



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Informe final de práctica académica
Modalidad: práctica empresarial

Construcción y mantenimiento de obras de infraestructura física como pasamanos, defensas viales, andenes, bordillos, obras de drenaje, vías y pavimentos con recursos propios del municipio de Medellín

Ingeniería Civil

Estudiante: James Estiven Echeverri Gaviria
Asesor interno: Claudia Marcela Aldana Ramírez
Asesor Externo: Gustavo Alonso Arenas Zapata

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Medellín, Colombia
2019



RESUMEN

El desarrollo de la práctica en la alcaldía de Medellín estuvo enfocado en apoyar la supervisión de los siguientes contratos: Contrato de suministro de mezcla asfáltica en caliente para el mantenimiento de la malla vial. Contrato de mantenimiento de vías corredor Metroplús y rutas alimentadoras. Contrato de adquisición de equipos de laboratorio de suelos y pavimentos. Además de la programación diaria y reporte de horas extras generadas por los trabajadores de la administración de intervenciones directas de la Secretaria de Infraestructura Física del municipio de Medellín.

Se realizaron visitas técnicas periódicas a los frentes de trabajo, se revisaron los informes técnicos, administrativos y financieros presentados cada mes por las interventorías de los contratos, se realizó un seguimiento semanal en los comités de obra a los avances financieros y físicos, y se priorizaron las vías a ejecutar de acuerdo con las patologías que presentaban.

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVOS	7
2.1	OBJETIVO GENERAL	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3	MARCO TEÓRICO.....	7
4	METODOLOGÍA	12
5	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	12
6	RESULTADOS ESPERADOS.....	13
6.1	CONTRATO 1	13
6.1.1	Localización del proyecto	13
6.1.2	Actividades realizadas	14
6.1.3	Registro fotográfico de la visita a la cuenca 6	14
6.1.4	Registro fotográfico de la visita a la cuenca 3	18
6.1.5	Frentes de trabajo	20
6.1.6	Seguimiento del contrato	23
6.2	CONTRATO 2	27
6.2.1	Actividades realizadas	28
6.2.2	Registro fotográfico de las visitas:.....	28
6.2.3	Señalización de válvulas, cámaras y MH para realce	32
6.3	CONTRATO 3	40
6.3.1	Recepción de equipos	41
7	RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
7.1	CONTRATO 1(METROPLÚS).....	42
7.2	CONTRATO 2 (SUMINISTRO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE) 45	
7.3	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	46
7.3.1	Determinación de la estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica. 46	
7.3.2	Contenido de asfalto	55
7.3.3	Gradación de la mezcla.....	62
8	CONCLUSIONES	75
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

Lista de tablas

Tabla 1. Niveles de Tránsito	7
Tabla 2. Tipo de asfalto a emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua....	8
Tabla 3. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall	8
Tabla 4. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.	9
Tabla 5. Franja granulométrica para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua....	9
Tabla 6. Factor que establece los límites del intervalo de confianza, k.....	11
Tabla 7. Grado de compactación mínimo GC _{mín}	11
Tabla 8. Cronograma de actividades.....	12
Tabla 9. Información general del contrato 1	13
Tabla 10. Información general del contrato 2	27
Tabla 11. Información general del contrato 3.....	40
Tabla 12. Avance contrato 1	42
Tabla 13. Avance contrato 2	45
Tabla 14. Estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica.....	47
Tabla 15. Contenido de asfalto en la mezcla	56
Tabla 16. Análisis granulométrico de los agregados de la mezcla asfáltica.....	62

Lista de fotos e ilustraciones

Foto 1. Carrera 37 entre Calles 96 y 98	14
Foto 2. Calle 104 entre carreras 36B y 36C.....	14
Foto 3. Calle 105 entre carreras 38 y 39A	15
Foto 4. Calle 105 entre carreras 38 y 39A	15
Foto 5. Calle 52 entre Carreras 4 y 5	16
Foto 6. Calle 52 entre Carreras 5 y 6	16
Foto 7. Calle 52 entre Carreras 6 y 7	16
Foto 8. Carrera 23 con calle 56EH.....	17
Foto 9. Calle 56E entre carreras 17D y 18C.	18
Foto 10. Carrera 76 entre calles 29 y 30.	18
Foto 11. Carrera 84 entre calles 31 y 32.	19
Foto 12. Carrera 89B entre Calles 30C y 31A	19
Foto 13. Carrera 89B entre calles 30C y 31A.....	20
Foto 14. Carrera 81A entre calles 2 y 2A	20
Foto 15. Reunión con la comunidad de Berlín	23
Foto 16. Señalización de obra.....	24
Foto 17. Señalización de obra.....	25
Foto 18. Corte de sellos	25
Foto 19. Limpieza de juntas.....	26
Foto 20. Instalación del Sellalon.....	26
Foto 21. Sello de juntas.....	26
Foto 22. Pintura de pasamanos	27
Foto 23. Mantenimiento de andenes en Palos verdes	27
Foto 24. Carrera 71 entre calles 80 y 81	28
Foto 25. Calle 81 entre carreras 69 y 70.	28

Foto 26. Carrera 70 entre Calles 81 y 82	29
Foto 27. Carrera 71 ^a entre calles 80 y 81	29
Foto 28. Riego de imprimación	30
Foto 29. Cargue de la Finisher	30
Foto 30. Pavimentación con la Finisher	30
Foto 31. Compactación.	31
Foto 32. Carrera 69 entre Calles 80 y 81	31
Foto 33. Carrera 69 entre Calles 80 y 81	31
Foto 34. Carrera 70 entre Calles 80 y 81	31
Foto 35. Carrera 71 entre Calles 80 y 81	32
Foto 36. Carrera 71A entre Calles 80 y 81	32
Foto 37. Calle 81 entre Carreras 69 y 71	32
Foto 38. Válvula carrera 71 entre calles 80 y 81	33
Foto 39. MH carrera 70 entre calles 80 y 81	33
Foto 40. Señalización de cámara	33
Foto 41. Antes vereda San José de la Montaña	34
Foto 42. Durante Vereda San José de la Montaña	34
Foto 43. Después vereda San José de la Montaña	34
Foto 44. Limpieza de la vía a intervenir	35
Foto 45. Riego de liga	35
Foto 46. Vereda Travesías	35
Foto 47. Universidad de Medellín	36
Foto 48. Villatina	36
Foto 49. Vereda Barro Blanco (Sta Helena)	36
Foto 50. Calle 15Sur entre Carreras 43 ^a y 48	37
Foto 51. Carrera 74 entre calles 97 y 99	37
Foto 52. Calle 29A entre carreras 87 y 83	37
Foto 53. Vereda el Uvito (San Cristobal)	37
Foto 54. Carrera 94B con Calle 65 (Robledo)	38
Foto 55. Carrera 49B entre Calles 92 y 95	38
Foto 56. Carrera 77DD entre Calles 91B y 91	38
Foto 57. Carrera 94 entre Calles 77D y 77DD	38
Foto 58. Carrera. 81A entre Calles 37B y 42C	39
Foto 59. Calle 48 entre Carreras 81A y 83 ^a	39
Foto 60. Calle 40 entre Carreras 82A y 83 ^a	39
Foto 61. Carrera 81A entre Calles 33 y 34	40
Foto 62. Toma de temperatura de la mezcla	40
Foto 63. Penetrómetro de asfaltos	41
Foto 64. Termo celda	41
Foto 65. Picnómetro de vacío	41

1 INTRODUCCIÓN

La construcción y el mantenimiento de la infraestructura vial es un elemento primordial para el desarrollo de un país, ya que desde un punto de vista económico es a través de esta que la mercancía puede ser transportada desde el sitio de producción hacia los lugares que necesitan los productos a nivel nacional o inclusive a los aeropuertos y diferentes puertos a través de los cuales los productos son exportados a otros países. A pesar de la importancia de la infraestructura vial, el país presenta grandes atrasos tanto en la construcción como en el mantenimiento de la misma, lo cual encarece los gastos logísticos asociados al flete que actualmente se tienen estipulados para el transporte de un producto, limitando la competitividad del país ante los mercados internacionales. Por lo cual es determinante para las diferentes ciudades del país la ampliación y conservación en óptimas condiciones de servicio de la malla vial existente. Si se construyen nuevas vías pero al mismo tiempo no se le hace un mantenimiento preventivo a las vías existentes no habrá un aumento en la capacidad vial sino un reemplazo de vías, y un detrimento en el patrimonio de la ciudad al permitir que las vías se deterioren hasta un grado tal que la única forma de recuperarlas es demoliendo y reconstruyendo, lo cual no solo implica un mayor costo sino un mayor impacto ambiental debido a que se magnifican la cantidad de escombros.

Debido a la importancia de la infraestructura vial, Medellín como una de las ciudades principales de Colombia debe contemplar planes de construcción, intervención y conservación de la misma con el fin de garantizar un tránsito cómodo y seguro, que no atente contra el medio ambiente y que esté acorde con las políticas de disminución de la huella de carbono que se están tomando a nivel global. Son justo estas políticas ambientales a lo que le ha apuntado la ciudad con proyecto pioneros en el país como la planta de reciclaje de pavimentos, los cuales pueden ser usados en vías terciarias presentando un mejor comportamiento que si solo contaran con el afirmado, acompañando esta reutilización de un mantenimiento de las vías para disminuir también de esta manera la cantidad de escombros que podrían resultar de la demolición de una vía.

Actualmente la ciudad de Medellín adelanta proyectos de mantenimiento a la malla vial, con los cuales no solo se pretende mejorar el estado existente de la red vial, es decir, de los pavimentos sino también de los andenes, cordones, defensas viales, obras de estabilización, contención, protección, mitigación y drenaje. Además la ciudad también está apoyando financieramente la construcción de nuevos proyectos viales como el túnel del Toyo, túnel de occidente, túnel de oriente, el diseño y construcción de la autopista regional norte oriental, y el diseño de soluciones viales para el corredor de la Iguaña.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Apoyar la supervisión de los contratos de suministro de mezcla asfáltica en caliente para el mantenimiento de la malla vial; mantenimiento de vías corredor Metroplús y rutas alimentadores, y suministro de equipos de laboratorio de suelos y pavimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar visitas técnicas a los frentes de trabajo del contrato de mezcla asfáltica en caliente para el mantenimiento de la malla vial.
- Apoyar la supervisión del mantenimiento de obras como pasamanos, defensas viales, andenes, bordillos, drenajes y pavimentos de las líneas L1, L2, y las respectivas vías por donde transitan las rutas alimentadoras de Metroplús.
- Programar la maquinaria, materiales y personal de intervenciones directas necesario para el riego y la aplicación de mezcla en las diferentes vías que presenten patologías tales que requieran de una repavimentación.
- Apoyar la gestión de los proyectos de infraestructura y seguimiento de obra civil desde el conocimiento técnico, administrativo y financiero.
- Mantener actualizada toda la gestión de los contratos en programas como SAP y SECOP.
- Participar en los procesos de gestión de calidad y mejora continua de los procedimientos estandarizados.

3 MARCO TEÓRICO

Antes de realizar la pavimentación de una vía se determina la fórmula de trabajo de la mezcla a utilizar. Para lo cual se deben calcular los niveles de tránsito de acuerdo al número de ejes equivalentes a 80kN (Véase Tabla 1. Niveles de Tránsito). De acuerdo al tránsito existente y proyectado al periodo de diseño que generalmente es de 10 años, y a la temperatura media anual de la región se determina el tipo de asfalto requerido (véase Tabla 2. Tipo de asfalto a emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continúa.)

Tabla 1. Niveles de Tránsito

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 KN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N 80 KN, MILLONES
NT1	$N_{80\text{ KN}} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80\text{ KN}} \leq 5.0$
NT3	$N_{80\text{ KN}} \geq 5.0$

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Tabla 2. Tipo de asfalto a emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continúa.

TIPO DE CAPA	NT1			NT2			NT3		
	TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LA REGIÓN (°C)								
	>24	15-24	<15	>24	15-24	<15	>24	15-24	<15
Rodadura e intermedia	60-70	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100	40-50 60-70 o tipo II (a o b) o Tipo III	40-50 60-70 o tipo II (a o b)	60-70 80-100 o tipo IIb
Base	NA			60-70 u 80-100	60-70 u 80-100	80-100	60-70	60-70 u 80-100	80-100
Alto Módulo	NA			NA			Tipo V		

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Una vez determinado el tipo de asfalto a utilizar y los niveles de tránsito, se puede realizar un diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall de acuerdo con los criterios de la Tabla 3. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continúa por el método Marshall

Tabla 3. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continúa por el método Marshall

CARACTERÍSTICA	NORMA ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO	
		CATEGORÍA DE TRÁNSITO				
		NT1	NT2	NT3		
compactación (golpes/cara)	E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75(112)	75(112)	75	
Estabilidad mínima (N)		5,000	7,500(16,875)	9,000(33,750)	15,000	
Flujo (mm) (Nota 2)		2.0 a 4.0	2.0 a 4.0 (3.0 a 6.0)	2.0 a 3.5 (3.0 a 5.3)	2.0 a 3.0	
Relación de Estabilidad/ Flujo (kN/mm)		2.0 a 4.0	3.0 a 5.0 (4.5 a 7.5)	3.0 a 6.0 (4.5 a 9.0)	-	
Vacíos con aire (Va), % (Nota 3)	Rodadura	E-736	3.0 a 5.0	3.0 a 5.0	4.0 a 6.0	NA
	Intermedia	O	4.0 a 8.0	4.0 a 7.0	4.0 a 7.0	4.0 a 6.0
	Base	E-799	NA	5.0 a 8.0	5.0 a 8.0	4.0 a 6.0
Vacíos en los agregados minerales (VAM), %	T. Máx. 38mm	E-799	13.0			-
	T. Máx. 25mm		14.0			14.0

CARACTERÍSTICA		NORMA ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
			CATEGORÍA DE TRÁNSITO			
			NT1	NT2	NT3	
mínimo	T.Máx. 19mm		15.0			-
	T.Máx. 10mm		16.0			-
Vacíos llenos de asfalto (VFA), %		E-799	65 a 80	65 a 78	65 a 75	63 a 75
Relación Llenante /Ligante efectivo, en peso		E-799	0.8 a 1.2			1.2 a 1.4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745	Valor crítico			
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-	Reportar			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo µm		E-741	7.5			

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Para determinar el tipo de mezcla, se usa la Tabla 4. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

Tabla 4. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa.

TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30-40	MDC-10
	40-60	MDC-19, MSC-19
	>60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	>50	MDC-25, MSC-25
Base	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60-130	MAM-25
Bacheos	50-75	MSC-25, MGC-25
	>75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Una vez determinado el tipo de mezcla a utilizar se debe garantizar que cumpla con la gradación de la Tabla 5. Franja granulométrica para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

Tabla 5. Franja granulométrica para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm/U.S.Standard)									
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.180	0.075
	1	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200

		1/2"									
		% PASA									
DENSE	MDC-25		100	80-95	67-85	60-77	43-59	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-19			100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	MDC-10					100	65-87	43-61	16-29	9-19	5-10
SEMIDENSE	MSC-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	MSC-19			100	80-95	65-80	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
GRUESA	MGC-38	100	75-95	65-85	47-67	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	MGC-25		100	75-95	55-75	40-60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
ALTO MODULO	MAM-25		100	80-95	65-80	55-70	40-55	24-38	10-20	8-14	6-9
TOLERANCIAS EN PRODUCCION SOBRE LA FORMULA DE TRABAJO				4%					3%		2%

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Apartes del artículo 450 de las especificaciones del INVÍAS 2012:

Calidad del producto terminado:

Tamaño de lote: se considerará como "lote" que se aceptara o rechazara en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- 500 m lineales de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.
- 3500 m² de mezcla en caliente colocada
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Compactación: La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en 5 sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se elegirán al azar.

El grado de compactación individual se calcula usando la siguiente ecuación.

$$GC_i = (D_i / (G_{mm} * \gamma_w)) * 100$$

Dónde:

D_i: Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos por las normas INV E-733, E-734, E-746, E-787 O E-802

Gmm: Valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante las normas de ensayo INV E-735 O INV-803.

γ_w : Densidad del agua a 25°C(77°F), expresada en las mismas unidades que Di (997.0kg/m³ o 0.997 g/cm³)

Después de determinar el grado de compactación individual de cada una de las muestras del lote, se puede calcular el grado de compactación para una confiabilidad del 90%, Gci(90).

Usando la siguiente ecuación:

$$G_{ci}(90) = G_{cm} - k(90) * p * s$$

Dónde:

G_{cm}: Grado de compactación promedio del lote en %

k: factor que establece los intervalos del límite de confianza.

p: probabilidad en %

s: desviación estándar de la muestra.

Para determinar el valor de k, se usa la Tabla 6. Factor que establece los límites del intervalo de confianza, k

Tabla 6. Factor que establece los límites del intervalo de confianza, k

PROBABILIDAD, p (%)	NÚMERO DE RESULTADOS, n											
	p	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
60	0.138	0.121	0.109	0.100	0.093	0.087	0.083	0.078	0.075	0.072	0.069	0.067
70	0.292	0.254	0.228	0.209	0.194	0.182	0.172	0.163	0.156	0.149	0.144	0.139
75	0.382	0.331	0.297	0.271	0.251	0.235	0.222	0.211	0.201	0.193	0.185	0.179
80	0.489	0.421	0.375	0.342	0.317	0.296	0.279	0.265	0.253	0.242	0.233	0.224
85	0.625	0.532	0.472	0.429	0.396	0.369	0.348	0.330	0.314	0.300	0.289	0.278
90	0.819	0.686	0.603	0.544	0.500	0.466	0.437	0.414	0.394	0.376	0.361	0.347
95	1.177	0.953	0.823	0.734	0.670	0.620	0.580	0.546	0.518	0.494	0.473	0.455
99	2.270	1.676	1.374	1.188	1.060	0.965	0.892	0.833	0.785	0.744	0.708	0.678

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Finalmente se verifica el grado de compactación mínimo (G_{Cmin}) que se debe obtener de acuerdo con el nivel de tránsito y el tipo de capa a compactar tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Grado de compactación mínimo G_{Cmin}

TIPO DE CAPA	GRADO DE COMPACTACIÓN MÍNIMO G _{Cmin} , %		
	NIVEL DE TRÁNSITO		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94.0	94.0	93.0
Intermedia	92.0	92.0	92.0

Base	-	91.0	91.0
Alto módulo	-	-	93.0

Fuente: Normas y especificaciones del INVÍAS 2012

Una vez se tienen los resultados de $GC_i(90)$ y GC_{min} se revisa que $GC_i(90) \geq GC_{min}$. Si esto se cumple, se acepta el lote, de lo contrario se rechaza.

4 METODOLOGÍA

- Realizar visitas técnicas a sitios de obra y frentes de trabajo en compañía de los ingenieros a cargo con el fin de conocer las directrices, y las características a tener en cuenta en las siguientes visitas que serán realizadas por el practicante.
- Partiendo de programaciones de maquinaria, materiales y personal de intervenciones directas realizadas con el ingeniero a cargo, integradas con el conocimiento de las labores que desempeña el personal, la maquinaria disponible y los requerimientos técnicos del sitio a intervenir. Se realiza la programación de obra para la aplicación de mezcla asfáltica por parte del personal de intervenciones directas.
- Apoyándose en el conocimiento técnico adquirido en la universidad y con la guía del ingeniero a cargo se realizara seguimiento técnico, administrativo y financiero a los informes mensuales presentados por la interventoría de los proyectos de mantenimiento de Metroplús y suministro de mezcla asfáltica en caliente para el mantenimiento de la malla vial de la ciudad.
- Conocer los diferentes procesos, para formular propuestas que permitan optimizar los mismos.

5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la Tabla 8. Cronograma de actividades, se presentan las actividades semanales a llevar a cabo durante los 5 meses de la práctica.

Tabla 8. Cronograma de actividades

Actividades en semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Visitas técnicas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Comités de obra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboración de la programación de obra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Diligenciamiento de formatos					x			x		x		x		x		x		x				x	

6.1.2 Actividades realizadas

- Priorización de los segmentos viales a intervenir en las cuencas 6 y 3 con el contrato de Metroplús.
- Estimativo de la cantidad de obra a ejecutar en las vías a intervenir.
- Verificación de la posibilidad de acceso al sitio con la maquinaria.

6.1.3 Registro fotográfico de la visita a la cuenca 6

En el primer segmento de vía visitado se encontraron dos baches de un tamaño significativo tal como se puede apreciar en la Foto 1. Carrera 37 entre Calles 96 y 98. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C6-015.



Foto 1. Carrera 37 entre Calles 96 y 98

Concepto técnico: La vía presenta dos baches que están muy cercanos del resalto y una serie de fisuras o grietas interconectadas que forman polígonos irregulares de tamaños variables, similares a una malla o piel de cocodrilo en toda su longitud. Ambas patologías son provocadas por la fatiga del pavimento bajo la aplicación de cargas repetitivas de tránsito que someten la capa asfáltica a esfuerzos de tracción y deformación, hasta el punto en que se empieza a descascararse por el constante frenado de los carros antes de pasar el resalto, generando los baches que se pueden apreciar en la imagen.

En el segundo segmento de vía visitado se encontraron ondulaciones en la carpeta asfáltica tal como se puede apreciar en la Foto 2. Calle 104 entre carreras 36B y 36C. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C6-021.

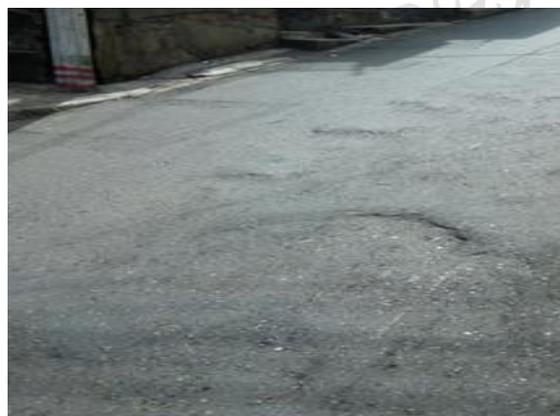


Foto 2. Calle 104 entre carreras 36B y 36C

Concepto técnico: Se observaron deformaciones de la carpeta en forma de ondulaciones provocadas por el desplazamiento de la mezcla asfáltica por el constante frenado y aceleración de vehículos.

En el tercer segmento de vía visitado se encontró que gran parte de la carpeta asfáltica presentaba piel de cocodrilo y algunos baches. Tal como se puede apreciar en las fotos 3 y 4.



Foto 3. Calle 105 entre carreras 38 y 39A



Foto 4. Calle 105 entre carreras 38 y 39A

Concepto técnico: La vía presenta baches que están muy cercanos del resalto y una serie de fisuras o grietas interconectadas que forman polígonos irregulares de tamaños variables, similares a una malla o piel de cocodrilo en toda su longitud. Ambas patologías son provocadas por la fatiga del pavimento bajo la aplicación de cargas repetitivas de tránsito que someten la capa asfáltica a esfuerzos de tracción y deformación, hasta el punto en que se empieza a descascararse por el constante frenado de los carros antes de pasar el resalto, generando los baches que se pueden apreciar en la imagen.

En el cuarto segmento de vía visitado se encontró que gran parte de la carpeta asfáltica presentaba piel de cocodrilo y fisuras longitudinales y transversales. Tal como se puede apreciar en las fotos 5, 6 y 7.



Foto 5. Calle 52 entre Carreras 4 y 5



Foto 6. Calle 52 entre Carreras 5 y 6



Foto 7. Calle 52 entre Carreras 6 y 7

Concepto técnico: La vía presenta una serie de fisuras o grietas interconectadas que forman polígonos irregulares de tamaños variables, similares a una malla o piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales debido a fatiga en el pavimento bajo la aplicación de cargas repetitivas de tránsito que someten la capa asfáltica a esfuerzos de tracción y deformación.

En esta dirección se obtuvo un área para intervenir de 1950m². Lo que implicaría unas 351 toneladas de mezcla asfáltica en caliente con un espesor de capa de 3”.

En el quinto segmento de vía visitado se encontró que en las intercepciones presentaba piel de cocodrilo y un bache considerable. Tal como se puede apreciar en la Imagen 2. Cl 56E entre carreras 17D y 18C y en la foto 8.

Imagen 2. Cl 56E entre carreras 17D y 18C



Fuente: Google maps



Foto 8. Carrera 23 con calle 56EH

Concepto técnico: La vía presenta una serie de fisuras o grietas interconectadas que forman polígonos irregulares de tamaños variables, similares a una malla o piel de cocodrilo en toda su longitud. Provocadas por la fatiga del pavimento bajo la aplicación de cargas repetitivas de tránsito que someten la capa asfáltica a esfuerzos de tracción y deformación, además de cargas puntuales generadas por los buses parqu岸ados, y al ingreso de agua proveniente del lavado de los buses en las fisuras o grietas de forma constante lo que contribuye a la formación de los baches.

En el sexto segmento de vía visitado se encontró piel de cocodrilo y un bache en la bahía de la uva de sol de oriente. Tal como se puede apreciar en la Foto 9. Calle 56E entre carreras 17D y 18C.



Foto 9. Calle 56E entre carreras 17D y 18C.

Concepto técnico: La vía presenta un bache, piel de cocodrilo y fisuras transversales, muy posiblemente ocasionadas por ser una bahía en la que estacionan vehículos, en la cual debido a su cercanía con el andén la compactación muy posiblemente se realizó con una máquina de menor impacto como la placa vibratoria.

Entre el quinto y sexto segmento se calculó un área a intervenir de 612m^2 . Lo que implicaría unas 110 toneladas de mezcla asfáltica en caliente con un espesor de capa de 3”.

6.1.4 Registro fotográfico de la visita a la cuenca 3

En el primer segmento de vía visitado se encontró que el paradero de los buses presentaba un bache, y que una parte muy significativa de la cuneta estaba reventada. Tal como se puede apreciar en la Foto 10. Carrera 76 entre calles 29 y 30. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C3-003.



Foto 10. Carrera 76 entre calles 29 y 30.

Concepto técnico: Las cunetas reventadas y el bache son producidas por una fatiga del pavimento ocasionada por las altas cargas puntuales a las que está expuesta la zona al ser un paradero de buses.

En el segundo segmento de vía visitado se encontró que la vía presentaba piel de cocodrilo a lo largo de su longitud. Tal como se puede apreciar en la Foto 11. Carrera 84 entre calles 31 y 32. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C3-005.



Foto 11. Carrera 84 entre calles 31 y 32.

Concepto técnico: La vía presenta una serie de fisuras o grietas interconectadas que forman polígonos irregulares de tamaños variables, similares a una malla o piel de cocodrilo en toda su longitud. La patología de piel de cocodrilo es ocasionada por la fatiga del pavimento debido a que ha sido sometido al paso de un número superior de ejes equivalentes a 80kN a los que fueron contemplados en el diseño.

En el tercer segmento de vía visitado se encontró que la vía presentaba piel de cocodrilo en gran parte de su longitud y un bache de magnitud considerable. Tal como se puede apreciar en las Foto 12. Carrera 89B entre Calles 30C y 31A. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C3-006.



Foto 12. Carrera 89B entre Calles 30C y 31A



Foto 13. Carrera 89B entre calles 30C y 31A

Concepto técnico: En las imágenes se puede observar un bache, piel de cocodrilo y fisuras longitudinales y transversales en la superficie de rodadura, debido a fatiga en el pavimento. Los baches en el pavimento empiezan como fisuras, luego se ven como piel de cocodrilo y finalmente ante el ingreso de agua en las fisuras, se empieza a desprender la carpeta asfáltica formándose un bache.

En el cuarto segmento de vía visitado de la cuenca 3 se encontró que la vía presentaba un bache de menor magnitud. Tal como se puede apreciar en la Foto 14. Carrera 81A entre calles 2 y 2A. La ruta alimentadora beneficiada con esta intervención es la C3-003.



Foto 14. Carrera 81A entre calles 2 y 2A

6.1.5 Frentes de trabajo

Después de realizar las respectivas visitas de obra se definieron los siguientes frentes de trabajo.

6.1.5.1 Frente 1

El primer frente de trabajo estará en la carrera 37 entre calles 96 y 98, en un tramo de 824,9 metros cuadrados que aparece resaltado en la Imagen 3. Área a intervenir en la carrera 37 entre calles 96 y 98.

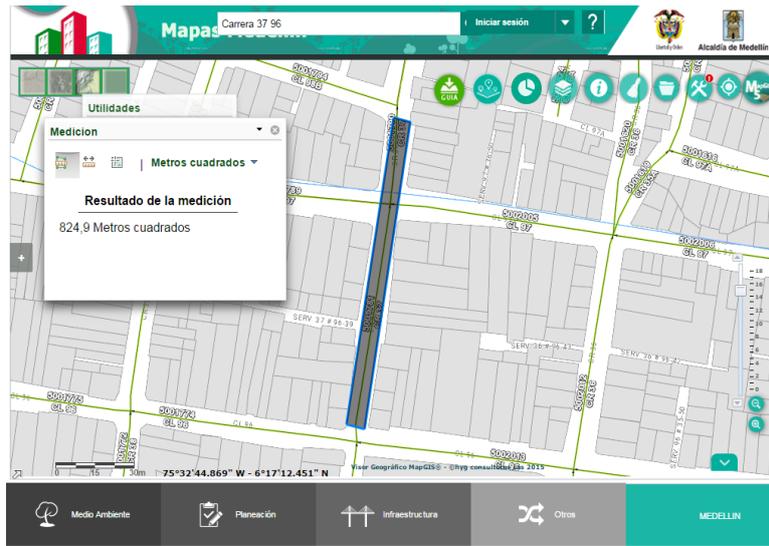


Imagen 3. Área a intervenir en la carrera 37 entre calles 96 y 98.

6.1.5.2 Frente 2

El segundo frente de trabajo estará en la calle 104 entre carreras 36B y 37A, en la carrera 37A calles 104 y 105, en la calle 105 entre carreras 37A y 42C y en la carrera 42C entre calles 105 y 103. En un tramo de 693 metros lineales que aparece delineado con una línea azul en la Imagen 4. Metros lineales a intervenir por el frente 2. Teniendo un ancho promedio de calzada de 6m, lo que representa alrededor de 4158m² a ejecutar.

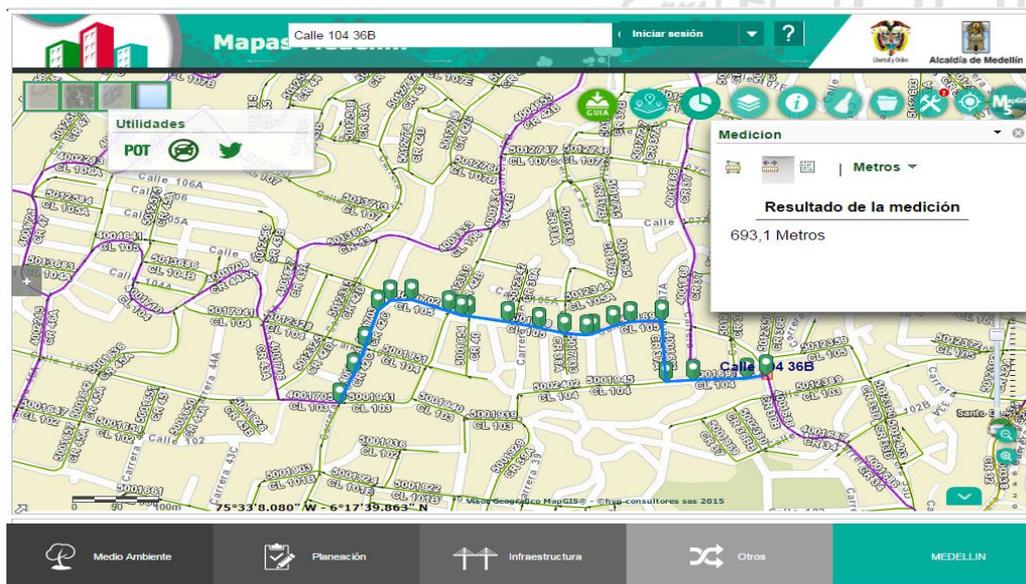


Imagen 4. Metros lineales a intervenir por el frente 2.

6.1.5.3 Frente 3

El tercer frente de trabajo estará en la carrera 76 entre calles 29 y 30 (paradero de buses), en un tramo de 101.2 metros cuadrados que aparece resaltado en la Imagen 5. Área a intervenir en la carrera 76 entre calles 29 y 30.



Imagen 5. Área a intervenir en la carrera 76 entre calles 29 y 30.

6.1.5.4 Frente 4

El cuarto frente de trabajo estará en la carrera 89B entre calles 30C y 31A, en un tramo de 1163.5 m² que aparece resaltado en la Imagen 6. Área a intervenir en la carrera 89B entre calles 30C y 31A..

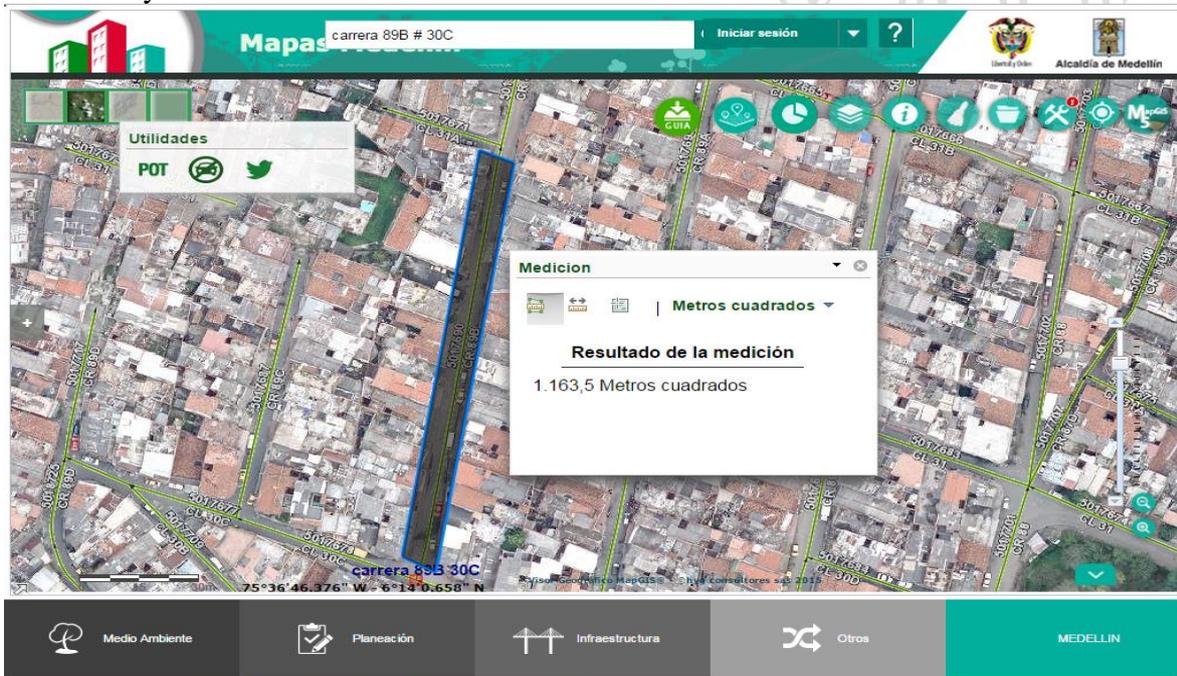


Imagen 6. Área a intervenir en la carrera 89B entre calles 30C y 31A.

6.1.5.5 Frente 5

El quinto frente de trabajo estará en la carrera 81ª entre calles 2 y 2A, en un tramo de 443,3 m² que aparece resaltado en la Imagen 7. Área a intervenir en la carrera 81ª entre calles 2 y 2A

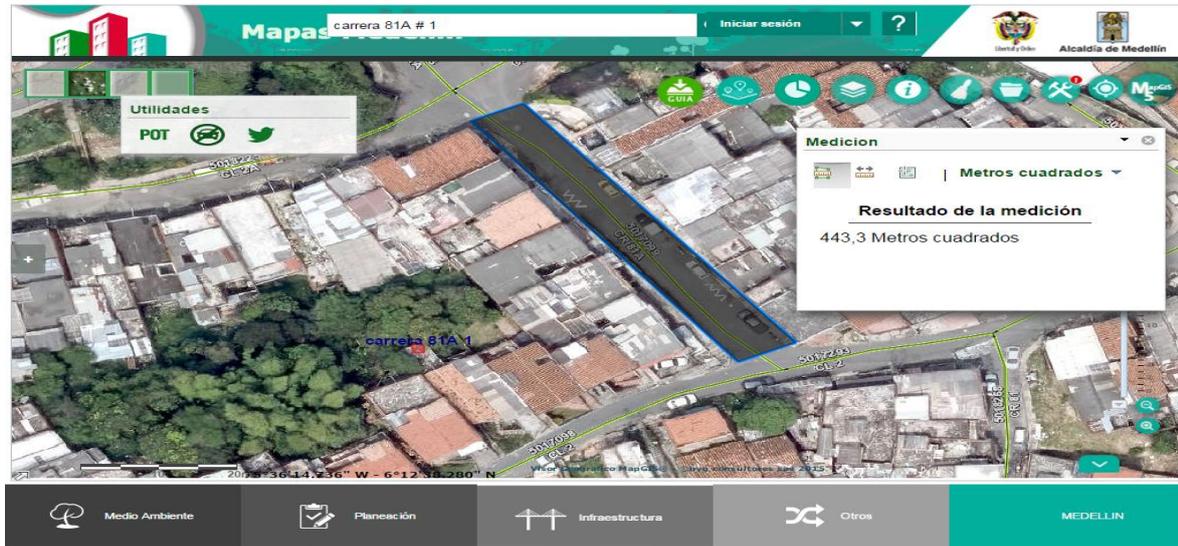


Imagen 7. Área a intervenir en la carrera 81ª entre calles 2 y 2A

6.1.6 Seguimiento del contrato

Antes de iniciar con la ejecución del contrato se realizó una primera reunión con la comunidad de Berlín que era una zona intermedia en el primer tramo a trabajar entre la estación Aranjuez y Berlín, y se presentó un primer plan de manejo de tránsito (PMT) a la Secretaria de Movilidad. Tal como se puede apreciar en la Foto 15. Reunión con la comunidad de y la Imagen 8. Plano PMT.



Foto 15. Reunión con la comunidad de Berlín



Imagen 8. Plano PMT.

En esta reunión se les explico a los asistentes en su mayoría líderes del barrio y grupos de la tercera edad que acudieron al evento; el alcance del proyecto, el valor de la inversión, quien era el contratista, la interventoría, y la supervisión del proyecto. Además se les concientizo sobre el beneficio que tenía para ellos los trabajos de mantenimiento de la malla vial del Metroplús y sus cuencas alimentadoras.

Una vez concluida la reunión se verifico la señalización de la obra (véase Foto 16. Señalización de obra). Las señales estaban cubiertas con bolsas negras porque aún no habían iniciado las obras.



Foto 16. Señalización de obra



Foto 17. Señalización de obra

En el recorrido se identificó que una señal de obra se había puesto sobre una señal existente, por lo cual se le solicitó al contratista quitarla de ese lugar y ponerla a la distancia estipulada por el manual de señalización.

6.1.6.1 Cambio de sellos

El contrato inició con el cambio de sellos entre la estación Aranjuez y Palos Verdes, para lo cual se cortaron los sellos existentes, se limpiaron las juntas, se instaló el sellado y por último se sellaron nuevamente las juntas. Este procedimiento se puede apreciar en las fotos 18 a 21.



Foto 18. Corte de sellos



Foto 19. Limpieza de juntas



Foto 20. Instalación del Sellalon



Foto 21. Sello de juntas.

6.1.6.2 Mantenimiento de pasamanos

A la cuadrilla de cambio de sellos se le sumo días después una cuadrilla encargada de reparar y pintar los pasamanos. Este procedimiento se puede apreciar en la Foto 22. Pintura de pasamanos



Foto 22. Pintura de pasamanos

6.1.6.3 Mantenimiento de andenes

Paralelo al inicio de la actividad del mantenimiento de pasamanos, inicio el mantenimiento de los andenes en las inmediaciones de la estación Palos Verdes, dicho mantenimiento incluye la lavada de los andenes, el cambio de los adoquines y tabletas en mal estado y la limpieza de los cárcamos. En la Foto 23. Mantenimiento de andenes en Palos verdes, se puede observar cómo avanzan los trabajos.



Foto 23. Mantenimiento de andenes en Palos verdes

6.2 CONTRATO 2

En la Tabla 10. Información general del contrato 2, se presenta la información más relevante del contrato.

Tabla 10. Información general del contrato 2

INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO	
CONTRATO No	4600075404 de 2018
CONTRATANTE	Municipio de Medellín
CONTRATISTA	Procopal s.a
OBJETO	Suministro de mezcla asfáltica en caliente para el mantenimiento de la malla vial
DURACIÓN	7 meses sin superar vigencia fiscal
PERIODO	25 de Junio- 31 de Diciembre

Fuente: elaboración propia.

6.2.1 Actividades realizadas

- Priorización de los segmentos de vías que requieren una intervención inmediata.
- Estimar la cantidad de obra a ejecutar en las vías visitadas.
- Revisar la facilidad de acceso al sitio con la maquinaria.

6.2.2 Registro fotográfico de las visitas:

Para definir parte de las vías a intervenir con este contrato se realizó una visita técnica al barrio Córdoba donde se encontraron múltiples patologías en las vías como piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, entre otras. Debido a la fatiga de la carpeta asfáltica. En las fotos 24 a la 27 se pueden observar las direcciones visitadas.



Foto 24. Carrera 71 entre calles 80 y 81



Foto 25. Calle 81 entre carreras 69 y 70.



Foto 26. Carrera 70 entre Calles 81 y 82



Foto 27. Carrera 71ª entre calles 80 y 81

El perímetro a intervenir en estos puntos son 832.9 m, los cuales se pueden apreciar en la Imagen 9. Perímetro de trabajo Córdoba, delineado con color azul.

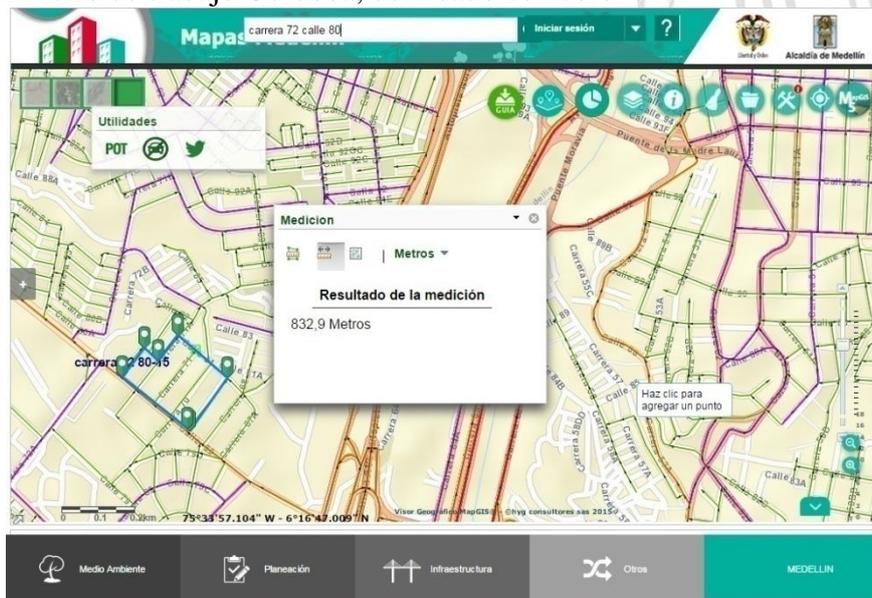


Imagen 9. Perímetro de trabajo Córdoba

SEGUIMIENTO DEL CONTRATO

Una semana después de definir las vías a intervenir en el barrio Córdoba iniciaron los trabajos de parcheo y repavimentación.

En las fotos 28 a 31 se muestra el proceso de repavimentación, llevado cabo días después en el barrio Córdoba.



Foto 28. Riego de imprimación



Foto 29. Cargue de la Finisher



Foto 30. Pavimentación con la Finisher



Foto 31. Compactación.

A continuación se muestra como quedaron las vías después de la intervención en las fotos 32 a la 37.



Foto 32. Carrera 69 entre Calles 80 y 81



Foto 33. Carrera 69 entre Calles 80 y 81



Foto 34. Carrera 70 entre Calles 80 y 81



Foto 35. Carrera 71 entre Calles 80 y 81



Foto 36. Carrera 71A entre Calles 80 y 81



Foto 37. Calle 81 entre Carreras 69 y 71

6.2.3 Señalización de válvulas, cámaras y MH para realce

En las fotos 38, 39 y 40 se observa como son señalizados los MH y válvulas para su posterior realce.



Foto 38. Válvula carrera 71 entre calles 80 y 81



Foto 39. MH carrera 70 entre calles 80 y 81



Foto 40. Señalización de cámara

Posterior a los trabajos realizados en el barrio Córdoba se realizó la visita a la vereda San José de la montaña, ubicada en el corregimiento de San Cristóbal. En la cual se aplicó inicialmente una base asfáltica MGC-38. Tal como se puede observar en las fotos 41 a 43.



Foto 41. Antes vereda San José de la Montaña



Foto 42. Durante Vereda San José de la Montaña



Foto 43. Después vereda San José de la Montaña

Después de la aplicación de la mezcla asfáltica en caliente en la vereda San José de la montaña, se inició la aplicación de la una base asfáltica MGC- 38 en la vereda la Frisola ubicada en el corregimiento de Palmitas. La aplicación de dicha base se debió a la necesidad de cubrir unos rieles en un segmento de vía con una pendiente muy pronunciada, tal como se puede apreciar en las fotos 44 y 45.



Foto 44. Limpieza de la vía a intervenir



Foto 45. Riego de liga

A continuación se muestra en las fotos 46 a 61 el estado de diversos segmentos de vía después de realizarles el respectivo mantenimiento



Foto 46. Vereda Travesías



Foto 47.Universidad de Medellín



Foto 48.Villatina



Foto 49.Vereda Barro Blanco (Sta Helena)



Foto 50. Calle 15Sur entre Carreras 43ª y 48



Foto 51. Carrera 74 entre calles 97 y 99



Foto 52. Calle 29A entre carreras 87 y 83



Foto 53. Vereda el Uvito (San Cristobal)





Foto 54. Carrera 94B con Calle 65 (Robledo)



Foto 55. Carrera 49B entre Calles 92 y 95



Foto 56. Carrera 77DD entre Calles 91B y 91



Foto 57. Carrera 94 entre Calles 77D y 77DD





Foto 58. Carrera. 81A entre Calles 37B y 42C



Foto 59. Calle 48 entre Carreras 81A y 83ª



Foto 60. Calle 40 entre Carreras 82A y 83ª

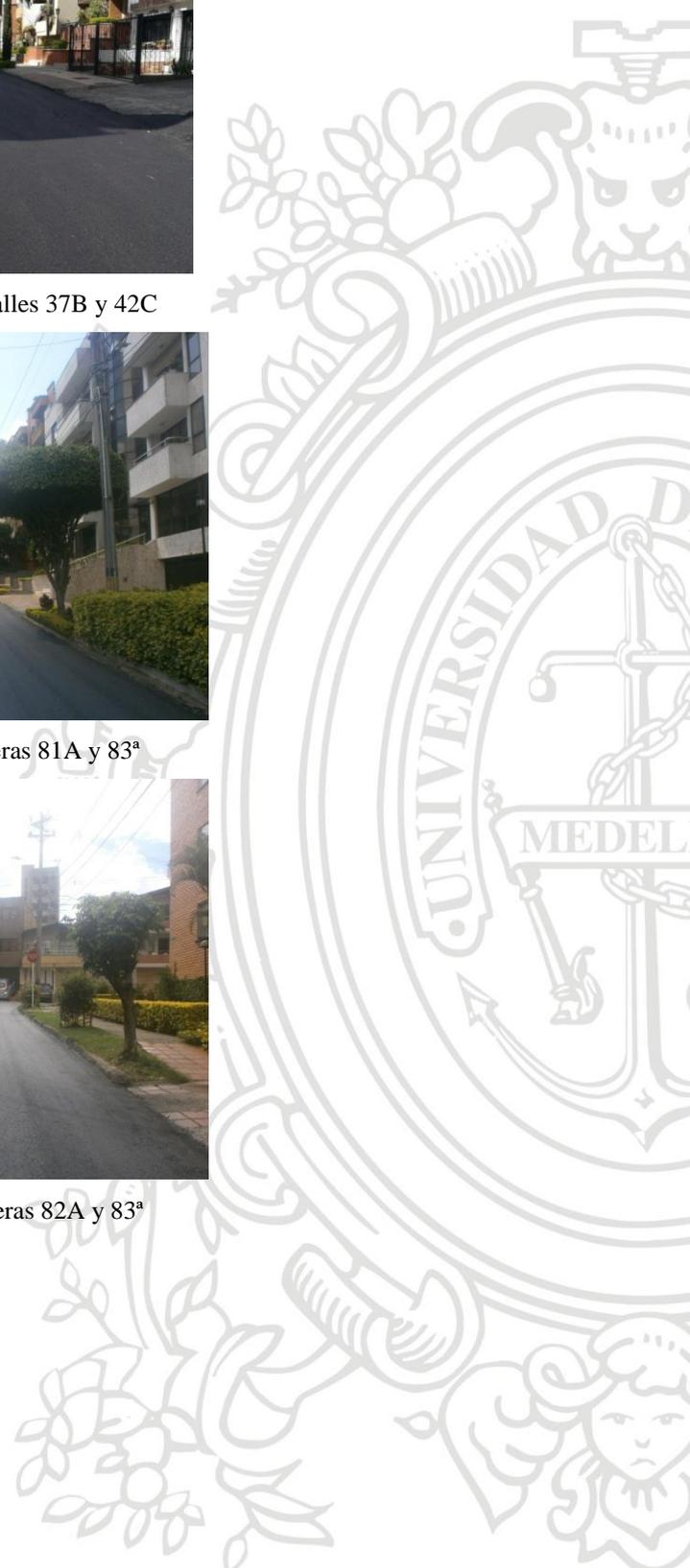




Foto 61. Carrera 81A entre Calles 33 y 34

Control de temperatura de la mezcla

En obra siempre se le toma la temperatura a la mezcla antes de aplicarla para garantizar que esté por encima de los 120° que representan la temperatura mínima requerida para la compactación de la mezcla asfáltica en caliente.



Foto 62. Toma de temperatura de la mezcla

6.3 CONTRATO 3

En la Tabla 11. Información general del contrato3. Se presenta la información general del contrato.

Tabla 11. Información general del contrato3.

INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO	
CONTRATO No	4600075778 de 2018
CONTRATANTE	Municipio de Medellín
CONTRATISTA	Dirimpex
OBJETO	Adquisición de equipos de laboratorio.
DURACIÓN	2 meses
PERIODO	02 de Agosto- 02 de Octubre

Fuente: elaboración propia.

6.3.1 Recepción de equipos

A continuación se presentan el registro fotográfico de los equipos recibidos el día 10 de Septiembre del presente año, en las fotos 63 a 65.



Foto 63. Penetrómetro de asfaltos



Foto 64. Termo celda



Foto 65. Picnómetro de vacío

7 RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 CONTRATO 1(METROPLÚS)

En la Tabla 12. Avance contrato 1Tabla 12. Avance contrato, se presentan los avances mes a mes del contrato.

Tabla 12. Avance contrato 1

Actividad	Und	Cant	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Limpieza de obras de drenaje	m	4500	0,00	0,00	0,00	636,2	0
Colocación de sello en arena por pérdida de material.	m2	5000	0,00	0,00	773,91	0	1287,35
Reparación de loseta plana o táctil 40x40 ó 20x20.	m2	600	0,00	46,52	283,72	371,66	525,94
Reposición de sello de juntas.	m	11500	552,00	8937,87	1531,29	263,51	343,63
Reposición de sello de juntas.	m	500	0,00	0,00		0	0
Lavado y repinte de pasamanos.	m	2000	0,00	66,61	1593,20	255,58	0
Pintura de bordillo en concreto	m	18667	0,00	0,00	891,15	0	0
Reposición de bolardos	un	50	0,00	0,00	48,00	47	0
Lavado y repinte de bolardos.	un	500	0,00	0,00	238,00	0	0
Demolición de pisos de espesor entre 5 y 10 c.m.	m2	50	0,00	0,00	38,07	1	55,56
Construcción de andén en concreto de 21 Mpa. e=0.08 m.	m2	50	0,00	0,00	0,00	0	0
Retiro y reposición de rejilla de concreto prefabricada para cárcamo 40x55x12.	m	100	0,00	0,00	0,00	23,24	0
Retiro y reposición de cuneta auxiliar prefabricada para cárcamo 40x55x12.	m	100	0,00	0,00	0,00	39,7	12
Reposición de tapa polimérica.	un	70	0,00	0,00	0,00	0	0
Reparación de bordillos.	m	250	0,00	0,00	1,50	4,3	50,7
Retiro y reinstación de bolardos que se encuentren mal instalados, desprendidos o desplomados.	un	50	0,00	0,00	0,00	6	0
Suministro, transporte, corte, figuración e instalación de acero de refuerzo de 420 MPa para bordillos, muros o losas.	Kg	100	0,00	0,00	1,00	8	226,5
Anclajes epóxicos para varilla de 3/8 " con perforación de 1/2 " para bordillos	un	30	0,00	0,00	6,00	0	170
Suministro, transporte e instalación de tubería galvanizada de 2 " , para la reparación de pasamanos.	m	300	0,00	0,00	290,00	0	6

Actividad	Und	Cant	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Suministro, transporte e instalación de tubería galvanizada de 3/4 " ,para la reparación de pasamanos.	m	150	0,00	0,00	140,00	0	6,7
Suministro, transporte, extensión y compactación de base granular para soporte de losetas o tabletas de adoquín.	m2	70	0,00	0,00	1,00	0	69,7
Corte de loseta o tableta de adoquín de concreto para obtener tabletas con medidas no comerciales.	un	100	0,00	83,00	66,00	146,00	5
Base en mortero y sello con mezcla de arena y cemento en sello para tabletas en áreas expuestas directamente a chorros o corrientes de agua.	m2	50	0,00	2,00	42,69	95,50	112,27
Fresado de vías con maquina fresadora	m3	750	0,00	0,00	67,63	325,17	128,87
Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente tipo base asfáltica MGC-38 y/o MGC-25	m3	100	0,00	0,00	0,00	0	182,08
Suministro y aplicación de mezcla asfáltica en caliente para rodadura MSC-25 ó MSC-19	m3	650	0,00	0,00	117,63	394,26	151,93
Parcheos de fallos con utilizacion de Fresadora	m3	150	0,00	0,00		21	15,36
Sellado de grietas	m	500	0,00	0,00	478,13	167,47	0
Demolición de piso en concreto. e=8/10 cm	m2	1500	0,00	0,00		0	0
Excavación MANUAL de 0 a 2 m en material heterogéneo, bajo cualquier grado de humedad.	m3	100	0,00	0,00	0,00	0	20,91
Cargue manual, transporte y botada de material proveniente de las excavaciones.	m3	100	0,00	0,00	0,00	0	0
Suministro, transporte y colocación de materiales: piedra 40% y concreto de 21 MPA 60% para un e=20 cms	m2	240	0,00	0,00	0,00	0	0
Suministro, transporte y colocación de Concreto premezclado en planta MR 40 Kgf/cm2 para construcción pavimento rígido.	m3	150	0,00	0,00	0,00	0	0
Suministro, transporte y colocación de Concreto vaciado de 21 mpa para construcción pavimento rígido.	m3	60	0,00	0,00	0,00	0	0

Actividad	Und	Cant	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Suministro, transporte y colocación de base granular de máximo Ø 1½ "	m3	150	0,00	0,00	0,00	0	0
Suministro, transporte y colocación de pasamanos en tubería 2"	m	160	0,00	0,00	164,16	0	5
Retiro de pasamanos	m	160	0,00	0,00	164,16	0	0
Suministro, transporte y colocación de cordon prefabricado de concreto de 21 Mpa	m	30	0,00	0,00	0,00	0	0
Realce de tapas de MH	und	40	0,00	0,00	25,00	0	13
Realce de sumideros	und	30	0,00	0,00	7,00	0	14
Suministro, transporte y colocación de franja demarcada en adoquin de 10x20x6	m	120	0,00	0,00	42,70	0	42,5
Limpieza de carcamos cubiertos	m	1430	0,00	0,00	636,20	0	605,95
Suministro transporte y colocacion de platina de 0,10x0,15x1/4"	und	160	0,00	0,00	125,00	0	86
Realce de tapa de valvula vehicular	und	30	0,00	0,00	12,00	0	0
PMT	gl	1	0,00	0,00	0,67	0	0,33
Avance financiero (%)			0,60	10,20	26,13	27,11	24,77

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se puede apreciar que en el primer mes de ejecución del contrato el avance en el mismo fue muy bajo, ya que solo se avanzó en un 4,8% en uno de los 35 ítem, lo que financieramente equivale 0.60% del valor del contrato, es decir, \$ 10.783.872. El contrato tiene una duración de 5 meses, por lo cual si el gasto fuera lineal se esperaría que el avance financiero estuviera cercano al 20%, es decir, \$356.875.554.

Para el segundo mes se avanzó en 5 de los ítem, principalmente en el de sello de juntas y corte de losetas hasta un 83%, pero el avance financiero a pesar de que se incrementó con relación al del mes anterior solo fue de \$182.036.493, lo que representa un 10.20% del valor del contrato, cifra que aún está por debajo del 20%, para el tercer mes nuevamente aumento el porcentaje de avance financiero con relación a los meses anteriores, con un avance del 26.13% (\$466.302.138) que es un porcentaje que está por encima en seis puntos del avance financiero esperado mes a mes. En el cuarto mes se logro un avance financiero de \$483.752.935 que es equivalente al 27.11 % del valor del contrato, que es un porcentaje que está por encima del esperado mensual, pero el avance general del contrato aun sigue estando por debajo del esperado debido a que en los primeros dos meses se obtuvo un avance muy por debajo del requerido. En el quinto mes el avance monetario fue de

\$441.953.547 lo que equivale a un 24.77% de avance en el contrato, con este avance se logra un equilibrio en el avance proyectado en comparación con el avance físico.

7.2 CONTRATO 2 (SUMINISTRO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE)

En la Tabla 13. Avance contrato 2, se presentan los avances haciendo un énfasis especial en los lugares intervenidos, el valor de la inversión, y los km/ carril que fueron repavimentados.

Tabla 13. Avance contrato 2

Toneladas	Dirección	Km/ carril	Vlr materiales (sin iva)	%Avance financiero mes
436,45	Vereda Travesías	0,43	110.548.857	16,08
300,15	Universidad de Medellin	0,53	87.109.233	
206,58	Vereda travesías	0,21	51.746.637	
100,08	Universidad de Medellin	0,23	28.068.637	
99,89	Cr 11 entre Cl 55 y 56 (Villatina)	0,09	24.782.609	
31,94	Vereda Barro Blanco (Sta Helena)	0,05	7.758.066	
519,95	Barrio Cordoba	0,51	129.716.606	
Subtotal mezcla+ emulsión + iva		2,06	533.516.354	
970,70	Barrio Cordoba	0,79	238.466.045	16,02
281,06	San Jose de la montaña (San Cristobal)	0,38	68.268.069	
40,00	vereda la frisola	0,08	8.245.600	
230,00	Calle 15sur entre carrera 43a y 48 (Poblado)	0,54	57.752.310	
40,00	vereda la frisola	0,07	10.030.320	
230,25	San José de la Montaña(San Cristobal)	0,51	54.883.311	
Subtotal mezcla+ emulsión + iva		2,37	531.597.240	
300,16	Cr 74 entre calles 97 y 99 (Castilla)	0,65	75.628.013	23,31
410,00	Calle 29 B entre carrera 87 y 83 (Belen)	0,99	122.214.850	
150,60	Vereda el Uvito (San Cristobal)	0,40	45.219.307	
385,56	Calle 15sur entre carrera 43a y 48 (Poblado)	0,71	97.498.485	
5,00	Carrera 94B con calle 65 (Robledo)	0,04	1.258.950	
430,10	Carrera 49B entre calles 92 y 95 (Aranjuez)	0,79	128.194.746	
100,02	Carrera 77DD entre calles 91B y 91 (B.Aures)	0,21	24.711.641	
300,02	Calle 14Sur entre carreras 43A y 47 (El Poblado)	0,64	75.867.558	
83,99	Carrera 94 entre calles 74DD y 76AD (Aures)	0,14	20.830.024	
69,99	Vereda el Uvito (San Cristobal)	0,22	17.550.552	
120,07	Calle 61 entre carreras 46 y 45D B. (Villa Hermosa)	0,21	30.232.425	
Subtotal mezcla+ emulsión + iva		5,00	773.389.679	
370,38	Vereda el Uvito (San Cristobal)	0,95	84.821.094	17,86
589,88	Carrera 81A entre Calles 35B y 42C	1,36	147.723.059	
85,23	Calle 48 entre Carreras 81A y 83A	0,23	21.263.692	
59,97	Calle 40 entre Carreras 82A y 83A	0,18	14.566.413	
159,90	Carrera 81A entre Calles 33 y 34	0,36	40.163.682	
79,99	Calle 33A entre carreras 81 y 81A	0,21	20.227.471	

Toneladas	Dirección	Km/carril	Vlr materiales (sin iva)	%Avance financiero mes
79,94	Cra81A entre Calles 33A y 33	0,11	20.077.491	
300,05	Corregimiento San Antonio de Prado (B. Limonar 2)	0,62	76.557.457	
50,00	Carrera 81A entre Calles 33A y 33	0,10	12.507.400	
199,97	Carrera 94 entre calles 78A y 77D	0,45	50.294.055	
Subtotal mezcla+ emulsión + iva		4,57	592.714.512	
19,96	Calle 77DD entre carreras 91 y 91B (B. Aures)	0,06	5.025.728	5,60
49,91	Carrera 85 entre calles 19A y 19D (B. Altavista)	0,14	12.620.991	
120,00	Carrera 71 entre calles 44A y 45E	0,24	35.766.960	
160,00	Carrera 72 entre calles 44 y 45D	0,32	47.689.280	
19,97	Carrera 85 entre Calles 19A y 19D	0,07	4.850.613	
121,92	Corregimiento San Cristobal Vereda El patio	0,35	30.724.450	
59,96	Carrera 85 entre calles 18A y 19A (B. Altavista)	0,14	15.097.328	
Subtotal mezcla+ emulsión + iva		1,31	185.791.327	

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 13. Avance contrato 2, se puede apreciar que durante el primer mes de ejecución del contrato de mezcla asfáltica en caliente, se repavimentaron alrededor de 2km/carril entre corregimientos y la zona urbana de la ciudad con una inversión de \$533.516.354 lo que financieramente representa un avance significativo en el contrato correspondiente al 16,08% del valor del contrato que tiene una duración de 6 meses por lo cual como el gasto es lineal se esperaría que el avance financiero hubiera sido cercano al 16.66%. Para el segundo mes se repavimentaron 2,37 km/carril lo que represento un avance financiero \$531.597.240, es decir, un 16,02% del valor del contrato, que es un porcentaje muy cercano al esperado pero que aún sigue estando por debajo. Para el tercer mes el avance financiero fue del 23,31% (\$773.389.679), lo cual permitió recuperar el 1% que se tenía de atraso y cerrar el mes con un adelanto financiero cercano al 6% del valor del contrato, lo que representa un parte de tranquilidad, al tener un colchoncito que permita sopesar cualquier inconveniente con la maquinaria. Para el cuarto mes el avance financiero fue de \$593.003.553 equivalente al 17,87% del valor del contrato, por lo cual nuevamente se está por encima del avance esperado, lo cual con lleva a que el contrato tenga un adelanto superior al 7% con relación a lo programado. En el quinto mes se presento un descenso en el porcentaje de aplicación de la mezcla debido a problemas con la maquinaria, cerrando el mes con un avance financiero de \$185.791.327 lo que representa un 5.6% del valor del contrato, por lo cual se genera un atraso en la ejecución general del contrato del 3%.

7.3 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

7.3.1 Determinación de la estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica.

En la

Tabla 14. Estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica, se pueden apreciar los resultados de laboratorio obtenidos al realizar el ensayo de estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall, el cual se encuentra regulado por la especificación INVE 748-13 del INVIAS.

Tabla 14. Estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
	Fórmula de trabajo (MDC-19)	≥ 13131	2,4 a 3,6	-	-
	Especificación INVIAS(MDC-19)	≥ 9000	2,0 a 3,5	3,0 a 6,0	4,0 a 6,0
	Fórmula de trabajo (MDC-19 + FIBRA)	≥ 12263	2,6 a 4,0	-	-
	Especificación INVIAS(MDC-19 + FIBRA)	≥ 9000	2,0 a 3,5	3,0 a 6,0	4,0 a 6,0
	Fórmula de trabajo (MSC-25)	≥ 13111	2,7 a 4,1	-	-
	Especificación INVIAS(MSC-25)	≥ 9000	2,0 a 3,5	3,0 a 6,0	4,0 a 6,0
	Fórmula de trabajo (MSC-19)	≥ 11045	2,5 a 3,7	-	-
	Especificación INVIAS(MSC-19)	≥ 9000	2,0 a 3,5	3,0 a 6,0	4,0 a 6,0
	Fórmula de trabajo (MGC-38)	≥ 26693	3,8 a 5,6	-	-
	Especificación INVIAS(MGC-38)	≥ 33750	3,0 a 5,3	4,5 a 9,0	4,0 a 6,0
29 de Junio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14921	2,9	5,1	4,3
	Muestra 2 (MDC-19)	17202	3,3	5,2	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	13969	2,8	5,0	4,5
	Muestra 4 (MDC-19)	14653	3,3	4,4	4,6
3 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14860	3,5	4,2	4,3
	Muestra 2 (MDC-19)	14977	3,2	4,7	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	15269	3,5	4,4	4,5
	Muestra 4 (MDC-19)	15765	3,4	4,6	4,6

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
4 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14519	3,1	4,7	4,5
	Muestra 2 (MDC-19)	14274	3,3	4,3	4,5
	Muestra 3 (MDC-19)	14558	3,2	4,5	4,2
	Muestra 4 (MDC-19)	14028	3,1	4,5	4,4
5 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15765	3,1	5,1	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	15176	3	5,1	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	16059	3,3	4,9	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	15019	3,1	4,8	5,3
6 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14941	3,5	4,3	4,5
	Muestra 2 (MDC-19)	15009	3,5	4,3	4,5
	Muestra 3 (MDC-19)	15009	3,4	4,4	5
	Muestra 4 (MDC-19)	14992	3,3	4,5	4,4
7 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	16376	3,5	4,7	4,3
	Muestra 2 (MDC-19)	16216	3,4	4,8	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	14010	3,4	4,1	4,5
	Muestra 4 (MDC-19)	15441	3,5	4,4	4,6
9 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14232	3,5	4,1	4,3
	Muestra 2 (MDC-19)	14179	3,3	4,3	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	15911	3,4	4,7	4,5
	Muestra 4 (MDC-19)	14433	3,3	4,4	4,6
10 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14611	3,5	4,2	4,5
	Muestra 2 (MDC-19)	15024	3,3	4,6	4,5
	Muestra 3 (MDC-19)	14402	3,5	4,1	4,2
	Muestra 4 (MDC-19)	14358	3,1	4,6	4,4
11 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14260	3,2	4,5	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	13911	3,3	4,2	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14017	3	4,7	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14016	3,4	4,1	5,3
14 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14219	3	4,7	4,7
	Muestra 2 (MDC-19)	14314	3,1	4,6	4,6
	Muestra 3 (MDC-19)	14092	3,2	4,4	4,4
	Muestra 4 (MDC-19)	14241	3,2	4,5	4,5
15 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14211	3,2	4,4	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	14317	3,3	4,3	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14309	3	4,8	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14510	3,4	4,3	5,3
16 de Julio	Muestra 1 (MDC-19)	14260	3,2	4,5	4,8

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
del 2018	Muestra 2 (MDC-19)	13911	3,3	4,2	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14017	3	4,7	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14016	3,4	4,1	5,3
17 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14260	3,2	4,5	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	13911	3,3	4,2	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14017	3	4,7	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14016	3,4	4,1	5,3
18 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14260	3,2	4,5	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	13911	3,3	4,2	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14017	3	4,7	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14016	3,4	4,1	5,3
19 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14260	3,2	4,5	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	13911	3,3	4,2	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14017	3	4,7	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14016	3,4	4,1	5,3
23 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + fibra)	14791	3,4	4,4	5
	Muestra 2 (MDC-19 + fibra)	14037	2,9	4,8	5,5
	Muestra 3 (MDC-19 + fibra)	14484	3,2	4,5	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + fibra)	13486	3	4,5	4,7
24 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14813	3,2	4,6	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	14985	3,0	5,0	4,8
	Muestra 3 (MDC-19)	14462	3,1	4,7	5,4
	Muestra 4 (MDC-19)	14791	3,2	4,6	5
25 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14880	3,1	4,8	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	14761	3,2	4,6	5,3
	Muestra 3 (MDC-19)	14684	3,0	4,9	5,6
	Muestra 4 (MDC-19)	14930	3,1	4,8	5,3
28 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14888	3,1	4,8	5,3
	Muestra 2 (MDC-19)	15103	3,2	4,7	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	14729	3,2	4,6	5
	Muestra 4 (MDC-19)	15052	3,3	4,6	4,8
29 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	13537	3,4	4,0	4,7
	Muestra 2 (MDC-19)	14012	3,2	4,4	5
	Muestra 3 (MDC-19)	13578	3,1	4,4	4,3
	Muestra 4 (MDC-19)	12963	3	4,3	4,9
30 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14854	3,1	4,8	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	14684	3	4,9	4,8

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
	Muestra 3 (MDC-19)	14813	3,2	4,6	5,6
	Muestra 4 (MDC-19)	14834	3,1	4,8	4,9
31 de Julio del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15178	3,2	4,7	5
	Muestra 2 (MDC-19)	14761	3,1	4,8	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	15180	3,2	4,7	5
	Muestra 4 (MDC-19)	14440	3	4,8	5,1
01 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15026	3,3	4,6	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	14813	3,4	4,4	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	15059	3,1	4,9	4,8
	Muestra 4 (MDC-19)	14567	3,1	4,7	5,2
02 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15072	3	5,0	4,6
	Muestra 2 (MDC-19)	14761	3,1	4,8	5,4
	Muestra 3 (MDC-19)	14888	3,2	4,7	4,9
	Muestra 4 (MDC-19)	14930	3,1	4,8	5,1
03 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15083	3,3	4,6	5
	Muestra 2 (MDC-19)	14717	3,2	4,6	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	15528	3,4	4,6	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	14655	3,1	4,7	5,1
06 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15421	3,5	4,4	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	15006	3,2	4,7	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14388	3,3	4,4	5,4
	Muestra 4 (MDC-19)	14854	3,2	4,6	5,1
08 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14854	3,1	4,8	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	14642	3	4,9	5
	Muestra 3 (MDC-19)	15279	3,4	4,5	4,6
	Muestra 4 (MDC-19)	14888	3,2	4,7	4,7
09 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14791	3,1	4,8	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	15149	3	5,0	5,4
	Muestra 3 (MDC-19)	14610	3,2	4,6	5
	Muestra 4 (MDC-19)	14663	3,1	4,7	5,3
10 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	13580	2,8	4,9	4,8
	Muestra 2 (MDC-19)	14762	3,3	4,5	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	15106	2,9	5,2	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	14235	3,4	4,2	5
11 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13608	3	4,5	5
	Muestra 2 (MSC-19)	14347	3,3	4,3	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	14057	3,1	4,5	5,2

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
	Muestra 4 (MSC-19)	13127	2,9	4,5	5,3
13 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15976	3,3	4,8	5
	Muestra 2 (MDC-19)	15072	3,1	4,9	5,4
	Muestra 3 (MDC-19)	15256	3,2	4,8	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	15499	3,1	5,0	5,3
15 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MGC-38)	31986	4,9	6,5	5
	Muestra 2 (MGC-38)	30395	4,7	6,5	5,4
	Muestra 3 (MGC-38)	30707	4,6	6,7	5,2
	Muestra 4 (MGC-38)	31237	4,7	6,6	5,3
16 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MGC-38)	30707	4,8	6,4	5
	Muestra 2 (MGC-38)	31768	4,6	6,9	5,4
	Muestra 3 (MGC-38)	32090	4,9	6,5	5,2
	Muestra 4 (MGC-38)	34107	5	6,8	5,3
17 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MGC-38)	31986	4,8	6,7	5
	Muestra 2 (MGC-38)	31341	4,6	6,8	5,4
	Muestra 3 (MGC-38)	31029	4,9	6,3	5,2
	Muestra 4 (MGC-38)	30073	5	6,0	5,3
18 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	12771	3	4,3	5
	Muestra 2 (MSC-19)	14239	3,3	4,3	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	13131	3,1	4,2	5,2
	Muestra 4 (MSC-19)	13767	2,9	4,7	5,3
21 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MSC-25)	14947	3	5,0	5
	Muestra 2 (MSC-25)	14219	3,2	4,4	4,4
	Muestra 3 (MSC-25)	14482	3,5	4,1	4,1
	Muestra 4 (MSC-25)	14595	3,1	4,7	4,7
28 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	16246	2,9	5,6	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	15988	2,9	5,5	4,7
	Muestra 3 (MDC-19)	16211	3,1	5,2	4,9
	Muestra 4 (MDC-19)	14302	3,1	4,6	5,8
29 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15574	3,2	4,9	4,9
	Muestra 2 (MDC-19)	14299	3,4	4,2	5,4
	Muestra 3 (MDC-19)	15911	3,5	4,5	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	14926	3,3	4,5	5,6
30 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15086	3,1	4,9	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	15287	3,3	4,6	5,7
	Muestra 3 (MDC-19)	15208	3,1	4,9	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	13671	3,4	4,0	5,4

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
31 de Agosto del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	16241	3,5	4,6	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	15398	3,3	4,7	5,7
	Muestra 3 (MDC-19)	14892	3,3	4,5	5,7
	Muestra 4 (MDC-19)	15652	3,5	4,5	5,5
01 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13694	3	4,6	5
	Muestra 2 (MSC-19)	13992	3,3	4,2	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	14858	3,1	4,8	5,2
	Muestra 4 (MSC-19)	14214	2,9	4,9	5,3
02 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14684	3	4,9	5
	Muestra 2 (MSC-19)	13308	3,3	4,0	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	14364	3,1	4,6	5,2
	Muestra 4 (MSC-19)	13828	2,9	4,8	5,3
03 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	13791	3,1	4,4	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	14185	3,3	4,3	5,7
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13870	3,1	4,5	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	14610	3,4	4,3	5,4
04 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	14393	3,1	4,6	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	15072	3,3	4,6	5,7
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	14160	3,1	4,6	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	14813	3,4	4,4	5,4
05 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	13694	3,1	4,4	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	14291	3,3	4,3	5,7
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13967	3,1	4,5	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	13625	3,4	4,0	5,4
06 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	14985	3,1	4,8	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	13597	3,3	4,1	5,7
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	14364	3,1	4,6	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	14514	3,4	4,3	5,4
07 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	14684	3,1	4,7	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	14976	3,3	4,5	5,7
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13763	3,1	4,4	5,2
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	14320	3,4	4,2	5,4
10 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15180	3,2	4,7	5,6
	Muestra 2 (MDC-19)	13992	3,1	4,5	5,9
	Muestra 3 (MDC-19)	13870	3,3	4,2	5,3
	Muestra 4 (MDC-19)	14417	3,4	4,2	5,7
11 de Septiembre	Muestra 1 (MDC-19)	14888	3,5	4,7	5,6
	Muestra 2 (MDC-19)	15574	3,3	4,6	5,5

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
del 2018	Muestra 3 (MDC-19)	15546	3,3	5,0	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	15103	3,5	4,3	5,4
12 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14655	3	4,9	5,5
	Muestra 2 (MDC-19)	15583	3,2	4,9	5,6
	Muestra 3 (MDC-19)	14383	3,5	4,1	5,6
	Muestra 4 (MDC-19)	14204	3,4	4,2	5,7
13 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13500	3,1	4,4	5,2
	Muestra 2 (MSC-19)	14185	3,4	4,2	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	12774	2,9	4,4	5,4
	Muestra 4 (MSC-19)	13132	3,2	4,1	5,5
14 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14684	2,9	5,1	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	13308	3,1	4,3	5,2
	Muestra 3 (MSC-19)	14364	3,4	4,2	4,8
	Muestra 4 (MSC-19)	13828	3,3	4,2	5,2
15 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13402	3,3	4,1	4,7
	Muestra 2 (MSC-19)	12314	2,8	4,4	4,7
	Muestra 3 (MSC-19)	11786	2,9	4,1	4,4
	Muestra 4 (MSC-19)	12639	3,2	3,9	4,6
18 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	12800	3	4,3	5,1
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	13105	3,3	4,0	5,2
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13666	3	4,6	5
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	13828	3,4	4,1	5,1
19 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	13995	3,3	4,2	5,1
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	12710	2,9	4,4	4,6
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13870	3	4,6	4,3
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	13625	3,3	4,1	4,5
20 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	14092	3	4,7	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	13597	3	4,5	5,4
	Muestra 3 (MDC-19+ FIBRA)	13375	3,4	3,9	5,1
	Muestra 4 (MDC-19 + FIBRA)	14514	3,5	4,1	5,1
21 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14985	3,4	4,4	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	14581	3,1	4,7	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	14257	3,3	4,3	5,1
	Muestra 4 (MDC-19)	15306	3,5	4,4	5,2
22 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14684	3	4,9	5,4
	Muestra 2 (MSC-19)	13308	2,8	4,8	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	13666	3,1	4,4	5,5
	Muestra 4 (MSC-19)	14717	3,3	4,5	5,2

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
23 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13296	3	4,4	5,4
	Muestra 2 (MSC-19)	13501	3,2	4,2	4,8
	Muestra 3 (MSC-19)	14603	3,4	4,3	5,3
	Muestra 4 (MSC-19)	13625	3	4,5	4,8
24 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14902	3,4	4,4	5,2
	Muestra 2 (MSC-19)	13501	3,2	4,2	5,2
	Muestra 3 (MSC-19)	14364	3	4,8	4,8
	Muestra 4 (MSC-19)	13528	3,2	4,2	5,3
29 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14043	3,1	4,5	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	14735	3,2	4,6	4,8
	Muestra 3 (MDC-19)	14597	3,5	4,2	5,5
	Muestra 4 (MDC-19)	14803	3,3	4,5	5,8
30 de Septiembre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	16170	3,5	4,6	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	15892	3,4	4,7	5,7
	Muestra 3 (MDC-19)	16545	3,4	4,9	5,7
	Muestra 4 (MDC-19)	15229	3,2	4,8	5,8
1 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-25)	14450	3,4	4,3	5,5
	Muestra 2 (MSC-25)	14850	3,4	4,4	5,4
	Muestra 3 (MSC-25)	15100	3,1	4,9	5,5
	Muestra 4 (MSC-25)	15280	3	5,1	5,1
2 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-25)	14450	3,5	4,1	4,8
	Muestra 2 (MSC-25)	15230	3,1	4,9	5,6
	Muestra 3 (MSC-25)	14300	3,5	4,1	5,6
	Muestra 4 (MSC-25)	15150	3,3	4,6	5,2
12 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MGC-38)	33380	4,7	7,1	5,1
	Muestra 2 (MGC-38)	32920	4,9	6,7	5,4
	Muestra 3 (MGC-38)	30750	5,1	6,0	5,3
	Muestra 4 (MGC-38)	30220	4,2	7,2	5,3
16 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14814	3,3	4,5	5,6
	Muestra 2 (MDC-19)	14548	3,3	4,4	5,6
	Muestra 3 (MDC-19)	15364	3,5	4,4	5,7
	Muestra 4 (MDC-19)	13594	3,4	4,0	6,2
17 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	14467	3,5	4,1	6
	Muestra 2 (MDC-19)	15078	3,4	4,4	5,9
	Muestra 3 (MDC-19)	14327	3,4	4,2	5,5
	Muestra 4 (MDC-19)	13131	3,2	4,1	5,2
18 de	Muestra 1 (MDC-19)	14581	3,1	4,7	6,2

Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall (INVE 748-13)					
Fecha	Descripción	Estabilidad (N)	Flujo (mm)	Estabilidad/flujo kN/mm	Vacios con aire (%)
Octubre del 2018	Muestra 2 (MDC-19)	15151	3,3	4,6	6,1
	Muestra 3 (MDC-19)	13802	3,3	4,2	6,1
	Muestra 4 (MDC-19)	13432	2,9	4,6	6,2
19 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15468	3,4	4,5	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	14041	3,1	4,5	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	13486	2,8	4,8	5,6
	Muestra 4 (MDC-19)	14463	3,2	4,5	5,4
22 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MDC-19)	15287	3,2	4,8	5,7
	Muestra 2 (MDC-19)	14581	3	4,9	5,4
	Muestra 3 (MDC-19)	15944	3,4	4,7	5,2
	Muestra 4 (MDC-19)	15606	3,3	4,7	5,3
23 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13791	3,1	4,4	4,5
	Muestra 2 (MSC-19)	13896	3,2	4,3	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	13870	3	4,6	4,6
	Muestra 4 (MSC-19)	14117	3,3	4,3	4,4
24 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14902	3,3	4,5	5
	Muestra 2 (MSC-19)	13799	3,2	4,3	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	14461	3,3	4,4	4,3
	Muestra 4 (MSC-19)	14021	3,1	4,5	4,9
25 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14189	3,1	4,6	4,8
	Muestra 2 (MSC-19)	13992	3,4	4,1	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	13870	3,3	4,2	5,1
	Muestra 4 (MSC-19)	14320	3,1	4,6	4,9
26 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	13898	3,2	4,3	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	13992	3,1	4,5	5,2
	Muestra 3 (MSC-19)	14364	3,4	4,2	4,6
	Muestra 4 (MSC-19)	14214	3,1	4,6	4,9
27 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14393	3,4	4,2	5,1
	Muestra 2 (MSC-19)	13799	3,1	4,5	5,4
	Muestra 3 (MSC-19)	14160	3,2	4,4	5,1
	Muestra 4 (MSC-19)	14021	3,1	4,5	5,1
28 de Octubre del 2018	Muestra 1 (MSC-19)	14393	3,2	4,5	4,7
	Muestra 2 (MSC-19)	13693	3,1	4,4	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	13472	3	4,5	4,9
	Muestra 4 (MSC-19)	13828	2,8	4,9	5,1

Fuente: Elaboración propia

En la

Tabla 14. Estabilidad, flujo y vacíos de aire de la mezcla asfáltica, se puede observar que los resultados obtenidos en los ensayos realizados a las diferentes muestras de mezcla asfáltica en caliente tomada en campo cumplen tanto con las especificaciones del INVIAS como con la fórmula de trabajo dada para los diferentes tipos de mezcla.

7.3.2 Contenido de asfalto

En la Tabla 15. Contenido de asfalto en la mezcla, se pueden apreciar los resultados de laboratorio obtenidos al realizar el ensayo de extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos, el cual se encuentra regulado por la especificación INV 732-13 del INVIAS.

Tabla 15. Contenido de asfalto en la mezcla

Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
	Fórmula de trabajo (MDC-19)	4,9-5,5
	Norma INVIAS (MDC-19)	4,6-5,6
	Fórmula de trabajo (MDC-19 + FIBRA)	5,2-5,8
	Norma INVIAS (MDC-19 + FIBRA)	5,0-6,0
	Fórmula de trabajo (MSC-25)	4,5-5,1
	Norma INVIAS (MSC-25)	4,4-5,4
	Fórmula de trabajo (MSC-19)	4,6-5,2
	Norma INVIAS (MSC-19)	4,5-5,5
	Fórmula de trabajo (MGC-38)	4,2-4,8
	Norma INVIAS (MGC-38)	4,0-5,0
29/06/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,4
03/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
04/07/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,1
	Muestra 2 (MSC-19)	5,2
	Muestra 3 (MSC-19)	5,2
05/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,3
	Muestra 2 (MDC-19)	5
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
06/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1

Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
07/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
09/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,0
10/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
11/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,0
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
14/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	5,3
	Muestra 3 (MDC-19)	5,4
15/07/2018	Muestra 1 (MDC-19 + Fibra)	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + Fibra)	5,3
	Muestra 3 (MDC-19 + Fibra)	5,3
16/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
17/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,0
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
18/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,3
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
19/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
23/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	5,3
	Muestra 3 (MDC-19)	5,6
24/07/2018	Muestra 1 (MDC-19 + Fibra)	5
	Muestra 2 (MDC-19 + Fibra)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19 + Fibra)	5,3
25/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,3



Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
28/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
29/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,0
	Muestra 2 (MDC-19)	4,9
	Muestra 3 (MDC-19)	5,0
30/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
31/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
01/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
02/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,0
03/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
06/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,3
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
08/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
09/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
10/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
11/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	5,0
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
13/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,3



Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
	Muestra 2 (MSC-19)	5,2
	Muestra 3 (MSC-19)	5,2
15/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	4.5
	Muestra 2 (MGC-38)	4.6
	Muestra 3 (MGC-38)	4.4
16/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	4.5
	Muestra 2 (MGC-38)	4.4
	Muestra 3 (MGC-38)	4.5
17/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	4.5
	Muestra 2 (MGC-38)	4.5
	Muestra 3 (MGC-38)	4.6
18/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
21/08/2018	Muestra 1 (MSC-25)	4,8
	Muestra 2 (MSC-25)	4,9
	Muestra 3 (MSC-25)	4,9
28/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,0
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
29/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,4
30/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
31/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
01/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	5,0
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
02/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	5,1
03/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,4



Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
04/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,4
05/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,4
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
06/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
07/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
10/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,4
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
11/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
12/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,0
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
13/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,8
	Muestra 2 (MSC-19)	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	5,0
14/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	5,0
15/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	5,0
	Muestra 3 (MSC-19)	5,5
18/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,4
19/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,4
20/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)	5,5
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)	5,3



Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)	5,6
21/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
22/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	4,8
	Muestra 3 (MSC-19)	4,8
23/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	5,0
24/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	5,0
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
29/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,0
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,0
30/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,0
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
01/10/2018	Muestra 1 (MSC-25)	4,9
	Muestra 2 (MSC-25)	4,9
	Muestra 3 (MSC-25)	4,8
02/10/2018	Muestra 1 (MSC-25)	4,9
	Muestra 2 (MSC-25)	4,8
	Muestra 3 (MSC-25)	4,9
12/10/2018	Muestra 1 (MGC-38)	4,6
	Muestra 2 (MGC-38)	4,6
	Muestra 3 (MGC-38)	4,5
16/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,3
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
17/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,3
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,0
18/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,1
	Muestra 2 (MDC-19)	5,1
	Muestra 3 (MDC-19)	5,3
19/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2



Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos (INV-732-13)		
Fecha	Descripción	% de asfalto
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,1
22/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)	5,2
	Muestra 2 (MDC-19)	5,2
	Muestra 3 (MDC-19)	5,2
23/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,8
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
24/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	5,0
25/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	5,0
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
26/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	5,0
	Muestra 3 (MSC-19)	5,0
27/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,9
	Muestra 2 (MSC-19)	5,1
	Muestra 3 (MSC-19)	4,9
28/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)	4,8
	Muestra 2 (MSC-19)	4,9
	Muestra 3 (MSC-19)	4,8

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 15. Contenido de asfalto en la mezcla, se puede observar que los resultados obtenidos en los ensayos realizados a las diferentes muestras de mezcla asfáltica en caliente tomada en campo cumplen tanto con las especificaciones del INVIAS como con la fórmula de trabajo dada para los diferentes tipos de mezcla.

7.3.3 Gradación de la mezcla

En la Tabla 16. Análisis granulométrico de los agregados de la mezcla asfáltica, se pueden apreciar los resultados de laboratorio obtenidos al realizar el análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas, el cual se encuentra regulado por la especificación INVE 782-13 del INVIAS.

Tabla 16. Análisis granulométrico de los agregados de la mezcla asfáltica

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)											
Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
-	Especificación INVIAS (MDC-19)	-	-	100	80-95	70-88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	Fórmula de trabajo (MDC-19)	-	-	100	86-94	75-83	57-65	35-41	14-20	8-13	4-8
	Especificación INVIAS (MSC-19)	-	-	100	80-95	70_88	49-65	29-45	14-25	8-17	4-8
	Fórmula de trabajo (MSC-19)	-	-	100	86-94	75_83	57-65	35-41	14-20	8-13	4-8
	Especificación INVIAS (MSC-25)	-	100	80-95	65-80	55_70	40-55	24-38	9-20	6-12	3-7
	Fórmula de trabajo (MSC-25)	-	100	90-95	67-75	60_68	44-52	26-32	10-16	6-11	3-7
	Especificación INVIAS (MGC-38)	100	75-95	65-85	47-67	40_60	28-46	17-32	7-17	4-11	2-6
	Fórmula de trabajo (MGC-38)	100	82-90	69-77	52-60	47_55	34-42	21-27	8-14	4-9	2-5
29/06/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	37	17	10	8
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	37	17	9	6
03/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	39	17	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	39	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	88	81	59	38	18	11	7
04/07/2018	Muestra 1 (MSC-19)	-	-	100	86	74	52	32	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)	-	-	100	86	74	52	31	15	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)	-	-	100	86	75	52	32	15	9	5
05/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	88	80	60	38	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	88	81	60	39	19	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	88	81	60	38	19	11	7

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
06/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	82	60	38	19	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	19	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	88	81	59	38	18	11	7
07/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	37	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	58	37	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	80	58	36	19	11	7
09/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	88	82	62	39	19	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	82	59	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	82	61	39	18	11	7
10/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	38	19	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	88	81	60	38	18	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	82	61	39	19	11	7
11/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	82	61	38	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	88	80	60	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	88	80	60	39	18	10	5
14/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	81	61	39	17	10	5
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	37	18	10	5
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	80	59	38	18	10	6
15/07/2018	Muestra 1 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	90	79	61	39	19	11	6
	Muestra 2 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	90	81	61	39	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	89	79	59	38	18	11	6
16/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	80	59	38	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	39	19	11	7

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	80	59	37	17	10	6
17/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	88	81	59	38	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	88	81	59	38	18	11	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	62	38	16	10	6
18/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	39	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	38	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	39	18	10	6
19/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	80	59	38	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	37	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	38	18	10	6
23/07/2018	Muestra 1 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	89	80	60	39	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	88	80	60	40	18	9	5
	Muestra 3 (MDC-19 +Fibra)	-	-	100	89	81	62	40	19	11	6
24/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	92	81	61	39	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	81	60	38	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	80	60	38	17	10	6
25/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	92	81	63	39	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	88	81	60	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	82	61	39	19	11	7
28/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	81	58	37	18	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	17	10	6
29/07/2018	Muestra 1 (MSC-19)	-	-	100	86	74	49	30	15	8	4
	Muestra 2	-	-	100	86	75	50	31	14	8	5

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	(MSC-19)										
	Muestra 3 (MSC-19)	-	-	100	86	73	49	30	14	8	5
30/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	38	16	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	82	59	37	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	37	17	10	6
31/07/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	91	82	59	37	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	82	59	37	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	82	59	37	18	10	6
01/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	80	59	38	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	38	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	91	81	59	38	18	10	6
02/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	38	17	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	17	10	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	38	17	10	7
03/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	80	59	37	16	9	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	18	10	7
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	38	17	10	6
06/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	90	81	59	39	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	39	18	11	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	90	82	60	38	18	10	6
08/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	39	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	39	18	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	59	39	18	11	7
09/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	80	60	38	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	38	18	10	6

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	89	81	60	39	18	11	6
10/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)	-	-	100	89	80	59	39	19	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)	-	-	100	89	81	62	39	19	11	6
	Muestra 3 (MDC-19)	-	-	100	88	80	59	38	18	11	6
11/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)	-	-	100	86	73	49	31	15	9	6
	Muestra 2 (MSC-19)	-	-	100	85	73	53	32	16	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)	-	-	100	86	74	51	30	15	9	5
13/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)	-	-	100	89	81	60	38	17	10	7
	Muestra 2 (MSC-19)	-	-	100	89	81	60	38	18	11	7
	Muestra 3 (MSC-19)	-	-	100	89	81	60	39	18	11	7
15/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	100	88	75	57	50	38	24	12	6	3
	Muestra 2 (MGC-38)	100	88	74	57	50	36	23	12	7	4
	Muestra 3 (MGC-38)	100	88	74	56	49	37	24	11	6	4
16/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	100	87	74	56	50	37	24	12	6	4
	Muestra 2 (MGC-38)	100	88	74	56	50	38	24	12	6	4
	Muestra 3 (MGC-38)	100	87	72	56	50	39	24	12	6	4
17/08/2018	Muestra 1 (MGC-38)	100	88	74	56	50	36	23	12	6	4
	Muestra 2 (MGC-38)	100	88	74	57	50	37	25	12	7	5
	Muestra 3 (MGC-38)	100	87	74	56	49	38	24	12	7	5
18/08/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	85	74	52	32	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	74	52	31	14	8	4
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	74	53	32	14	8	4
21/08/2018	Muestra 1 (MSC-25)		100	93	71	64	49	30	14	8	5
	Muestra 2 (MSC-25)		100	93	73	66	48	30	14	8	5
	Muestra 3 (MSC-25)		100	93	72	63	49	30	13	8	5

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
28/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	82	60	38	17	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	88	81	60	38	17	10	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	88	81	60	37	16	10	6
29/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	88	81	60	38	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	59	37	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	88	81	59	37	17	11	7
30/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	88	80	59	38	17	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	60	38	16	10	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	81	60	38	16	10	6
31/08/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	82	59	37	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	90	82	59	38	18	12	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	90	81	59	37	17	10	6
01/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	87	74	52	31	14	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	72	51	31	15	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	52	32	15	9	6
02/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	87	74	52	31	15	9	6
	Muestra 2 (MSC-19)			100	88	73	52	30	14	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	87	74	53	31	14	8	5
03/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	60	38	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	60	38	19	11	7
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	38	18	11	7
04/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	80	59	38	17	11	6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	39	18	11	7

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	FIBRA)										
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	39	18	11	6
05/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	79	59	38	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	38	18	10	5
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	60	39	18	11	5
06/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	79	59	38	17	11	7
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	38	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	39	18	11	7
07/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	91	81	60	38	17	11	6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	81	59	38	18	11	6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	39	17	11	7
10/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	81	59	38	18	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	90	81	60	38	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	80	59	38	18	11	7
11/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	80	59	37	17	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	80	60	37	18	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	88	80	59	37	17	10	7
12/09/20 18	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	80	58	37	16	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	59	37	17	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	80	59	37	17	11	7

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
13/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	87	74	49	30	15	9	6
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	73	49	30	14	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	49	30	14	8	5
14/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	73	49	30	14	8	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	85	73	49	32	14	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	50	32	15	9	6
15/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	73	51	32	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	73	50	31	14	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	89	81	59	38	19	11	7
18/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	81	59	38	19	11	7
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	81	59	38	19	11	6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	81	60	38	19	11	7
19/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	38	18	10	6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	80	60	38	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	80	59	39	18	11	6
20/09/2018	Muestra 1 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	81	62	39	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19 + FIBRA)			100	89	81	61	38	16	10	5
	Muestra 3 (MDC-19 + FIBRA)			100	90	80	59	39	17	10	6
21/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	81	60	37	17	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	60	37	17	10	5
	Muestra 3			100	89	80	59	37	18	10	6

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	(MDC-19)										
22/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	87	73	51	30	14	8	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	73	50	31	14	8	4
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	51	32	15	9	5
23/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	74	50	33	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	73	51	32	14	10	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	81	59	32	19	10	5
24/09/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	73	51	32	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	72	50	31	15	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	72	49	30	15	10	5
29/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	81	58	37	16	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	87	81	58	37	17	11	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	90	82	59	37	17	11	7
30/09/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	88	81	59	38	17	10	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	59	38	17	10	7
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	82	60	38	18	11	7
01/10/2018	Muestra 1 (MSC-25)		100	93	72	65	45	28	13	8	6
	Muestra 2 (MSC-25)		100	93	72	66	45	28	13	8	5
	Muestra 3 (MSC-25)		100	92	73	66	49	30	12	8	4
02/10/2018	Muestra 1 (MSC-25)		100	94	73	65	46	28	13	8	5
	Muestra 2 (MSC-25)		100	93	73	66	46	28	13	8	5
	Muestra 3 (MSC-25)		100	93	73	66	46	28	14	9	6
12/10/2018	Muestra 1 (MGC-38)	100	89	73	58	52	40	25	11	7	4
	Muestra 2 (MGC-38)	100	87	71	58	53	37	23	11	7	4
	Muestra 3 (MGC-38)	100	87	71	58	52	36	23	10	6	4

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)

Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
16/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	81	59	37	17	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	59	37	17	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	81	59	37	17	10	6
17/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	90	82	60	38	17	10	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	81	60	39	18	10	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	88	80	58	36	18	11	7
18/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	80	59	38	17	11	7
	Muestra 2 (MDC-19)			100	90	80	60	38	17	10	5
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	81	60	38	17	11	6
19/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	81	61	39	18	12	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	90	81	60	38	18	11	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	80	60	38	17	10	6
22/10/2018	Muestra 1 (MDC-19)			100	89	79	59	39	18	11	6
	Muestra 2 (MDC-19)			100	89	79	59	38	18	11	6
	Muestra 3 (MDC-19)			100	89	79	60	40	18	11	5
23/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	72	51	32	15	8	4
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	73	50	31	15	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	72	51	32	14	8	4
24/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	72	51	32	14	8	4
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	72	51	31	14	8	4
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	50	32	15	9	5
25/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	73	51	32	14	8	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	72	50	31	15	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	72	50	31	14	8	4
26/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	71	50	32	15	9	5

Análisis granulométrico de los agregados extraídos en mezclas asfálticas (INV E 782-13)											
Fecha	Descripción	% que pasa									
		11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No4	No10	No40	No80	No200
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	72	51	32	15	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	71	50	31	14	8	4
27/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	72	50	32	15	9	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	86	71	50	31	15	8	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	50	32	14	8	5
28/10/2018	Muestra 1 (MSC-19)			100	86	71	51	32	14	8	5
	Muestra 2 (MSC-19)			100	87	74	51	31	15	9	5
	Muestra 3 (MSC-19)			100	86	73	52	32	15	8	4

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 16. Análisis granulométrico de los agregados de la mezcla asfáltica, se puede observar que los resultados obtenidos en los ensayos realizados a las diferentes muestras de mezcla asfáltica en caliente tomada en campo cumplen tanto con las especificaciones del INVIAS como con la fórmula de trabajo dada para los diferentes tipos de mezcla.

Optimización de procesos

REPORTE TIEMPO SUPLEMENTARIO																				
3	Secretaría: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA Mes a Liquidar				NOVIEMBRE				Fecha de reporte: 16/11/2018											
4	Nombre: Pepito Perez				1				3											
5	Cédula: 11.111.111				Tipo de vinculación: Contrato				2											
6	N° Personal: 111								Alcaldía de Medellín Cuento con vos											
7	Dia	Jornada de trabajo			HE Diurna Ordinaria 125%			HE Nocturna Ordinaria 175%			H Dominical y/o Festiva Diurna 200%			H Dominical y/o Festiva Nocturna 235%			Recargo Nocturno 135%			
		Desde	Hasta	Horas	De	a	Horas	De	a	Horas	De	a	Horas	De	a	Horas	De	a	Horas	
8																				
9	1	8	17	16	17	1														
10	2																			
11	3																			
12	4																			
13	5	8	17						8	17	9									
14	6	8	18	16	18	2														
15	7	8	18	16	18	2														
16	8																			
17	9																			
18	10																			
19	11																			
20	12																			
21	13																			
22	14	8	17	16	17	1														
23	15	8	17	16	17	1														
24	16																			
25	17																			

Imagen 10. Formato de horas extras optimizado

Se le realizaron 3 reformas al formato de horas extras existente, las cuales se encuentran enumeradas en la Imagen 10. Formato de horas extras optimizado, y se detallan a continuación:

1. Se creó una lista desplegable para que se pueda elegir el nombre del trabajador al que se le va realizar el reporte de las horas extras.
2. Una vez se elige el nombre del trabajador el computador automáticamente llena los campos de cedula y N° Personal.
3. En la hoja de cálculo solo se llenan los campos de jornada laboral de cada día en el que se trabajaron horas extras y la hoja de cálculo automáticamente, calcula con base en esta información y los días del mes si las horas extras corresponden a diurnas ordinarias, nocturnas ordinarias, dominicales y/o festivas tal como se puede apreciar el cuadro en rojo. Por ejemplo el 10 de Agosto corresponde a un día viernes en el cual la jornada laboral es de 7 a 15, y como se trabajó hasta las 17, se generaron 2 horas extras ordinarias. El día 11 de Agosto al ser sábado que es un día no laboral se generaron 10 horas extras ordinarias porque la jornada no supero las 6 pm. El día 12 de Agosto al ser domingo las horas generadas corresponden a extras dominicales, entonces el sistema automáticamente las ubica en las casillas que corresponden a dicha categoría. También es posible observar que el 2 de Agosto se trabajó hasta las 24 horas, lo cual contempla al ser un día laboral normal horas extras diurnas hasta las 6 pm y horas extras nocturnas de las 6 pm en adelante.

Antes de la optimización se ingresaban manualmente las horas extras generadas en todas las categorías, lo que implicaba un mayor gasto de tiempo porque se tenía que pensar a que categoría pertenecían las horas extras, cuantas eran y luego digitarlas.

Formato de programación de personal para trabajar el fin de semana

Al formato existente para la programación del personal se le agrego una lista desplegable en el campo de "NOMBRE" que permitió elegir los trabajadores de intervenciones directas a programar para trabajar un sábado o un festivo, además una vez elegido el trabajador los campos encerrados en el recuadro rojo correspondientes a cargo, cedula, código y tipo de vinculación se llenaban automáticamente. Antes de esta mejora en la hoja se ingresaban en este formato todos los datos de forma manual. El formato modificado puede ser apreciado en la Imagen 11. Formato de programación de personal optimizado..

FECHA ACTIVIDAD		LUGAR ACTIVIDAD			
DIA:	4	PROYECTO:	Repavimentación		
MES:	8	BARRIO:	Comuna 7		
HORA INICIO:	7:00	DIRECCION:	Carrera 69 entre calles 79 y 79B		
HORA FINALIZACION:	17:00				
RECURSO HUMANO:					
CARGO	CEDULA	CODIGO	TIPO VINCULACION	NOMBRE	HORARIO REQ
				Toro Correa Helmer Jaime	
				Rodriguez Grisales Carlos Alberto	
				Saldarraga Restrepo Jorge Elecer	
				Toro Correa Helmer Jaime	
				Urrego Roldan Brocardo Antonio	
				Urra Mejia Hernan Darío	
				Villa Castrillón Francisco	
				Zapata Argemiro	
				Zea Garcia Jorge Eleazar	

Imagen 11. Formato de programación de personal optimizado.

Evaluación de la interventoría

En las imágenes 12 y 13 se puede apreciar la calificación dada a un contratista por parte de la supervisión del contrato en el programa SAP.

Criterios	Descripcion	Calif. de 1 a 5 (siendo 1 baja y 5 alta)
Administrativo	CONDUCTA INTERNA DEL PERSONAL	5
Administrativo	CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE EJECUCION	5
Administrativo	CUMPLIMIENTO SISTEMA DE ASESURAMIENTO DE CALIDAD	5
Administrativo	CUMPL DIRECTRICES MANEJO EXISTENTE CONTRACTUAL	5
Financiero y contable	OPORTUNIDAD ENTREGA INFOR CONTABLE Y FINANCIERA	5
Juridico	CUMPL NORMAS SEGUR PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORAL	5
Juridico	CUMPLIMIENTO PAGO PARAFISCALES Y SALARIOS	5
Juridico	CUMPLIMIENTO NORMATIVA AMBIENTAL	5
Tecnico	MANEJO SOCIO AMBIENTAL DE OBRA CUANDO SE REQUIERA	5
Tecnico	INICIATIVA Y COOPERACIÓN MEJORA DEL SERVICIO	5

Administrativo	Financiero y c	Juridico	Tecnico	Total % Calificacon
Ponder: 20,00 %	20,00 %	20,00 %	40,00 %	100,00
20,00	20,00	20,00	40,00	

Imagen 12. Evaluación interventoría del contrato 1

Criterios	Descripcion	Calif. de 1 a 5 (siendo 1 baja y 5 alta)
Tecnico	OPORTUNIDAD ENTREGAS PARCIALES	5
Tecnico	QUEJAS COMUNIDAD O USUARIO FINAL DEL BIEN/SERVICIO	5
Tecnico	IDONEIDAD DEL PERSONAL CLAVE	5
Tecnico	CALIDAD MATERIALES Y SUMINISTROS ESPECIFICACIONES	5
Tecnico	DEVOLUCION DE PRODUCTOS O SERVICIOS, CALIDAD	5

Administrativo	Financiero y c	Juridico	Tecnico	Total % Calificacon
Ponder: 20,00 %	20,00 %	20,00 %	40,00 %	100,00
20,00	20,00	20,00	40,00	

Imagen 13. Evaluación interventoría del contrato 1

8 CONCLUSIONES

Las fallas más comunes en el pavimento flexible que se pudieron apreciar en las visitas fueron las fisuras longitudinales transversales, piel de cocodrilo y baches que son consecuencia la una de la otra en su respectivo orden y que a su vez se deben a la fatiga en el pavimento porque se ha excedido el número de ejes de 80kN para el cual se había diseñado, lo cual ocasiona fisuras en el pavimento permitiendo la entrada de agua en el mismo ocasionando levantamientos de parte de la carpeta de rodadura asfáltica (baches).

Las visitas técnicas son un gran recurso que tiene la Secretaria de Infraestructura Física para que el ingeniero pueda evidenciar las patologías que presentan las vías que pueden ser intervenidas dentro de un contrato, las fueron previamente identificadas usando el programa SAV(sistema de administración vial) que es una excelente herramienta tecnológica con la que cuenta la ciudad de Medellín para priorizar la intervención de una vía de acuerdo a la jerarquía y al requerimiento que se tenga identificado para cada segmento vial que va desde un mantenimiento rutinario hasta la realización de estudios y diseños de rehabilitación.

Las cuencas que fueron seleccionadas para hacerle mantenimiento por medio del contrato de Metroplús son vías que presentan un grado de deterioro muy alto por el aumento en el tránsito de vehículos pesados como son los buses alimentadores de Metroplús que pasan con una frecuencia que está entre 5 y 10 minutos.

Las vías que no fueron priorizadas para realizar con el contrato de Metroplús son vías que aunque presentan falencias no poseen un tamaño representativo o la facilidad para llevar los equipos necesarios para la pavimentación de las mismas.

Con el contrato de mezclas para el mantenimiento de la malla vial con personal de intervenciones directas se tuvo un avance promedio por día de 170 m/carril lo que representa más o menos una cuadra por día, lo que nos muestra la necesidad de priorizar en las vías debido a lo costoso y demorado que es el mantenimiento.

El valor de la mezcla asfáltica para el mantenimiento de una cuadra con 100m de longitud y 7 metros de ancho es alrededor de \$13'000.000 sin contar mano de obra y equipos. Lo cual evidencia lo costoso que resulta el mantenimiento de una malla vial como la de Medellín que es de más de 2000 kilómetros.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Agora Editores.

Instituto nacional de vías. (2013). *Normas y Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras*. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>

AASHTO. (1993). *AASHTO GUIDE FOR Design of Pavement Structures*. Recuperado de: <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>

Instituto nacional de vías. (2008). *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras*. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos>

Alcaldía de Medellín. (2016). *Plan de desarrollo Medellín cuenta con vos 2016-2019 Medellín cuenta con vos*. Recuperado de:

<https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://015c1d09eac1e101f2b8f37e0043f05c>

