



# DIAGNÓSTICO DE LOS EFECTOS CAUSADOS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL PRODUCTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS NUEVAS SOLUCIONES VIALES DEL PLAN DE MOVILIDAD PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE CARACAS

Wilmer Rojas<sup>1</sup>, Ana Vera<sup>2</sup>, Yuri Medina<sup>3\*</sup> y Maria V. Dale<sup>4</sup>

<sup>1</sup> [Wilmerfurgiuete@hotmail.com](mailto:Wilmerfurgiuete@hotmail.com)

<sup>2</sup> [anitavera9@gmail.com](mailto:anitavera9@gmail.com)

<sup>3\*</sup> [medinay43a@gmail.com](mailto:medinay43a@gmail.com)

<sup>4</sup> [dalemariavictoria@gmail.com](mailto:dalemariavictoria@gmail.com)

## RESUMEN

En la Región Metropolitana de Caracas, ante la problemática de congestión vehicular, el Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre ha implementado una serie de soluciones viales con el propósito de mejorar el tránsito y disminuir los nudos de congestión en autopistas y avenidas, esto ha beneficiado a más de 4 millones de usuarios de la red vial caraqueña según datos oficiales del Ministerio; sin embargo, se desconoce si el diseño y/o las fases constructivas cumplen con los estándares adecuados, especialmente en materia de drenaje superficial, de manera tal que garanticen la seguridad de personas y propiedades sin alterar el normal desenvolvimiento de la vida urbana a pesar de los eventos de lluvia. Por este motivo, se requiere la ejecución de estudios y evaluaciones sobre estas soluciones viales y sobre los diversos factores que puedan afectar su óptimo funcionamiento a corto, mediano y largo plazo. En este trabajo se pretende diagnosticar los efectos en el funcionamiento del sistema de drenaje superficial producto de la construcción de dieciocho (18) soluciones viales en el Área Metropolitana que forman parte del Plan de Movilidad para la Región Metropolitana de Caracas. Tras la elaboración propia de una matriz evaluativa, se hizo la conformación de un diagnóstico en función del grado de afectación y se buscó señalar las causas y los efectos de las fallas en cada una de las obras viales incluidas en la investigación. El objetivo final fue establecer una clasificación priorizada de las obras más afectadas o vulnerables ante los efectos del escurrimiento de las aguas de lluvia en relación al funcionamiento de los elementos de drenaje superficial, con miras al planteamiento de posibles alternativas de solución. Finalmente, la elaboración de esta herramienta evaluativa, ayudará a establecer planes de acciones correctivas a futuro, considerando las fallas encontradas en otras soluciones viales o en otros sistemas de drenaje superficial de interés. La metodología permitió identificar que la falla más común se generó por insuficiencia o mala distribución de elementos de captación, ante los nuevos aportes generados por las obras, agravada por la interrupción de elementos de conducción y descarga.

*Palabras Clave:*

*Drenaje superficial, soluciones viales, aguas de lluvia, matriz evaluativa, Plan de Movilidad Región Metropolitana de Caracas.*



## ABSTRACT

In the Metropolitan Region of Caracas, due to the vehicular congestion, the Ministry of the Popular Power for Ground Transportation has implemented a series of road works solutions with the purpose to improve the transit conditions and to reduce the congestion nodes in the main highways and avenues, this has benefited more than 4 million users from Caracas' road network, according to official data by the Ministry; however, it's unknown if the design or the constructive phases fulfil the appropriate standards, especially on superficial drainage's matter, in order for them to guarantee the security of people and properties without altering the normal development of the urban life through the rain events. For this reason, it's required studies, executions and evaluations on these road works solutions and also about the different factors that can affect their optimal functioning in the short, medium, and long term. This project pretends to diagnose the effects of the superficial drainage system's functioning due to the construction of eighteen (18) vial solutions in the Metropolitan Region of Caracas. Through the own elaboration of an evaluative matrix, it was constructed a diagnostic related to the grade of affectation and it seeks to point out the causes and effects of the failures in each one of the roads infrastructures included in this investigation. The main objective was to establish a priority ranking of the most affected or vulnerable road works considering the effects of the rain waters' surface runoff related to the functioning over the superficial drainage elements, mainly seeking for possible solution's alternatives. Finally, the elaboration of this evaluative tool, will help to establish future corrective action plans, considering the failures founded in other road works solutions or in other superficial drainage systems of interest. The methodology made it possible to identify that the most common fault was generated by insufficient or poor distribution of collection elements, with the new contributions brought by the works, aggravated by conduction elements and discharge.

*Key words: Superficial drainage, road works solutions, rainwater, evaluative matrix, Caracas' Metropolitan Region Mobility Plan.*

## INTRODUCCIÓN

Ante la problemática de congestión vehicular en la Ciudad Capital, el Ministerio del Poder Popular para el Transporte Terrestre (MPPTT) a partir del año 2013 creó el Plan de Movilidad para la Región Metropolitana de Caracas, en donde implementaron una serie de soluciones viales con el propósito de mejorar el tránsito y disminuir los nudos de congestión en las autopistas y avenidas; esto ha beneficiado a más de 4 millones de usuarios de la red vial caraqueña, según datos oficiales del Ministerio; sin embargo, se desconoce si el diseño y/o las fases constructivas cumplen con los estándares adecuados, especialmente en materia de drenaje superficial, de manera tal que garanticen la seguridad de personas y propiedades sin alterar el normal desenvolvimiento de la vida urbana a pesar de los eventos de lluvia.

Adicional a los problemas de diseño en los desarrollos urbanos, la deficiencia en la gestión de los servicios públicos incrementa el riesgo de ocurrencia de inundaciones. Tal es el caso del bote y acumulación de desechos de todo tipo, que obstruyen los sistemas de drenaje, no solo las estructuras de captación y conducción sino también los cauces naturales de ríos y quebradas que recorren el urbanismo. Por otra parte, los asentamientos poblacionales y la influencia de las actividades humanas aumentan la vulnerabilidad con el establecimiento de



nuevas construcciones que alteran la permeabilidad de las superficies, incrementando así la escorrentía superficial; como consecuencia, las aguas llegan más rápidamente al cauce y aumentan los caudales pico de las crecientes.

La necesidad de adecuación constante de la red vial manteniendo la conectividad y minimizando los impactos a la población en términos de espacio y tiempo, pudiera derivar en la ejecución de obras en corto tiempo, que si bien cumplen el objetivo inmediato de mejora vial no garantizan la adecuada operatividad durante la ocurrencia de lluvias. Esta probabilidad de falla cobra mayor relevancia en países tropicales, donde con frecuencia se presentan condiciones inestables que originan lluvias repentinas de alta intensidad y corta duración.

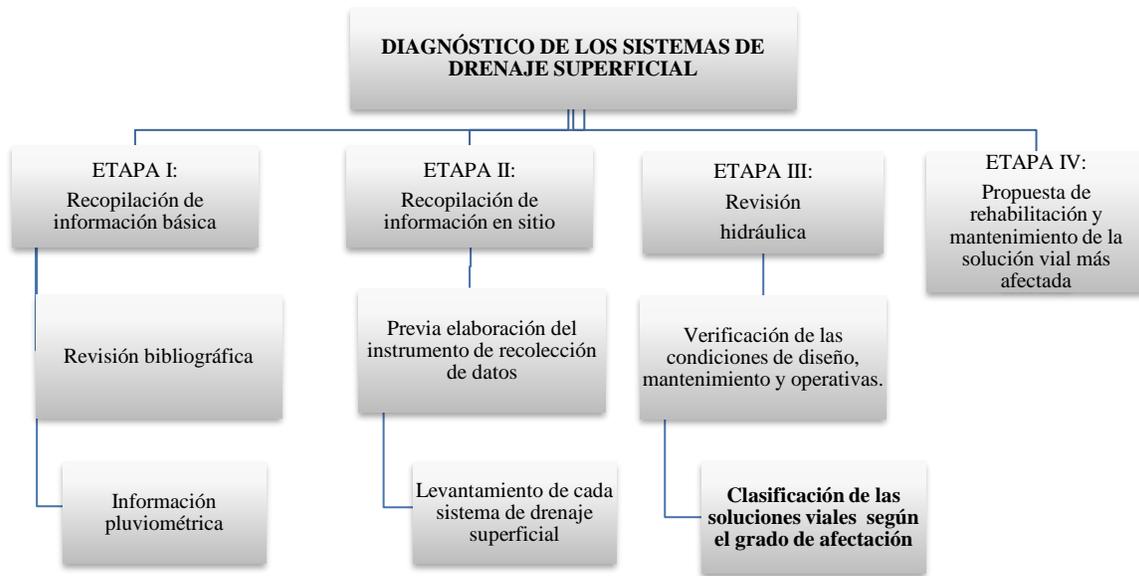
Considerando la evidente afectación que una lluvia puede generar al tránsito y que cualquier modificación en los trazados viales altera escurrimiento superficial de las aguas, se justifica en este trabajo caracterizar las variables y las fallas involucradas en el diseño del sistema de drenaje superficial y comparar el funcionamiento de este sistema tanto antes como después de la construcción de las soluciones viales. Luego, mediante el estudio del comportamiento hidráulico y el posterior análisis de toda la información obtenida, se busca clasificar en orden de importancia las obras más afectadas, a través del uso de una matriz evaluativa.

La relevancia de esta matriz evaluativa dentro de la investigación reside en la conformación de un diagnóstico en función del grado de afectación que permita señalar las causas y los efectos de las fallas en cada una de las obras viales incluidas en la investigación. El objetivo final del uso de esta herramienta es establecer una clasificación de las obras más afectadas o vulnerables ante los efectos del escurrimiento de las aguas de lluvia en relación al funcionamiento de los elementos de drenaje superficial, con miras al planteamiento de posibles alternativas de solución. En este sentido, esta matriz ayuda a planificar acciones correctivas a futuro, en función de las fallas encontradas en otras soluciones viales o en otros sistemas de drenaje superficial de interés.

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación documental mediante la integración y organización de la información de los sistemas de drenaje superficial en cada una de las obras viales seleccionadas, posterior a su construcción. Adicionalmente, se realizó una investigación de campo la cual consistió en el levantamiento y recopilación de la información en sitio, donde se buscó identificar y caracterizar los elementos y las variables involucradas en el sistema de drenaje superficial, efectuar una inspección, revisar su capacidad hidráulica e identificar las posibles fallas individuales de cada elemento y de todo el conjunto del sistema.

La revisión hidráulica se realizó tras la construcción de una matriz evaluativa que permitió la verificación del estado general de los sistemas de drenaje superficial y estimar su posible comportamiento ante eventos cuyas intensidades se ajusten a los registros históricos con periodos de retorno de diseño de 10 años, considerando escenarios de precipitaciones con valores de intensidad de 434, 473 y 586 l/s/ha establecidas en las bibliografías del Manual de Obras Públicas (1967) [1], Luis Franceschi (1984) [2] y Álvaro Bastidas (2010) [3], con la finalidad de prever diferentes comportamientos del sistema de drenaje y a su vez, reforzar el estudio del funcionamiento antes y después de la construcción. La metodología descrita se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Metodología para el diagnóstico de las soluciones viales.  
 Fuente: Elaboración propia.

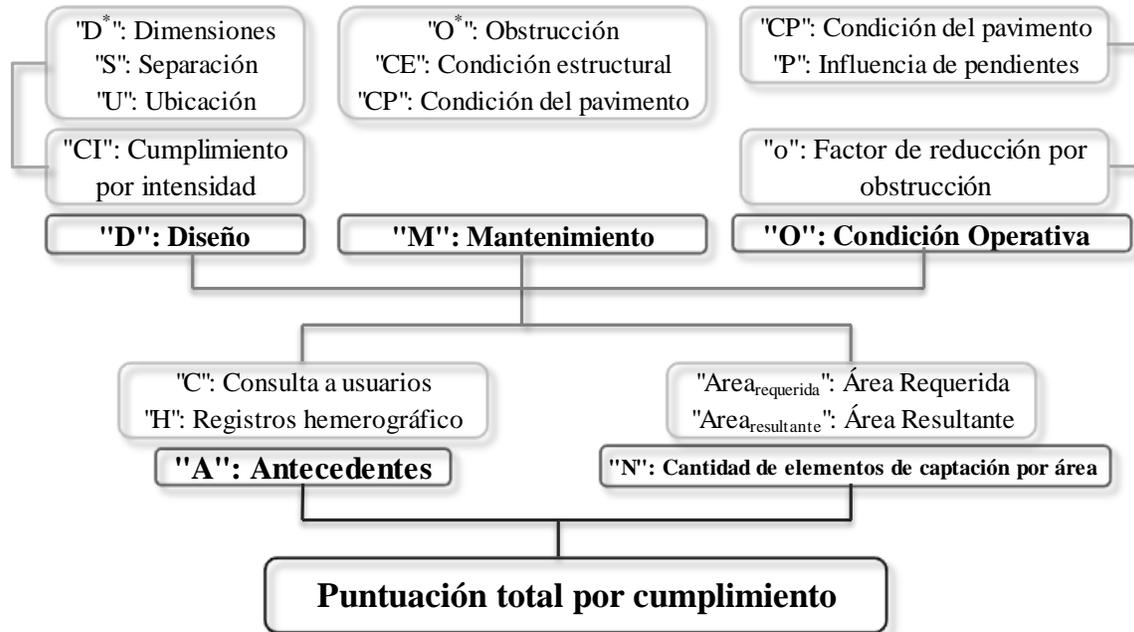
En la etapa inicial se consideraron diferentes planes de acondicionamiento elaborados para la red vial en el Área Metropolitana de Caracas y se caracterizaron particularmente las soluciones viales seleccionadas: ubicación, justificación de su construcción, costo total, año de inauguración de la obra, así como los usuarios y zonas beneficiadas. Adicionalmente se creó un registro de antecedentes con históricos de lluvias asociados directamente con fallas en el sistema de drenaje superficial. Este registro se llevó a cabo mediante la recopilación de información oficial extraída de artículos de prensa, complementada con opinión de los usuarios respecto al funcionamiento de los sistemas y la posible influencia de las nuevas soluciones viales en su efectividad. La opinión fue recogida mediante encuesta digital abierta.

La información en sitio fue recopilada en formato, identificando las dimensiones y estado general de estos elementos (sumideros, cunetas, canales, etc.), acompañado de un croquis con la ubicación en planta del sistema. También se consideró una sección del formato destinada a la inspección estructural y operativa del elemento, en la cual se pudo describir el estado general de cada estructura, incluso aquellas con configuraciones estructurales especiales (ver Figura 2).

INFORMACION BÁSICA DE LA SOLUCION VIAL		FECHA	(1)
NOMBRE	(2)		
UBICACIÓN	(3)		
TIPO	(4)		
MATERIAL	(5)		
PROCEDENCIA DE LOS APORTES DE ESCORRENTÍA	(6)		
CONDICIÓN ATMOSFÉRICA	(7)		
OPERATIVIDAD APARENTE DE LA VÍA	(8)		
DESCRIPCIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS ELEMENTOS DE DRENAJE	(9)		

**Figura 2.** Información básica de la solución vial.

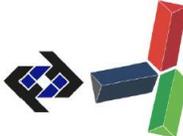
La revisión hidráulica se realizó tomando en cuenta tres aspectos evaluativos; diseño, mantenimiento y condición operativa. El grado de afectación considera el promedio de estos valores, multiplicándolos por un factor de antecedentes por inundación, el cual expresa indirectamente la evaluación de los usuarios del funcionamiento del drenaje superficial. El proceso manejado a través de la matriz evaluativa conllevó a la puntuación final de la solución vial (Ver Figura 3).



**Figura 3.** Proceso y componentes de la matriz evaluativa.

Las soluciones viales incluidas en este trabajo corresponden a: SV2: Acceso desde el Abasto Bicentenario hacia la Autopista Francisco Fajardo, SV3: Acceso desde Paseo Colón a la Autopista Francisco Fajardo, SV4: Acceso al Distribuidor Longaray, SV5: Acceso desde la Autopista Francisco Fajardo a la Avenida Río de Janeiro, SV6: Elevado Los Dos Caminos, SV7: Acceso desde Puente 9 de Diciembre a la Autopista Francisco Fajardo, SV8: Acceso desde Bello Monte a la Autopista Francisco Fajardo, SV9: Distribuidor Santa Cecilia, SV10: Elevado de La Yaguara, SV11: Conexión entre la Autopista Valle Coche y Autopista Norte-Sur, Viaducto La Pirámide, SV12: Enlace entre Avenida Intercomunal del Valle y la Autopista Regional del Centro, SV13: Acceso a Los Cortijos, SV14: Acceso desde la California Sur a la Avenida Río de Janeiro, SV15: Elevado de San Martín, SV16: Acceso al Paseo La Nacionalidad, SV17: Distribuidor Los Ruices, SV18: Ampliación de la Autopista Valle Coche. Adicionalmente se incluyó el estudio de una obra existente, el Puente Veracruz (SV1), que sirvió como ejemplo de aplicación de la metodología de matriz evaluativa.

En función de las fallas encontradas, estas obras viales se agruparon según su tipología estructural con el objetivo de plantear soluciones estructurales y no estructurales de manera generalizada. Las obras fueron clasificadas en: Rampas de Conexión, Puentes y Viaductos sobre canales que cumplen objetivos básicos, Elevados y Distribuidores Viales.



El objetivo final fue la clasificación, en orden de importancia, de las obras más afectadas, así como la formulación de propuestas de rehabilitación y mantenimiento para aquellas que así lo requieran.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras el uso de la herramienta matriz evaluativa mostrada en la Tabla 1 y en función a las variables incluidas en la investigación, se encontraron las fallas más comunes en las 18 obras, especialmente en función de grupos de soluciones viales anteriormente mencionadas.

**Tabla 1.** Matriz Resumen de las soluciones viales.

SOLUCIÓN VIAL	SV 1	SV 2	SV 3	SV 4	SV 5	SV 6	SV 7	SV 8	SV 9	SV 10	SV 11	SV 12	SV 13	SV 14	SV 15	SV 16	SV 17	SV 18	
Fecha de inauguración	08/2013	10/2013	1/2013	1/2013	12/2013	12/2013	07/2014	09/2014	09/2014	1/2014	12/2014	12/2014	12/2014	12/2014	06/2015	1/2015	12/2015		
ANTECEDENTES HISTÓRICOS																			
Existencia de registros de inundaciones	H	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	
Existencia de reportes de usuarios	C	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI										
Cantidad suficiente de elementos	N	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	
FALLAS TÍPICAS																			
Fallas por dimensiones	% F D*	18,33	27,50	55,00	28,18	18,18	32,12	55,00	35,00	32,31	18,93	25,00	35,56	23,00	22,81	8,33	61,54	32,27	80,00
Fallas por separación excesiva	% F S	33,33	75,00	66,67	45,45	32,73	26,06	50,00	66,67	53,85	84,29	25,00	33,33	41,00	83,13	91,67	2,31	48,18	20,00
Fallas por elementos mal ubicados	% F U	0,00	25,00	0,00	36,36	0,00	66,67	0,00	16,67	15,38	7,14	0,00	33,33	10,00	0,00	8,33	0,00	0,00	100,00
Fallas por revisión de ancho de inundación	% F CI	33,33	75,00	55,56	45,45	33,33	21,21	50,00	66,67	53,85	83,33	25,00	22,22	40,00	83,33	91,67	2,56	51,52	20,00
Estado general de obstrucción	% O	0,00	30,00	10,00	38,18	48,18	30,91	10,00	38,33	30,77	54,29	17,50	33,33	31,00	28,13	21,67	28,46	8,18	12,00
Fallas por condición estructural	% F CE	0,00	12,50	16,67	31,82	4,55	9,09	0,00	16,67	0,00	39,29	12,50	33,33	35,00	15,63	16,67	0,00	9,09	0,00
Fallas por estado del pavimento	% F CP	0,00	0,00	0,00	13,64	0,00	30,30	0,00	16,67	0,00	78,57	0,00	16,67	15,00	0,00	50,00	0,00	0,00	12,27%
Fallas por distribución de pendientes	% FP	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,06	50,00	16,67	0,00	39,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,81%
PUNTAJOS TOTALES = AN (10x-0)H6 + (10x6-0)																			
Puntuación por cumplimiento en diseño	% D	28,60	17,15	17,87	21,42	28,88	22,46	19,20	18,09	20,88	18,18	29,25	23,89	25,76	18,14	17,94	27,25	22,98	11,04
Puntuación por cumplimiento en mantenimiento	% M	30,00	23,85	27,20	20,40	21,05	22,67	28,20	21,10	24,46	13,16	26,10	21,00	21,42	24,00	22,10	24,88	27,98	27,84
Puntuación por cumplimiento en condición operativa	% O	30,00	18,90	27,00	17,03	15,55	16,46	21,60	15,42	20,77	5,08	34,75	18,00	18,84	21,56	16,45	21,46	27,55	26,40
<b>PUNTAJOS POR CUMPLIMIENTO TOTAL (%)</b>		<b>79,74</b>	<b>53,91</b>	<b>64,86</b>	<b>53,38</b>	<b>65,48</b>	<b>42,69</b>	<b>52,79</b>	<b>48,87</b>	<b>45,30</b>	<b>22,95</b>	<b>77,81</b>	<b>57,95</b>	<b>61,77</b>	<b>55,38</b>	<b>45,25</b>	<b>70,58</b>	<b>73,16</b>	<b>41,13</b>
PROMEDIO DE LAS FALLAS																			
33% registra inundaciones																			
78% cuentan con el reporte de usuarios																			
50% presenta insuficiencia de elementos																			
PROMEDIO DE LAS FALLAS																			
33,84% de un total de 100%																			
48,81% de un total de 100%																			
17,72% de un total de 100%																			
47,45% de un total de 100%																			
26,16% de un total de 100%																			
14,04% de un total de 100%																			
12,27% de un total de 100%																			
7,81% de un total de 100%																			
PROMEDIO DE CUMPLIMIENTOS																			
21,61% de un total de 40%																			
23,71% de un total de 30%																			
20,16% de un total de 30%																			

En las rampas de conexión y de los distribuidores, los problemas más comunes encontrados corresponden a la interrupción de los elementos de drenaje vial como cunetas y brocales cuneta, lo que generó fallas por separaciones excesivas entre elementos de captación, así como incumplimiento en los anchos de inundación sobre las plataformas. En el caso del grupo puentes y viaductos sobre cauces naturales, se tiene que en términos de drenaje superficial, la principal falla fue la cantidad insuficiente de elementos de captación antes y después de dichas obras, sin embargo, es importante mencionar que se encontraron además, afectaciones a estos drenajes primarios, dadas las reducciones de las capacidades hidráulicas de sus canalizaciones, bien por contracciones verticales como es el caso de los puentes metálicos, o por reducciones en la sección hidráulica, como es el caso de la SV18: Ampliación de la Autopista Valle Coche. Por último, dentro de la clasificación se tiene el grupo de los elevados, donde se encontraron fallas generales en la captación y conducción adecuada de los nuevos aportes generados por la propia obra así como sus alrededores.

De acuerdo a la comparación realizada en la matriz resumen, la solución vial con el sistema de drenaje más afectado, es la SV10: Elevado de la Yaguara, donde la construcción de la obra vial, causó daños en el estado del pavimento, distorsionó las pendientes transversales en calzada y dejó problemas de obstrucción por escombros en sus elementos de captación, principalmente en los sumideros de ventana. Aunado a ello, la rápida intervención de la parte alta de subcuenca de La Yaguara, favorece el escurrimiento de grandes volúmenes de aguas pluviales, sedimentos, desechos sólidos y escombros que se acumulan en la intersección de las Avenidas García Gonzáles Da Silva e Intercomunal de Antúmano, colapsando así, el comprometido sistema de drenaje superficial. Según la puntuación por cumplimiento, la segunda más afectada es la SV18: Ampliación de la Autopista Valle Coche, seguida por la SV6: Elevado de Los Dos Caminos. La clasificación final priorizada se muestra en la Tabla 2.



**Tabla 2.** Clasificación final de las soluciones viales según el grado de afectación.

Posición	Nivel de Fallas	Puntuación por Cumplimiento	Solución vial
1	ALTA	22,95%	SV10: Elevado de la Yaguara.
2	MEDIA	41,13%	SV18: Ampliación de la Autopista Valle Coche.
3	MEDIA	42,69%	SV6: Elevado de Los Dos Caminos.
4	MEDIA	45,25%	SV15: Elevado de San Martín.
5	MEDIA	45,30%	SV9: Distribuidor Santa Cecilia.
6	MEDIA	48,87%	SV8: Acceso desde Bello Monte a la Autopista Francisco Fajardo.
7	MEDIA	52,79%	SV7: Acceso desde Puente 9 de Diciembre a la Autopista Francisco Fajardo.
8	MEDIA	53,38%	SV4: Acceso al Distribuidor Longaray.
9	MEDIA	53,91%	SV2: Acceso desde el Abasto Bicentenario hacia la Autopista Francisco Fajardo.
10	MEDIA	55,38%	SV14: Acceso desde la California Sur a la Avenida Río de Janeiro.
11	MEDIA	57,95%	SV12: Enlace entre Avenida Intercomunal del Valle y la Autopista Regional del Centro.
12	MEDIA	61,77%	SV13: Acceso a los Cortijos.
13	MEDIA	64,86%	SV3: Acceso desde Paseo Colón a la Autopista Francisco Fajardo.
14	MEDIA	65,48%	SV5: Acceso desde la Autopista Francisco Fajardo a la Avenida Río de Janeiro.
15	BAJA	70,58%	SV16: Acceso al Paseo La Nacionalidad.
16	BAJA	73,16%	SV17: Distribuidor Los Ruices.
17	BAJA	77,81%	SV11: Conexión entre las Autopistas Valle Coche y Norte-Sur
18	BAJA	79,74%	SV1: Puente Veracruz.

## CONCLUSIONES

La matriz evaluativa elaborada, sirve como instrumento o herramienta, que ayuda a priorizar obras y a establecer planes de acciones correctivas, en función de las fallas encontradas en otras soluciones viales o sistemas de drenaje superficial en otras zonas de interés.

La falla más común se generó por insuficiencia o mala distribución de elementos de captación, ante los nuevos aportes generados por las obras, agravada por la interrupción de elementos de conducción y descarga.

Con miras a corregir las fallas típicas encontradas en los sistemas de drenaje superficial tras la construcción de cada grupo de obras viales, se plantearon alternativas de solución; entre las cuales se encuentran acciones estructurales de rehabilitación, principalmente para corregir la disminución de la capacidad hidráulica, tanto de la vía de circulación como de los cursos primarios según fuera su caso. Por otra parte, se plantearon acciones no



estructurales que fomenten la aplicación de políticas y planes de ordenamiento, gestión, información y capacitación.

Por último, la implementación de estas acciones estructurales y no estructurales, no solo tienen como objetivo corregir las fallas, sino también buscan el mejoramiento del funcionamiento de los sistemas de drenaje primario, secundario y superficial, a largo plazo.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Obras Publicas. (1967). *Manual de Drenaje*. Caracas, Venezuela: Direccion de Vialidad, Division de Estudios y Proyectos.
- [2] Franceschi, L. (1984). *Drenaje Vial*. Caracas: Arte.
- [3] Bastidas, A. (2010). *Estimación de las Intensidades y Duraciones para diferentes Periodos de Retorno de la Precipitación en el Área de Influencia de la Estación Meteorológica del Departamento de Ingeniería Hridrometeorológica de la UCV*. Trabajo Especial de Grado publicado. Universidad Central de Venezuela. Caracas., Venezuela.