BUENO
38+553	38+521	22	25	MALO	4	REGULAR
37+509	37+477	23	7	FALLADO	4	REGULAR
36+560	36+528	24	19	MUY MALO	5	DEFICIENTE
35+482	35+450	25	20	MUY MALO	4	REGULAR
34+368	34+336	26	37	MALO	3	REGULAR
33+345	33+313	27	13	MUY MALO	3	REGULAR
32+203	32+235	28	27	MALO	4	REGULAR
31+164	31+132	29	35	MALO	3	REGULAR

30+016 29+984 30 90 EXCELENTE 2 BUENO

Para la obtención de la falla más frecuente se realiza un diagrama de barras con los valores de densidad de cada una en sus tres niveles de severidad, teniendo como resultado que la piel de cocodrilo se encuentra en un 61,19%.

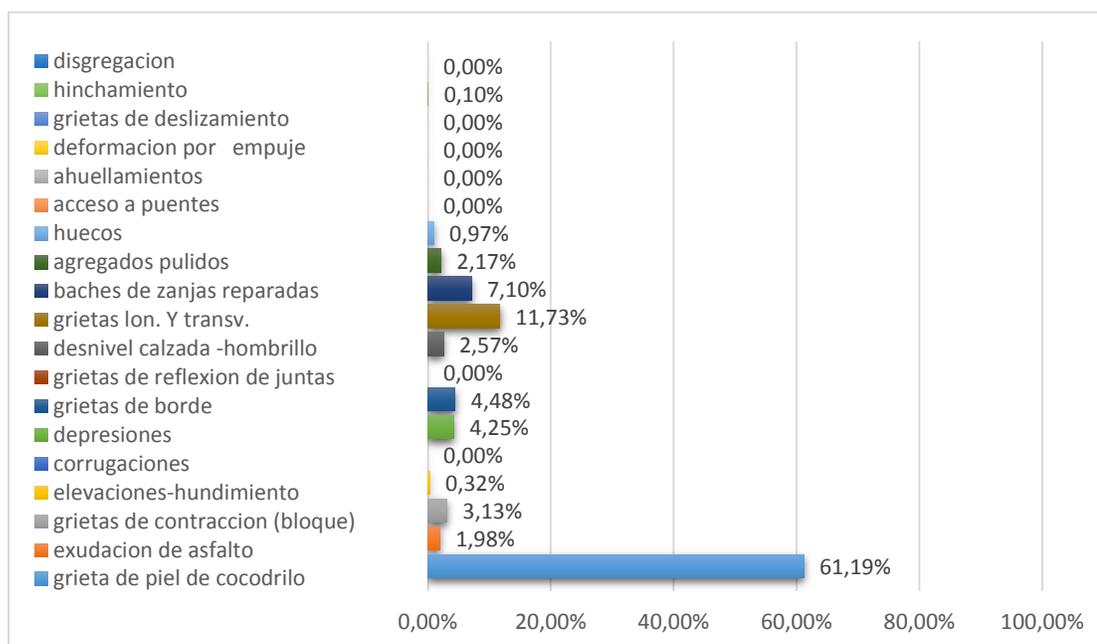


Figura 1. Porcentajes de fallas encontradas PCI.

En la figura 19 se observa los porcentajes de cada nivel de severidad para la falla número 1 (piel de cocodrilo).

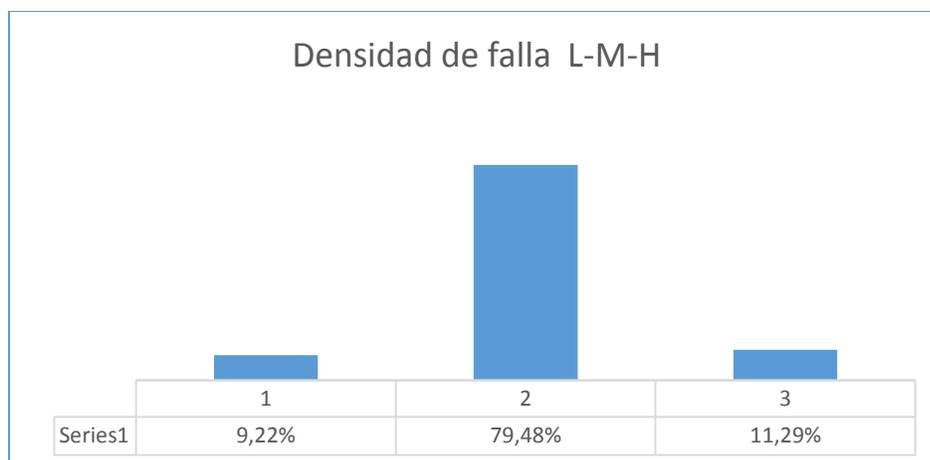


Figura 2. Falla 1 y sus porcentajes en cada nivel de severidad PCI.

2.1.4.1.3 Método VIZIR.

En el tramo de la vía evaluado de 30 km con 30 unidades de muestreo se presentaron los siguientes daños.

Tabla 2. Tipos de daños

DAÑOS TIPO A				
TIPO DE DAÑOS	UNIDAD DE MEDIDA	AREA	% AREA TOTAL	% AREA DE DAÑO
PIEL DE COCODRILO	M.2	1529.14	5.10	58.72
GRIETAS LONG. TRAVERSALES	ML	322.80	1.08	12.39
DEPRESIONES Y HUNDIMIENTOS	M.2	113.97	0.38	4.38
PARCHES Y BACHES	M.2	191.01	0.64	7.33
TOTAL, DAÑOS TIPO A		2156.92	7.19	82.82

El método de VIZIR determina los deterioros en tipos A que son los más representativos ya que con estos se obtiene los índices de figuración If, índice de deformación Id, ya teniendo estos datos se obtiene el índice de deterioro Is.

Tabla 3. *Daños tipo B*

DAÑOS TIPO B				
TIPO DE DAÑOS	UNIDAD DE MEDIDA	AREA DE LA FALLA	% AREA TOTAL	% AREADE DAÑO
EXUDACION	M.2	49.50	0.11	1.90
ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA	ML	64.00	0.21	2.46
GRIETAS DE BORDE	ML	182.2	0.61	6.99
GRIETAS DE CONTRACCION	ML	84.43	0.28	3.24
HUECOS	UN	15.10	0.05	0.58
PULIMIENTO DE AGREGADO	M.2	52.24	0.17	2.01
TOTAL, DAÑOS TIPO B		447.39	1.49	17.18
TOTAL, DAÑOS TIPO A Y B		2604.31	8.6	100

De acuerdo a la tabla 4 se obtuvo resultado, con los cuales se puede realizar un resumen del estado de la capa de rodadura como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Resumen de resultados*

ESTADO	UNIDADES DE MUESTRA	LONGITUD	PORCENTAJE
BUENO	7	224	24.14
REGULAR	17	544	58.62
DEFICIENTE	5	160	17.24
TOTAL	29	928	100.00

PROMEDIO	REGULAR	3
----------	---------	---



Figura 3. Estado de daños.

2.1.4.2 Espesores de carpeta encontrados.

Tabla 5. *Espesores actuales*

Muestra	Espesor
M1	6.85 cm
M2	8.5 cm

2.1.4.3 Extracción de muestras de asfalto y ensayos granulométricos.

En la tabla 3 se muestran los porcentajes obtenidos del ensayo de extracción de asfalto para las dos secciones, estos resultados son los resumidos de los anexos (2-4-6-8-10-12).

Tabla 6. *Resultados de porcentajes de asfalto*

			Contenido de asfalto		
Muestra 1	% optimo	Abscissa de estudio	Muestra 2	% optimo	Abscissa de estudio
M1	5.4	58+985	M2	5	37+509
M1	5.4	58+985	M2	4.8	37+509
M1	5	58+985	M2	4.9	37+509

2.1.4.4 Ensayos granulométricos de la carpeta y base granular.

En el anexo 2 hasta el anexo 13 se muestran los resultados obtenidos de los porcentajes que pasan y la gráfica granulométrica para las muestras obtenidas de la carpeta de rodadura, donde se puede comprobar si la gradación obtenida cumple con la estipulada por el instituto nacional de vías como una mezcla MDC-19.

Del anexo 14 y 15 se observan los resultados de la granulometría realizada al material encontrado seguido de la carpeta, donde se clasifica según las especificaciones del INVIAS para material de base o sub-base granular.

2.1.4.5 Diseño de la estructura del pavimento.

El diseño de la estructura del pavimento se obtiene de los datos del INVIAS-dirección territorial Norte de Santander que suministro de la vía Pamplona-Chitaga con estos datos se obtuvo unos resultados por el método o del INVIAS para el diseño estructural.

Los datos son:

Se obtiene una temperatura 24°C y 26°C media de los datos reportados por el IDEAM.

Tabla 7. TPD por tipo de vehículo

ESTACION	PR 59+000
TIPO VEHICULO	TPD 2019
	1
AUTOS	190
BUSES	36
C2P	22
C2G	89
C3-4	20
C5	1
TOTALES:	358

Fuente: INVIAS – Dirección Territorial Norte de Santander.

A continuación se presenta la valoración del Número de Ejes Simples Equivalentes de acuerdo con lo mencionado en el informe de Tránsito Se tomará para el tramo comprendido entre el K59+000 al K29+000 los valores obtenidos en la estación en el PR59+000. En función de lo anterior, se define un nivel de tránsito tipo NT3.

Numero de ejes equivalentes 8.2 toneladas.

N = 2, 658,771 ejes equivalentes en toneladas.

De la información suministrada por el INVIAS se encontraron estudios de suelos donde se determina la capacidad de soporte california y tipo de suelo.

Tabla 8. Premisas de diseño para el cálculo de la estructura de pavimento

Tramo	%CBR de diseño	NESE (8.2 ton) a 10 años	Nivel de Tránsito	Características de los materiales granulares
K115+0450 al K117+0184	8.2	2,658,771	NT3	BG-1, SBG-1

Los resultados de módulo resiliente MR será el correspondiente a la relación $MR = 100$ CBR, donde MR está en kg/cm^2 y el CBR en unidades porcentuales.

Donde CBR = 8.2 %.

$$MR = 100(8.2) = 820\text{kg/cm}^2$$

Módulo Resiliente = 820 kg/cm^2 .

Módulo resiliente kg/cm^2	Categoría
$300 \leq MR < 500$	S1
$500 \leq MR < 700$	S2
$700 \leq MR < 1000$	S3
$1000 \leq MR < 1500$	S4
$MP \geq 1500$	S5

Figura 4. Categorías de suelos.

Se obtuvo la categoría con el módulo resiliente para la subrasante la cual permite diseñar la estructura de pavimento.

Donde categoría = S3.

Para el diseño de la estructura del pavimento se realizó por el método del INVIAS para comparar con el diseño del INVIAS-dirección territorial Norte de Santander.

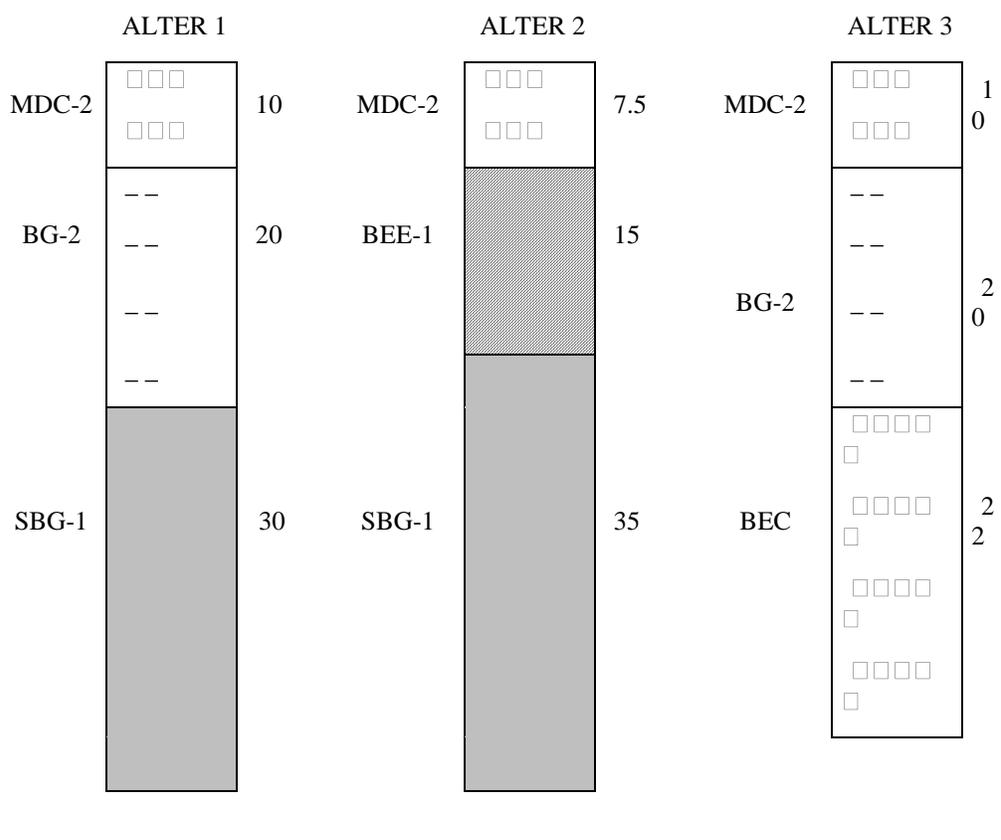


Figura 5. Alternativas para estructura de pavimento.

3. Conclusiones

Como resultado de los métodos VIZIR (metodología de auscultación Francesa) y PCI (Paviment Condition Index) se encontraron las fallas PIEL DE COCODRILO, GRIETAS LONG. TRASVERSALES, DEPRESIONES Y HUNDIMIENTOS, PARCHES Y BACHES, las causas más probables de estos tipos de deterioros son cargas de tránsito superficiales demasiado peso ya que en esta vía hay muy poco control, los asentamientos por la mala comparación de la subrasante deficiencia del drenaje retención de aguas superficial, altas temperaturas superficiales, las fatigas de la capa asfáltica a repeticiones de cargas otras fallas encontradas EXUDACION, ESCALONAMIENTO ENTRE CALZADA Y BERMA, GRIETAS DE BORDE GRIETAS DE CONTRACCION, PULIMIENTO DE AGREGADO son causadas por deficiencia constructiva la mala compactación de la mezcla asfáltica, el uso de un tipo de asfalto inadecuado, los malos diseños de los espesores de la capa de rodadura y la Base y sub-base.

Según el método del PCI (Paviment Condition Index) se determinó que el promedio del estado actual de la vía se encuentra con un valor de 44.17 regular, obteniendo que la falla más encontrada es la piel de cocodrilo con un porcentaje del 61.19%, respecto al análisis de esta se determina que el 79,48% se encuentra un estado de severidad media.

Con la metodología de auscultación Francesa (VIZIR), en la tabla 4 y tabla 4, se obtuvieron los resultados de los distintos tipos de daños, donde el porcentaje del área total representa la relación entre el área de cada falla y el área total del tramo al cual se le realizó el estudio, el área es igual a 30.000 m^2 , el porcentaje de área de daño equivale a la relación del área de cada falla y la sumatoria del área de las fallas del tramo que son 2604.301 m^2 .

El daño más encontrado en el tipo A fue piel de cocodrilo con un porcentaje de deterioro del 58.71% en el área analizada, estas son causadas por la fatiga afectando los índices para determinar el estado de la capa de rodadura por medio de las tablas se puede determinar que las grietas longitudinales y transversales hacen daño a la capa de rodadura con un porcentaje representativo del 12.39%, es causada por la fatiga que generan las cargas de tránsito este daño también afecta los índices de deterioro, otro daños tipo A que sobre salen son las depresiones y hundimientos con un porcentaje del 4.37% y parches y baches con un porcentaje 7.33% estos afectan los índices de fatiga y índices de deformación.

De la tabla 5 se puede apreciar que el 58.62 % de las unidades de muestreo con una longitud de 544 m se encuentran en un estado regular, con un 24.14% de unidades de muestreo y con longitud de 224 m se encuentran en un estado bueno y finalmente con un 17.24% de unidades de muestreo y con longitud de 160 m con un estado deficiente.

De los ensayos granulométricos realizados a las muestras de la carpeta, se observa que la distribución granulométrica pertenece a un mezcla MDC-19, en algunas graficas se ven que

tienen un poco más de finos o material grueso pero no se desfasan en gran cantidad de la franja granulométrica (ver anexo 2-13).

El material encontrado después de la carpeta de ambas muestras, se determinó según su granulometría que pertenece a una base granular BG-38, según las especificaciones del INVIAS (ver anexo 14-15).

Realizando la comparación de los espesores de carpeta obtenido (ver tabla 6) y el espesor de un diseño de pavimento de la zona (ver anexo 23), se puede decir que está entre los rangos de espesores de la zona pero es imprescindible juzgar ya que no se conoce el espesor de diseño exactamente de donde fue extraída la muestra, por lo tanto se realizó un diseño de la estructura por el método del INVIAS con estudios encontrados (ver figura 22), donde podemos observar que la vía ya necesita de una estructura un poco mayor debido al crecimiento del tránsito en la zona, generando de que la estructura actual presente fallas y estas se vean reflejadas en la carpeta.

Durante la visita de campo se pudo apreciar que la vía se encuentra en mal estado, presenta puntos críticos en donde hay caída de banca y de material a lo alto de la montaña, también se encuentra ubicada sobre fallas geológicas, lo que hace más compleja la movilidad en el sector.

El tramo de la vía a evaluado se dividió en dos secciones una de 14 km y otra de 15km, con el fin de obtener 30 unidades de estudio para hacer un poco más densa la toma de datos.

Hay tramos de la vía donde se pueden rehabilitar y mejorar las condiciones la carpeta, pero en las secciones críticas que sean necesario implementar un pavimento nuevo, este se recomienda realizar con el diseño aportado en esta investigación (alternativa 1), el cual opta por una estructura un poco más rígida debido al crecimiento del tránsito.

En los resultados de extracción de asfalto tabla 7, se observa que la muestra dos presenta un contenido óptimo de asfalto bajo, comparado con los utilizados actualmente que rodean los 5.4 %- 5.6%, este es debido a que el asfalto está muy envejecido y con el paso del tiempo va perdiendo ligante, lo cual puede ser causante de fallas como el agregado pulido y ojo de pescado.

El estado de la vía en la abscisa 37+509 y 37+477 es bastante crítico debido a que está ubicada en un sector donde llega toda la escorrentía de la vía y al no tener obras de drenaje, el agua se filtra generan grandes problemas en la estructura y la carpeta asfáltica.

Se pudo evidenciar que la alcantarilla del km 37+509 carece de mantenimiento rutinario afectando más de manera directa esta problemática que ha llevado a que todo el tramo se sature generando movimientos en el suelo y así mismo se ha ido destruyendo poco a poco el muro de contención que sostiene ese tramo, debido a estos se requiere intervención de inmediato con obras de drenajes y estabilización para mejorar el estado actual.

4. Recomendaciones

Implementar una nueva estructura de pavimento realizada por el método del INVIAS, en tramos donde realicen pavimentos nuevos donde se puede ver las alternativas en la figura 22, la alternativa más favorable socioeconómicamente es la 1.

En la abscisa 37+509 y 37+477 es necesario una intervención inmediata, el PCI es de 7 lo cual indica que se deben hacer trabajos de reconstrucción. Para esto es necesario remover la capa de la estructura total y remplazarlas por capas mejoradas dependiendo las exigencias, también se debe implementar obras de drenajes superficiales y subsuperficiales con el fin de evitar que se vuelvan a presentar problemas debido a las filtraciones de agua en la estructura. Implementar obras de contención debido al gran desplazamiento observado en la zona.

Se debe realizar parcheo para la falla más encontrada, que según el método PCI y VIZIR es piel de cocodrilo con severidad media.

5. Bibliografía

Vargas Cordero, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER. Revista Educacion.

INVIAS. (2013). Norma y especificaciones generales para construccion de carreteras.

Urrego Ciprian, H. A. (2019). pamplona.

VALENCIA, J. P. (2007). Auscultacion, calificado del estado superficial y evaluacion de la carretera sector puente de la libertad- Malteria K0+000 hasta K6+000. Manizales: Universidad Nacional.

Jugo, A. (1987). METODO DE EVALUCION DE PAVINETOS(pavement condition index). caracas.

Maricela, P. (2015). “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN FUNCIONAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LAS VÍAS GARCÍA MORENO Y PANAMERICANA SUR DEL CANTÓN COLTA – PROVINCIA DE CHIMBORAZO”. Rio Bamba.

Montejo Fonseca, A. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERA. Bogota
D.C: Agora.

Pineda, O. M. (2017). EVALUACION SUPERFICIAL DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE DE
LA CALLE 134. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada .

Rodriguez, V. (2009). Calculo del indice de condicion del pavimento flexible en la av.Luis
Montero, Distrito de castilla . Piura: Departamento de Ingenieria.

6. Anexos

Tamaño nominal máximo de los agregados que pasan por el tamiz:	Peso mínimo de la muestra no compactada kg (lb)	Área mínima de la muestra de pavimento compactada cm² (pulg²)
2.36 mm (No.8)	2.0 (4)	232 (36)
4.75 mm (No.4)	2.0 (4)	232 (36)
9.5 mm (3/8")	4.0 (8)	232 (36)
12.5 mm (1/2")	5.0 (12)	413 (64)
19.0 mm (3/4")	7.0 (16)	645 (100)
25.0 mm (1")	9.0 (20)	929 (114)
37.5 mm (1½")	11.0 (25)	929 (114)
50.0 mm (2")	16.0 (35)	1453 (225)

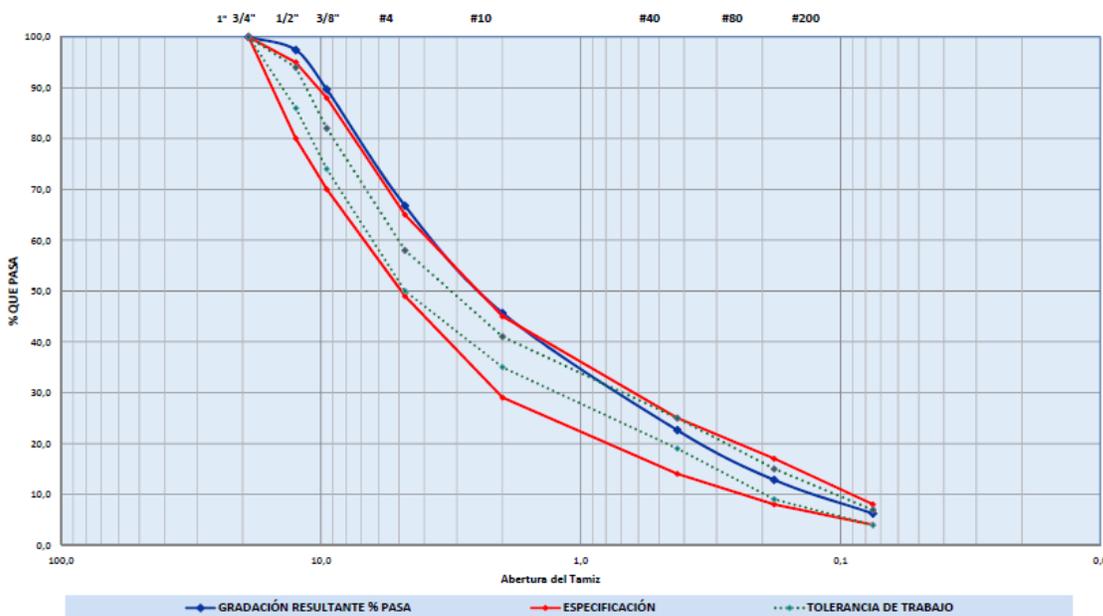
Anexo I. Tamaños de la muestra.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			FECHA	2018-06-15
				VERSION	10
Código Muestra	Fecha de Recibido: (AA-MM-DD) 2019 04 26			REPORTE No: RE-	
DESCRIPCIÓN: MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO) DE TIPO MDC -19					
CLIENTE / DIRECCIÓN:					
OBRA:					

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFÁLTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13																				
Fecha de Ensayo:	Año 2019	Mes 04	Día 26	Fecha de Ensayo:			Año 2019	Mes 04	Día 26														
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1501,5 g			Masa Total De La Muestra Seca (g) = 1420,3					Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) = 1348,4														
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1420,3 g																						
CONTENIDO DE ASFALTO =	5,4 %																						
				TAMICES	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,18	0,075										
				1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200											
				MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	36,6	109,8	325,5	299,6	327,7	138,9	94,4										
				% RETENIDO	0,0	0,0	2,6	7,7	22,9	21,1	23,1	9,8	6,6										
				GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	97	90	67	46	23	13	6,2										
				ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8										
				TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9										

Anexo 2. Muestra 1 MDC 19.

Fuente: Transivic sas.



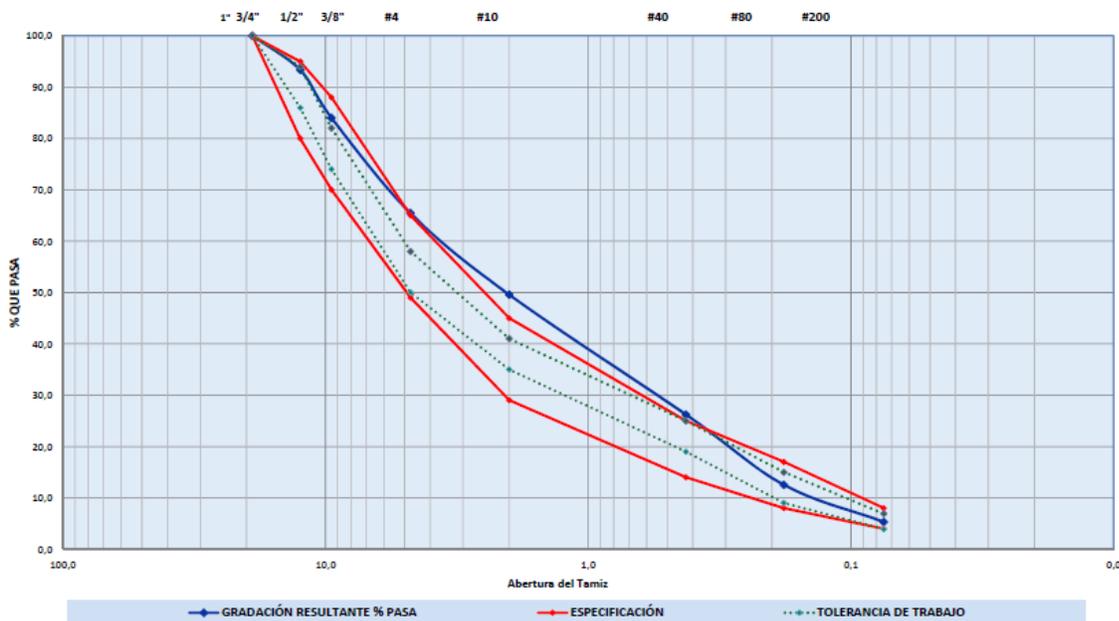
Anexo 3. Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra1.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01
	REPORTE DE ENSAYO			FECHA	2018-06-15
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			VERSION	10
Código Muestra	Fecha de Recibido: (AA-MM-DD) 2019 04 26			REPORTE No:	RE-
DESCRIPCIÓN:	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO) DE TIPO MDC -19				
CLIENTE / DIRECCIÓN:	_____				
OBRA:	_____				

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFÁLTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAIDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13										
Fecha de Ensayo:	Año	2019	Mea	04	Dia	26	Fecha de Ensayo:	Año	2019	Mea	04	Dia	26
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1508,3 g		Masa Total De La Muestra Seca (g) = 1432,8				Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) = 1367,2						
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1432,8 g												
CONTENIDO DE ASFALTO =	5,0 %												
TAMICES	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,18	0,075				
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200				
MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	95,3	133,4	266,3	227,5	334,6	196,0	103,7				
% RETENIDO	0,0	0,0	6,7	9,3	18,6	15,9	23,4	13,7	7,2				
GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	93	84	65	50	26	13	5,3				
ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8				
TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9				

Anexo 4. Muestra 2 MDC 19.

Fuente: Transivic sas.



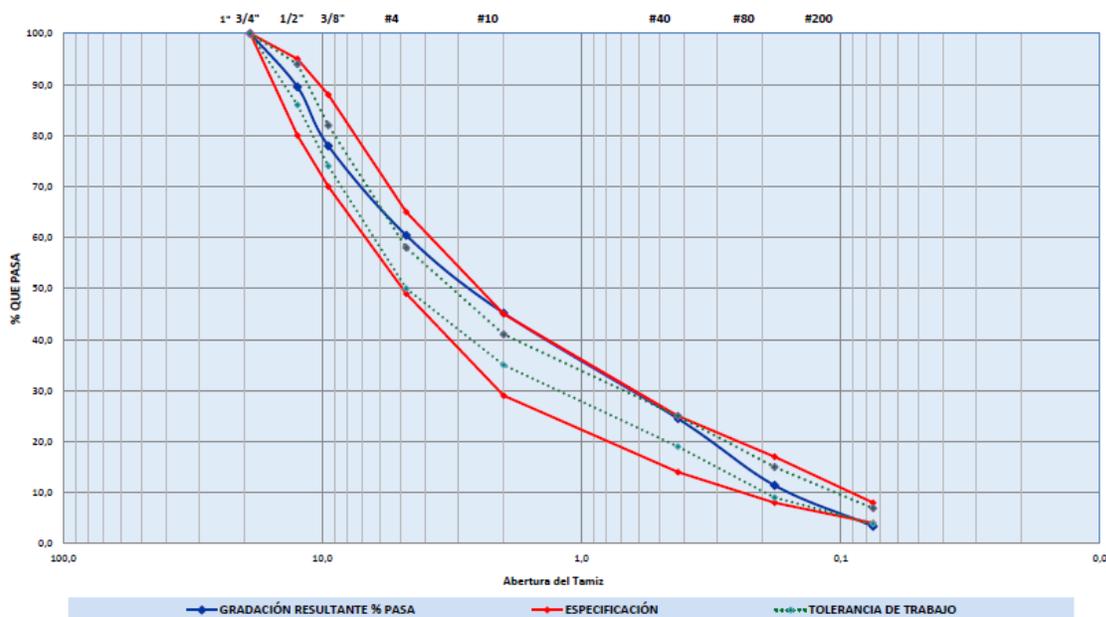
Anexo 5. Gráfica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 2.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			FECHA	2018-06-15
				VERSION	10
Código Muestra	6325 0000	Fecha de Recibido: (AA-MM-DD)	2019 07 08	REPORTE No:	RE-6325 0000
DESCRIPCIÓN:	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO) DE TIPO MDC -19				
CLIENTE / DIRECCIÓN:					
OBRA:					

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13								
Fecha de Ensayo:	Año	Mes	Día	Fecha de Ensayo:		Año	Mes	Día			
	2019	07	08			2019	07	08			
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1504,7 g			Masa Total De La Muestra Seca (g) = 1428,8				Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) = 1369,4			
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1428,8 g										
CONTENIDO DE ASFALTO =	5,0 %										
TAMICES	25,0	30,0	37,5	47,5	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0	150,0	
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	149,5	165,2	250,8	217,6	295,8	187,0	114,5		
% RETENIDO	0,0	0,0	10,5	11,6	17,6	15,2	20,7	13,1	8,0		
GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	89	78	80	46	24	11	3,4		
ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8		
TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9		

Anexo 6. Muestra 3 MDC- 19.

Fuente: Transvíc sas.



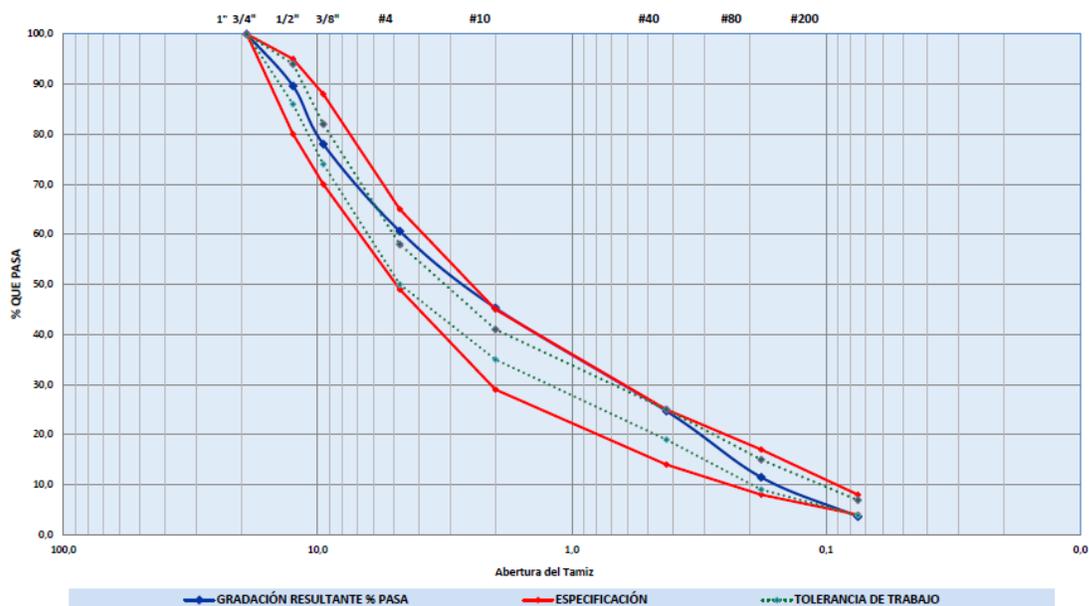
Anexo 7. Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 3.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01
	REPORTE DE ENSAYO			FECHA	2019-06-15
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			VERSION	10
Código Muestra	5325 0000	Fecha de Recibido: (AA-MM-DD)	2019 07 08	REPORTE No:	RE-5325 0000
DESCRIPCIÓN:	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFÁLTICO) DE TIPO MDC -19				
CLIENTE / DIRECCIÓN:					
OBRA:					

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFÁLTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13												
Fecha de Ensayo:	Año	Mes	Día	Fecha de Ensayo:			Año	Mes	Día							
	2019	07	08				2019	07	08							
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1509,9 g			Masa Total De La Muestra Seca (g) =	1427,8					Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) =	1369,4					
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1427,8 g															
CONTENIDO DE ASFALTO =	5,4 %															
TAMICES	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,18	0,075							
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200							
MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	148,1	165,9	248,3	218,5	294,2	188,9	112,1							
% RETENIDO	0,0	0,0	10,4	11,6	17,4	15,3	20,6	13,2	7,9							
GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	90	78	61	45	25	11	3,6							
ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8							
TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9							

Anexo 8. Muestra 4 MDC -19.

Fuente: Transiviv sas.



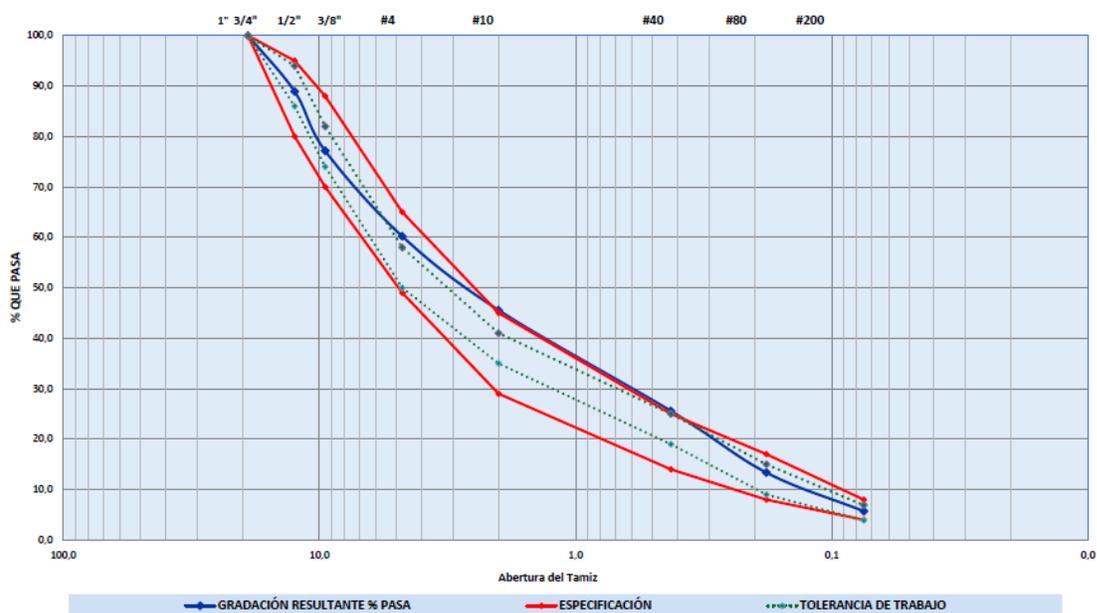
Anexo 9. Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 4.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01			
	REPORTE DE ENSAYO			FECHA	2018-06-15			
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			VERSION	10			
Código Muestra	5325 0000		Fecha de Recibido: (AA-MM-DD)	2019	07	08	REPORTE No:	RE-5325 0000
DESCRIPCIÓN:	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO) DE TIPO MDC -19							
CLIENTE / DIRECCIÓN:	_____							
OBRA:	_____							

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13											
Fecha de Ensayo:	Año	Mes	Día	Fecha de Ensayo:		Año	Mes	Día							
	2019	07	08			2019	07	08							
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1517,9 g			Masa Total De La Muestra Seca (g) = 1444,8					Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) = 1371,3						
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1444,8 g														
CONTENIDO DE ASFALTO =	4,8 %														
				TAMICES	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.18	0.075		
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
				MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	160,0	170,0	245,0	211,3	288,0	178,5	110,6		
				% RETENIDO	0,0	0,0	11,1	11,8	17,0	14,6	20,0	12,2	7,7		
				GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	89	77	60	46	26	13	5,7		
				ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8		
				TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9		

Anexo 10. Muestra 5 MDC -19.

Fuente: Transivic sas.



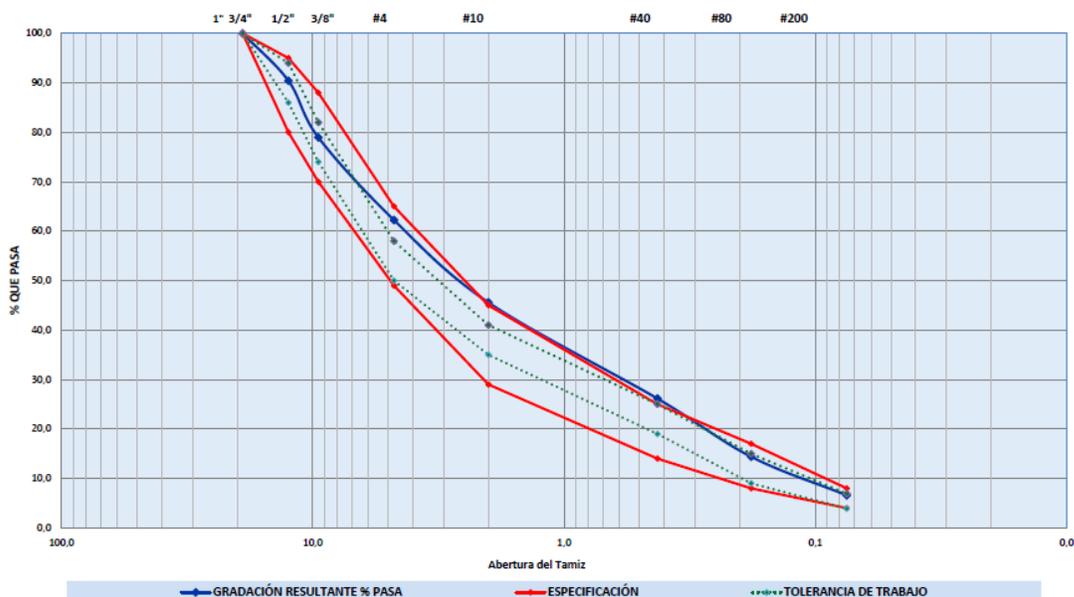
Anexo 11. Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 5.

	LABORATORIO DE ENSAYOS			CODIGO	R-IT-Lab-11-01
	REPORTE DE ENSAYO			FECHA	2018-06-15
	EXTRACCIÓN Y GRANULOMETRÍA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			VERSION	10
Código Muestra	5325 0000	Fecha de Recibido: (AA-MM-DD)	2019 07 08	REPORTE No:	RE-5325 0000
DESCRIPCIÓN:	MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO) DE TIPO MDC -19				
CLIENTE / DIRECCIÓN:	_____				
OBRA:	_____				

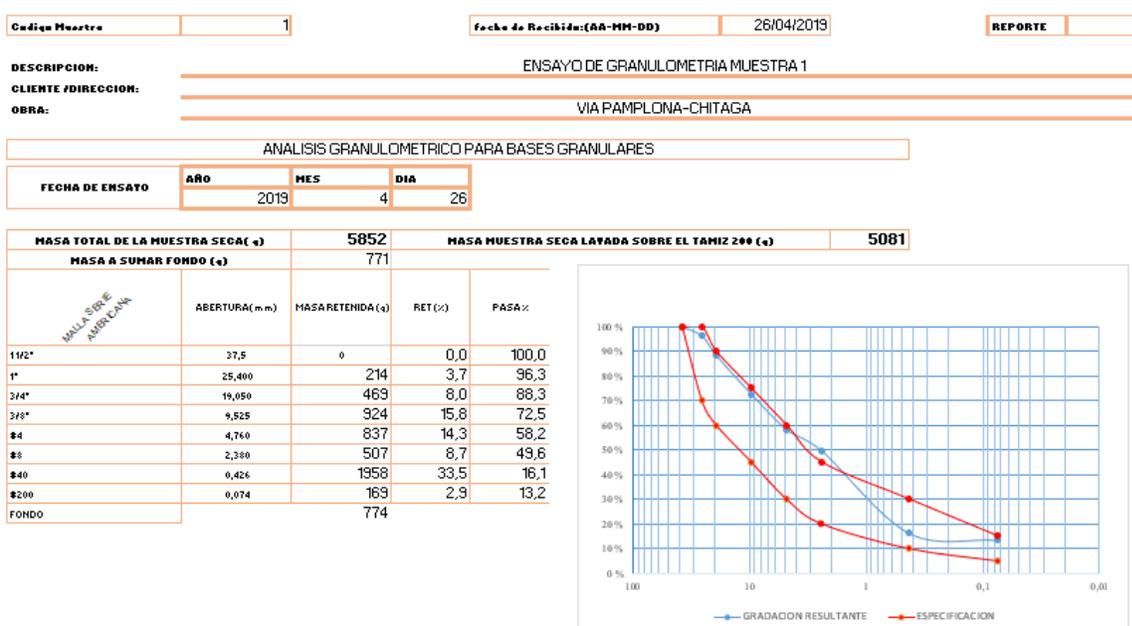
EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFÁLTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS INV E-732 - 13 (MÉTODO A)				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS INV E-782 :13										
Fecha de Ensayo:	Año	Mes	Día	Fecha de Ensayo:	Año	Mes	Día							
	2019	07	08		2019	07	08							
Masa Seca De La Porción De Ensayo:	1514,9 g			Masa Total De La Muestra Seca (g) =	1440,8			Masa Muestra Seca Lavada Sobre Tamiz 200 (g) =	1353,4					
Masa Del Agregado Mineral Extraído:	1440,8 g													
CONTENIDO DE ASFALTO =	4,9 %													
				TAMICES	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.18	0.075	
					1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
				MASA RETENIDA (g)	0,0	0,0	138,0	165,0	241,0	240,0	280,0	160,5	112,3	
				% RETENIDO	0,0	0,0	9,6	11,5	16,7	16,7	19,4	11,8	7,8	
				GRADACIÓN RESULTANTE % PASA	100	100	90	79	62	46	26	14	6,6	
				ESPECIFICACIÓN	100-100	100-100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8	
				TOLERANCIA DE TRABAJO	100-100	100-100	86-94	74-82	50-58	35-41	19-25	9-15	3,9-6,9	

Anexo 12. Muestra 6 MDC -19.

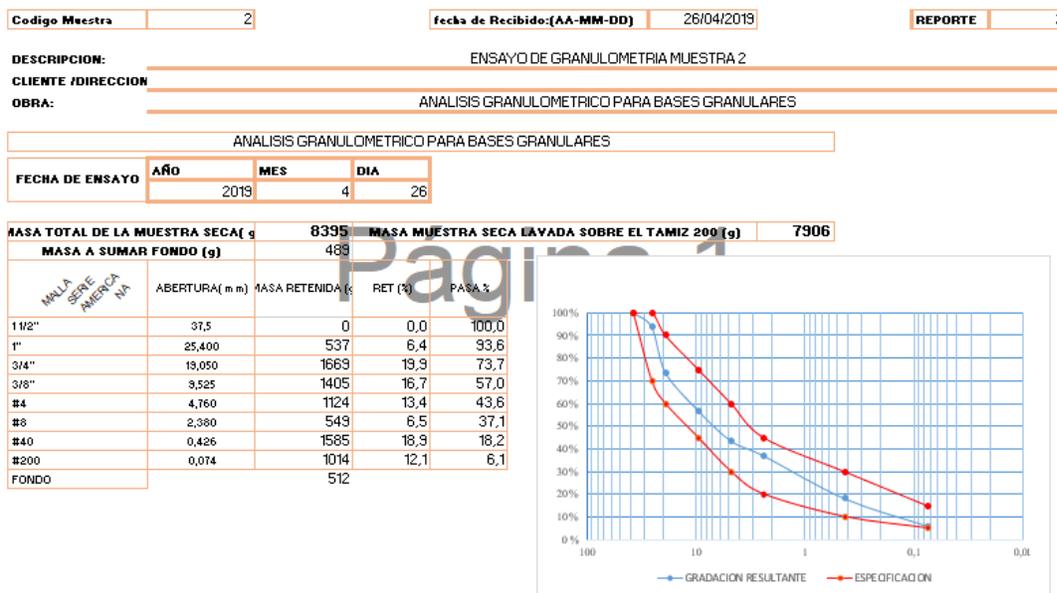
Fuente: Transiviv SAS.



Anexo 13. Grafica granulométrica resultante y franjas según INVIAS de la muestra 6.



Anexo 14. Granulometría muestra 1 BG-38.



Anexo 15. Granulometría muestra 2 BG-38.

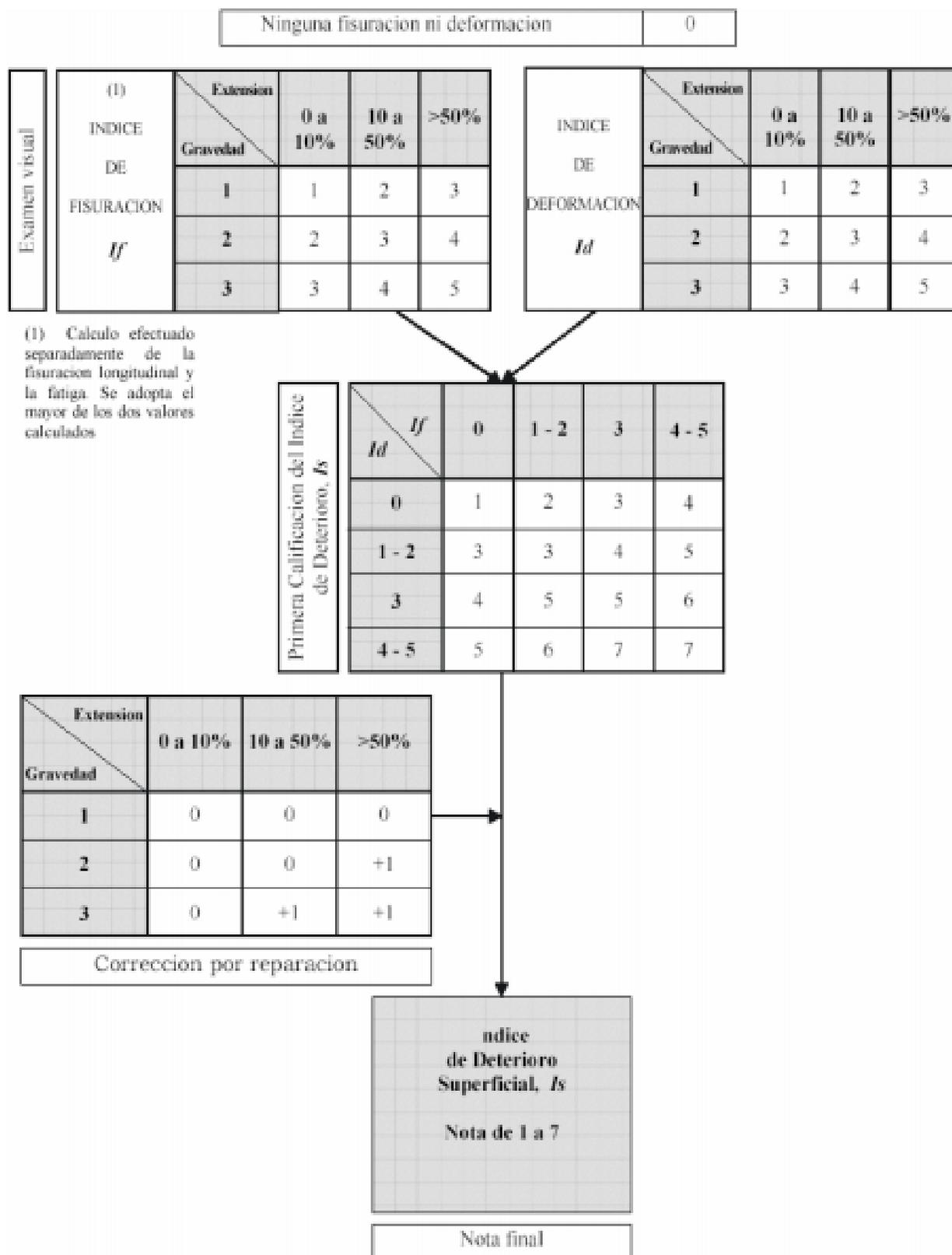
Fuente: transivic sas.

TIPO DE	TAMIZ (mm/U.S. Standard)							
GRADACION	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1	1"	3/4"	3/8"	N _{0.4}	N _{0.10}	N _{0.40}	N _{0.200}
		1/2"						
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRADACION GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
B-27	-	100	75-	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
			100					
BASES GRANULARES DE GRADACION FINA								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
			100					
TOLERANCIA	0%		7%			6%		3%
EN								
PRODUCCION								
SOBRE LA								
FORMULA DE								
TRABAJO								

Anexo 16. Franjas granulométricas INVIAS.

TIPO DE		TAMIZ (mm/U.S. Standard)									
		37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.0	0.425	0.180	0.075
MEZCLA		1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N _o .4	N _o .10	N _o .40	N _o .80	N _o .200
		% PASA									
DENSA	MDC-	-	100	80-	67-	60-	43-	29-	14-	8-17	4-8
	25			95	85	77	59	45	25		
	MDC-	-	-	100	80-	70-	49-	29-	14-	8-17	4-8
	19				95	88	65	45	25		
	MDC-	-	-	-	-	100	65-	43-	16-	9-19	5-10
	10						87	61	29		

Anexo 18. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente.



Anexo 19. Resumen de cálculo de deterioro

DETERIORO		NIVEL DE GRAVEDAD					
		1		2		3	
							
Grieta longitudinal de junta de construcción		Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm ó más) sin desprendimiento o Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica		Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas		Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas de borde		Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos		F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5		5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300		≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de película de ligante Pérdida de agregados 		Pérdidas aisladas		Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25		≤ 25	> 25	> 25	
	Área (m2)	≤ 0.8		> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados		No se definen niveles de gravedad					
Exudación		Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> de mortero de agua 		Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma		Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas		Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

Anexo 20. Nivel de gravedad tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Anexo 21. Nivel de gravedad tipo B

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Anexo 22. Rangos de calificación

SECTOR	CA	BG-1	SBG-1	SN
K59+000-K29+000	7.5	18	20	3.57

Anexo 23. Espesores de diseño de la estructura del pavimento- AASHTO 1993 sector PR59+000-PRM29+000.

Laboratorio de extracción de panelas y ensayos

Anexo 24 Tomando las mediciones de la panela (0.50 m x 0.50m)



Anexo 25. Realizar Corte con la pulidora



Anexo 26 Incrustación de cincel a la capa de rodadura.



Anexo 27 Incrustación de Barra a la capa de rodadura.



Anexo 28 Extraccion de panela



Anexo 29 Diferenciar las muestras



Anexo 30 Espesor de carpeta de rodadura.



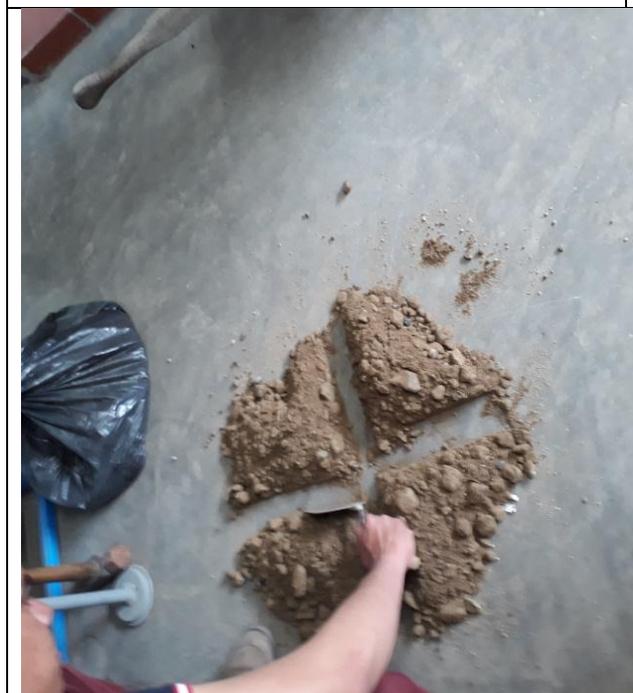
Anexo 31 Toma de muestra del asfalto



Anexo 32 Tamices.



Anexo 33 Muestra representativa



Anexo 34 Cuarteo.



Anexo 35 Dos parte de la muestra.



Anexo 36 Peso de la muestra.



Anexo 37 Tamices organizados.



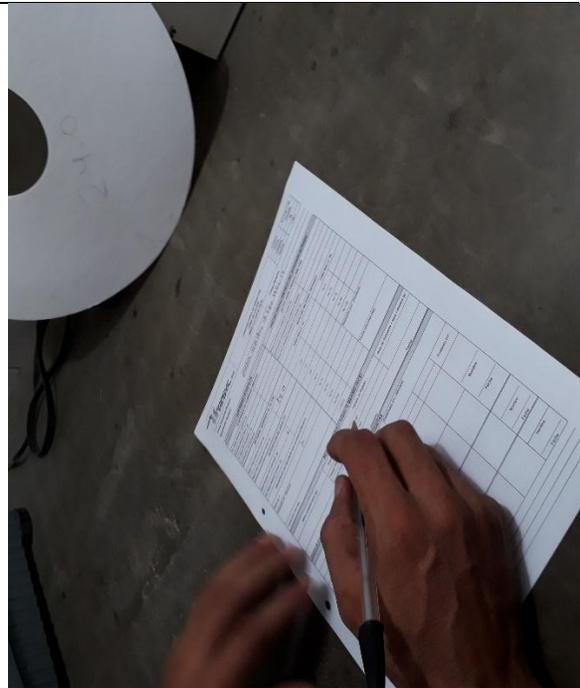
Anexo 38 Tamizado manual.



Anexo 39 Pesos de material.



Anexo 40 Lavado de material.



Anexo 41 Curvas granulometrica.



Anexo 42 Toma de datos metodo vizir y pci



Anexo 43 Visita a campo.



Anexo 44 Visita a campo.



Anexo 45 Derretimiento de asfalto



Anexo 46 Muestra de asfalto



Anexo 47 Maquina extractor de asfalto



Anexo 48 Contenido de gasolina.



Anexo 49 Extracción de asfalto.



Anexo 50 Lavado de material.



Anexo 51 Secado de material.