



## Necesidades de reparación de rutas nacionales en la provincia de Córdoba<sup>1</sup>

### I.- Necesidades de inversión en infraestructura vial

Como se detalló en el informe anterior, a las necesidades de inversión en infraestructura vial podría dividírselas en tres componentes: (a) **inversión en ampliación**, para reducir los niveles de congestión, (b) **inversión en reparaciones**, para llevar el estado de la infraestructura vial a los niveles deseados y (c) **inversión en mantenimiento**, para mantener el estado de la infraestructura vial en los niveles deseados.

Cuantificar la necesidad de **inversiones en ampliación** requiere estadísticas sobre nivel de servicio de cada tramo de infraestructura vial, que tengan en cuenta sus características físicas y las características del tránsito.

Cuantificar necesidad de **inversiones en reparaciones** requiere estadísticas sobre el estado de deterioro de cada tramo de infraestructura vial.

Cuantificar necesidad de **inversiones en mantenimiento** requiere ciertos supuestos técnicos sobre conservación dependiendo de las características físicas, el tipo e intensidad del tránsito en cada tramo de infraestructura vial, las condiciones climáticas, entre otros factores.

El **Informe No.9 se ocupó de las inversiones en ampliación**, a partir de información sobre nivel de servicio de las rutas nacionales en Córdoba (y el resto del país). El **presente documento se concentra en la necesidad de inversiones en reparación** de rutas nacionales en la provincia de Córdoba, a partir de información sobre el estado de dichas rutas.

### II.- Estado de las rutas nacionales en Córdoba: Índice de Serviciabilidad Presente (ISP)

Un indicador estándar, utilizado internacionalmente, para medir el estado de una ruta es el **Índice de Serviciabilidad Presente (ISP)**, desarrollado por la **AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)** para el diseño de estructuras de pavimentos (ver sección de metodología).

El **ISP** establece una escala con **5 niveles de estado: Muy Bueno, Bueno, Regular, Malo, Muy Malo**.

A modo de referencia del significado práctico de cada nivel de estado:

<sup>1</sup> Informe temático No.10. Foro de Análisis Económico de la Construcción 2017.

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción



El **ISP Muy Bueno** implica pavimentos suaves y sin deterioros, que sólo se encuentran en pavimentos nuevos o casi nuevos.

El **ISP Bueno** implica pavimentos no tan suaves como los muy buenos, pero que entregan un manejo de primera clase, con muy poco o ningún signo de deterioro superficial.

El **ISP Regular** implica una calidad de manejo notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, pudiendo presentar problemas para altas velocidades de circulación. Los defectos superficiales observados pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamientos en el caso de pavimentos flexibles, o fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo en el caso de pavimentos rígidos.

El **ISP Malo** implica que el pavimento se ha deteriorado a tal punto que puede afectar la velocidad de tránsito de flujo libre, con baches y grietas profundas, pérdida de áridos y ahuellamiento en un 50% o más de la superficie, en el caso de pavimentos flexibles, y fallas de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo en caso de pavimentos rígidos.

El **ISP Muy Malo** implica una situación de extremo deterioro, que requiere transitar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo, con pavimentos con grandes baches y grietas profundas en un 75% o más de la superficie.

Con la última información disponible, elaborada por la Dirección Nacional de Validad para 2016, las tablas 1 y 2 presentan el **Índice de Serviciabilidad Presente** en las rutas nacionales en territorio de la provincia de Córdoba, expresado en km en la tabla 1 y en porcentaje sobre el total de km relevados en cada ruta en la tabla 2.

Por ejemplo, la ruta nacional 8 presenta 84.1 km con ISP Bueno, 121.7 km con ISP Regular, 61.3 km con ISP Malo y 23.8 km con ISP Muy Malo (segunda fila de la tabla 1). Esa ruta presenta el 28.9% de su extensión con ISP Bueno, 41.8% con ISP Regular, 21.1% con ISP Malo, 8.2% con ISP Muy Malo (segunda fila de la tabla 2).

Si se deseara realizar inversiones viales de reparación para que ningún tramo en la provincia tenga ISP en los niveles Regular, Malo o Muy Malo, tendrían que realizarse reparaciones en 1,806 km (73.5% del total)

La prioridad, por el muy mal estado (ISP Muy Malo), está en 23.8 km de la ruta 8, 28.4 km de la ruta 9, 25.2 km de la ruta 38 y 57.6 km de la ruta 158, sumando 135 km (5.5% del total).

Le siguen en orden de prioridad, por el mal estado (ISP Malo), 40.4 km de la ruta 7, 61.3 km de la ruta 8, 117.1 km de la ruta 9, 34.4 km de la ruta 19, 37.2 km de la ruta 35, 28.5 km de la ruta 38, 16.7 km de la ruta 60, 66.2 km de la ruta 1V09 y 15.2 km de la ruta 2V09, sumando 416.9 km (17% del total).

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN  
DELEGACIÓN CÓRDOBA



COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES  
DE CÓRDOBA

El tercer orden de prioridad (ISP Regular) está en 180.8 km en la ruta 7, 121.7 km en la ruta 8, 183.3 km en la ruta 9, 99.9 km en la ruta 19, 127.7 km en la ruta 35, 12 km en la ruta 36<sup>2</sup>, 130.5 km en la ruta 38, 77.5 km en la ruta 60, 183.9 km en la ruta 158, 124.9 km en la ruta 1V09, 12 km en la ruta A005, sumando 1,254.1 km (51% del total).

**Tabla 1**  
**Estado de rutas nacionales en la Provincia de Córdoba**  
**Km (tramos no urbanos)**

Ruta	Total	ISP - Índice de Serviabilidad Presente				
		MB	B	R	M	MM
7	221.1	0.0	0.0	180.8	40.4	0.0
8	290.8	0.0	84.1	121.7	61.3	23.8
9	474.2	0.0	145.4	183.3	117.1	28.4
19	205.2	0.0	70.9	99.9	34.4	0.0
20	43.4	0.0	43.4	0.0	0.0	0.0
35	203.3	0.0	38.4	127.7	37.2	0.0
36	12.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0
38	223.5	0.0	39.2	130.5	28.5	25.2
60	153.8	0.0	59.6	77.5	16.7	0.0
148	41.3	0.0	41.3	0.0	0.0	0.0
158	286.3	0.0	44.8	183.9	0.0	57.6
1V09	275.5	0.0	84.4	124.9	66.2	0.0
2V09	15.2	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0
A005	12.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>2,457.5</b>	0.0	651.5	1,254.1	416.9	135.0

**Fuente:** Economic Trends con datos de Dirección Nacional de Vialidad.  
Foro de Análisis Económico de la Construcción

<sup>2</sup> Se trata de un tramo que seguramente ya está con ISP Muy Bueno, dada la reciente inauguración de la autovía Córdoba-Río Cuarto, todavía no inaugurada al momento del relevamiento de 2016 utilizado en este informe.

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción

**Tabla 2**  
**Estado de rutas nacionales en la Provincia de Córdoba**  
% (tramos no urbanos)

Ruta	Total	ISP - Índice de Serviciabilidad Presente				
		MB	B	R	M	MM
7	100.0	0.0	0.0	81.7	18.3	0.0
8	100.0	0.0	28.9	41.8	21.1	8.2
9	100.0	0.0	30.7	38.6	24.7	6.0
19	100.0	0.0	34.6	48.7	16.8	0.0
20	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
35	100.0	0.0	18.9	62.8	18.3	0.0
36	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
38	100.0	0.0	17.6	58.4	12.7	11.3
60	100.0	0.0	38.8	50.4	10.9	0.0
148	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
158	100.0	0.0	15.7	64.2	0.0	20.1
1V09	100.0	0.0	30.6	45.3	24.0	0.0
2V09	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
A005	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	0.0	26.5	51.0	17.0	5.5

**Fuente:** Economic Trends con datos de Dirección Nacional de Vialidad.  
Foro de Análisis Económico de la Construcción

Cuantificar con precisión la necesidad de inversiones en reparación de las rutas nacionales en territorio de la provincia de Córdoba requeriría más información sobre cada tramo de ruta, porque un mismo ISP puede implicar distinto tipo de obras. Es posible estimar un piso de necesidad de inversiones tomando el costo promedio de una intervención básica de reparación.

Una intervención de estas características puede definirse como: toma de fisuras (1,500 m por km), bacheo (7 cm de espesor, en 4% de la superficie), refuerzo (6 cm, con carpeta asfáltica en caliente), calzado de banquetas (1,000 m<sup>3</sup> por km), demarcación horizontal completa (2,500 m por km) y reposición de señales verticales dañadas (3 m<sup>2</sup> por km).

En base a información proveniente de fuentes expertas, puede tomarse un valor de USD 200,000 por km para una intervención de las características detalladas. Con este valor, la reparación de los 135 km de alta prioridad, por ISP muy malo, requeriría una inversión de USD 27 millones; la reparación de los 416.9 km en segundo orden de prioridad, por ISP malo, requeriría una inversión de USD 83.4 millones; la reparación de los 1,254.1 km en

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción

tercer orden de prioridad, por ISP regular, requeriría una inversión de USD 250.8 millones.

Con estos valores, reparar todos los tramos con ISP regular, malo o muy malo requeriría una inversión de más de USD 361.2 millones.

### III.- Estado de las rutas nacionales en Córdoba: Índice de Estado (IE).

Un indicador adicional, utilizado por la Dirección Nacional de Vialidad, es el Índice de Estado (ver sección de metodología), que califica a cada tramo de ruta en 3 niveles: Bueno, Regular o Malo.

Con la última información disponible, elaborada por la Dirección Nacional de Validad para 2016, las tablas 3 y 4 presentan el **Índice de Estado** (y, como referencia, el Índice de Serviciabilidad Presente) en las rutas nacionales en territorio de la provincia de Córdoba, expresado en km en la tabla 3 y en porcentaje sobre el total de km relevados en cada ruta en la tabla 4.

**Tabla 3**  
**Estado de rutas nacionales en la Provincia de Córdoba**  
Km (tramos no urbanos)

Ruta	Total	IE - Índice de Estado			ISP - Índice de Serviciabilidad Presente				
		B	R	M	MB	B	R	M	MM
7	221.1	0.0	153.9	67.2	0.0	0.0	180.8	40.4	0.0
8	290.8	161.0	44.8	85.1	0.0	84.1	121.7	61.3	23.8
9	474.2	274.0	81.3	118.9	0.0	145.4	183.3	117.1	28.4
19	205.2	109.9	60.9	34.4	0.0	70.9	99.9	34.4	0.0
20	43.4	17.2	26.3	0.0	0.0	43.4	0.0	0.0	0.0
35	203.3	102.6	37.2	63.6	0.0	38.4	127.7	37.2	0.0
36	12.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0
38	223.5	68.5	73.3	81.7	0.0	39.2	130.5	28.5	25.2
60	153.8	86.1	25.3	42.5	0.0	59.6	77.5	16.7	0.0
148	41.3	0.0	41.3	0.0	0.0	41.3	0.0	0.0	0.0
158	286.3	89.8	25.6	170.9	0.0	44.8	183.9	0.0	57.6
1V09	275.5	20.1	102.1	153.3	0.0	84.4	124.9	66.2	0.0
2V09	15.2	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0
A005	12.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>2,457.5</b>	953.1	671.8	832.7	0.0	651.5	1,254.1	416.9	135.0

Fuente: Economic Trends con datos de Dirección Nacional de Vialidad.  
Foro de Análisis Económico de la Construcción

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción

El **Índice de Estado** es más exigente con los tramos en mal estado, ya que suma 832.7 km en nivel malo, frente a los 551.9 km que el **Índice de Serviciabilidad Presente** califica en los niveles malo y muy malo, aunque este último estima una mayor extensión en niveles regular, malo o muy malo (1,806 km) que el primero (1,504.5 km).

**Tabla 4**  
**Estado de rutas nacionales en la Provincia de Córdoba**  
% (tramos no urbanos)

Ruta	Total	IE - Índice de Estado			ISP - Índice de Serviciabilidad Presente				
		B	R	M	MB	B	R	M	MM
7	100.0	0.0	69.6	30.4	0.0	0.0	81.7	18.3	0.0
8	100.0	55.4	15.4	29.3	0.0	28.9	41.8	21.1	8.2
9	100.0	57.8	17.1	25.1	0.0	30.7	38.6	24.7	6.0
19	100.0	53.6	29.7	16.8	0.0	34.6	48.7	16.8	0.0
20	100.0	39.5	60.5	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
35	100.0	50.5	18.3	31.3	0.0	18.9	62.8	18.3	0.0
36	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
38	100.0	30.6	32.8	36.6	0.0	17.6	58.4	12.7	11.3
60	100.0	56.0	16.4	27.6	0.0	38.8	50.4	10.9	0.0
148	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
158	100.0	31.4	8.9	59.7	0.0	15.7	64.2	0.0	20.1
1V09	100.0	7.3	37.1	55.6	0.0	30.6	45.3	24.0	0.0
2V09	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
A005	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>38.8</b>	<b>27.3</b>	<b>33.9</b>	<b>0.0</b>	<b>26.5</b>	<b>51.0</b>	<b>17.0</b>	<b>5.5</b>

Fuente: Economic Trends con datos de Dirección Nacional de Vialidad.  
Foro de Análisis Económico de la Construcción

Tomando los mismos valores de referencia de costo de reparación por km (USD 200,000 por km), el Índice de Estado estimado por la Dirección Nacional de Vialidad en 2016, implicaría una necesidad de inversiones con un piso de USD 166.5 millones para reparar rutas con nivel malo y USD 134.4 millones para reparar rutas con nivel regular, totalizando USD 300.9 millones, frente a los USD 361.2 millones estimados en la sección anterior utilizando el ISP en lugar del IE.

#### IV.- Algunas implicancias del análisis

1.- Según datos de la Dirección Nacional de Vialidad para 2016, requiere urgentes inversiones en reparación entre el 22.5% (551.9 km) y el 33.9% (832.7 km) de la extensión de rutas nacionales en el territorio de la provincia de Córdoba, dependiendo de si se considera el **Índice de Serviciabilidad Presente**, diseñado por la American

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción

Association of State Highway and Transportation Officials (niveles malo y muy malo), o el **Índice de Estado**, diseñado por la Dirección Nacional de Vialidad (nivel malo), respectivamente.

2.- Usando un valor promedio de USD 200,000 por km, correspondiente a una intervención básica, la reparación de los tramos de rutas nacionales en territorio de la provincia de Córdoba con nivel de estado malo o muy malo, según el **Índice de Serviciabilidad Presente**, o con nivel de estado malo, según el **Índice de Estado**, requeriría inversiones con un piso entre USD 110 millones y USD 167 millones.

3.- Si se incluyeran los tramos con nivel de estado regular, según ambos índices, se requerirían intervenciones de reparación en el 73.5% de la extensión de rutas (1,806 km, según el **Índice de Serviciabilidad Presente**) o el 61.2% (1,505 km, según el **Índice de Estado**).

4.- Las inversiones necesarias para reparar todos los tramos de rutas nacionales en territorio de la provincia de Córdoba con niveles regular, malo o muy malo (**Índice de Serviciabilidad Presente**) o regular y malo (**Índice de Estado**) tendrían entonces un piso entre USD 300 millones y USD 360 millones.

## V.- Metodología

1.- El **Índice de Serviciabilidad Presente**, elaborado por la **AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)** para el diseño de estructuras de pavimentos, considera deformaciones longitudinales (rugosidad), deformaciones transversales (ahuellamiento / hundimiento) y desprendimientos (baches / peladuras) en la capa de rodamiento, combinando aritméticamente esos tres factores de la siguiente manera:

$$ISP = a_0 - (a_1 \log(1 + D_1^2) + a_2 D_2^2 + a_3 D_3^2)$$

Donde la variable  $D_1$  mide la deformación longitudinal, la variable  $D_2$  mide la deformación transversal y la variable  $D_3$  mide los desprendimientos<sup>3</sup>.

2.- Con valores que van de 0 a 5, el ISP define los siguientes niveles: muy malo (valores menores a 1), malo (valores menores a 2, pero iguales o mayores a 1), regular (valores menores a 3, pero iguales o mayores a 2), bueno (valores menores a 4, pero mayores o iguales a 3) y muy bueno (valores de 4 o más).

3.- El **Índice de Estado (IE)**, diseñado por la **Dirección Nacional de Vialidad**, considera deformaciones longitudinales (rugosidad), deformaciones transversales (ahuellamiento / hundimiento), fisuración y desprendimientos (baches / peladuras) en el pavimento,

<sup>3</sup> Para más detalles, ver: AASHTO <https://www.transportation.org/>

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN  
DELEGACIÓN CÓRDOBA



**DONADIO**  
MACRODISTRIBUIDOR SIDERÚRGICO



COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES  
DE CÓRDOBA

combinando esos cuatro factores en una función exponencial con coeficientes de ponderación que dependen del tipo de pavimento<sup>4</sup>:

$$IE = 10 \times e^{-(a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4)}$$

Donde la variable  $D_1$  mide la deformación longitudinal, la variable  $D_2$  mide la deformación transversal, la variable  $D_3$  mide la fisuración y la variable  $D_4$  mide los desprendimientos, y los coeficientes  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  y  $a_4$  dependen del tipo de superficie de rodamiento (concreto asfáltico, tratamiento bituminoso o losas de hormigón).

Las variables  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$  adoptan valores comprendidos entre 0 y 10, correspondiendo los mayores valores a las situaciones más desfavorables. Dado el signo negativo del exponente, los mayores valores del IE (comprendidos entre 1 y 10) corresponden a mejores estados del pavimento.

4.- Con valores que van de 1 a 10, el IE establece el nivel bueno para los valores de 7 o más, el nivel regular para valores menores de 7 e iguales o mayores a 5, y el nivel malo para valores menores a 5.

5.- La principal diferencia entre el ISP y el IE es que el IE considera la fisuración.

Informe elaborado por

**Economic Trends S.A.** para el **Foro de Análisis Económico de la Construcción**

<sup>4</sup> Para más detalles, ver: Mezzelani, Gustavo y Jorge Tosticarelli (2016): "La evaluación de pavimentos en Argentina: 35 años de experiencia", XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito.

Auspician el Foro de Análisis Económico de la Construcción



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN  
DELEGACIÓN CÓRDOBA



COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES  
DE CÓRDOBA