



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

**Estudio de Rejuvenecedores de asfalto para el puente
marino, Corredor Sur**

CLIENTE:

ENA Empresa Nacional de Autopista

Panamá, junio 8 del 2022



TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO.....	4
2. ALCANCE:.....	4
3. DESCRIPCION DE LA CARPETA EXISTENTE	4
4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION	4
4.1 PATOLOGIAS MEZCLA ASFALTICA	5
4.1.1 Condición del Pavimento.....	6
4.1.2 Situación Primaria.....	8
4.1.2.1 Evaluación Situación Primaria	9
4.1.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Paitilla)	9
4.1.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Tocumen)	9
4.1.2.2 Evaluación cuantitativa de afectaciones	9
4.1.2.2.1 Tramo Marino (Sentido Paitilla)	10
4.1.2.2.2 Tramo Marino (Sentido Tocumen)	11
4.2 CARACTERIZACION DEL LIGANTE ASFALTICO	12
4.2.1. Extracción de Núcleos para obtención de muestras	12
Tramo Marino (Sentido Tocumen)	12
Tramo Marino (Sentido Paitilla)	13
Registro Fotográfico Toma Núcleos:	14
4.2.2 Cuarteo de Muestra (Núcleos de 6") para toma de 2 cm de Mezcla.	17
4.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Paitilla)	18
4.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Tocumen)	20
4.2.3 Recuperación Ligante Asfáltico (Reactivo Tolueno Grado Analítico) Mediante Roto evaporador.....	24
4.2.4 Ensayos de caracterización del ligante asfáltico.....	25
4.2.4.1 Viscosidad Dinámica al Cemento Asfáltico Recuperado.....	25
4.2.4.2 Determinación del Grado PG, Módulo Complejo y Ángulo de Fase en el Reómetro de Corte Dinámico.....	25
4.2.4.3 Barrido de amplitud lineal en el Reómetro de Corte Dinámico (LAS).....	25
5. RESULTADOS	26
5.1 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DEL PAVIMENTO (PCI).....	26
<i>Considerando el levantamiento realizado y conforme a los puntos tratados en el numeral 4.1.1 Condición del Pavimento, se puede indicar que el PCI (Índice de condición del Pavimento), para ambos sentidos y considerando la herramienta facilitada por el PPR (Pavement Preservation & Recycling Alinace), se puede establecer que la carpeta de rodadura está en un PCI de 85 – 100, es decir en un estado Bueno. ...</i>	26
5.2 EVALUACIÓN LIGANTE ASFÁLTICO	26
5.2.1 Resultados Asfalto Extraído del Pavimento Sentido Paitilla.	26
5.2.2 Resultados Asfalto Extraído del Pavimento Sentido Tocumen.	27
5.2.3 Resultados Prueba de LAS para ambos Sentidos.	28
5.3 EVALUACIÓN MINERALÓGICA DEL PAVIMENTO A TRAVÉS DE MICROSCOPIO DE FLUORESCENCIA.	31
5.4 PRUEBAS ADICIONALES.	33
6. CONCLUSIONES.....	34
7. RECOMENDACIONES.....	35
8. ANEXOS	40



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.1 ANEXO 1 – REGISTRO FOTOGRÁFICO.	40
8.2 ANEXO 2 – RESULTADOS PG ORIGINAL BINDER.	40
8.3 ANEXO 3 – RESULTADOS PG RTFOT RESIDUE.	40
8.4 ANEXO 4 – RESULTADOS PG PAV.	40
8.5 ANEXO 5 – RESULTADOS LAS.....	40
8.6 ANEXO 6 – RESULTADOS VISCOSIDADES.	40
8.7 ANEXO 7 – RESULTADOS PRUEBAS ADICIONALES.	40



Estudio de Rejuvenecedores de asfalto para el puente marino, Corredor Sur

1. OBJETO.

Por parte de la empresa ENA SUR S.A se solicitó realizar el estudio para determinar la patología de la Mezcla Asfáltica que está instalada en el Tramo Marino del Corredor Sur, de tal manera que los resultados de este estudio permitan determinar el tipo de rejuvenecedor que puede brindar el mejor desempeño.

2. ALCANCE:

El presente estudio tiene como alcance realizar el estudio en los siguientes sectores:

Tramo Marino (Sentido Paitilla): Se identifica de esta manera la calzada norte, que va desde la Junta 8 hacia Paitilla y con un área aproximada de 6,000 m². Desde la junta 1 a la junta 8 no se considera el estudio ya que cuenta con una carpeta asfáltica recién instalada.

Tramo Marino (Sentido Tocumen): Se identifica de esta manera la calzada sur, en sentido a hacia Tocumen y con un área aproximada de 23,000 m.

Es referencia a la patología del ligante asfáltico el alcance considera evaluar la parte superior de la carpeta, considerando que los rejuvenecedores penetran en la parte superior de la carpeta asfáltica (aproximadamente 1 cm), parte en donde se considera, trabaja el rejuvenecedor cambiando el PG y la viscosidad del ligante asfáltico.

3. DESCRIPCION DE LA CARPETA EXISTENTE

Considerando la información suministrada por ENA SUR S.A, la mezcla asfáltica existente y sujeta a este estudio, fue instalada hace 4 años. La mezcla se diseñó bajo la metodología Marshall y según se indicó el ligante asfáltico era un cemento asfáltico modificado con SBR, el cual es un látex. La carpeta cuenta con espesores que varían entre 4cm y 7 cm.

4. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION

En los pliegos del estudio se recomendó el siguiente procedimiento para realizar la evaluación técnica del ligante asfáltico que hace parte de la mezcla asfáltica y el cual se requiere evaluar para determinar su caracterización. En primer lugar, se solicitó determinar la patología de la carpeta actual, determinando las fallas típicas que se presentan en estos tipos de estructuras. En segundo lugar, se solicitó realizar la caracterización del ligante asfáltico.



4.1 PATOLOGIAS MEZCLA ASFALTICA

Con este levantamiento se trata de indicar las principales fallas en el pavimento, presencia de pieles de cocodrilo, grietas de borde, desplazamientos de la mezcla, grietas longitudinales, pulimentos de agregados, hundimientos y otros.

Se tomarán como referencia las áreas que se encuentran entre juntas del puente (aproximadamente cada 150 m). Con base en estas áreas se indicarán de manera estimada los daños presentes. Para determinar y tener una correcta ubicación se mantendrá la siguiente nomenclatura a lo largo del presente estudio.



Es decir a lo largo del Tramo Marino se localizaron 18 juntas, las cuales se enumeraron en sentido de Tocumen hacia Paitilla.

Se realizará una inspección para la realización de un levantamiento del estado del pavimento y detectar las posibles afectaciones:

piel de cocodrilo, parcheo, exudación, pulimento de agregados, agrietamientos, Huecos, abultamientos y hundimientos, corrugación, ahuellamiento, depresión, desplazamiento, grietas, hinchamiento, desnivel carril / berma, desprendimiento de agregados, grietas longitudinales y transversales.



Para confirmar las opciones de tratamiento más adecuado para cada tramo, se empleó la herramienta desarrollada por la PPRA (Pavement Preservation & Recycling Alinace), conforme al procedimiento descrito en: <https://roadresource.org/toolbox/criteria>

4.1.1 Condición del Pavimento

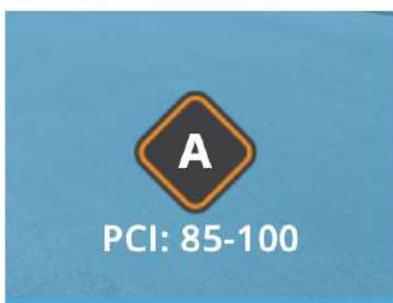
De manera inicial se procedió a estimar la condición del pavimento, para lo cual se recurrió a explorar los criterios por registro fotográfico del cual en su mayoría coincide con los siguientes registros, para facilidad de interpretación la primera foto es el tipo de condición de pavimento para el tipo de afectación presentado, posteriormente se presenta una foto base de la herramienta y la última foto es un patrón del tipo de hallazgos en el levantamiento.

Rutting Bajo (< 1/2")



Se evidencia un rutting bajo especialmente en los carriles lentos, en donde se evidencio la constante presencia de rutting a lo largo de ambos sentidos, sin embargo, en los carriles medios e intermedio no es tan severa la presencia del rutting.

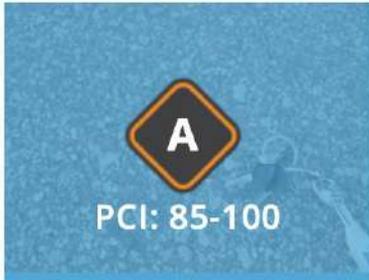
Grietas por Fatiga bajo



Las grietas presentes a lo largo de la estructura de pavimento son muy pocas y todas se presentan de manera logitudinal, al igual es importante aclarar que es posible que algunas de estas fisuras se den por el desplazamiento de la carpeta, y nos por la fatifa de la misma.



Oxidación y raveling Baja (>25% a <50% de pérdida de Agg)



Este es el factor mas relevante a lo largo de la carpeta asfaltica, ya que se presenta en todos los carriles y en algunas partes es bastante fuerte, llegando a un nivel moderado, sin embargo la mayor parte esta clasificada como una oxidación y raveling moderado.

Exudación



La exudación es otro factor que hace presencia en la carpeta sin embargo con una incidencia muy baja y sin afectaciones que generen alguna afectación mas que desde el puntod de vista visual.

Baches Aislados

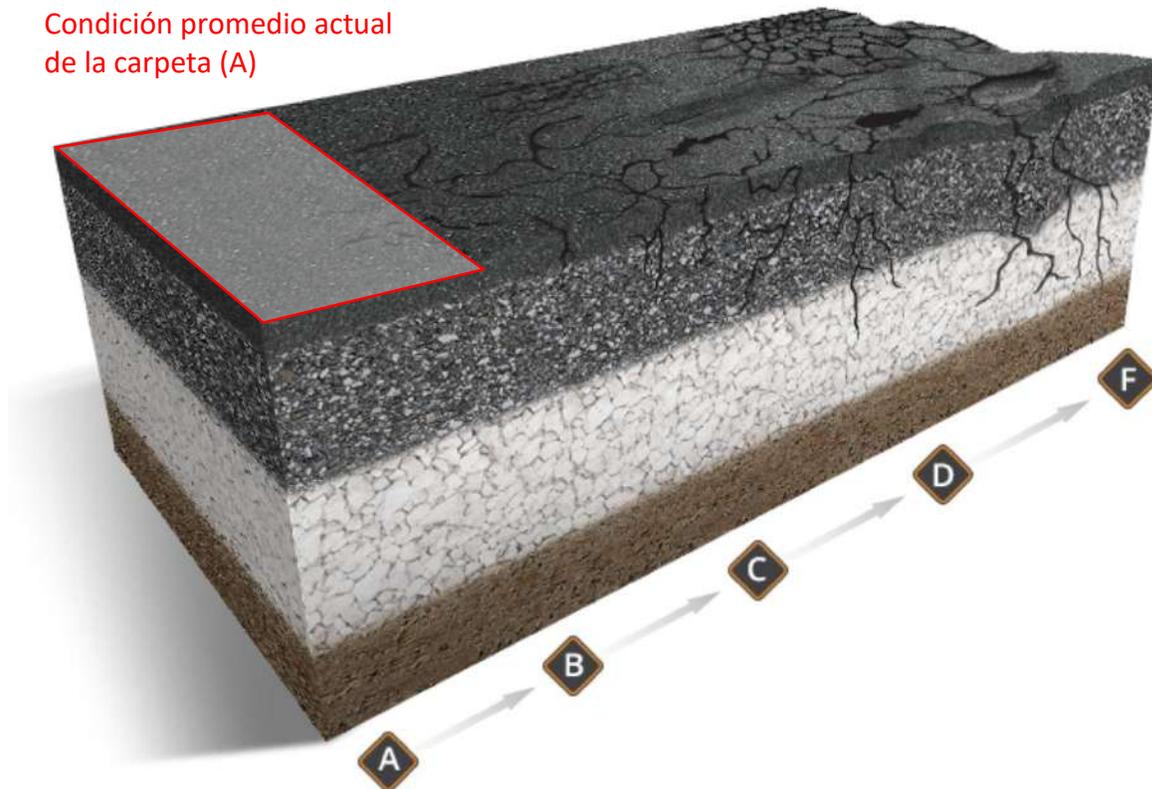


Aunque existe una gran presencia de baches en algunos tramos, es importante destacar que igualmente estos están presentan en su mayor parte en el carril lento y muchos de estos se han generado por el desplazamiento de la mezcla, otros corresponden a baches aislados que se dado el tipo de solución aplicada han generado problemas que han generado los aumentos del área de afectación.



Considerando el registro presentado en el ANEXO, se observa que la mayor incidencia en los tramos evaluados es la oxidación y raveling Baja (>25% a <50% de pérdida de Agg), seguido de Rutting Bajo (< 1/2"), por lo cual podría considerarse que la condición de la carpeta de ambos tramos es A PCI:(85-100), sin embargo de no tomarse acciones a tiempo es muy probable que la carpeta caiga en una condición B PCI: 70-84.

Condición promedio actual
de la carpeta (A)



4.1.2 Situación Primaria

Conforme al registro fotográfico que acompañó el levantamiento de la situación de afectación primaria de cada tramo, se realizó el detalle a nivel cuantitativo, así como el detalle de evaluación que permitiera definir las situaciones que son más relevantes y que pueden definir el índice de servicio del pavimento.



4.1.2.1 Evaluación Situación Primaria

4.1.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Paitilla)

SITUACIÓN PRIMARIA		JUNTA																	
TIPO	RANGO	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	
Rutting	Bajo (<1/2")									X	X		X	X					
Rutting	Moderado (1/2" a 3/4")								X						X	X			X
Rutting	Alto (>3/4")										X								
Grietas por fatiga	Bajo																		
Grietas por fatiga	Moderado																		
Grietas por fatiga	Alto																		
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Bajo (<1/4" de ancho)													X	X				
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Moderado (1/4" a 3/4" de ancho)																		
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Alto (>3/4 de ancho)								X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Oxidación y raveling	Baja (>25% a <50% de pérdida de Agg)										X								
Oxidación y raveling	Moderada (>50% a <70% de pérdida de Agg)																		
Oxidación y raveling	Alta (>75% de pérdida de Agg)																		
Exudación										X									
Agregado Pulido																			
Baches Aislados									X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Baches Extensos											X								X
Calidad de la conducción	Bajo																		
Calidad de la conducción	Moderado																		
Calidad de la conducción	Alto								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falla de la base																			
Caída de hombro																			
Desnudamiento																			

4.1.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Tocumen)

SITUACIÓN PRIMARIA		JUNTA																	
TIPO	RANGO	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	
Rutting	Bajo (<1/2")	X	X									X							
Rutting	Moderado (1/2" a 3/4")			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Rutting	Alto (>3/4")																		
Grietas por fatiga	Bajo																		
Grietas por fatiga	Moderado																		
Grietas por fatiga	Alto																		
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Bajo (<1/4" de ancho)					X									X		X		
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Moderado (1/4" a 3/4" de ancho)											X			X	X			
Agrietamiento Longitudinal y Transversal	Alto (>3/4 de ancho)																		
Oxidación y raveling	Baja (>25% a <50% de pérdida de Agg)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oxidación y raveling	Moderada (>50% a <70% de pérdida de Agg)											X	X						
Oxidación y raveling	Alta (>75% de pérdida de Agg)																		
Exudación					X	X		X											
Agregado Pulido																			
Baches Aislados			X	X	X	X	X		X	X	X		X		X	X	X		
Baches Extensos								X											
Calidad de la conducción	Bajo																		
Calidad de la conducción	Moderado																		
Calidad de la conducción	Alto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Falla de la base																			
Caída de hombro																			
Desnudamiento																			

4.1.2.2 Evaluación cuantitativa de afectaciones

En el Anexo 1 se detalla los registros fotográficos realizados en cada sentido y por tramos conforme a las juntas existentes del tramo.



4.2 CARACTERIZACION DEL LIGANTE ASFALTICO

4.2.1. Extracción de Núcleos para obtención de muestras

Para realizar la caracterización del ligante asfáltico, se realizó seleccionando sitios que no presentaran ningún tipo de daño, y que permitiera representar la mayor parte de la superficie.

Tramo Marino (Sentido Tocumen)

En este tramo se tomaron un total de 10 Núcleos como se muestra a continuación. De igual manera se realizó la geolocalización de los núcleos mediante el sistema de Geo referencia a fin de tener un registro de su ubicación. Se alternó la toma de núcleo iniciando desde el carril lento, medio, rápido y así sucesivamente a fin de poner tener una caracterización general de la mezcla asfáltica.

Núcleo	Coordenada
NT1	8.9931388, -79.494222
NT2	8.9931388, -79.494222
NT3	8.9956111, -79.492444
NT4	8.9979166, -79.490888
NT5	8.9995277, -79.489088
NT6	8.9999166, -79.488555
NT7	9.0012221, -79.486805
NT8	9.0027778, -79.484416
NT9	9.0035777, -79.483694
NT10	9.0056666, -79.480911





Tramo Marino (Sentido Paitilla)

En este tramo se tomaron 6 núcleos, ya que se indicó en la solicitud de servicio iniciar en la junta en donde recientemente se había instalado la carpeta de Mezcla Asfáltica.

Núcleo	Coordenada
NP1	8.999809, -79.488840
NP2	8.999104, - 79.489707
NP3	8.998143, - 79.490636
NP4	8.997021, - 79.491502
NP5	8.996393, - 79.492044
NP6	8.994683, - 79.493261





Registro Fotográfico Toma Núcleos:

Para referenciar los núcleos, inicialmente se marcó sobre la carpeta el número del núcleo y así mismo se consideró que no se presentarían daños sobre el sitio en el cual se realizaría la extracción de la muestra. Tal como se muestra en la siguiente imagen.



Posteriormente se procedió a registrar la ubicación mediante el uso de un GPS a fin de mantener una adecuada localización.



Mediante el uso de un extractor de núcleos con broca de 6" de diámetro se proceden a extraer los núcleos. En la medida de lo posible se trató de extraer los núcleos hasta poder llegar a la carpeta base, en este caso losa de concreto.



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA: 2021/02/12



Una vez extraído el núcleo se realizó la marcación y el registro correspondiente.





Importante destacar durante el proceso de extracción los espesores fueron muy variables y en algunos casos se tenía espesores de 4 cm, sin embargo en otros se encontraron espesores de 9 cm



En otros sectores se logró apreciar la presencia de geotextil, entre la carpeta asfáltica y la losa de concreto, el cual mostraba una buena adherencia con la carpeta asfáltica.





En otros sectores se apreció un marcado fresado en la superficie de concreto, lo cual de igual manera era evidenciado en los núcleos.



4.2.2 Cuarteo de Muestra (Núcleos de 6") para toma de 2 cm de Mezcla.

Considerando que los rejuvenecedores actúan de mejor manera en los primeros 2 cm, y considerando las indicaciones del pliego de cargos, los núcleos que fueron tomados en ambos sentidos, se les debe cortar los 2 cm que estén en lado expuesto al tráfico, de tal manera que permita posteriormente extraer el ligante asfáltico que este expuesto.

Importante aclarar que se manejó cada sentido en un grupo, es decir el primer grupo de cilindros se denominó Tramo Marino (Sentido Paitilla) y el segundo grupo se denominó Tramo Marino (Sentido Tocumen), con el objetivo de asegurar que la caracterización del ligante asfáltico se mantenga por tramo.





A continuación, se anexa un registro fotográfico de las secciones de 2 cm tomada de cada uno de los núcleos extraídos de la carpeta asfáltica.

4.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Paitilla)

Núcleo NP1



Núcleo NP2



Núcleo NP3





Núcleo NP4



Núcleo NP5



Núcleo NP6



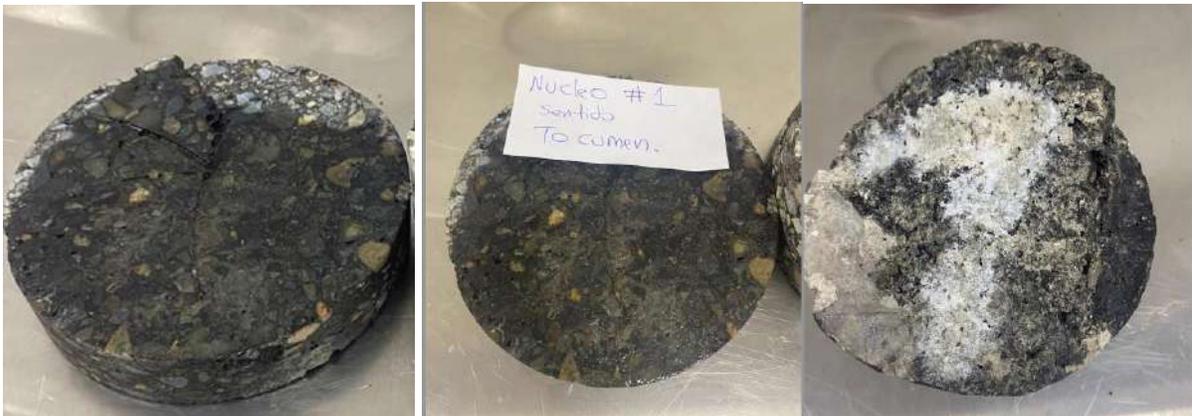


Alistamiento de Núcleos para la extracción de asfalto.



4.2.1.1 Tramo Marino (Sentido Tocumen)

Núcleo NT1





Núcleo NT2



Núcleo NT3



Núcleo NT4





Núcleo NT5



Núcleo NT6



Núcleo NT7





Núcleo NT8



Núcleo NT9



Núcleo NT10





Alistamiento de Núcleos para la extracción de asfalto.



4.2.3 Recuperación Ligante Asfáltico (Reactivo Tolueno Grado Analítico) Mediante Roto evaporador

Una vez separado los grupos de núcleos, se siguió con el procedimiento indicado por la ASTM D 2172 para separar el ligante asfáltico de la mezcla asfáltica.

Una vez realizada la extracción de asfalto empleado como solvente (Reactivo Tolueno), se realizó la recuperación del ligante asfáltico, mediante el método de ensayo ASTM D 5404 (Práctica estándar para la recuperación de asfalto de una solución utilizando el evaporador rotatorio).

Del proceso anterior se realizó la recuperación del ligante asfáltico, para proceder con los ensayos de caracterización de este. En la siguiente fotografía se muestra el resultado del proceso de extracción.



4.2.4 Ensayos de caracterización del ligante asfáltico

4.2.4.1 Viscosidad Dinámica al Cemento Asfáltico Recuperado

Se realizará Viscosidad Absoluta mediante el método de ensayo ASTM D2171 o Viscosidad Dinámica mediante el método de ensayo ASTM D 4402.

4.2.4.2 Determinación del Grado PG, Módulo Complejo y Ángulo de Fase en el Reómetro de Corte Dinámico

Se realizará Determinación del Grado PG (Módulo Complejo y Ángulo de Fase) mediante método de ensayo ASTM D 7175.

4.2.4.3 Barrido de amplitud lineal en el Reómetro de Corte Dinámico (LAS)

Se realizará Determinación de la estimación de la resistencia a la fatiga de los ligantes asfálticos mediante el barrido de amplitud lineal mediante el método de ensayo TP-101.



5. RESULTADOS

5.1 Determinación del índice del pavimento (PCI)

Considerando el levantamiento realizado y conforme a los puntos tratados en el numeral **4.1.1 Condición del Pavimento**, se puede indicar que el PCI (Índice de condición del Pavimento), para ambos sentidos y considerando la herramienta facilitada por el **PPRA (Pavement Preservation & Recycling Alinace)**, se puede establecer que la carpeta de rodadura está en un PCI de 85 – 100, es decir en un estado Bueno.

5.2 Evaluación Ligante Asfáltico

5.2.1 Resultados Asfalto Extraído del Pavimento Sentido Paitilla.

Especificación estándar para Cementos Asfálticos por Grado de Desempeño ASTM D 8239-21a					
CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA	Mín.	Máx.	Resultado
Viscosidad Dinámica del asfalto a 135°C	P	ASTM D 4404	Reportar		9.084
Módulo Complejo G* a 60°C , 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G*	AASHTO T315	Reportar		24.13
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	AASHTO T315	Reportar		71.37
Viscosidad a 60°C $\eta = G^* / \omega$ Pa·s	Pa·s	AASHTO T315	Reportar		2629.93
Módulo Complejo G* a 60°C , 10% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G*	AASHTO T315	Reportar		29.00
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 10% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	AASHTO T315	Reportar		70.80
Prueba de PAV (Determinación de Falla de la Temperatura Intermedia)					
Módulo reológico de corte dinámico a 19°C , (G*·sen δ) Máximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		1755
Módulo reológico de corte dinámico a 16°C , (G*·sen δ) Máximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		2570
Módulo reológico de corte dinámico a 13°C , (G*·sen δ) Máximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		3660
Temperatura Exacta de Falla, 1% de deformación, Valor de 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.0 mm Espesor de muestra)	°C	ASTM D 7175	Reportar		10.55



5.2.2 Resultados Asfalto Extraído del Pavimento Sentido Tocumen.

Especificación estándar para Cementos Asfálticos por Grado de Desempeño ASTM D 8239-21a					
CARACTERÍSTICA	UNIDADES	NORMA	Mín.	Máx.	Resultado
Viscosidad Dinámica del asfalto a 135°C	P	ASTM D 4404	Reportar		8.320
Módulo Complejo G^* a 60°C , 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G^*	AASHTO T315	Reportar		6.82
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	AASHTO T315	Reportar		79.53
Viscosidad a 60°C $\eta = G^* / \omega$ Pa·s	Pa·s	AASHTO T315	Reportar		689.18
Módulo Complejo G^* a 60°C , 10% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G^*	AASHTO T315	Reportar		7.39
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 10% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	AASHTO T315	Reportar		78.93
Prueba de PAV (Determinación de Falla de la Temperatura Intermedia)					
Módulo reológico de corte dinámico a 22°C , ($G^* \cdot \text{sen} \delta$) Maximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		1297
Módulo reológico de corte dinámico a 19°C , ($G^* \cdot \text{sen} \delta$) Maximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		1980
Módulo reológico de corte dinámico a 16°C , ($G^* \cdot \text{sen} \delta$) Maximo 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.00 mm Espesor de muestra)	KPa	ASTM D 7175	Reportar		3000
Temperatura Exacta de Falla, 1% de deformación, Valor de 5000 KPa (Geometría de 8.00 mm y 2.0 mm Espesor de muestra)	°C	ASTM D 7175	Reportar		12.30



5.2.3 Resultados Prueba de LAS para ambos Sentidos.

La prueba comienza con un barrido de frecuencia para determinar las propiedades reológicas y luego una serie de ciclos de carga oscilatorios, sistemáticamente y linealmente en aumento de amplitud a una frecuencia constante para causar daños por fatiga acelerada.

El enfoque del daño continuo se utiliza para calcular la resistencia a la fatiga tanto en la determinación de las propiedades reológicas, como en los resultados del barrido de amplitud de carga lineal.

Las leyes de fatiga, obtenidas a partir del barrido de amplitud lineal (LAS), que se basa en el VECD, para los asfaltos evaluados en este estudio y presentados a continuación:

Susceptibilidad a la fatiga, mediante la estimación de la tolerancia al daño por Barrido de Amplitud Lineal (LAS) NORMA AASHTO TP-101-14							
ASFALTO RECUPERADO MEZCLA SENTIDO PAITILLA				ASFALTO RECUPERADO MEZCLA SENTIDO TOCUMEN			
Sample:		Damage level:	0.515	Sample:		Damage level:	0.516
Model: $C(t) = C_0 - C_1(D)^{C_2}$				Model: $C(t) = C_0 - C_1(D)^{C_2}$			
C_0	C_1	C_2	Summed Error	C_0	C_1	C_2	Summed Error
1.000	0.182	0.309		1.000	0.149	0.348	
τ_{max} (Pa)	1335370			τ_{max} (Pa)	655464		
α	$ G^* _{initial}$	D_f	k	α	$ G^* _{initial}$	D_f	k
3.167	45489155.556	29	3.187	3.665	20103366.667	35	3.391
A	B	Applied Strain [%]	N_f	A	B	Applied Strain [%]	N_f
3.494E+07	-6.333	5.0	6,608.0	4.081E+08	-7.329	5.0	6,700.0
		10.0	598.0			10.0	852.0



Fatiga LAS Sentido Paitilla:

Fatiga LAS Sentido Tocumen:

RESULTS

Test Temperature: 25.0°C

Fatigue model : A 1747000

Fatigue model : B 3.465

Alpha (for testing only) 1.73264

Binder fatigue performance parameter

Strain %	N _f
2.5	72988
5	6608
10.0	598

RESULTS

Test Temperature: 25.0°C

Fatigue model : A 803900

Fatigue model : B 2.975

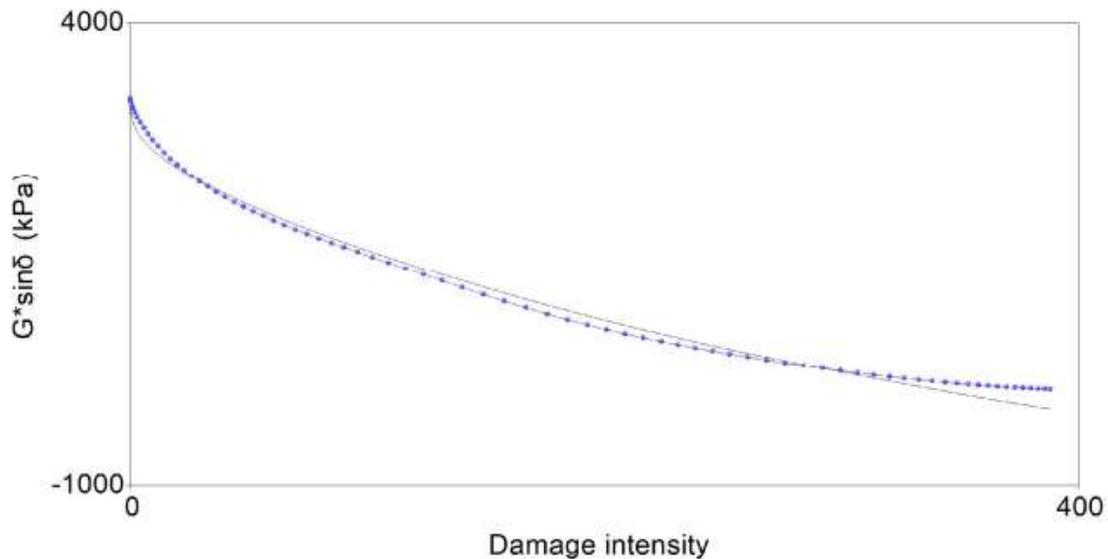
Alpha (for testing only) 1.48731

Binder fatigue performance parameter

Strain %	N _f
2.5	52663
5	6700
10.0	852

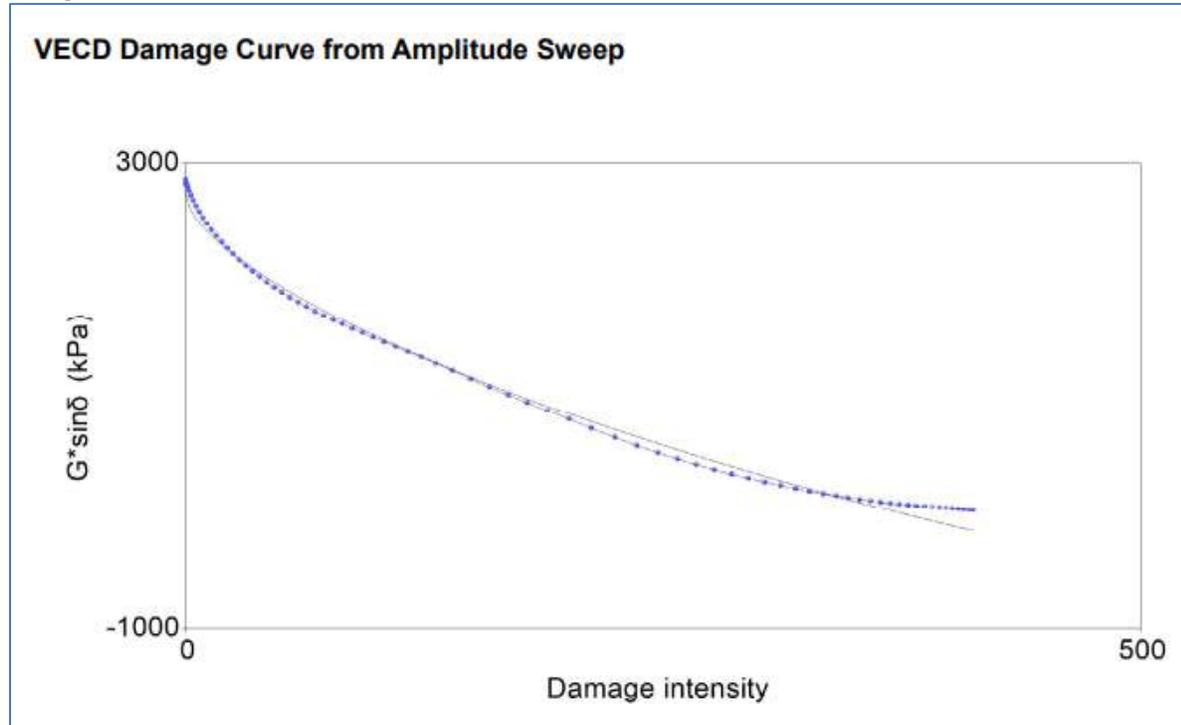
Fatiga LAS Sentido Paitilla.

VECD Damage Curve from Amplitude Sweep



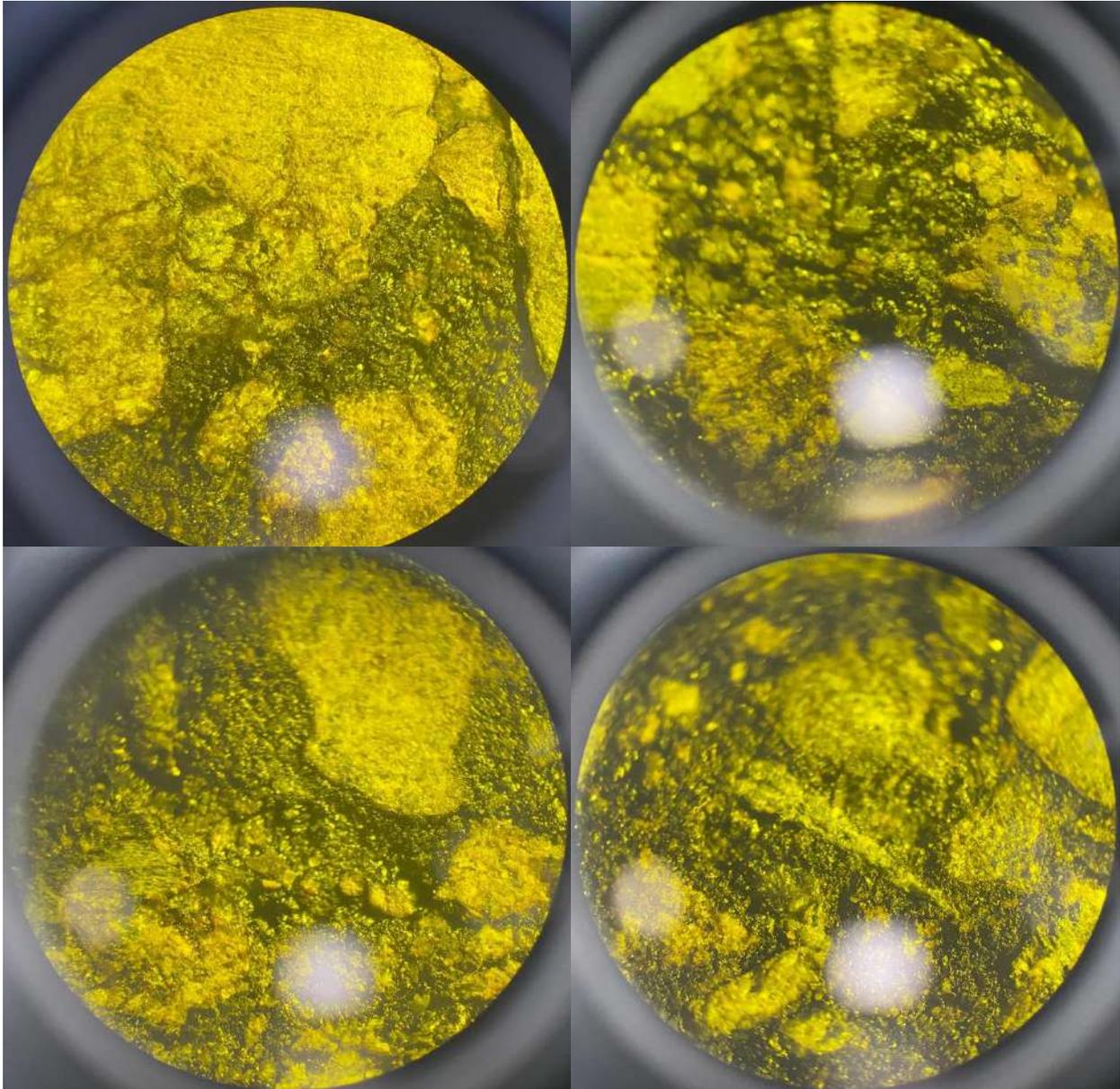


Fatiga LAS Sentido Tocumen.





5.3 Evaluación Mineralógica del pavimento a través de Microscopio de Fluorescencia.





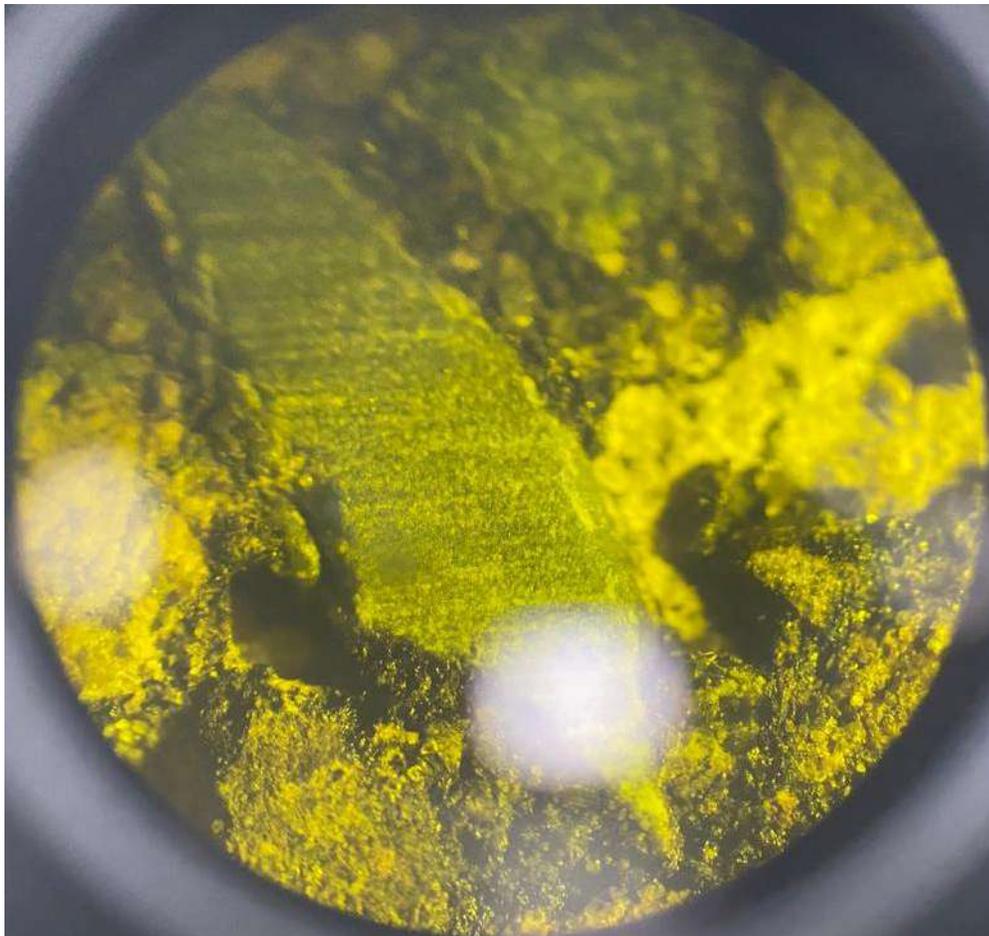
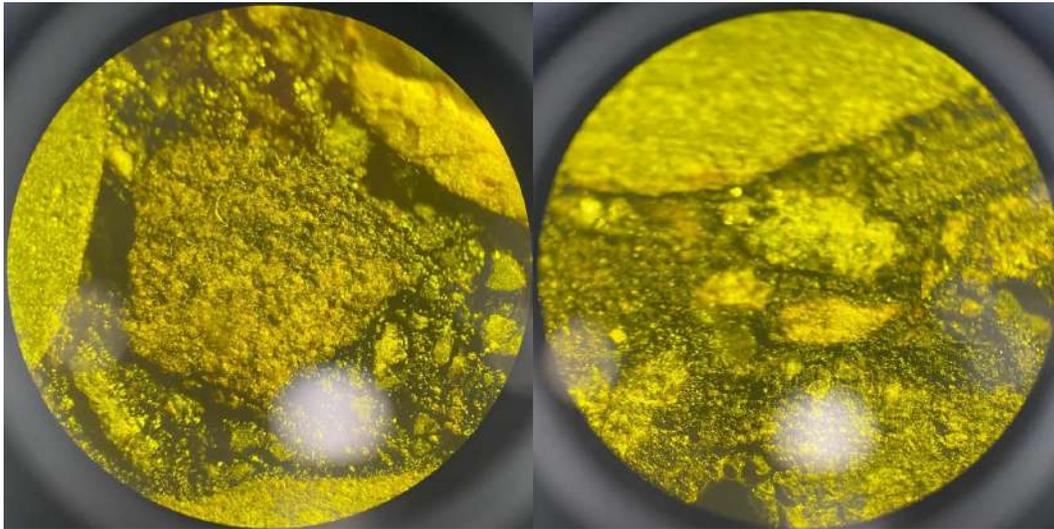
**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA: 2021/02/12





5.4 Pruebas Adicionales.

Se determinó el Grado PG de Desempeño al asfalto recuperado, dando un resultado de punto de falla de 71.2°C (PG 70), al cual se procedió a realizar la prueba de Múltiple Esfuerzo Repetido MSCR a una temperatura de 70°C con los siguientes Resultados:

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer:	TA Instruments
Model:	HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type:	Magnetizing/Air
Temperature Control:	Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test:	MSCR
Geometry Diameter:	25.00 mm
Gap:	1000 µm

RESULTS

Test Temperature:	70.0°C
$R_{0.1}$ - Average Percent Recovery at 0.100kPa:	6.70%
$R_{3.2}$ - Average Percent Recovery at 3.200kPa:	1.02%
R_{diff} - Percent difference between average recovery at 0.100kPa and 3.200kPa:	84.80%
$J_{nr 0.1}$ - Non-recoverable creep compliance at 0.100kPa:	3.23kPa ⁻¹
$J_{nr 3.2}$ - Non-recoverable creep compliance at 3.200kPa:	4.16kPa ⁻¹
$J_{nr diff}$ - Percent difference between non-recoverable creep compliance at 0.100kPa and 3.200kPa:	28.90%

The binder is not modified with an acceptable elastomeric polymer



6. CONCLUSIONES

6.1 En el numeral **5.2 Evaluación Ligante Asfáltico**, referente a los resultados de ensayo de la caracterización reológica y de viscosidad realizada a los cementos asfálticos recuperados del pavimento de ambos sentidos (Tocumen y Paitilla); a través de extracción y rotoevaporador, se puede evidenciar que:

a- A pesar del envejecimiento de la carpeta asfáltica con el paso del tiempo desde el momento de su fabricación e instalación hasta la fecha, el módulo de rigidez del ligante asfáltico se mantiene superior al mínimo necesario para evitar daños por deformación plástica.

b- Los Ángulos de desfase a 60°C para ambos sentidos (Tocumen y Paitilla), arrojan valores normales; presentando una pequeña pero permanente aún de la respuesta elástica de los ligantes asfálticos dentro de la mezcla.

c- La evaluación de desempeño realizada a temperaturas intermedias PAV, indican que los cementos asfálticos aún se encuentran en la región viscoelástica lineal a las temperaturas evaluadas (**25, 22, 19, 16 y 13°C**); estimando su punto de rigidez máxima en 10.6°C para el sentido Paitilla y 12.3°C para el Sentido Tocumen. Temperaturas intermedias inferiores a las presentadas en la situación y ubicación geográfica del Pavimento del Proyecto (Tramo Marino, Corredor Sur, Sentidos Tocumen y Paitilla).

d- Los resultados obtenidos de las pruebas de Estimación de la Resistencia a la Fatiga de los cementos asfálticos recuperados, mediante el ensayo de Barrido de Amplitud Lineal (LAS) Linear Amplitude Sweep. Presentados en el numeral 5.2.3, se puede determinar que los ligantes asfálticos presentes en los pavimentos de ambos sentidos (Tocumen y Paitilla), cuentan con una oxidación avanzada y una rigidez esperada para pavimentos de más de 4 años de servicio.

6.2 En el numeral **5.3** mediante la evaluación Mineralógica del pavimento a través de Microscopio de Fluorescencia, se puede determinar que la mezcla asfáltica cuenta con grandes vacíos y con un empaquetamiento completo a pesar de la falta de finos; se logra evidenciar además que los agregados no presentan micro fisuras.

6.3 En el numeral **5.4** mediante la prueba de PG y MSCR, se puede determinar que el ligante asfáltico presente en la mezcla asfáltica, carece de respuesta elástica a la temperatura evaluada (70°C); temperatura 6°C menor a la determinada para el Proyecto (PG **76-22**).



7. RECOMENDACIONES

De manera general se recomienda atender con brevedad las afectaciones que presenta la carpeta, ya que aunque está en un estado bueno (PCI de 85 – 100), se tienen afectaciones que pueden aumentar el daño de la carpeta y llevarla a un índice inferior, lo cual afectará considerablemente el nivel de servicio. A continuación hacemos algunas recomendaciones al respecto:

Las recomendaciones acá citadas hacer parte del know how de los profesionales que participaron en la elaboración del presente estudio, MULTISERVICIO CONTINENTAL S.A. No se responsabiliza por el uso inadecuado de la información suministrada; así como tampoco es responsable financieramente de cualquier problema que exista con el empleo o manejo de las recomendaciones sindicadas.

Baches Extensos:

Considerando las situaciones presentadas a lo largo del tramo se recomienda revisar algunos puntos en referencia al material y al procedimiento realizado en los bacheos, en la medida que no se están siguiendo las recomendaciones en referencia a la forma como se deben hacer los bacheos en este tipo de vías. Se hace esta observación en la medida que se encontraron baches que tienen una forma irregular, lo cual no hace parte de los procedimientos definidos para este tipo de reparaciones.



En esta foto se observa en primer lugar que el bache no cuenta con una forma regular, debería estar en forma rectangular, para que este mantenga el empaquetamiento. El no tener una forma regular lo cual afecta considerablemente la durabilidad del mismo. En segundo lugar se observa una zona muy deteriorada cerca al bache, por lo cual esto afectará considerablemente la durabilidad del mismo, ya que esta superficie fallada permite el acceso del agua y por consiguiente la reducción de la durabilidad del bache. (Sentido Paitilla)



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

En esta foto se observa de igual manera la misma situación de la fotografía anterior, es decir no se sigue el tratamiento que debe realizarse antes de colocar la mezcla, se sugiere revisar los capítulos del MOP en referencia al procedimiento a seguir para los trabajos de bacheo. Igual revisar que se aplique de manera adecuada el riego de liga. Sentido Paitilla



En esta fotografía se puede observar que el bache de la parte derecha cumple con la geometría recomendada, sin embargo este mismo bache se aprecia la carencia de liga en sus bordes lo cual de igual manera reduce su durabilidad. En el bache del lado izquierdo se observa un bache con diferente material, lo cual no es lo más adecuado considerando las diferentes rigideces de cada material. Sentido Paitilla.



Existe un buen número de baches que han fallado, es decir el material con el que se empleó no fue el más adecuado o no se logró la compactación especificada. Por tanto este tipo de daños permiten el acceso de agua a la carpeta afectando no solo el área del bache sino la periferia. De igual manera en este caso se requiere realizar el bache de manera integral y no sectorizar los baches. En este caso por ejemplo lo más recomendable es hacer el bache por la línea punteada y evitar hacer dos baches pequeños.

Rutting

Aunque la mayor parte del Rutting es bajo, se evidencian algunos sectores en donde esta se



manifiesta de manera moderada (Carriles Lentos), desplazando la mezcla y generando fisuras que posteriormente permiten el acceso del agua y posteriormente la necesidad de los baches.

Este fenómeno se puede presentar por dos motivos principalmente, por la presencia de un asfalto muy blando que ante las elevadas temperaturas se deforme de manera permanente, ó que exista una deficiencia en la liga de la carpeta asfáltica con la losa de concreto.

En algunas extracciones de núcleos se evidencio la carencia de liga, lo cual podría llegar a inclinarse por la falta de liga o por un material deficiente empleado al momento de ligar, motivo por el cual se genera el desplazamiento de la mezcla. En este caso lo más recomendable es retirar todas las deformaciones y realizar bacheos para reemplazar estas zonas afectadas (Sentido Tocumen)



Grietas por Fatiga bajo



Las grietas presentes a lo largo de la estructura de pavimento son muy pocas y todas se presentan de manera logitudinal, la cuales tienen separaciones inferiores a $\frac{1}{4}$ ", sin embargo estas se deben sellar igualmente para evitar el acceso del agua y que se generen mayores daños a la estructura.

Oxidación y raveling

Esta es la afectación mas generalizada en la carpeta de rodadura, sin embargo esta en un rango bajo (>25% a <50% de perdida de Agg), para lo cual se puede emplear un rejuvenecedor tal como ha sido definido en las generalidades de este estudio. Sumado a que los rangos del IPC se encuentra dentro de Iso rangos para los cuales se pueden emplear este tipo de productos.





Baches Aislados



Hay una cantidad importante de baches aislados a lo largo de la carpeta en ambos sentidos, y dadas las dimensiones menores de este tipo de afectaciones, la sugerencia es tratarlos con Mastic, que es un mortero preparado con sello de grietas en caliente a base de asfaltos modificados con SBS y agregados petreos. El cual facilita este tipo de reparaciones sin que se generen mayores afectaciones a la estructura y reduciendo el riesgo de afectación.

En caso de Optar por emplear un rejuvenecedor que ayude a mejorar y detener las afectaciones que presenta la carpeta asfáltica en ambos sentidos (Tocumen y Paitilla), se recomienda realizar todas las pruebas preliminares necesarias para definir el tipo de rejuvenecedor, así como su concentración y tasas de riego las cuales puedan evidenciar la mejoría del desempeño y el objetivo de la aplicación del mismo.



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8. ANEXOS

- 8.1 Anexo 1 – Registro Fotográfico.**
- 8.2 Anexo 2 – Resultados PG Original Binder.**
- 8.3 Anexo 3 – Resultados PG RTFOT Residue.**
- 8.4 Anexo 4 – Resultados PG PAV.**
- 8.5 Anexo 5 – Resultados LAS.**
- 8.6 Anexo 6 – Resultados Viscosidades.**
- 8.7 Anexo 7 – Resultados Pruebas Adicionales.**



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.1 Anexo 1 – Registro Fotográfico.

Tramo Marino (Sentido Paitilla)

JUNTA 8 - 9



Carril Lento
Desgaste



Carril Lento
Desgaste

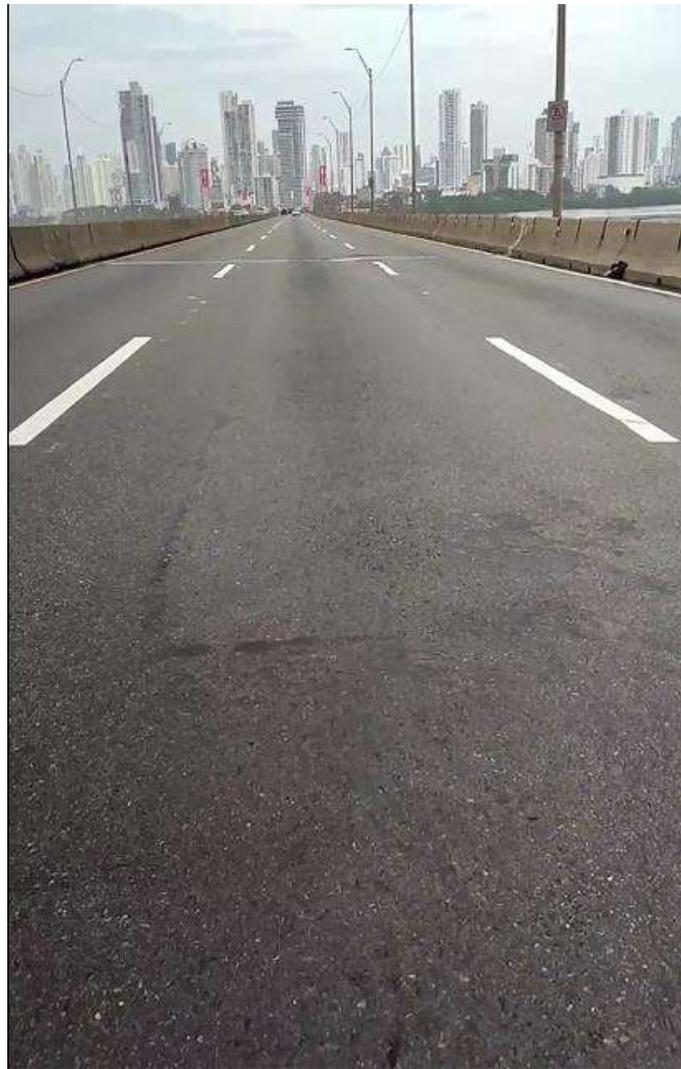


Carril Medio
Bache 2.30x1.60

JUNTA 8 - 9



Carril Alta
Desgaste



Carril Medio
Deflexión 1.30x2.30

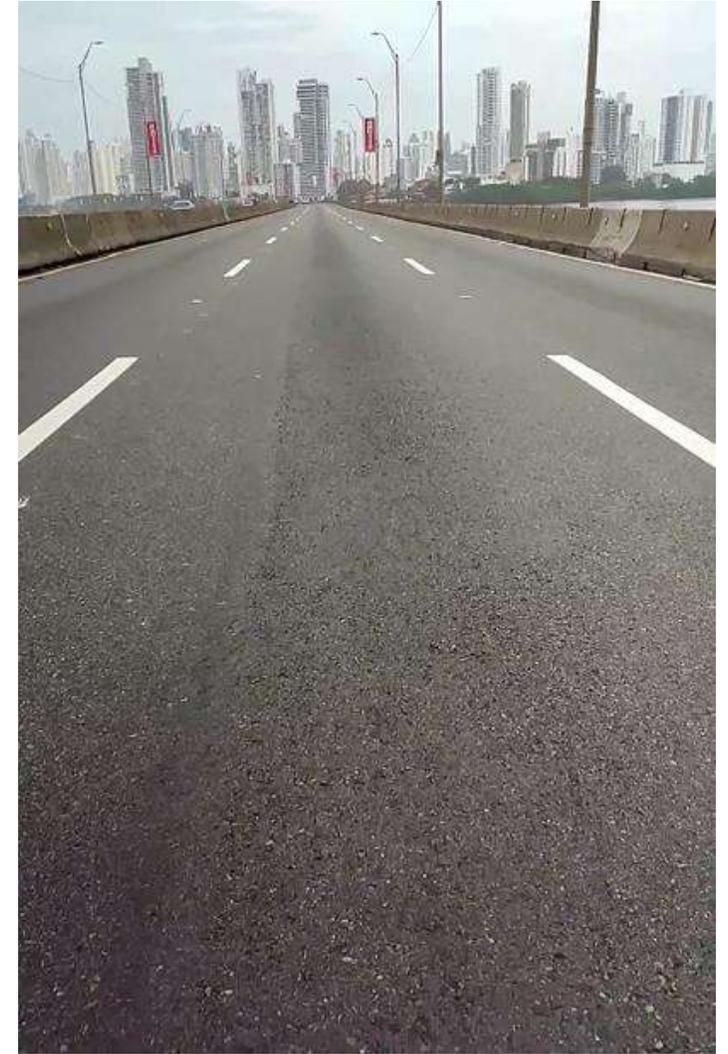
JUNTA 9-10



Carril Lento
Bache 0.50mx0.50m



Carril Lento
Desgaste



Carril Medio
Desgaste

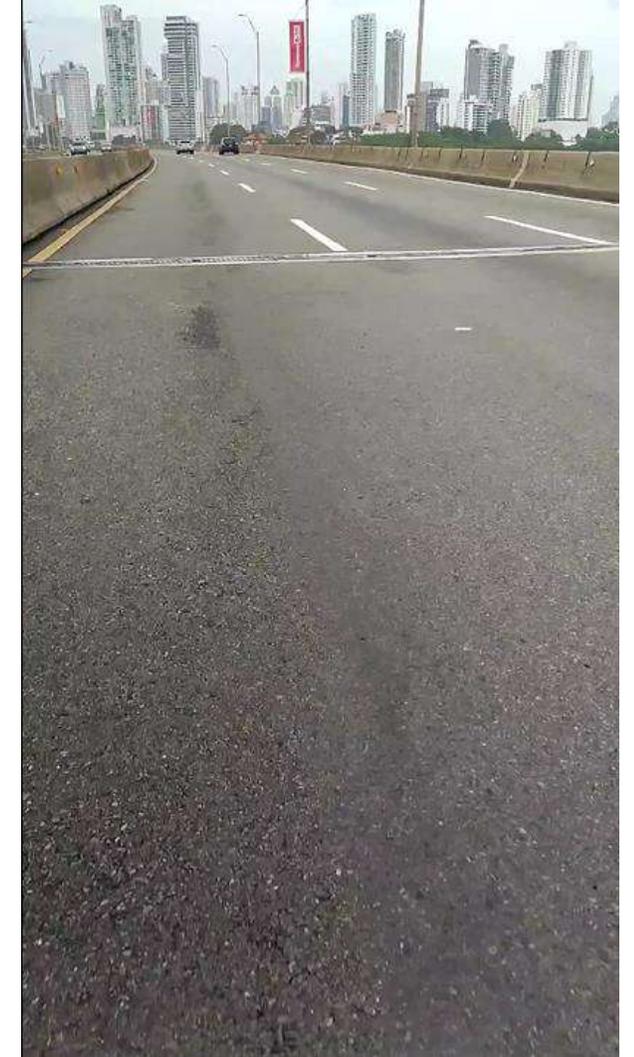
JUNTA 9-10



Carril Alta
Exudación



Carril Alta
Exudación



Carril Alta
Desgaste

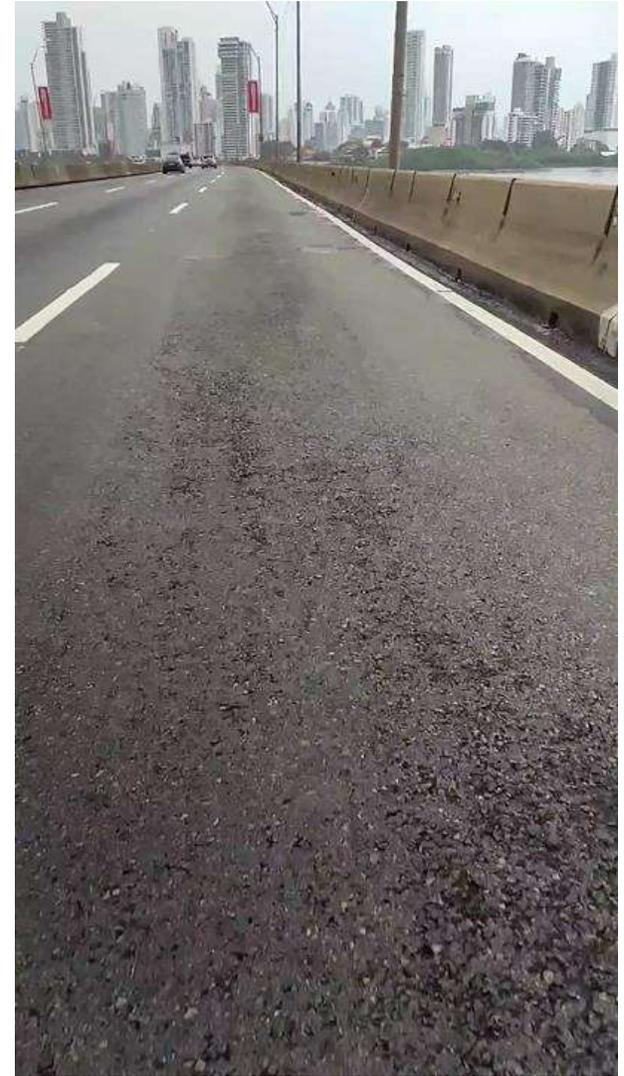
JUNTA 10-11



Carril Lento
Desgaste



Carril Lento
Bache 2.75mx1.20m



Carril Lento
Desgaste

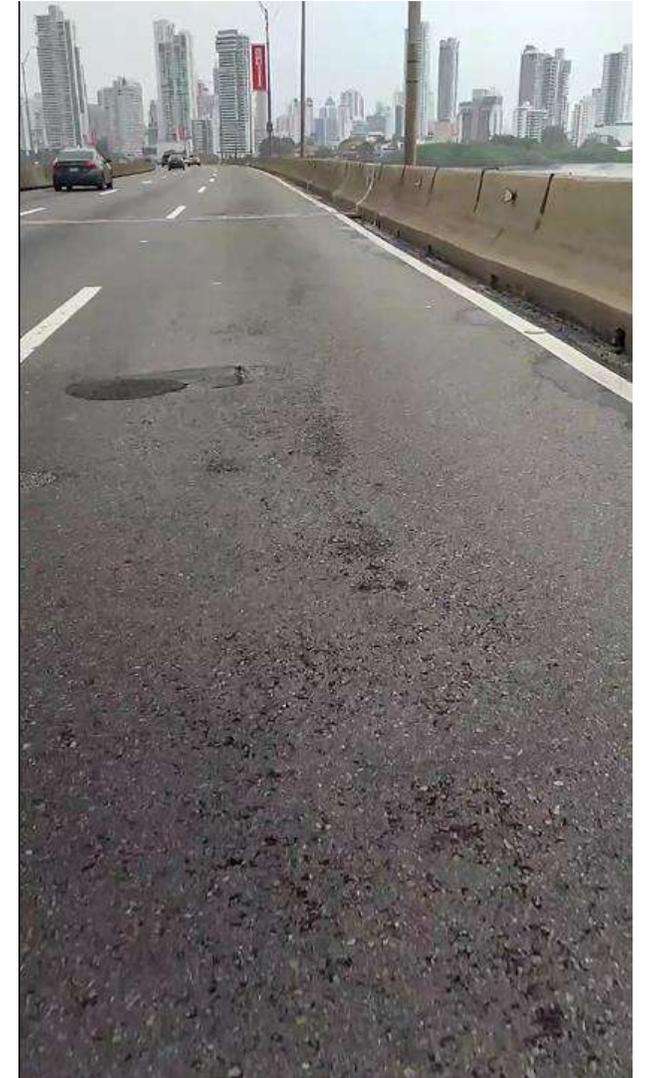
JUNTA 10-11



Carril Lento
Bache 3.5mx4.0m



Carril Lento
Bache 1.20m*0.90m



Carril Lento
Bache 1.20m*2.75.00 m

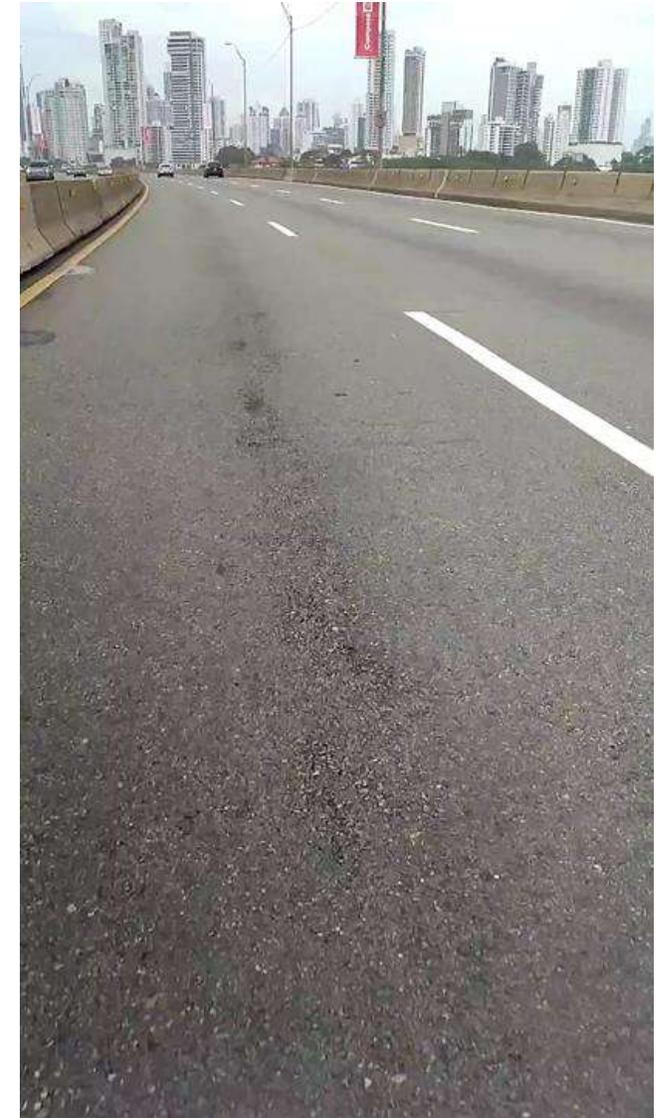
JUNTA 10-11



Carril Medio
Desgaste



Carril Medio
Bache 0.75m x 1.10m



Carril Alta
Desgaste

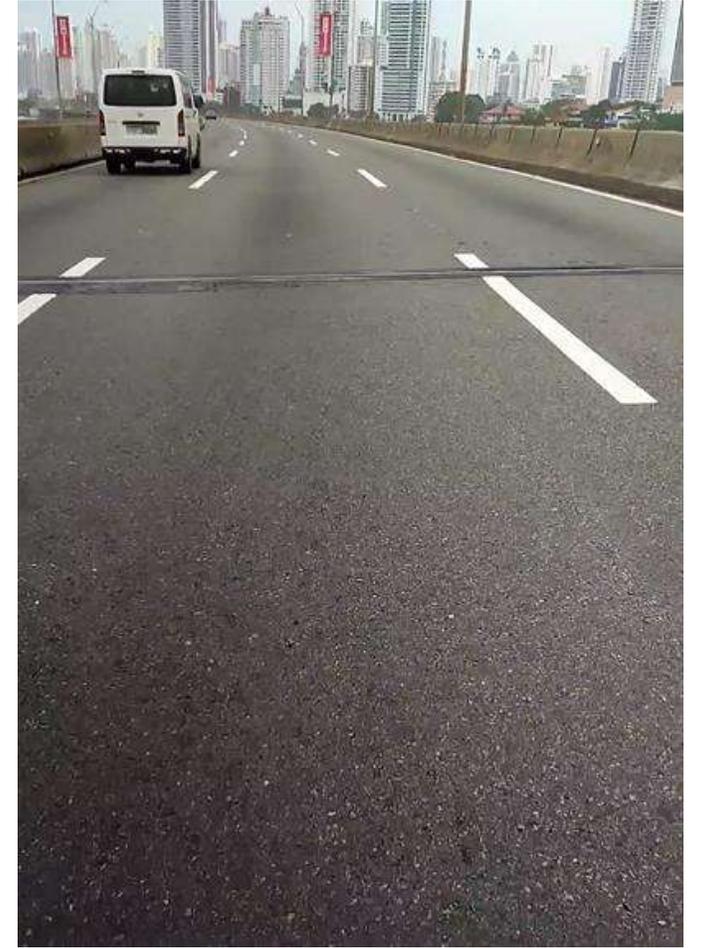
JUNTA 11-12



Carril Lento
Desgaste



Carril Lento
Bache 0.90*1.75



Carril Medio
Desgaste

JUNTA 11-12



Carril Alta
Desgaste

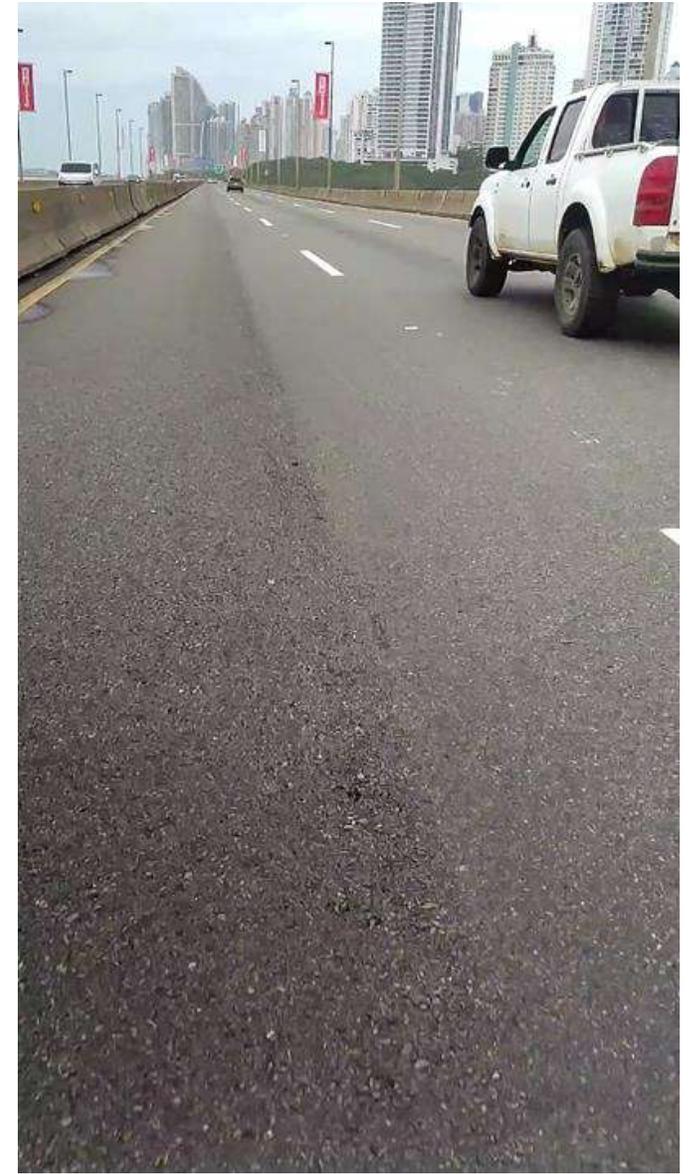
JUNTA 12-13



Carril Lento
Desgaste



Carril Alta
Bache 1.20 x 0.75m



Carril Alta
Desgaste

JUNTA 12-13

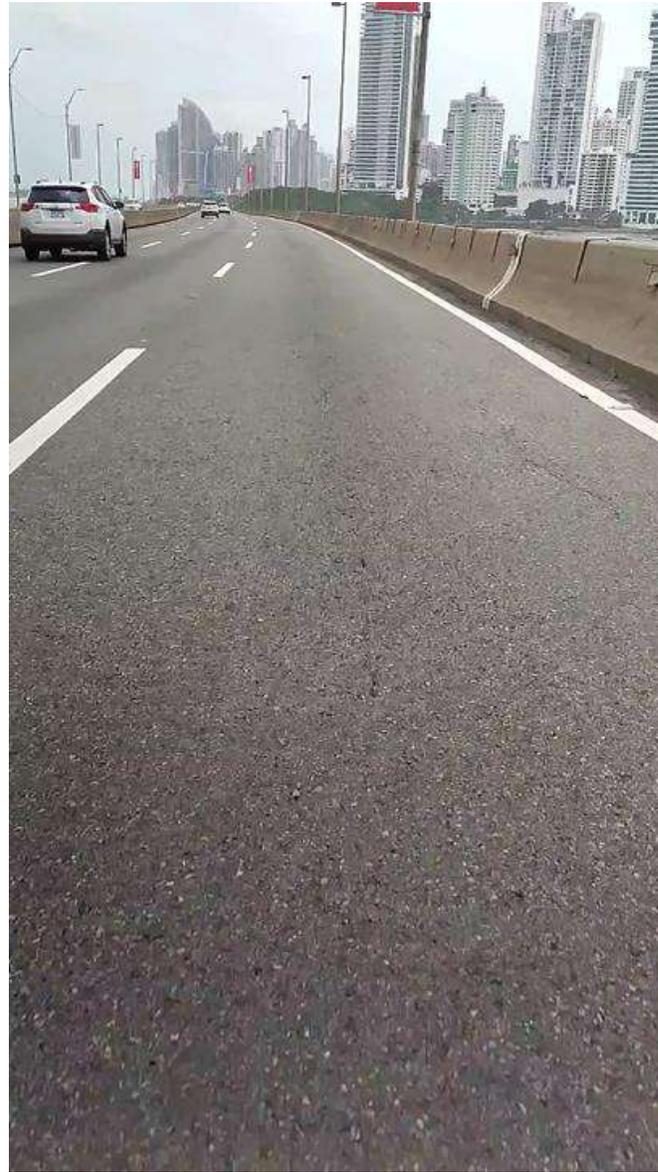


Carril Medio
Bache 0.75m x 0.75m

JUNTA 13-14



Carril Lento
Desgaste

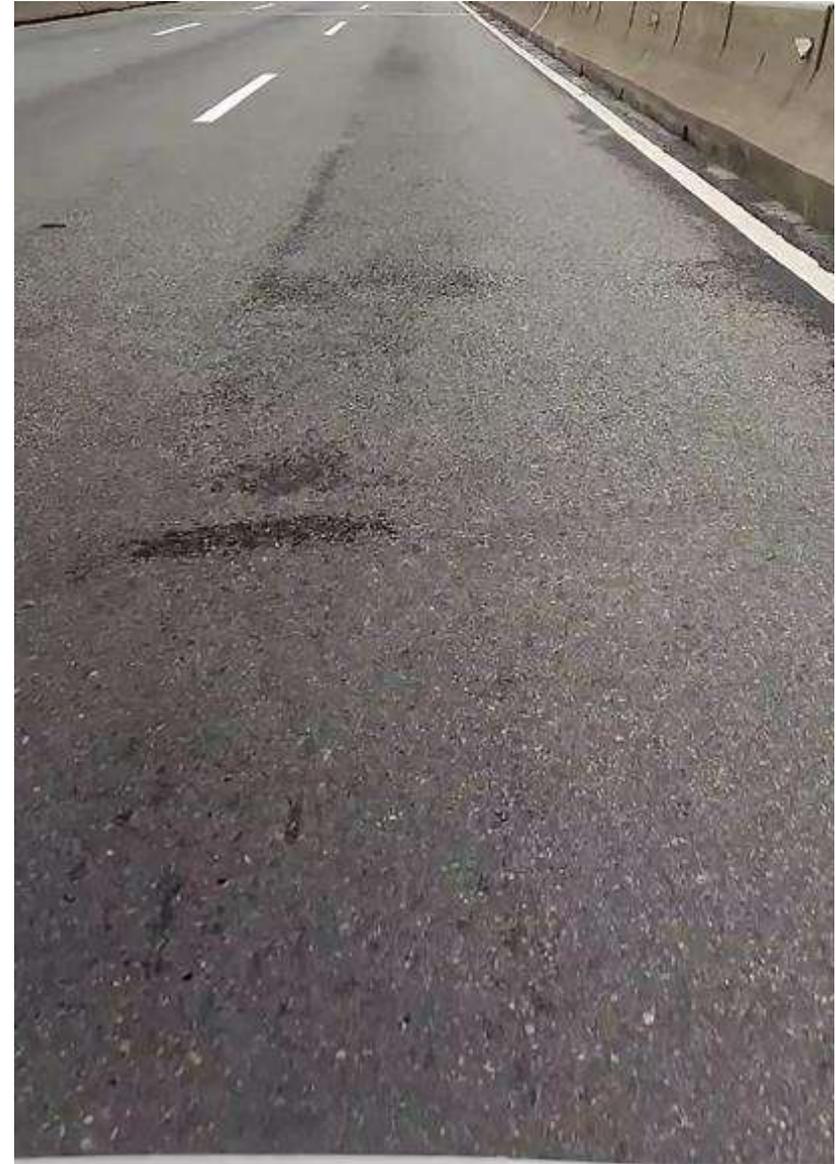


Carril Lento
Fisura 5 ml

JUNTA 14-15



Carril Lento
Fisura 5 ml

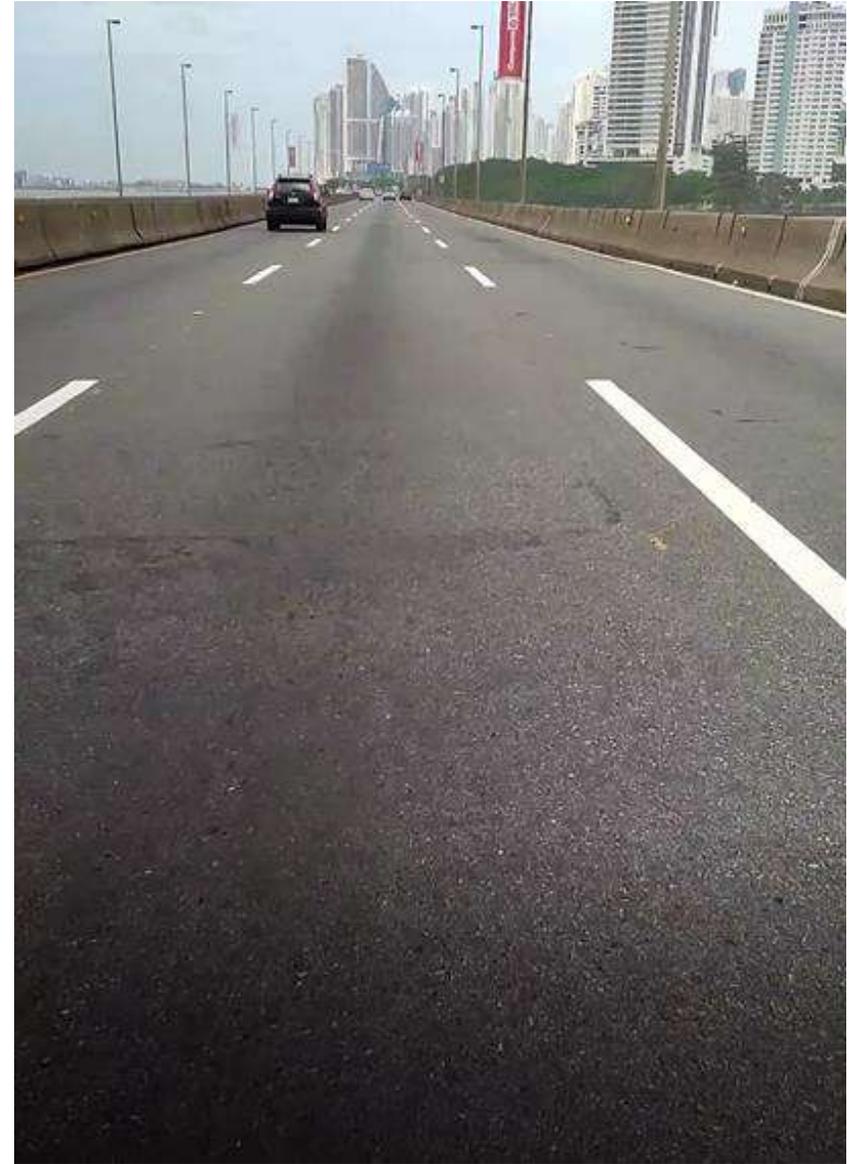


Carril Lento
Bache 0.90mx2.60m

JUNTA 14-15



Carril Medio
Desgaste



Carril Medio
Bache 3.00mx1.75m

JUNTA 15-16



Carril Lento
Desgaste y
Desplazamiento



Carril Lento
Bache 0.75mx1.15m

JUNTA 16-17



Carril Lento
Desgaste



Carril Alta
Desgaste



Carril Alta
Desgaste

JUNTA 17-18



Carril Lento
Bache 1.30x4.00m



Carril Medio
Bache 0.75mx1.50m



Carril Medio
Bache 1.30mx0.60m

JUNTA 17-18



Carril Alta
Desgaste



Carril Alta
Bache 1.50mx1.50m

Tramo Marino (Sentido Tocumen)

JUNTA 1 - 2



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 2-3



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 3-4



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 4-5





12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 5-6



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



JUNTA 6-7



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 7-8





12/12/2016

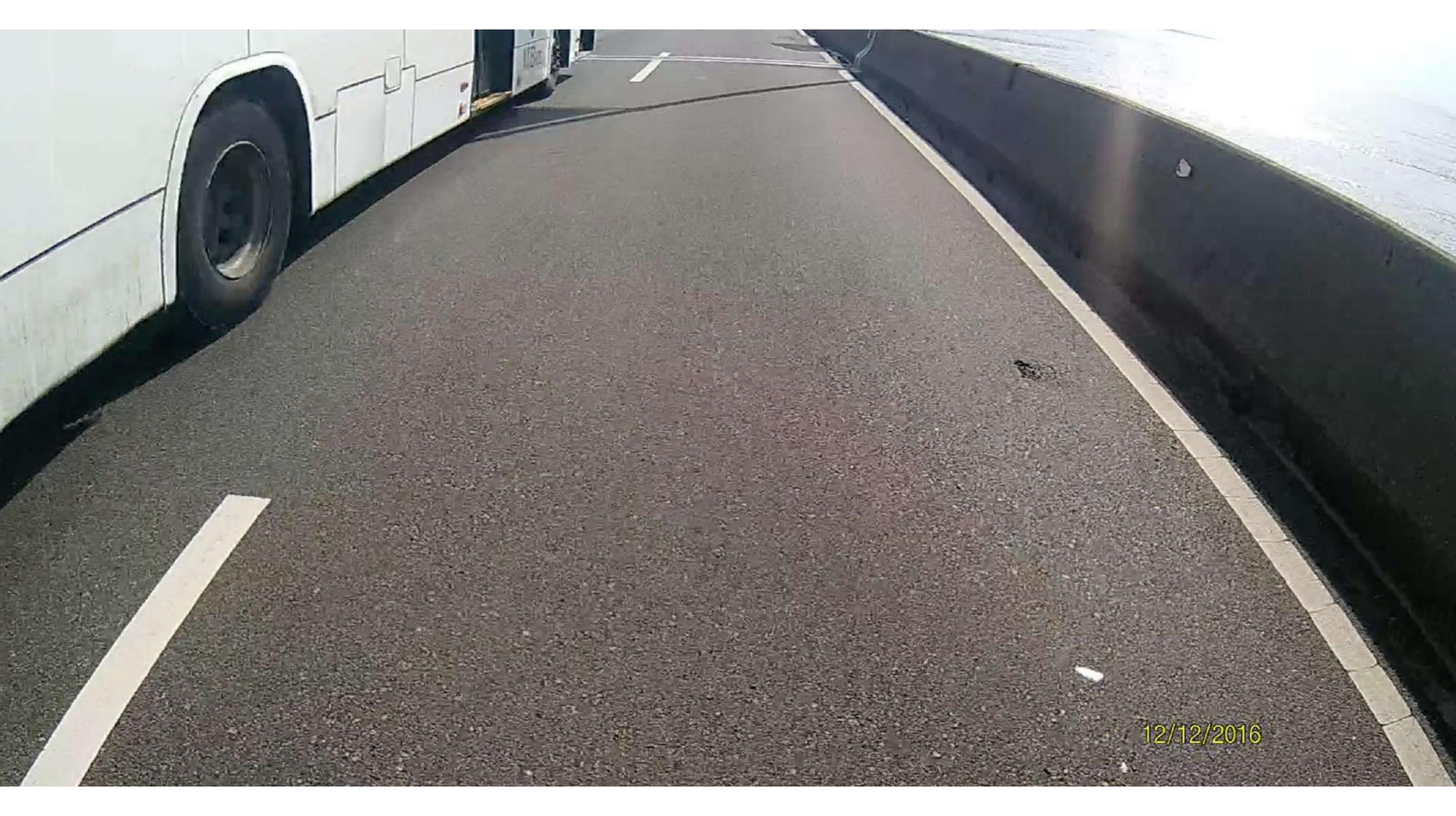


12/12/2016





12/12/2016



12/12/2016



JUNTA 8-9



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 9-10



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 10-11



12/12/2016



JUNTA 11-12



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 12-13



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 13-14



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



32

12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

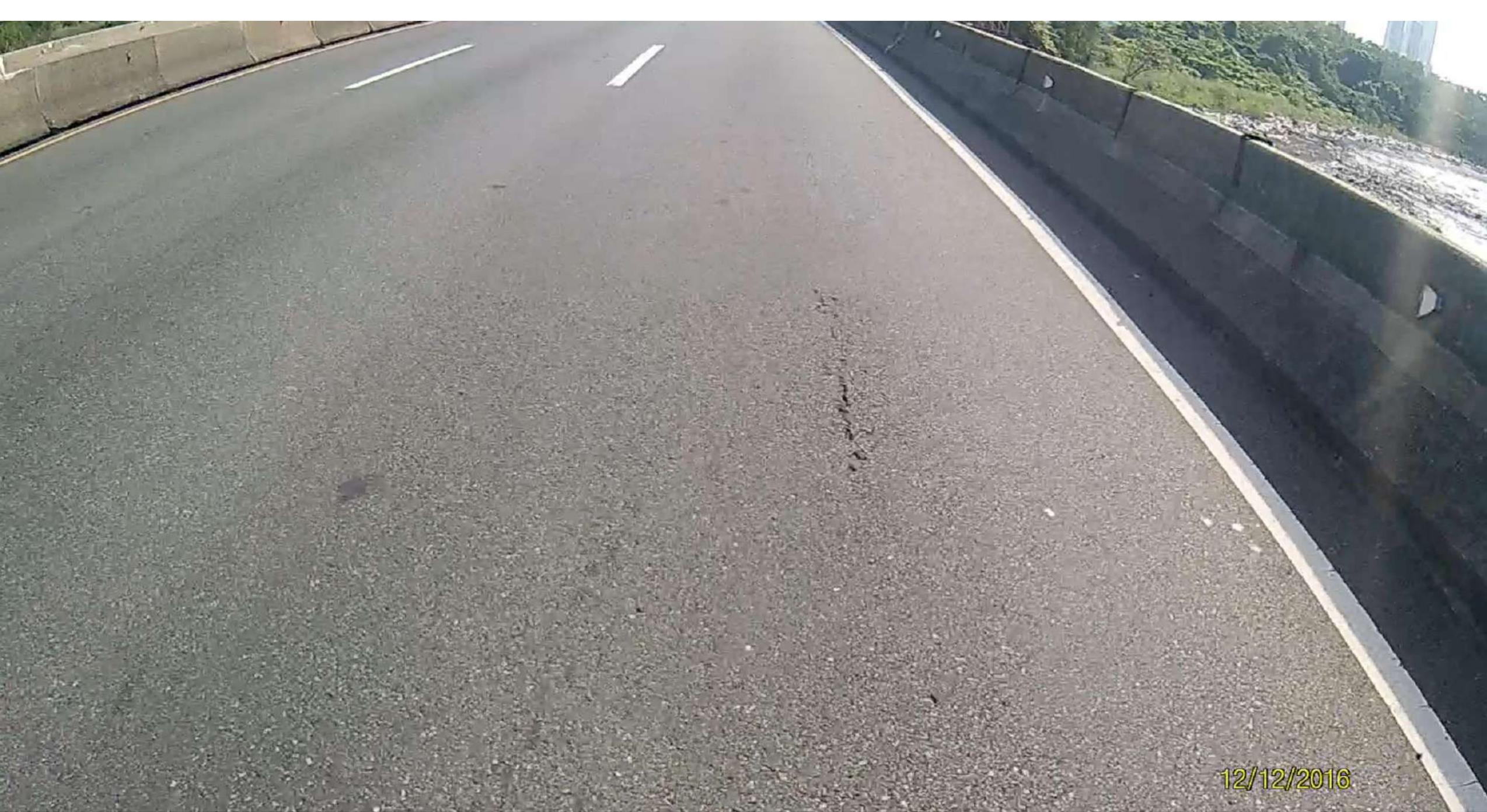
JUNTA 14-15



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016

JUNTA 15-16



12/12/2016



12/12/2016



35

12/12/2016

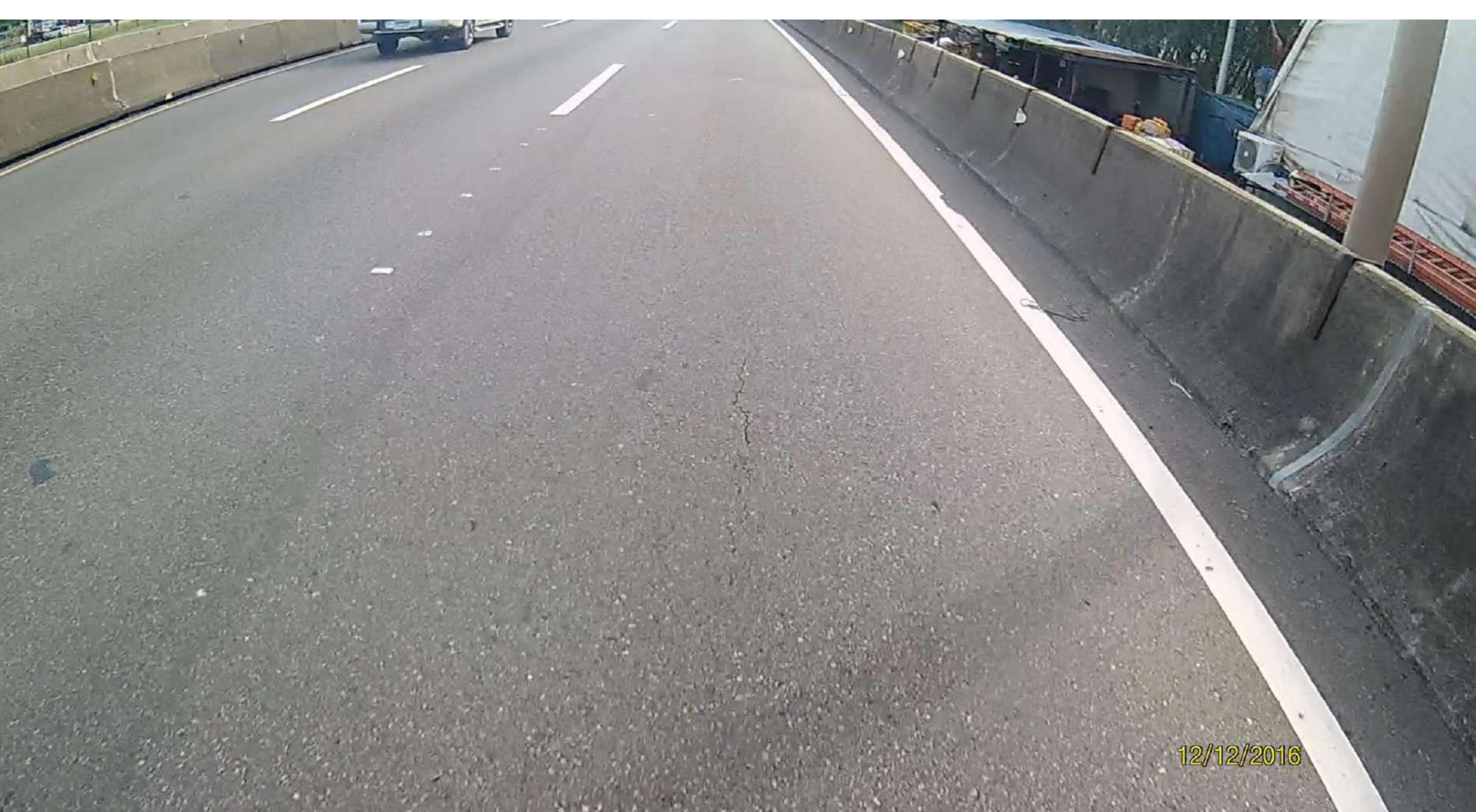
JUNTA 16-17



12/12/2016



12/12/2016



12/12/2016



36

12/12/2016

JUNTA 17-18



12/12/2016



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.2 Anexo 2 – Resultados PG Original Binder.

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #1
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #1 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #1.tri
Time and Date: 06/03/2022 3:41:31 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	3.17	12.1	71.6	26.3	27.7	Pass

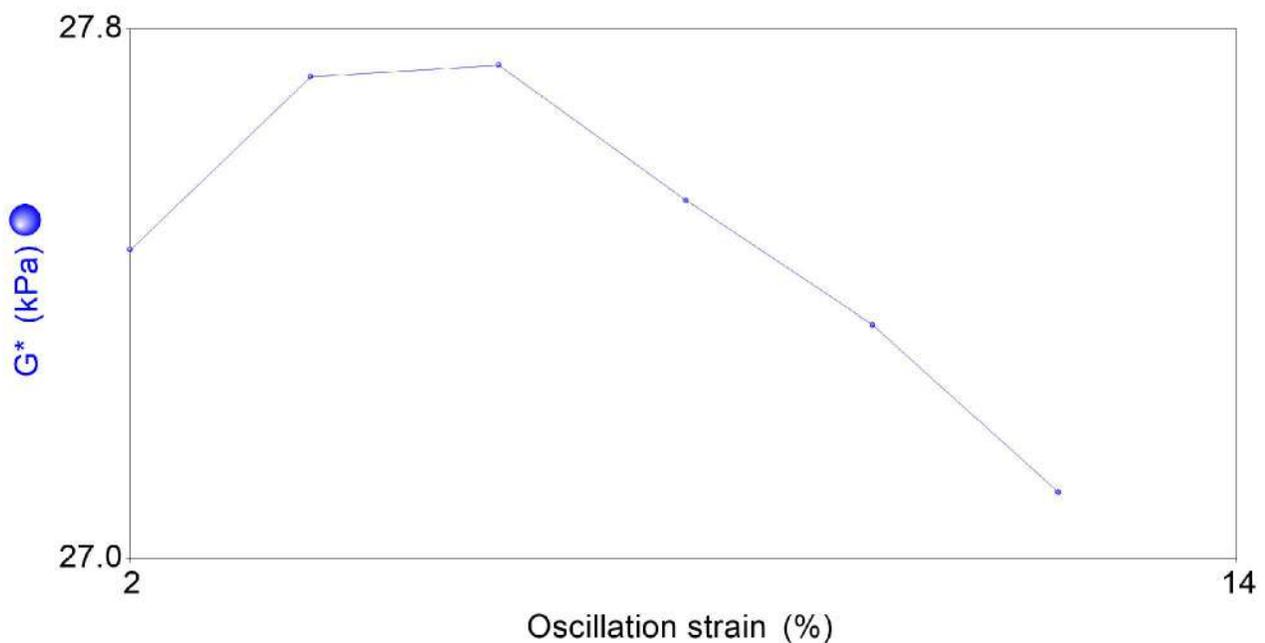
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #1
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #1 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	27.5
2	4.0	27.7
3	6.0	27.7
4	8.0	27.5
5	10.1	27.4
6	12.1	27.1

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 0.99$

Measurement made in linear range and results are valid for grading binder



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #2
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #2 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #2.tri
Time and Date: 06/03/2022 5:05:13 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	3.65	12.2	71.4	30.0	31.7	Pass

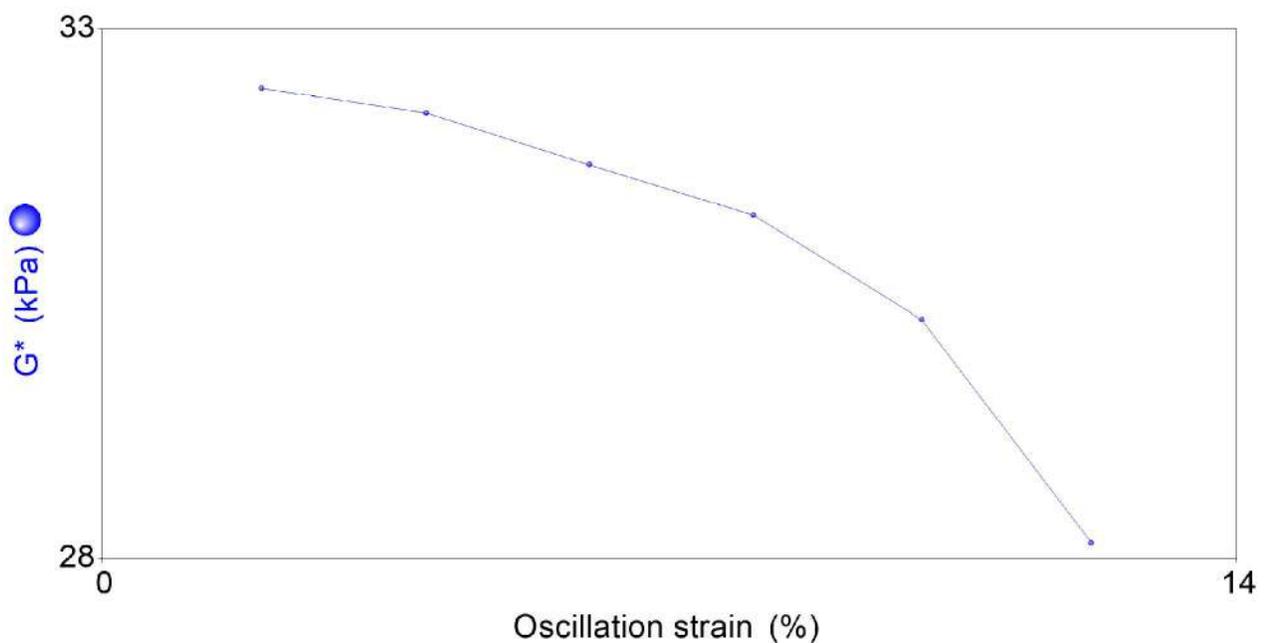
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #2
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #2 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	32.4
2	4.0	32.2
3	6.0	31.7
4	8.0	31.2
5	10.1	30.3
6	12.2	28.1

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 0.87$

Measurement made in non-linear range and results are invalid for grading binder



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #3
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #3 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #3.tri
Time and Date: 06/04/2022 10:05:38 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	3.17	12.2	71.1	26.1	27.5	Pass

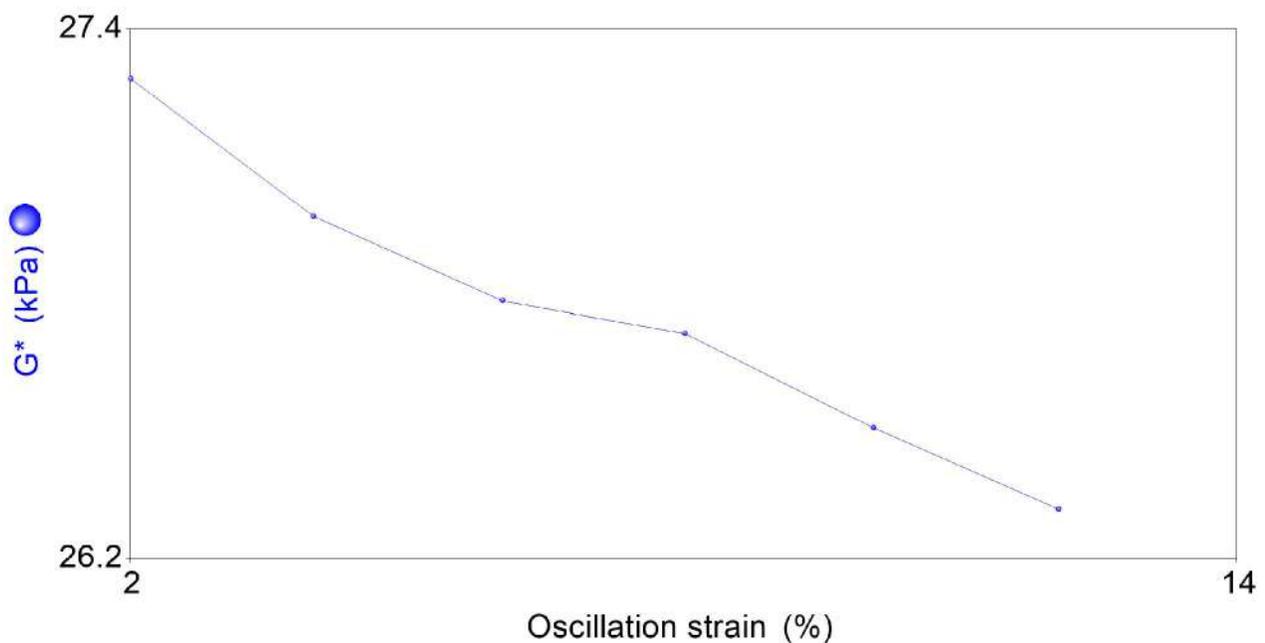
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #3
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Original #3 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	27.3
2	4.0	27.0
3	6.0	26.8
4	8.0	26.7
5	10.1	26.5
6	12.1	26.3

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 0.96$

Measurement made in linear range and results are valid for grading binder



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #1
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original Binder #1 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #1.tri
Time and Date: 06/03/2022 10:34:47 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.72	12.0	79.9	5.99	6.08	Pass

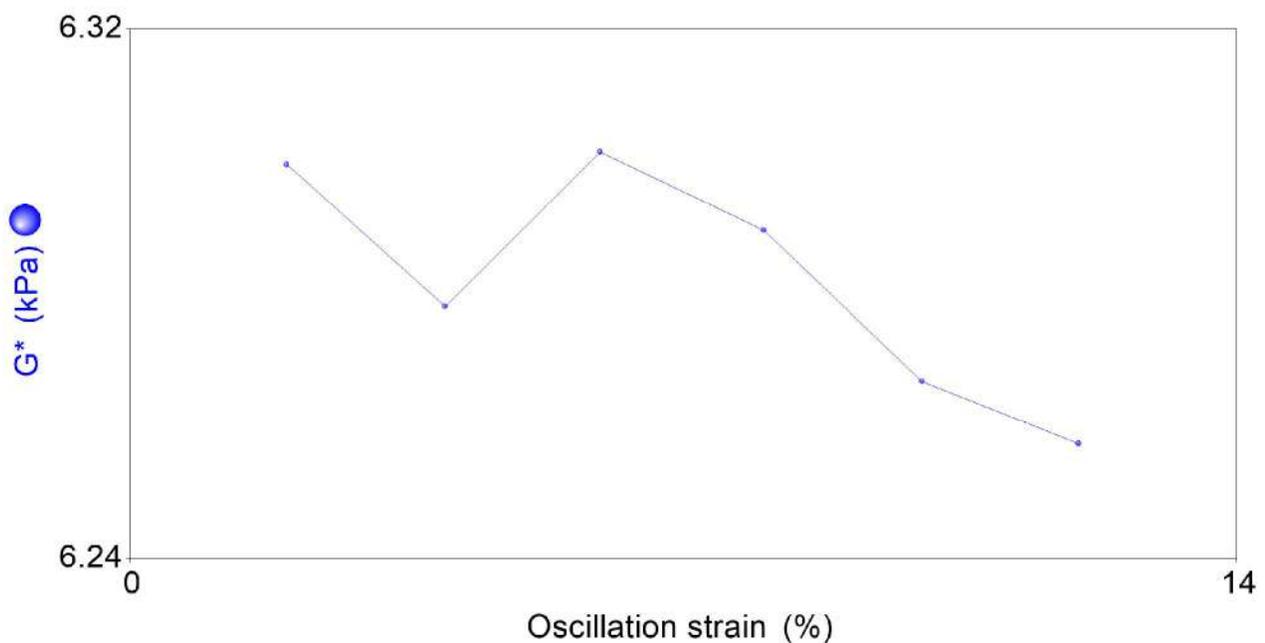
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #1
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #1 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	6.30
2	4.0	6.28
3	5.9	6.30
4	8.0	6.29
5	10.0	6.27
6	12.0	6.26

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 0.99$

Measurement made in linear range and results are valid for grading binder



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #2
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original Binder #2 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #2.tri
Time and Date: 06/03/2022 11:33:47 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.83	12.0	79.5	6.89	7.01	Pass

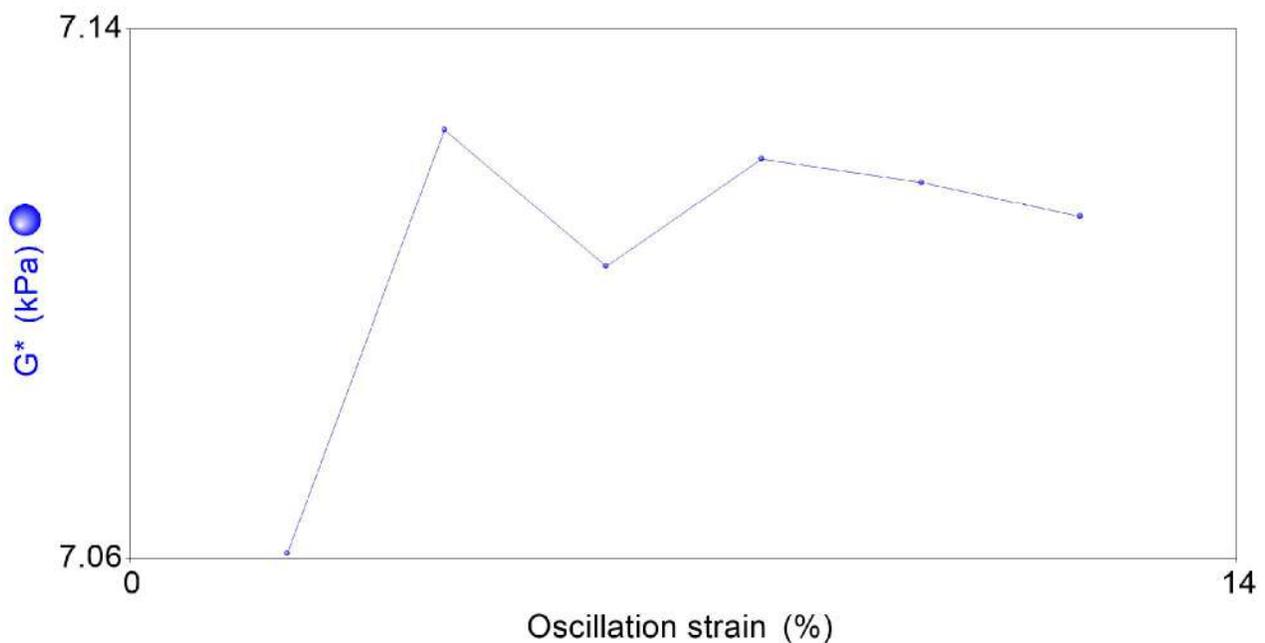
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #2
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #2 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	7.06
2	4.0	7.12
3	6.0	7.10
4	8.0	7.12
5	10.0	7.12
6	12.0	7.11

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 1.01$

Measurement made in linear range and results are valid for grading binder



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #3
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Asfalto Modificado PG
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Original Binder Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original Binder #3 Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Versión 1)
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #3.tri
Time and Date: 06/03/2022 1:33:05 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: Original Binder
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 μ m

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.91	12.0	79.2	7.57	7.70	Pass

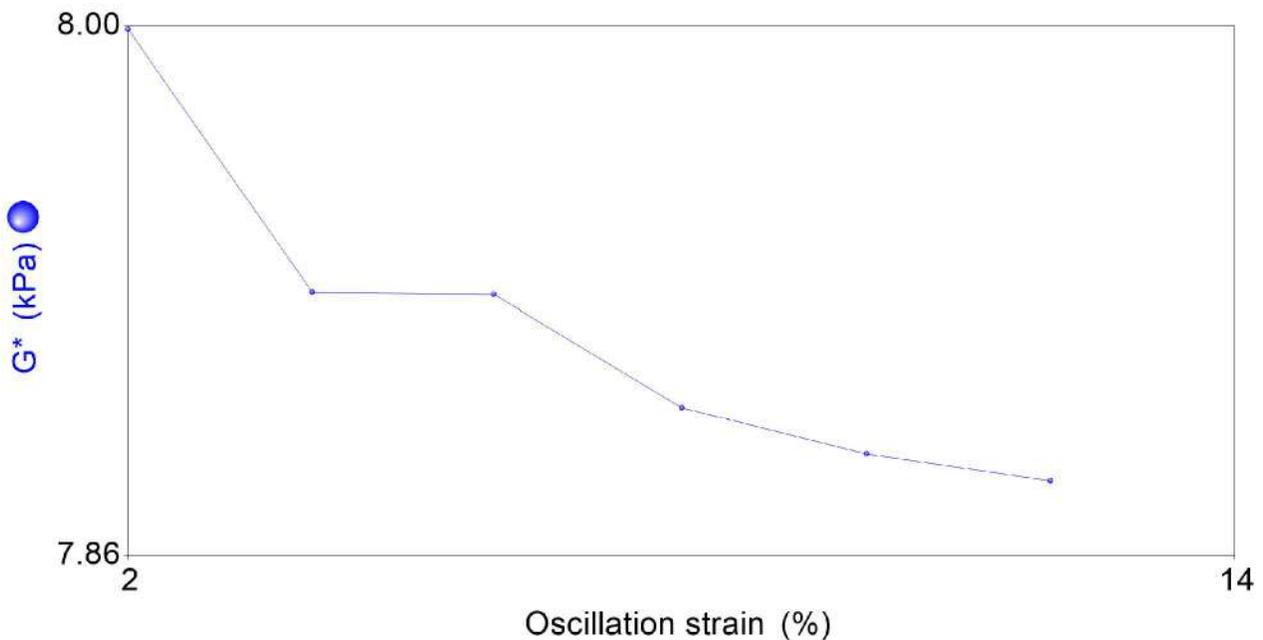
LINEARITY CHECK

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #3
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Original #3 Linearity Check.tri
Temperature: 60.0 °C
Frequency: 10.0 rad/s

	Oscillation Strain %	G* kPa
1	2.0	8.00
2	4.0	7.93
3	6.0	7.93
4	8.0	7.90
5	10.0	7.89
6	12.0	7.88

$(G^* \text{ at } 12\% \text{ strain}) / (G^* \text{ at } 2\% \text{ strain}) = 0.99$

Measurement made in linear range and results are valid for grading binder





**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.3 Anexo 3 – Resultados PG RTFOT Residue.

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #1
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #1 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #1.tri
Time and Date: 06/03/2022 4:12:40 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	2.84	10.0	70.9	28.3	30.0	Pass

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #2
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #2 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #2.tri
Time and Date: 06/03/2022 5:30:51 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	3.18	10.1	70.9	31.5	33.3	Pass

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #3
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #3 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue #3.tri
Time and Date: 06/04/2022 10:46:35 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	2.73	10.0	70.6	27.2	28.8	Pass

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #1
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #1 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #1.tri
Time and Date: 06/03/2022 11:10:50 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.66	10.0	79.3	6.56	6.67	Pass

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #2
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #2 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #2.tri
Time and Date: 06/03/2022 12:20:37 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.76	10.0	78.8	7.55	7.70	Pass

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #3
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #3 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG RTFOT Residue #3.tri
Time and Date: 06/03/2022 2:06:23 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	60.0	0.81	10.0	78.7	8.07	8.22	Pass



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.4 Anexo 4 – Resultados PG PAV.

Fasttrack



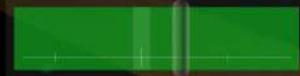
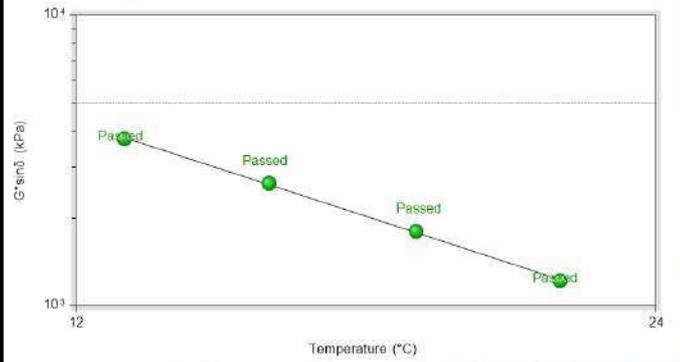
HR-10

Passed 4th temperature, heating to 5th temperature 10.0 °C

Running

	Angular Freq rad/s	Temp. °C	Delta °	Osc. stress kPa	% strain %	G* kPa	G* sin δ kPa	Pass/Fail
1	10.0	22.0	49.8	18.00	1.0	1000	1220	Pass
2	10.0	19.0	47.1	24.75	1.0	2470	1810	Pass
3	10.0	16.0	44.5	37.89	1.0	3780	2650	Pass
4	10.0	13.0	42.1	56.37	1.0	5820	3770	Pass

Estimated fail temperature : 10.8 °C



10.4 °C



2.000 mm



PAV Residue

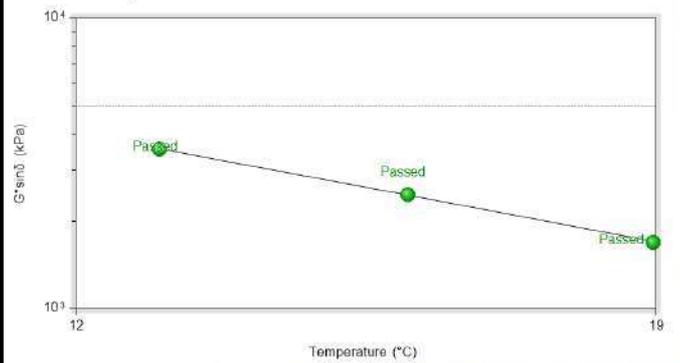
Fasttrack

Passed 3rd temperature, heating to 4th temperature 10.0 °C

Running

	Angular Freq rad/s	Temp. °C	Delta °	Osc. stress kPa	% strain %	G* kPa	G* sin δ kPa	Pass/Fail
1	10.0	19.0	47.8	22.88	1.0	2300	1700	Pass
2	10.0	16.0	45.1	34.90	1.0	3510	2490	Pass
3	10.0	13.0	42.5	52.82	1.0	5250	3550	Pass

Estimated fail temperature : 10.3 °C



11.9 °C



2.000 mm



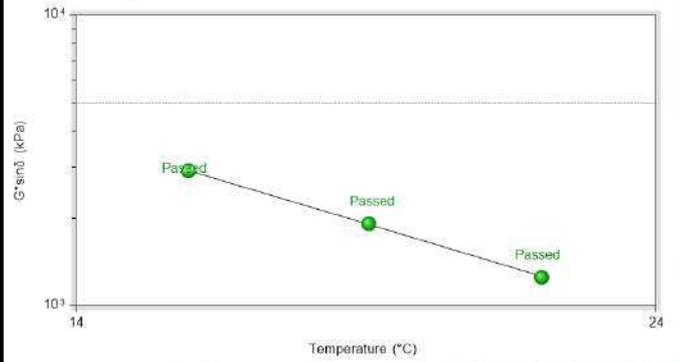
Fasttrack

Passed 3rd temperature, heating to 4th temperature 13.0 °C

Running

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Delta °	Osc stress kPa	% strain %	G' kPa	G''/sinδ kPa	Pass/Fail
1	10.0	22.0	54.2	15.67	1.0	1550	1260	Pass
2	10.0	19.0	51.3	24.70	1.0	2460	1920	Pass
3	10.0	15.9	48.3	39.46	1.0	3910	2910	Pass

Estimated fail temperature : 12.0 °C



14.1 °C



2.000 mm



PAV Residue

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #2
Operator: Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder PAV en el Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #2 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #2.tri
Time and Date: 06/01/2022 1:21:04 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: PAV Residue
Geometry Diameter: 8.00 mm
Gap: 2000 µm

RESULTS

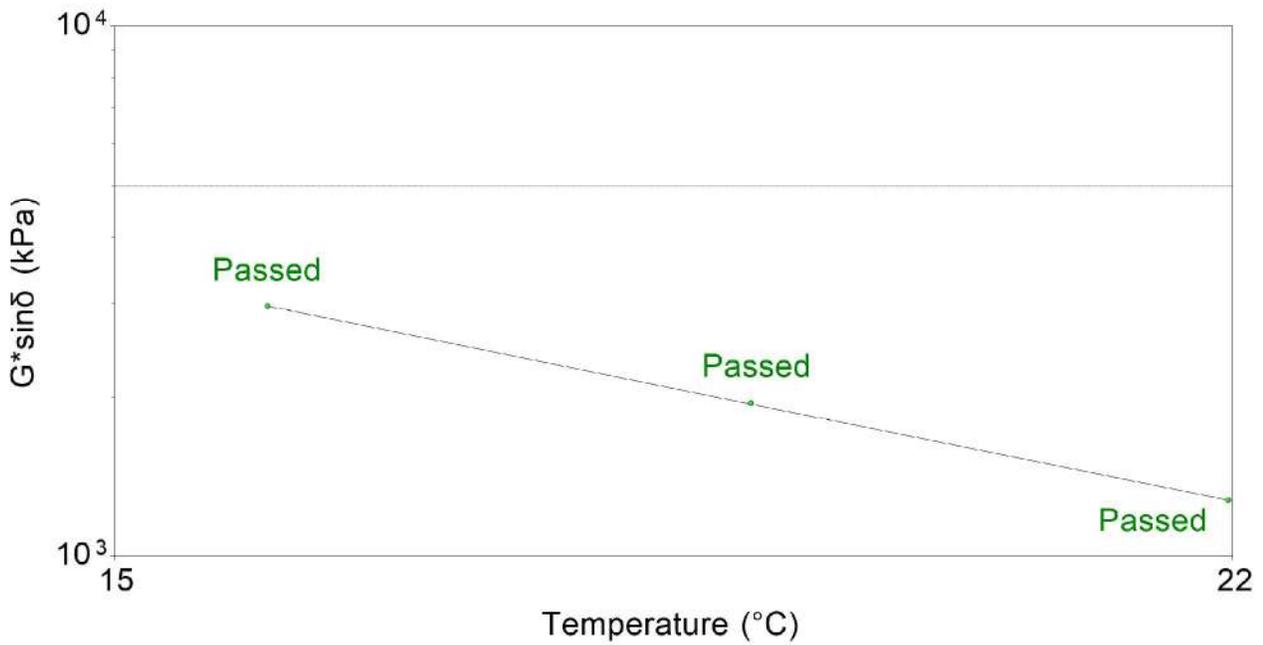
	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*.sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	22.0	15.71	1.0	54.2	1570	1270	Pass
2	10.0	19.0	24.85	1.0	51.3	2490	1940	Pass
3	10.0	16.0	39.64	1.0	48.3	3960	2950	Pass

FAIL GRAPH

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #2

File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #2.tri

Fail Temperature: 12.2 °C



DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #3
Operator: Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder PAV en el Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #3 Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #3.tri
Time and Date: 06/01/2022 3:05:45 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

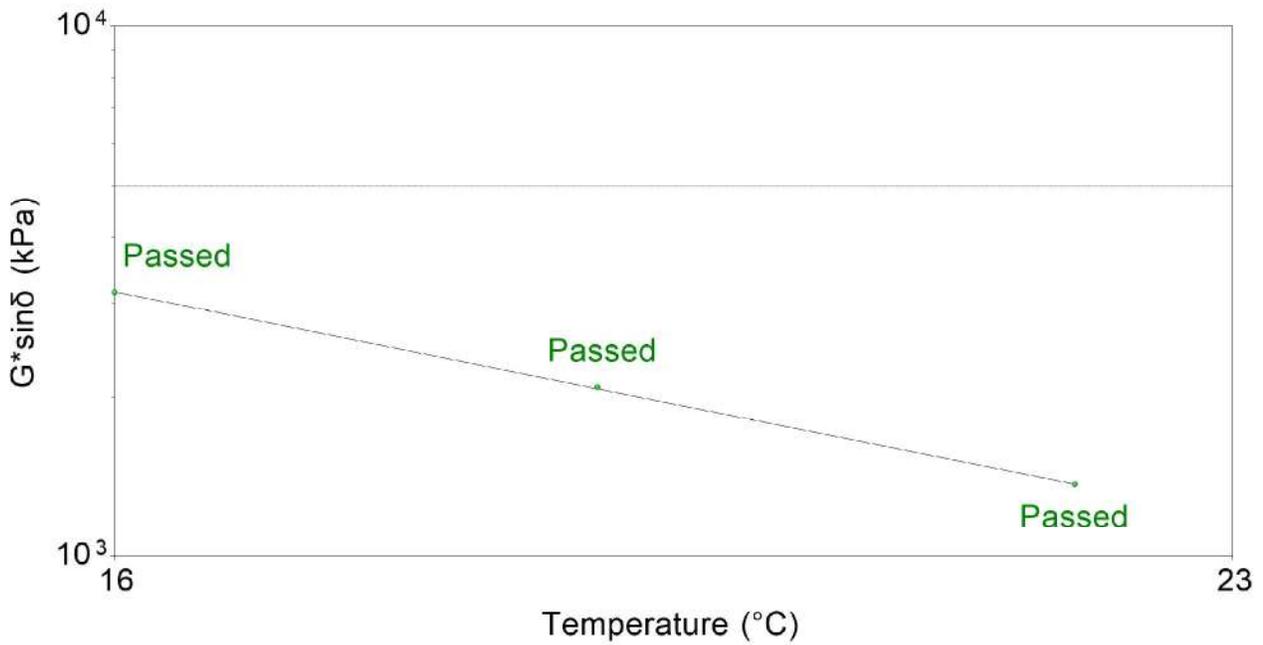
Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: PAV Residue
Geometry Diameter: 8.00 mm
Gap: 2000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*.sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	22.0	16.74	1.0	54.3	1680	1360	Pass
2	10.0	19.0	26.32	1.0	51.3	2660	2080	Pass
3	10.0	16.0	42.10	1.0	48.4	4200	3140	Pass

FAIL GRAPH

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #3
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen PG Residue PAV #3.tri
Fail Temperature: 12.7 °C





**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.5 Anexo 5 – Resultados LAS.

DSR Report

LAS Test

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Muestra de Asfalto Recuperado Tramo Marino Paitilla PG Residue PAV
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder PAV Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220528-181 Muestra de Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG Residue PAV Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-007 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Muestra de Asfalto Recuperado Tramo Marino Paitilla PG Residue PAV.tri
Time and Date: 05/28/2022 9:36:49 a. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
DSR Description: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: LAS Test
Geometry Diameter: 8.00 mm
Gap: 2000 µm

RESULTS

Test Temperature: 25.0°C

Fatigue model : A 1747000

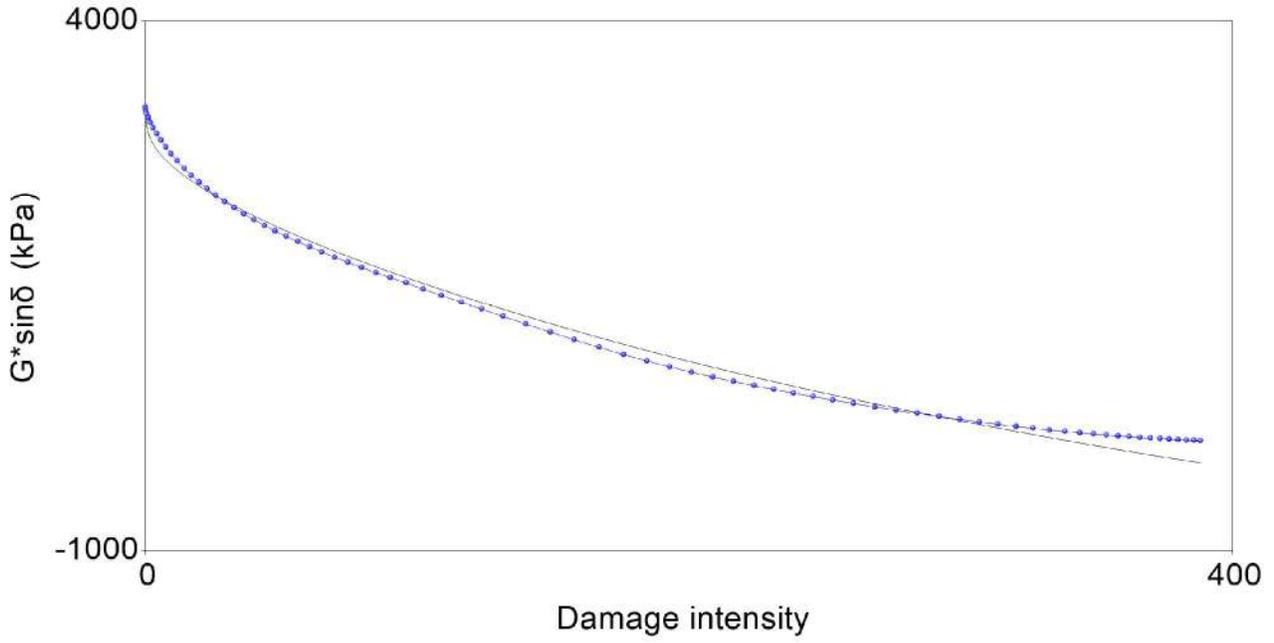
Fatigue model : B 3.465

Alpha (for testing only) 1.73264

Binder fatigue performance parameter

Strain %	N _f
2.5	72988
5	6608
10.0	598

VECD Damage Curve from Amplitude Sweep



DSR Report

LAS Test

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen Test LAS 10% Strain
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder PAV Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen Test LAS 10% Strain Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-007 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220601-182 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen Test LAS 10% Strain.tri
Time and Date: 06/01/2022 4:06:34 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
DSR Description: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: LAS Test
Geometry Diameter: 8.00 mm
Gap: 2000 µm

RESULTS

Test Temperature: 25.0°C

Fatigue model : A 803900

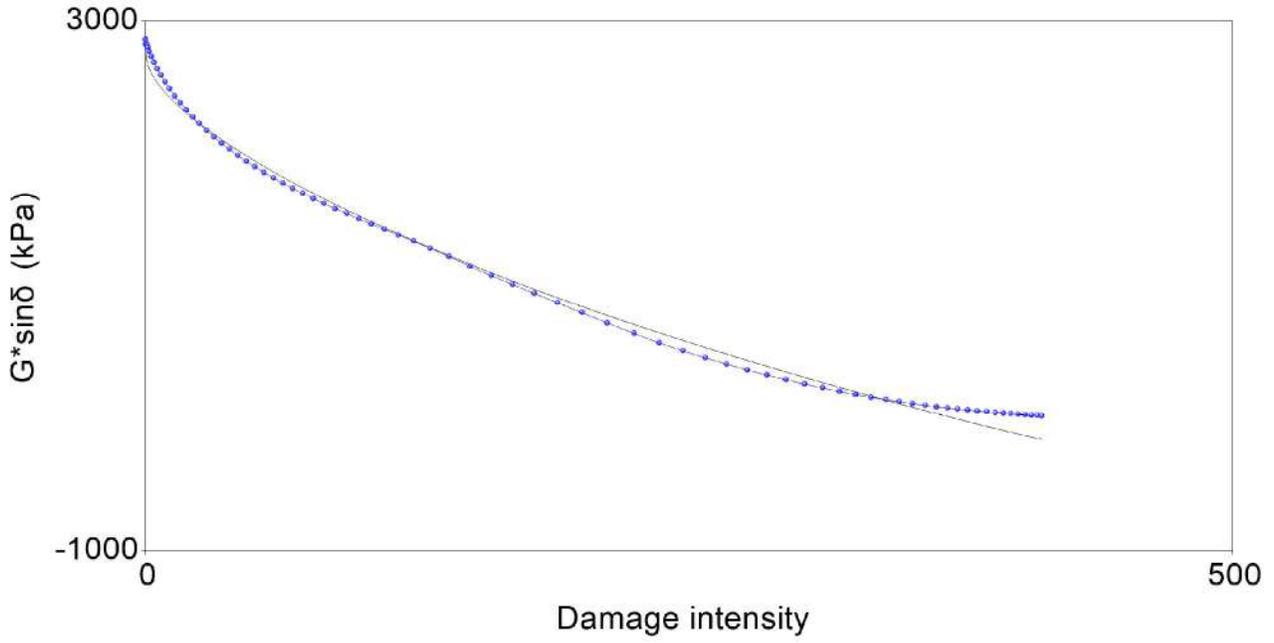
Fatigue model : B 2.975

Alpha (for testing only) 1.48731

Binder fatigue performance parameter

Strain %	N _f
2.5	52663
5	6700
10.0	852

VECD Damage Curve from Amplitude Sweep





**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.6 Anexo 6 – Resultados Viscosidades.



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

**MÉTODO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ASFALTO
EMPLEANDO UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL ASTM D 4402**

Código de Documento: MSC-FOR-TEC-005

Identificación de Documento: Formato

Tipo de Documento: Técnico

CÓDIGO DE LA MUESTRA:	MSC-SV-AM-20220528-181	C. CLIENTE:	CL-001	FECHA ENSAYO:	02/06/2022
TIPO DE PRODUCTO:	Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla	Lote:	Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla	RECIBIDO POR:	Julio C Sierra G
TIPO DE MUESTRA:	<input checked="" type="checkbox"/> Antes de RTFOT <input type="checkbox"/> Después de RTFOT			HORA DEL ENSAYO:	10:40

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO ANTES DE SU USO:	SÍ	NO	VERIFICACIÓN DEL EQUIPO Y ENSAYO DESPUÉS DE SU USO:	SÍ	NO
1. El contenedor térmico se encontraba limpio y nivelado?	X		Identifico algún comportamiento o ruido inusual al momento de manipular el equipo? Especifique		X
2. El vástago cilíndrico a utilizar esta en buenas condiciones?	X		Se evidencio cambio de temperatura luego de los 10 minutos de equilibrio? Especifique		X
3. El viscosímetro se encontraba limpio y nivelado?	X				
4. Se precalentó el soporte de las capsulas, junto con la capsula y el vástago seleccionado?	X				
5. El extensor se encuentra recto y libre de torceduras?	X				

ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA	Hora Inicio	Hora Final	ELABORÓ
Acondicionamiento a la temperatura deseada (aproximadamente 30 minutos)	9:55	10:28	Julio C Sierra
Periodo de equilibrio a la temperatura deseada (mínimo 10 minutos)	10:29	10:40	Julio C Sierra

PUNTO DE ABLANDAMIENTO ESPERADO (°C):	56.0	TEMPERATURA DE SERVIDO DEL ENSAYO (°C) *:	135.0
--	-------------	--	--------------

*8.2. Se calienta el asfalto hasta que este lo suficientemente fluido para ser vertido. Nota 1: Se recomienda una temperatura mínima de calentamiento tal, que produzca una consistencia equivalente a la de un aceite de motor SAE 10W30. La temperatura dependerá del ligante asfáltico y de su historia de envejecimiento, si se conoce. Se recomienda no calentar los asfaltos a más de 135°C; excepto algunos modificados y envejecidos.

PESO DE LA MUESTRA			
FORMULA	Volumen (ml)	Densidad Relativa	Masa (g)
$Masa(g) = (Densidad * Volumen)$	7.2	1.058	7.618
			ELABORÓ Julio C. Sierra G.

LECTURA No.	TEMPERATURA DE ENSAYO (°C) *	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)	TAMANO DEL VÁSTAGO	TORQUE MEDIDO (%)	LECTURA DE VISCOSIDAD DEL EQUIPO (Pa·s)	RANGO DE VISCOSIDAD DE LA AGUJA (Pa·s)	ELABORÓ
1	135.0	45	TR8	88.7	907.10	Máximo 1.043 Pa·s	Julio C. Sierra G.
2	135.0	45	TR8	88.8	908.20		
3	135.0	45	TR8	90.5	910.00		
PROMEDIO	135.0	45		89.3	908.43		

Registrar el valor de la viscosidad a intervalos de un minuto por un total de tres minutos.
* La Temperatura del ensayo se debe redondear al entero mas cercano

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	OBSERVACIONES: N/A
HORNO CALENTAMIENTO: <u>EQL-MSC-010</u>	
TERMÓMETRO: <u>Controlador</u>	
BALANZA: <u>EQL-MSC-013</u>	
VISCOSÍMETRO: <u>EQL-MSC-003 MARCA: FUNGILAB</u>	
CONTROLADOR TEMPERATURA: <u>FUNGILAB THERMOSPHERE</u>	

<u>JULIO CESAR SIERRA GONZALEZ</u>	<u>PABLO FERNANDEZ MARTINEZ</u>
EJECUTO ENSAYO	REVISO
CARGO: Gerente Técnico	CARGO: Director General
FECHA: 02/06/2022	FECHA: 02/06/2022

La empresa Multiservicio Continental S.A., se reserva todos los derechos de propiedad de este documento; esta prohibido expresamente su modificación, uso y divulgación sin previa autorización de la empresa.

Revisión: 0	MULTISERVICIO CONTINENTAL, S.A.	Aprobación del Formato:
Edición: 1	www.multiservicio-continental.com	11/02/2021
	+507 62518499 / +507 62080860 / +507 6282-8475	Página 1/1

Si este documento impreso no posee sello húmedo, No es un documento controlado.

"Hacemos que sus metas se Cumplan, laborando bajo una Gestión de la Calidad de forma Imparcial y competente, aplicando Normativa ISO-IEC 17025"



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

**MÉTODO DE ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ASFALTO
EMPLEANDO UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL ASTM D 4402**

Código de Documento: MSC-FOR-TEC-005

Identificación de Documento: Formato

Tipo de Documento: Técnico

CÓDIGO DE LA MUESTRA: MSC-SV-AM-20220528-182	C. CLIENTE: CL-001	FECHA ENSAYO: 02/06/2022
TIPO DE PRODUCTO: Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen	Lote: Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Tocumen	RECIBIDO POR: Julio C Sierra G
TIPO DE MUESTRA: <input checked="" type="checkbox"/> Antes de RTFOT <input type="checkbox"/> Después de RTFOT	HORA DEL ENSAYO: 11:53	

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO ANTES DE SU USO:	SÍ	NO	VERIFICACIÓN DEL EQUIPO Y ENSAYO DESPUÉS DE SU USO:	SÍ	NO	
1. El contenedor térmico se encontraba limpio y nivelado?	X		Identifico algún comportamiento o ruido inusual al momento de manipular el equipo? Especifique		X	
2. El vástago cilíndrico a utilizar esta en buenas condiciones?	X		Se evidencio cambio de temperatura luego de los 10 minutos de equilibrio? Especifique		X	
3. El viscosímetro se encontraba limpio y nivelado?	X		ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA			
4. Se precalentó el soporte de las capsulas, junto con la capsula y el vástago seleccionado?	X		Hora Inicio	Hora Final	ELABORÓ	
5. El extensor se encuentra recto y libre de torceduras?	X		Acondicionamiento a la temperatura deseada (aproximadamente 30 minutos)	11:06	11:41	Julio C Sierra
			Periodo de equilibrio a la temperatura deseada (mínimo 10 minutos)	11:42	11:53	Julio C Sierra

PUNTO DE ABLANDAMIENTO ESPERADO (°C): 56.0	TEMPERATURA DE SERVIDO DEL ENSAYO (°C) *: 135.0
---	--

*8.2. Se calienta el asfalto hasta que este lo suficientemente fluido para ser vertido. Nota 1: Se recomienda una temperatura mínima de calentamiento tal, que produzca una consistencia equivalente a la de un aceite de motor SAE 10W30. La temperatura dependerá del ligante asfáltico y de su historia de envejecimiento, si se conoce. Se recomienda no calentar los asfaltos a más de 135°C; excepto algunos modificados y envejecidos.

PESO DE LA MUESTRA			
FORMULA	Volumen (ml)	Densidad Relativa	Masa (g)
$Masa(g) = (Densidad * Volumen)$	7.2	1.057	7.610
			ELABORÓ Julio C. Sierra G.

LECTURA No.	TEMPERATURA DE ENSAYO (°C) *	VELOCIDAD DE GIRO (RPM)	TAMANO DEL VÁSTAGO	TORQUE MEDIDO (%)	LECTURA DE VISCOSIDAD DEL EQUIPO (Pa·s)	RANGO DE VISCOSIDAD DE LA AGUJA (Pa·s)	ELABORÓ
1	135.0	50	TR8	87.0	814.10	Máximo 1.062 Pa·s	Julio C. Sierra G.
2	135.0	50	TR8	88.0	823.10		
3	135.0	50	TR8	91.8	858.80		
PROMEDIO	135.0	50		88.9	832.00		

Registrar el valor de la viscosidad a intervalos de un minuto por un total de tres minutos.
* La Temperatura del ensayo se debe redondear al entero mas cercano

EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL ENSAYO:	OBSERVACIONES: N/A
HORNO CALENTAMIENTO: EQL-MSC-010	
TERMÓMETRO: Controlador	
BALANZA: EQL-MSC-013	
VISCOSÍMETRO: EQL-MSC-003 MARCA: FUNGILAB	
CONTROLADOR TEMPERATURA: FUNGILAB THERMOSPHERE	

JULIO CESAR SIERRA GONZALEZ	PABLO FERNANDEZ MARTINEZ
EJECUTO ENSAYO	REVISO
CARGO: Gerente Técnico	CARGO: Director General
FECHA: 02/06/2022	FECHA: 02/06/2022

La empresa Multiservicio Continental S.A., se reserva todos los derechos de propiedad de este documento; esta prohibido expresamente su modificación, uso y divulgación sin previa autorización de la empresa.

Revisión: 0	MULTISERVICIO CONTINENTAL, S.A.	Aprobación del Formato:
Edición: 1	www.multiservicio-continental.com	11/02/2021
	+507 62518499 / +507 62080860 / +507 6282-8475	Página 1/1

Si este documento impreso no posee sello húmedo, No es un documento controlado.

"Hacemos que sus metas se Cumplan, laborando bajo una Gestión de la Calidad de forma Imparcial y competente, aplicando Normativa ISO-IEC 17025"



**MULTISERVICIO
CONTINENTAL S.A.**

INFORME TÉCNICO

CÓDIGO: FT-GID-41

VERSIÓN: 00

FECHA:2021/02/12

8.7 Anexo 7 – Resultados Pruebas Adicionales.

Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR)

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla MSCR a 70°C
Operator: Técnico Especializado Julio C Sierra G
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA. - Capacidad de Trafico en el DHR-10 Mediante M
Notes: Evaluación del Desempeño mediante la Metodología ASTM D 7405 para la Muestra del Cemento Asfáltico MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla MSCR a 70°C Código Cliente CL-001 (MSC-FOR-TEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla MSCR a 70°C.tri
Time and Date: 06/07/2022 2:36:52 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: MSCR
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

Test Temperature:	70.0°C
R _{0.1} - Average Percent Recovery at 0.100kPa:	6.70%
R _{3.2} - Average Percent Recovery at 3.200kPa:	1.02%
R _{diff} - Percent difference between average recovery at 0.100kPa and 3.200kPa:	84.80%
J _{nr 0.1} - Non-recoverable creep compliance at 0.100kPa:	3.23kPa ⁻¹
J _{nr 3.2} - Non-recoverable creep compliance at 3.200kPa:	4.16kPa ⁻¹
J _{nr diff} - Percent difference between non-recoverable creep compliance at 0.100kPa and 3.200kPa:	28.90%

The binder is not modified with an acceptable elastomeric polymer

INDIVIDUAL CYCLE DATA

Cycle #	E0	Ec	Er	E1	E10
11	3.23137	3.57743	3.55408	0.346057	0.322711
12	3.55408	3.90055	3.87672	0.346463	0.322639
13	3.87672	4.22285	4.19973	0.346126	0.323003
14	4.19973	4.54480	4.52211	0.345070	0.322387
15	4.52211	4.86778	4.84490	0.345665	0.322784
16	4.84490	5.19121	5.16865	0.346311	0.323753
17	5.16865	5.51515	5.49130	0.346498	0.322646
18	5.49130	5.83778	5.81416	0.346485	0.322865
19	5.81416	6.15945	6.13691	0.345285	0.322744
20	6.13691	6.48301	6.45969	0.346103	0.322782
21	6.45969	18.8886	18.7403	12.4289	12.2806
22	18.7403	31.3469	31.2043	12.6066	12.4640
23	31.2043	44.0156	43.8697	12.8113	12.6654
24	43.8697	56.9383	56.8027	13.0686	12.9331
25	56.8027	70.1801	70.0428	13.3774	13.2401
26	70.0428	83.7499	83.6187	13.7070	13.5758
27	83.6187	97.6492	97.5148	14.0305	13.8961
28	97.5148	111.734	111.600	14.2194	14.0857
29	111.600	125.853	125.726	14.2529	14.1259
30	125.726	139.750	139.622	14.0234	13.8957

Ec and Er values determined by extrapolation

DSR Report

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue
Operator: Tecnico Especializado Julio Cesar Sierra Gonzalez
Project: Laboratorio Multiservicio Continental SA - Caracterización de Cemento Asfáltico
Notes: Determinación del Grado de Desempeño PG Según ASTM D 7175 Residue Binder Cemento Asfáltico Modificado MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue Código Cliente CL-001 (MSC-FORTEC-003 ASTM D 7175 Revisión 0 - Edición 1).
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue (1).tri
Time and Date: 06/07/2022 2:11:03 p. m.

DSR/TEST SPECIFICATIONS

Manufacturer: TA Instruments
Model: HR10 TA INSTRUMENTS SERIAL 5341-0067 - TRIOS v5.1.1.46572
Bearing Type: Magneting/Air
Temperature Control: Upper Heater Plate (Dry Asphalt) BAÑO SOLID STATE 8401326
Test: RTFO Residue
Geometry Diameter: 25.00 mm
Gap: 1000 µm

RESULTS

	Angular Freq. rad/s	Temp. °C	Osc. Stress Pa	% Strain	Delta degrees	G* kPa	G*/sin(delta) kPa	Pass/Fail
1	10.0	70.0	0.25	10.0	82.3	2.52	2.54	Pass
2	10.0	76.0	0.13	10.0	84.4	1.27	1.27	Fail

FAIL GRAPH

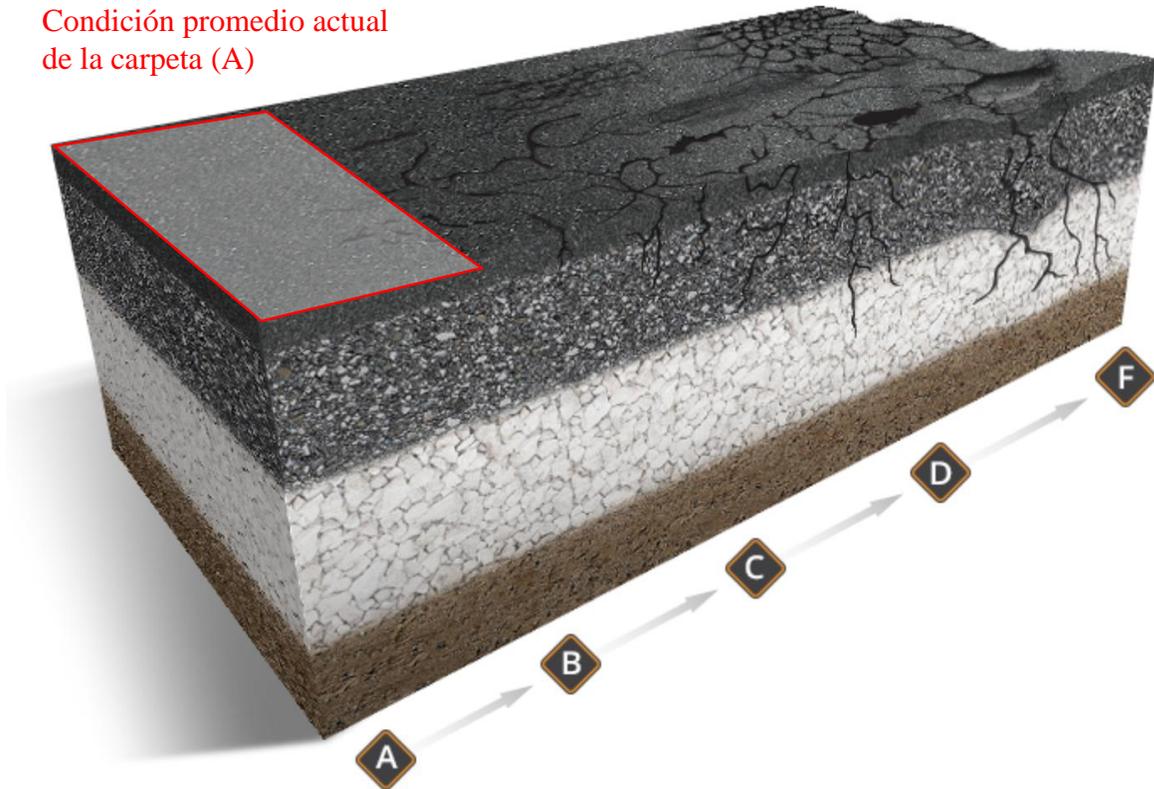
Sample Name: MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue
File Name: C:\ProgramData\TA Instruments\TRIOS\Data\MSC-SV-AM-20220528-181 Asfalto Recuperado Tramo Marino Sentido Paitilla PG RTFOT Residue (1).tri
Fail Temperature: 71.2 °C



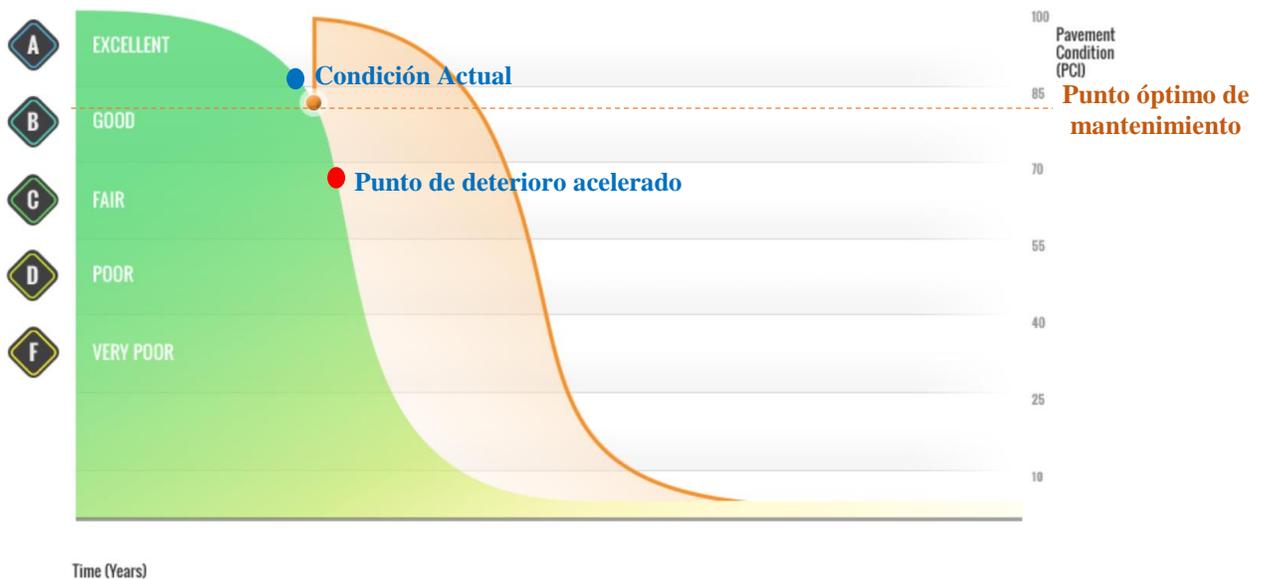
RESUMEN TECNICO:

Considerando el registro presentado en el informe entregado, se indicó que la mayor incidencia en los tramos evaluados es la oxidación y raveling Baja (>25% a <50% de pérdida de Agg), seguido de Rutting Bajo (< 1/2"), por lo cual podría considerarse que el Índice de Condición del Pavimento de ambos tramos es A PCI:(85-100), sin embargo, de no tomarse acciones a tiempo es muy probable que la carpeta caiga en una condición B PCI: 70-84.

Condición promedio actual
de la carpeta (A)



En este sentido para precisar la evaluación cualitativa realizada a la carpeta del puente marino del corredor sur, detallamos de manera más precisa la situación del pavimento y las acciones que deben tomarse en función de asegurar la preservación de la misma.



Al indicar que la carpeta ha clasificado en la condición **A** del Índice de Condición del Pavimento (Punto azul en la gráfica anterior), también hemos anotado que de no tomarse las medidas correspondientes el pavimento puede caer en la condición **B** en el corto plazo, lo cual haría que el pavimento se exponga en el mediano plazo a caer en la zona del deterioro acelerado.

Considerando la evaluación cualitativa del pavimento se puede indicar que existen tres grupos de afectaciones:

Grupo 1: La carpeta actual presenta daños importantes mas no severos que deben corregirse conforme a las especificaciones que se encuentran en el anexo 1 de este documento, a fin de asegurar la correcta reparación y así evitar el aumento de los daños que expone la carpeta, como lo son: grietas por fatiga, baches extensos y baches aislados. Daños que conforme a la evaluación presentada no representan un mayor porcentaje en referencia al área total evaluada, sin embargo deben ser atendidos en el menor tiempo para evitar afectaciones al nivel de serviciabilidad.

Grupo 2: La presencia del rutting que se evaluó como bajo ($< 1/2"$), y con mayor presencia en los carriles de tránsito lento, no es una condición crítica en la medida que este tipo de afectaciones se presenta en los primeros años de vida de la carpeta, por tanto al empezar el asfalto a migrar del comportamiento viscoelástico a un comportamiento más rígido como se evidencia con los resultados, no se espera que el rutting aumente con el tiempo. Otro punto a destacar es que el rutting encontrado no presenta una mayor afectación al nivel de serviciabilidad.

Por otra parte las deformaciones que se han dado en el pavimento, específicamente en las zonas laterales de los carriles lentos de ambas calzadas, se puede atribuir más que a una deformación de la mezcla, a un desplazamiento de la misma, posiblemente por deficiencias en la liga entre la losa de concreto y la carpeta asfáltica.

Grupo 3: Se ha indicado que la oxidación y raveling son el factor más relevante a lo largo de la carpeta asfáltica, ya que se presenta en ambos sentidos y en todos los carriles y en algunas partes es bastante fuerte, llegando a una clasificación de nivel moderado.

Los resultados obtenidos de las pruebas de Estimación de la Resistencia a la Fatiga de los cementos asfálticos recuperados del pavimento, mediante el ensayo de Barrido de Amplitud Lineal (LAS) Linear Amplitude Sweep. Presentados en el numeral 5.2.3, se puede determinar que los ligantes asfálticos presentes en los pavimentos de ambos sentidos (Tocumen y Paitilla), cuentan con una oxidación avanzada y una rigidez esperada para pavimentos de más de 4 años de servicio. Con esto se evidencia que el asfalto debido a la oxidación que empieza a experimentar hace que el comportamiento del asfalto pase de ser viscoelástico a ser más rígido (Esto refiriéndonos a la capa superficial que fue evaluada en el estudio)

ANALISIS:

Del grupo de afectaciones que se han evaluado en el punto anterior, podemos indicar que el factor más crítico en la carpeta evaluada es el grupo 3, en la medida que los daños considerados del grupo 1 no son muy significativos al momento de cuantificar los daños respecto al área total de la estructura. En referencia al grupo 2 como se indicó el rutting o las deformaciones que presenta la carpeta no afectarán el comportamiento estructural de la carpeta. En este sentido hacemos énfasis en tratar la oxidación y el raveling, ya que son el punto crítico de la carpeta evaluada y que puede afectar en el corto plazo el índice de condición del pavimento.

Los resultados evidencian el aumento de la viscosidad y la reducción de la recuperación elástica del ligante asfáltico, problemas que se generan como parte del proceso de oxidación en el tiempo, que de no atenderse a tiempo esta situación, las microfisuras que aún no se evidenciaron en los análisis al microscopio pueden aparecer y afectar de manera interna al ligante asfáltico y acelerar su proceso de fatiga.

Al igual los resultados obtenidos en la el ensayo de Barrido de Amplitud Lineal, evidencian una oxidación avanzada y una rigidez propia del efecto del tiempo en el ligante asfáltico.

RECOMENDACIÓN:

OPCION 1

1. Realizar las reparaciones que ocupan el grupo No1 (bacheos, sellos de fisuras y eliminación de deformaciones).
2. Uso de un rejuvenecedor para evitar la caída del Índice de Condición de Pavimento, ya que está muy próximo a pasar al nivel B (PCI: 70-84), del Índice de Clasificación del Pavimento, y de esta manera evitar llegar a la zona de deterioro acelerado. Este Rejuvenecedor debe asegurar el sellado, la protección ante el agua, la oxidación y los rayos UV y en especial debe penetrar y mejorar las características de PG y Angulo de Fase del ligante asfáltico. Igual debe ser un rejuvenecedor que dentro de sus características este la resistencia al agua y a los combustibles.

Las especificaciones internacionales son claras en indicar que los defectos estructurales asociados deben ser reparados antes de la aplicación del rejuvenecedor, es decir se deben atender los problemas presentados en el grupo 1 antes de la aplicación del rejuvenecedor. Por otra parte se recomienda que el Índice de Condición del Pavimento sea igual o mayor a 70, punto que actualmente el pavimento evaluado lo cumple.

Es importante aclarar que el rejuvenecedor recomendado no es un sellador, ya que las contracciones propias de la carpeta asfáltica generada por los ciclos térmicos y por el propio movimiento del puente, pueden afectar seriamente a este tipo de productos generando microfisuración, que posteriormente pueden afectar de manera considerable este tipo de productos.

Este producto debe rejuvenecer la parte superior 9 mm del asfalto oxidado o envejecido, sin que genere afectaciones a la fricción de superficie de la carpeta asfáltica.

La tasa de aplicación de riego del rejuvenecedor a emplear, debe ser recomendada por el proveedor del rejuvenecedor, considerando la edad y la condición del ligante asfáltico que hacen parte de los resultados presentados en el estudio realizado. Sin embargo se aclara que las tasa promedio pueden estar alrededor de los 0.25 a los 0.45 litros por metro cuadrado. Por ende, es importante evaluar el costo por m² más que el precio del rejuvenecedor, debido a que cada rejuvenecedor presenta un desempeño diferente dependiendo de sus componentes y porcentaje de los mismos.

Se recomienda antes de la aplicación completa, que el proveedor realice tramos de prueba, mayores a 1 m², a las tasas de aplicación que considere, de tal manera que se realicen los ensayos especificados y se asegure el cumplimiento de los rangos establecidos

En referencia a los tiempos de apertura al tráfico, se debe solicitar que los tiempos esten en un rango entre 4 y 8 horas, que usualmente son los tiempos que se manejan con este tipo de productos, por supuesto aclarando que son en periodo nocturno que deben considerarse.

Garantizar que el producto rejuvenezca la parte superior 9 mm del asfalto oxidado o envejecido sin que genere afectaciones a la fricción de superficie de la carpeta asfáltica. Como bien se indica en la norma

OPCION 2

Igual que en la opción 1, Posterior a realizar las reparaciones que ocupan el grupo No1, en estos casos se puede aplicar una carpeta de micro pavimento, en la medida que ayudaría a resolver los temas relacionados tanto con el Grupo 2 como con el Grupo 3, sin embargo el uso de un micro pavimento requiere necesariamente el uso de asfaltos modificados con SBS que permitan absorber las contracciones por los ciclos térmicos y por el propio movimiento del puente.

Es importante aclarar que la recomendación es un micro pavimento y no un slurry, ya que tiene características muy diferentes, así como el comportamiento de los mismos. De igual manera se especifica y aclara que los polímeros empleados en la fabricación de la micro carpeta deben ser SBS o Terpolímeros, pero en ningún caso SBR.

Las tasas de aplicación de los micro pavimentos pueden estar en el rango de 20 a 30 kg por m², sin embargo, esto dependerá de las deformaciones presentes en la estructura al igual que el espesor definido, ya que por lo general se maneja 1 cm.

En los micro pavimentos se pueden solicitar tiempo de apertura al tráfico entre 3 a 5 horas posterior a la colocación de la microcarpeta.

PUNTOS ADICIONALES:

La opción 1 y opción 2, NO aportan capacidad estructural a la carpeta actual, son sistemas para mejorar el Índice de condición del pavimento, por supuesto la Opción 2 aumenta considerablemente el índice de condición del servicio en comparación con la opción 1. Sin embargo la opción 1 es igualmente viable y funciona para mejorar el Índice de condición del pavimento que se tiene actualmente.

Respuestas:

Al clasificarse el PCI del pavimento entre 85-100%, pavimento en buenas condiciones, pareciera que fuera suficiente realizar las reparaciones de daños que presenta la actual carpeta asfáltica. Quedando en una opción el que se usen rejuvenecedora para controlar el actual desprendimiento de mástico y agregados que están próximos a producirse. Por esta razón, se debe precisar la recomendación de si se deben usar los rejuvenecedores u otra técnica para evitar este raveling, que según su evaluación es bajo.

Punto aclarado en el documento.

Se menciona otra información de un envejecimiento mayor del asfalto para una carpeta de 4 años de servicio. Al ritmo que iría este envejecimiento, que se debería hacer?

Como se indicó al inicio de este documento explicativo, el pavimento actualmente se encuentra en un punto que requiere la atención a los problemas presentados, a fin de evitar que llegue al punto de deterioro acelerado y prolongar de esta manera un tiempo mayor de vida útil. Las acciones a seguir considerando los resultados de laboratorio y el levantamiento en campo, son atender a la brevedad los problemas del grupo 1 y paso siguiente aplicar la opción 1 o 2 de las propuestas indicadas.

La consultoría tiene por objeto si el uso de rejuvenecedor ayudaría a prolongar la vida del pavimento 2 a 3 años y si es así, que tipo de rejuvenecedor sería el indicado. De estas especificaciones, ENA hará licitación para que se ejecute este trabajo en el próximo trimestre.

La garantía ofrecida por los proveedores de este tipo de productos (rejuvenecedores) es la siguiente:

Una vez se aplique el producto, se garantiza que por un periodo de 3 años, el rejuvenecedor no se soltará, pelará ni escurrirá. Indican de igual manera que durante el mismo periodo la superficie será resistente al combustible, en caso de derrames de combustibles deben ser removidos.

Indican de igual manera en su garantía que reducirá la viscosidad al menos el 20%. Sumado a lo anterior podemos indicar que la prolongación de la vida del pavimento, dependerá de la correcta ejecución de la gestión del mantenimiento de los daños que se puedan presentar en adelante, ya que hay condiciones que seguramente pueden aflorar (fisuras, grietas, baches aislados, etc) y que deben atenderse conforme se ha indicado en el presente documento.

Igual al tener una garantía de los proveedores de los rejuvenecedores, se podría indicar que el tiempo que se puede prolongar la vida del pavimento será la misma que ofrece el rejuvenecedor, considerando que el tema más crítico en el pavimento se estaría atendiendo con la tecnología de los rejuvenecedores.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. TRATAMIENTO DE BACHES AISLADOS

Limpieza y aplicación de Mastic Bituminoso en caliente en todos los baches aislados (baches menores a 0.25mx0.25m).

El Mastic bituminoso a utilizar para la realización de esta actividad deberá cumplir al menos con las siguientes especificaciones:

Propiedades del ligante asfáltico		Propiedades de la mezcla	
Descripción	Requisito	Descripción	Requisito
Penetración de cono @25°C, ASTM D5329	60 max	Flexibilidad, 0°C (ASTM D5329)	Pasa
Grado de Desempeño PG, (°C) ASTM D7405	82-18	Adhesión, 25°C (ASTM D5329)	25 PSI (172KPA)
Punto de ablandamiento, ASTM D36	>90°C min	Gravedad Específica	1.7 - 2.0
Flexibilidad, 1", 180°, 10 sec) ASTM D3111	Pasa a (0°C)	Resistencia Abrasión del Agregado (ASTM C131)	35% max
Temperatura recomendada de aplicación, (°C)	185 - 215	<u>No exceder el calentamiento a más de 225°C</u>	

Los baches aislados deben ser limpiadas con operaciones de remoción, ruteo, barrido y soplado para proporcionar una superficie libre de polvo, humedad y otros contaminantes. Se incluye equipos tales como cortadoras, barredoras, lanzas térmicas, compresores de aire, lavadores de agua a presión, secadores y sierras de diamante.

El producto (bitumen y agregado) se coloca en un fundidor apropiado con calentador y mezclador, se mezcla, homogeniza y se calienta hasta alcanzar la temperatura de aplicación. Se vierte en los equipos de aplicación y con estos en el área de reparación preparada y luego se nivela. No se recomienda calentar el Mastic Bituminoso a llama directa sino mediante transferencia de calor en sistemas tipo pistola de alimentación a presión.

Para el mejor desempeño del sellante este debe ser aplicado a temperatura ambiente superior a 4°C. Temperatura máxima de aplicación 204°C. Temperatura Mínima de aplicación 190°C.

Cumplir con las especificaciones:

ASTM D8260

2. TRATAMIENTO DE BACHES EXTENDIDOS:

Parcheo o reposición de la carpeta asfáltica de 5 cm de espesor (o el espesor que presente en la carpeta existente), en las áreas que lo requieren, a criterio del Inspector. Esta actividad se debe realizar cumpliendo con lo establecido en el Capítulo 49 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Panamá.

El ligante asfáltico a utilizar para la producción de mezcla asfáltica en caliente para la ejecución de esta actividad, deberá cumplir con lo establecido en el Capítulo 24 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Panamá.

3. TRATAMIENTO DE FISURAS DE PAVIMENTO:

Ruteo, limpieza y aplicación de material de sello en todas las grietas que presenta la carpeta asfáltica de rodadura. Esta actividad se debe realizar cumpliendo con lo establecido en el Capítulo 52 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, en adelante identificado como Manual de Especificaciones del MOP.

El material bituminoso a utilizar para la realización de esta actividad deberá cumplir al menos con las siguientes especificaciones:

Descripción	Requisito	Descripción	Requisito
Penetración de cono @25°C 150g, 5s, (0,1 mm)	35 – 55	Punto de chispa, (°C)	> 230
Recuperación Elástica a 3.2 KPa y 88°C, (%)	> 50	Solubilidad en Tricloroetileno	> 97.5
Punto de ablandamiento, (°C)	> 80	Grado de Desempeño PG, (°C)	82E-22
Ductilidad a 25°C, (cm)	> 25	Viscosidad Brookfield 204°C (Poises)	< 100
Temperatura recomendada de aplicación, (°C)	185 - 215	<u>No exceder el calentamiento a más de 225°C</u>	

4. TRATAMIENTO DE RAVELING Y OXIDACION

4.1 REJUVENECEDOR

Los trabajos consistirán en la aplicación de rejuvenecedor del pavimento asfáltico. El Rejuvenecedor de Asfalto se aplica sobre una superficie asfáltica para mejorar sus propiedades, prevenir daños causados por el medio ambiente, sol, rayos ultravioleta UV, grasas, aceites, combustible, agua, oxígeno y prolongar la vida útil sin necesidad de una carpeta nueva.

- Se realizarán muestras no inferiores de 50 metros cuadrados para ver su comportamiento y realizar seguimiento a los 30 o 60 días. (Cumpliendo la normatividad del fabricante).
- Se protegerá las alcantarillas, canales, andenes, berma, desagües etc. (contratista).
- El contratista deberá tener el control total del tránsito y sus elementos para el cierre como conos y señalización y personal (paletero) y su sistema de comunicación entre ellos para evitar accidentes.
- Limpiar la zona donde se aplicará el rejuvenecedor de asfaltos flexibles con carro para barrer o con aire comprimido (compresor).
- El área no puede estar húmedo en la superficie de la carpeta a tratar.
- El área no puede estar con derrames de combustibles, grasas, aceites.
- Posteriormente se podrá aplicar el rejuvenecedor de asfalto flexible con un carro aspersor (distribuidor de asfalto) especial para el producto, el cual determinará la

velocidad, cantidad y presión. Se pueden tratar tamos de 300 a 600 metros lineales por el ancho del carril para evitar congestión vehicular.

- Tiempo de secado entre 4 a 8 horas dependiendo del clima y la humedad relativa.
- Si el asfalto flexible a tratar tiene un porcentaje mayor de 50% en micro fisuras es aconsejable pasar después de secado el rejuvenecedor, un compactador neumático, para que ayude al cierre de algunas micro fisuras o al sellamiento de las mismas por unas 6 horas después de la aplicación y secado del rejuvenecedor.
- Si después de aplicado después de una (1) hora llueve se detiene la aspersion y se continua cuando la carpeta asfáltica este nuevamente seca y limpia.
- Después de una (1) hora de aplicado el rejuvenecedor sobre la carpeta asfáltica a tratar llueve en la zona aplicada., no se afectará ni cambiará su condición físico químico. De acuerdo a la situación de humedad del asfalto flexible se determina seguir aplicando el rejuvenecedor o se procede a realizarlo el siguiente día.
- Después de las 4 o 8 horas de secado se dará apertura a la vía donde fue aplicado el rejuvenecedor y se empezará en las partes que falta la aplicación del rejuvenecedor para cumplir con lo contratado.
- La señalización de las líneas amarillas y blancas se borrarán después de aplicar sobre ellas el rejuvenecedor y tendrán una duración de secado entre 4 a 8 horas, después de 30 a 45 días se pondrá volver a señalar las líneas amarillas y blancas.
- En el caso de ojos de gato estas deben ser cubiertas por el contratante y después del secado del rejuvenecedor entre 4 a 8 horas pueden ser retirada la cubierta de protección.
- El rejuvenecedor se aplica a temperatura ambiente, no necesita calentarse.

Especificaciones técnicas del producto:

Descripción	Norma	Requisito
Gravedad específica @77°F	ASTM D 70	1.04 Min
Agua -% por volumen	ASTM D 95	2.0 Max
Viscosidad Engler 50cc @50°C	ASTM D 1665	4.5 Max
Destilación % por peso	ASTM D 20	
170°C		20 Max
270°C		25-45
300°C		30-55
Punto de ablandamiento de residuo 300°C	ASTM D36	40-55

Objetivos de aplicación del rejuvenecedor en carpeta asfáltica:

- Restaurar la Carpeta Asfáltica.
- Restaurar la ductilidad del Asfalto.
- Restaurar la Plasticidad de la Carpeta Asfáltica.
- Mantener la rugosidad de la Carpeta Asfáltica.

- Permeabilizar al 95% la Carpeta Asfáltica.
- Disminuir los vacíos de aire del Asfalto.
- Aumentar la estabilidad del Asfalto.
- Bajar la viscosidad.
- Evitar que los finos y pétreos se desprendan.
- Proteger de Grasas, Combustibles y Aceites.
- Reflejar los Rayos Ultravioletas UV.
- Aspecto embellecedor color mate como si fuera nuevo.
- Aumenta la adherencia.
- Disminuye el ruido entre el asfalto y caucho de las llantas.

Cumplir con las especificaciones:

FAA ITEM P-632, Bituminous Pavement Rejuvenation
FAA ENGINEERING BRIEF #44B
TXDOT Specification for Sealer/Rejuvenator

4.1 MICROPAVIMENTO

Cumplir con las especificaciones:

ISAA A143

TABLAS RESUMENES:

TABLA 1. DAÑOS, APLICACIONES Y ESPECIFICACIONES.

DAÑO	REPARACIÓN	ESPECIFICACIÓN
BACHES AISLADOS	Aplicación de Mastic Bituminoso en caliente	ASTM D8260
BACHES EXTENDIDOS	Realización de Parcheo mediante Mezcla Asfáltica en Caliente	Capítulo 49 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Panamá.
TRATAMIENTO DE FISURAS	Realización de Ruteo, limpieza y aplicación de material de sello de Grietas	Capítulo 52 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Rehabilitación de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas de Panamá
RAVELING Y OXIDACION Opción #1	Aplicación de rejuvenecedor	FAA ITEM P-632, Bituminous Pavement Rejuvenation FAA ENGINEERING BRIEF #44B TXDOT Specification for Sealer/Rejuvenator
RAVELING Y OXIDACION Opción #2	Aplicación de Micropavimento	ISAA A143

Tabla 2. Especificaciones para Pavimento de más de tres (3) años de envejecimiento.

Resultados Tramo Marino Sentido Paitilla.				
Descripción	Unidades	Resultado	Norma	Valor Mínimo Esperado Posterior Aplicación Rejuvenecedor
Viscosidad Dinámica del asfalto a 135°C	P	9.084	ASTM D2171	≥ 25% disminución (≤ 6.813 p)
Módulo Complejo G* a 60°C , 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G*	27.47	AASHTO T315	≥ 25% disminución (≤ 18.35)
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	71.37	AASHTO T315	Reportar
Viscosidad a 60°C $\eta = G^* / \omega$ Pa·s	Pa·s	2629.93	AASHTO T315	≥ 25% disminución (≤ 1972.45 Pa·s)

Tabla 3. Especificaciones para Pavimento de más de tres (3) años de envejecimiento.

Resultados Tramo Marino Sentido Tocumen.				
Descripción	Unidades	Resultado	Norma	Valor Mínimo Esperado Posterior Aplicación Rejuvenecedor
Viscosidad Dinámica del asfalto a 135°C	P	8.320	ASTM D2171	≥ 25% disminución (≤ 6.240 p)
Módulo Complejo G* a 60°C , 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	G*	6.82	AASHTO T315	≥ 25% disminución (≤ 5.115)
Angulo de Fase 60°C , δ a 60°C, 12% de deformación, Geometría de 25.00 mm y 1.0 mm Espesor de muestra	°	79.53	AASHTO T315	Reportar
Viscosidad a 60°C $\eta = G^* / \dot{\omega}$ Pa·s	Pa·s	689.18	AASHTO T315	≥ 25% disminución (≤ 516.89 Pa·s)