

## Contratos por niveles de servicio:

¿mayor asignación presupuestal o mayor eficiencia?

Marcelo Pérez

Graciela Sanromán

Andrés Pereyra (coordinador)

División de Transporte

NOTA TÉCNICA

IDB-TN-1797

Septiembre 2020



# BID

Banco Interamericano  
de Desarrollo

## Contratos por niveles de servicio:

¿mayor asignación presupuestal o mayor eficiencia?

Marcelo Pérez

Graciela Sanromán

Andrés Pereyra (coordinador)

**Catalogación en la fuente proporcionada por la  
Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Pérez, Marcelo.

Contratos por niveles de servicio: ¿mayor asignación presupuestal o mayor eficiencia? / Marcelo Pérez,  
Graciela Sanromán; coordinador, Andrés Pereyra.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1797)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Roads-Maintenance and repair-Contracting out-Latin America. 2. Road construction contracts-Latin America. I. Sanromán, Graciela. II. Pereyra, Andrés, coordinador. III. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. VI. Título. V. Serie.

**Palabras clave:** Contratos por niveles de servicio, Eficiencia en sector vial

**Códigos JEL:** D82, D86, R42

IDB-TN-1797

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2020] Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



**Contratos por niveles de servicio**  
¿mayor asignación presupuestal o mayor eficiencia?

Marcelo Pérez

Graciela Sanromán

Andrés Pereyra (coordinador)



2020

## Contenidos

<b>ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MOTIVACIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Modelos de pago en contratos de mantenimiento vial</b> .....	<b>13</b>
Contratos basados en insumos .....	13
Contratos basados en productos.....	13
Contratos basados en resultados.....	14
<b>3.2 Tipología de contratos de mantenimiento vial</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Tipologías de contratos por niveles de servicio</b> .....	<b>18</b>
Tipología de <i>Project Based Contracts</i> (PBC) según el estado de la red .....	18
<b>3.4 Diagnóstico de los contratos por niveles de servicios</b> .....	<b>20</b>
La experiencia internacional.....	22
<b>4. BASE DE DATOS</b> .....	<b>23</b>
<b>4.1 Descripción de variables</b> .....	<b>23</b>
Firme de calzada.....	23
Forma de gestión .....	24
Variables de estado.....	26
<b>4.2 Estadísticos Descriptivos</b> .....	<b>27</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>32</b>
<b>6. ESTRATEGIA EMPÍRICA</b> .....	<b>35</b>
<b>7. ENFOQUE ECONÓMICO</b> .....	<b>37</b>
<b>7.1 Inferencia causal</b> .....	<b>37</b>
<b>7.2 Definición de parámetros para medir impacto</b> .....	<b>37</b>
<b>7.3 Asignación no aleatoria</b> .....	<b>40</b>
<b>7.4 Propensity Score Matching (PSM)</b> .....	<b>40</b>
<b>7.5 Método de Variables Instrumentales (VI)</b> .....	<b>42</b>
<b>8. RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>9. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA</b> .....	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>50</b>

## Tablas

Tabla 1: Tipologías de contratos de mantenimiento vial en países desarrollados y ALC .....	16
Tabla 2: Proporción de tramos por tipo de firme y forma de gestión.....	25
Tabla 3: Criterios de clasificación del estado de pavimentos según nivel de confort .....	26
Tabla 4: Evolución del IES y del IRI .....	27
Tabla 5: Evolución del Estado de Conservación (%).....	28
Tabla 6: Evolución del Estado de Confort (%).....	28
Tabla 7: Evolución del TPDA por tipo de vehículo.....	29
Tabla 8: Evolución del TPDA global .....	29
Tabla 9: Estadísticas descriptivas por tipo de contrato.....	30
Tabla 10: Estimaciones por MCO.....	44
Tabla 11: Estimación de la probabilidad de participación .....	45
Tabla 12: Estimaciones por el método de PSM.....	46

## Ilustraciones

Ilustración 1: Evolución de la proporción de tramos por tipo de firme .....	24
Ilustración 2: Evolución de la proporción de km por tipo de firme .....	24
Ilustración 3: Evolución de la proporción de tramos por tipo de contrato .....	25
Ilustración 4: Valor medio y varianza del IES por tipo de firme .....	27
Ilustración 5: Valor medio y varianza del IRI por tipo de firme .....	27
Ilustración 6: Evolución del TPDA .....	30
Ilustración 7: IRI por tipo de contrato.....	39
Ilustración 8: IES por tipo de contrato.....	40
Ilustración 9: Soporte común para los dos tipos de contratos.....	41

## Contratos por niveles de servicio

¿mayor asignación presupuestal o mayor eficiencia?

Marcelo Pérez

Graciela Sanromán

Andrés Pereyra (coordinador)

### Resumen

El presente trabajo de investigación aborda el análisis de la eficiencia relativa en los contratos por niveles de servicio. Estos contratos, han mostrado en la evidencia comparada un sistemático mejor desempeño en relación a las principales variables físicas de los pavimentos que la gestión tradicional. No obstante, también es observada una mayor asignación presupuestal en favor de los primeros. Este trabajo demuestra que los Contratos de Rehabilitación y Mantenimiento (CREMA) por niveles de servicio, muestran una mayor eficiencia, controlando tanto por efectos observables como como por sesgo de selección.

Palabras Clave: Contratos por nivel de servicio, contratos de rehabilitación y mantenimiento, participación privada en carreteras, contratos integrados.

## Abreviaciones y acrónimos

<b>ALC</b>	América Latina y el Caribe
<b>APP</b>	Asociación Público Privada
<b>ATE</b>	Average Treatment Effect
<b>ATT</b>	Average Treatment on the Treated
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>DBFOT</b>	Contratos de Diseño-Construcción-Financiamiento-Operación-Transferencia
<b>DBMOT</b>	Contratos de Diseño-Construcción-Mantenimiento-Operación-Transferencia
<b>CREMA</b>	Contratos de Rehabilitación y Mantenimiento
<b>DNV</b>	Dirección Nacional de Vialidad de Uruguay
<b>HDM</b>	Highway Development and Management
<b>CI</b>	Independencia Condicional
<b>IES</b>	Índice de Estado Superficial
<b>IRI</b>	Índice de Regularidad Internacional
<b>LATE</b>	Local Average Treatment Effect
<b>MCO</b>	Mínimos Cuadrados Ordinarios
<b>MTOP</b>	Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Uruguay
<b>MAC</b>	Multi-Agency Contract
<b>PSMC</b>	Performance Specified Maintenance Contracts
<b>PBC</b>	Performance-based Contracts
<b>PSM</b>	Propensity Score Matching
<b>SC</b>	Soporte Común
<b>TPDA</b>	Tránsito Promedio Diario Anual
<b>VI</b>	Variables Instrumentales



## 1. Introducción

El desarrollo de los Contratos por Niveles de Servicio (PBC, por sus siglas en inglés) para el mantenimiento vial comenzó a fines de la década de los 80. En 1988, el Estado de British Columbia en Canadá contrató su mantenimiento vial por este mecanismo, pero los indicadores de servicio estaban todavía orientados hacia aspectos constructivos y materiales a utilizarse en lugar de hacia resultados, limitando de esta forma en buena medida la aplicación de innovaciones tecnológicas en la ejecución de obras y tareas de mantenimiento vial (Zietlow, 2004).

En América Latina y el Caribe (ALC), en el año 1991, Argentina concesiona aproximadamente 10.000 km de sus carreteras nacionales utilizando especificaciones de resultados por los niveles de servicio del mantenimiento vial y un sistema de penalidades en caso de no alcanzar en tiempo la rectificación de las deficiencias. Posteriormente, en mitad de los 90 se contrata el mantenimiento de otros 10.000 km utilizando especificaciones similares como indicadores del contrato, pero en esta ocasión sin introducir peajes debido a un tráfico promedio en los tramos contratados menores a 2.500 vehículos diarios, y por tanto no pudiéndose sostener el contrato a través de un sistema de peajes. Estos contratos se denominaron Contratos para Rehabilitación y Mantenimiento (CREMA). En mitad de los 90, Uruguay empezó su primer esquema piloto de PBC en una red pequeña (359 km) de sus carreteras nacionales. En el mismo año, Montevideo contrata el mantenimiento de 150 km de sus principales arterias urbanas. Cinco años después, el mantenimiento de 50% de la red nacional en Uruguay se encontraba gestionada por estos contratos. Pocos años después, otros países latinoamericanos comenzaron su experiencia con contratos similares, siendo estos: Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala y Perú. Muchos de estos contratos incluyen una rehabilitación parcial para llevar los tramos a condiciones de mínimas de estándar (Zietlow, 2004).

Considerando países desarrollados, Australia empezó su contratación de mantenimiento por niveles de servicio en 1995, cubriendo 459 km de vías urbanas en Sídney (Frost y Lithgow, 1996). Desde entonces varios nuevos contratos se han implementado en New South Wales, Tasmania, y Southern y Western Australia. Muchos de estos contratos se denominan contratos híbridos (*hybrid contracts*), donde el pago de algunos de los trabajos se basa en cantidades y precios unitarios y otros por niveles de servicio. Por su parte, en 1998, Nueva Zelanda utilizó PBC para el mantenimiento de 406 km de su red nacional, y en 2011, 10% de la red nacional de Nueva Zelanda se encontraba gestionada por esta vía de contratación. En Estados Unidos, el Estado de Virginia fue el primero en introducir estos contratos llamados *Asset Management and Maintenance Contracts* para el mantenimiento de 402 km de la autopista interestatal en 1996. Cuatro años después Washington D.C. continuó la práctica con un contrato similar que cubría 119 km de rutas federales. Posteriormente, diversos estados han empezado a contratar el mantenimiento en parte de sus redes aplicando una combinación de especificaciones de rendimiento y precios unitarios. Finalmente, desde los años 2000 los PBC se han difundido por Europa, Asia, y África.

Este tipo de contratos se enmarca dentro de la teoría económica, en el análisis de contratos agrupados o desagrupados. Existe vasta literatura (Iossa y Martimort, 2015; Demsetz, 1968; y Hart, 2003) respecto a la racionalidad económica en la agrupación de contratos de infraestructura. El elemento central de la misma, fundamenta que existe un problema de riesgo moral en los contratos desagrupados (donde el gobierno contrata a un agente para la construcción y a otro para la operación o mantenimiento) ya que luego de firmado el contrato

el agente que construye tiene incentivos a no realizar el máximo esfuerzo en términos constructivos en virtud de que la gestión del mantenimiento de dicha infraestructura no depende de él.

Una de las soluciones propuestas en la literatura a este problema de riesgo moral es la agrupación de los contratos de construcción con los de operación. En dichos contratos, el responsable de construir una infraestructura es el mismo que tiene la responsabilidad de mantenerla, y por ello se espera que ese agente haga su mayor esfuerzo para minimizar el costo total del proyecto sujeto a las condiciones de *performance* solicitadas por el Estado para dicha infraestructura.

Si bien los aspectos teóricos han sido ampliamente estudiados en la literatura (Iossa y Martimort, 2015; Demsetz, 1968; y Hart, 2003) se carece de evidencia empírica que permita abordar con claridad el problema y demostrar que efectivamente la agrupación genera ganancias de eficiencia.

Este documento provee un desarrollo exhaustivo sobre el estado del arte de un tipo de contrato agrupado, concretamente los contratos CREMA, así como se identifica una brecha en el conocimiento sobre las conclusiones que se pueden tomar con relación a la eficiencia de este tipo de contratos.

De esta manera, se propone contribuir a una literatura que hasta el momento se concentró mayoritariamente en estudios cualitativos (con encuestas de percepción y opinión), para realizar una innovación en el análisis de este tipo de políticas a través del uso de modelos econométricos. Concretamente, se han recolectado datos duros sobre más de 600 tramos de rutas en Uruguay para 13 años.

El tema resulta de interés para tomadores de decisión pública, en la medida que sigue discutiéndose la utilización de contratos agrupados, ya sean CREMA, contratos de concesión y/o contratos de Asociación Público Privada (APP), para la gestión del patrimonio vial. Dichas discusiones se abordan, casi en exclusividad con una óptica fiscal, sin un adecuado abordaje desde la eficiencia de este tipo de contratos. Este trabajo, permite incorporar de manera cuantitativa dicha discusión, fortaleciendo el actual marco teórico existente en la materia. Las conclusiones obtenidas en este documento, pueden fácilmente ser extrapolables a diferentes tipologías de contratos agrupados.

En este sentido los contratos tipo CREMA representan una oportunidad para entender la relación entre la forma contractual y la eficiencia de la infraestructura asociada. Esto responde a varios factores: el primero es que el número de contratos CREMA es suficientemente alto como para permitir un análisis estadístico y/o econométrico robusto, el segundo refiere a que es factible la conformación de un contra factual, ya que los contratos CREMA son utilizados en un amplio espectro de la red vial, y con el nivel de heterogeneidad razonable como para suponer que no existe un sesgo de selección en la asignación de dichos contratos. En el caso de los contratos APP o de concesiones, no solo se dispone de una muestra sustancialmente menor, sino que por el contrario tenemos evidencia de que la asignación contractual refiere principalmente al flujo vehicular.

Los CREMA son un instrumento frecuentemente utilizados en la gestión de infraestructura vial en ALC. Estos contratos fueron parte fundamental de la reforma del sector en la década de 1990, introduciendo al sector privado en sustitución de la tradicional ejecución pública de la conservación vial. Más de dos décadas después existe una marcada tendencia al uso de

estos, en particular en los países del Cono Sur de ALC, donde se atiende a la mayor parte de la red principal de carreteras bajo esta modalidad. Este estudio tiene como objetivo, analizar el *performance* de los contratos CREMA respecto de la ejecución por administración pública tradicional, esto es, entender si la agrupación de los contratos de construcción o reconstrucción con la operación de mantenimientos (rutinarios y mayores), descontando la mayor asignación presupuestal y para unas mismas condiciones de calidad, genera realmente ganancias de eficiencia. Responder esta pregunta, resulta relevante ya que muchos países se encuentran en un claro proceso de reforma en el sector de infraestructuras, en particular en el vial, con la incorporación del sector privado en programas de APP.

Al mismo tiempo, algunas instituciones recomiendan analizar la oportunidad de extender el plazo y ampliar la transferencia de riesgos al contratista, teniendo una forma similar a algunas características de los programas APP.

El presente documento se estructura introduciendo la motivación del estudio. Seguido de esto, en la Sección 3 se exhibe una extensa revisión de literatura. Por su parte, la Sección 4 introduce la descripción de la base de datos a ser utilizada. Asimismo, la Sección 5 plantea el modelo teórico a utilizar. En este contexto se presenta tanto la estrategia empírica en la Sección 6, como un enfoque econométrico en la Sección 7, seguido por los resultados del mismo y finalmente las conclusiones del trabajo.

## 2. Motivación

La ejecución directa por parte de la administración pública ha sido la forma tradicional de gestión de infraestructura vial. Esta modalidad ha sido usualmente cuestionada por su aparente alto costo y por no permitir sostener el nivel de servicio de la infraestructura.

El trabajo está centrado en entender qué explica los resultados de los PBC. Los contratos CREMA son un caso particular de PBC, en donde básicamente los primeros usualmente incorporan una rehabilitación o reconstrucción al inicio de actividades. Asimismo, los PBC pueden interpretarse como un caso particular de las APP.

En el caso específico de los CREMA, el objetivo es resolver el problema de coordinación en la ejecución de mantenimiento vial, vinculando en un contrato todas las actividades de rehabilitación y conservación previstas en el plan técnico de gestión del camino. Así se asegura que las rehabilitaciones previstas se ejecuten en el momento requerido según el estado estructural del pavimento y no como sucede tradicionalmente en la ejecución por administración, en donde retrasar las rehabilitaciones resulta en una intervención de mayor envergadura y costo, generando también sobrecostos en el mantenimiento rutinario.

En este sentido, los contratos CREMA muestran mejor desempeño para la gestión vial, pero no existe evidencia empírica de que efectivamente sean más costo eficiente. Se precisa un análisis comparativo riguroso que permita considerar si presentan o no mejores resultados que la ejecución directa por parte de la administración pública, considerando condiciones de calidad técnica y de servicio similares. Si bien es claro que los resultados en términos de evaluación del nivel de servicio son en general superiores a la ejecución de mantenimiento por administración tradicional, es importante ver que usualmente el gasto ejecutado es mayor, y esto se explica porque la existencia del contrato obliga a la asignación del presupuesto. De esta forma, la evaluación de la eficiencia de los contratos CREMA resulta sesgada porque no se logra separar el desempeño técnico de la mayor asignación de los recursos.

Stankevich, Qureshi y Quiroz (2005) señalan varios motivos por los que las agencias viales se han interesado en los contratos basados en resultados en contraposición a la gestión tradicional:

- Potenciales ahorros de costos en la gestión y mantenimiento de los activos viales a través de:
  - Otorgar incentivos al sector privado para la innovación y mayor productividad.
  - Reducción de gastos administrativos de las agencias viales debido a una mayor agrupación de los contratos, requiriendo menos personal para administrar y supervisar los contratos.
- Una mayor flexibilidad del sector privado, para esquemas de pagos por desempeño.
- Mayor certeza en los gastos realizados para el mantenimiento en la agencia.
- Mejor satisfacción de los usuarios con las condiciones y servicios de las rutas.
- Financiamiento estable y de largo plazo para el mantenimiento.

### 3. Revisión de literatura

Esta Sección sintetiza la literatura encontrada y estudiada sobre contratos CREMA. En primer lugar, se exhiben los modelos de pagos en contratos de mantenimiento vial. Luego se presentan las diferentes tipologías de contratos de mantenimiento vial. Asimismo, se introduce en la historia de la utilización internacional de los *Performance Based Contracts* (PBC) y las tipologías de estos. En este contexto, se realiza también un diagnóstico de los PBC en función de lo hallado en la literatura. Para finalizar esta Sección se presentan trabajos que analizan las experiencias de los países de la región en la utilización de esta tipología contractual.

#### 3.1 Modelos de pago en contratos de mantenimiento vial

Antes de comentar las modalidades específicas que utilizan los países para contratar el mantenimiento, es conveniente introducir una diferenciación más general. En este sentido, si bien existen diversas formas de contrato con diferencias sutiles, todas ellas emplean alguna combinación de modelos de pago de insumos (*inputs*), productos (*outputs*), y resultados o desempeño (*outcomes*). De este modo, los contratos basados en resultados, dentro del sector vial pueden ser "puros" o "híbridos". Esta última combina las características de los contratos basados tanto en la cantidad de trabajo realizado (*inputs-outputs*) como en el rendimiento (*outcomes*). Algunos servicios se pagan sobre la base de una tasa unitaria como en el método tradicional de contratación, mientras que otros están vinculados al alcance de indicadores de desempeño. Sin embargo, el objetivo de la contratación se direcciona hacia este último esquema de pago, con los incentivos que de ello se deriva.

##### Contratos basados en insumos

La práctica histórica en los países se centró en los contratos basados en insumos, que normalmente empleaban organizaciones laborales directas dentro de la agencia vial y que realizaban trabajos que habían sido rigurosamente especificados. Este método deja poco espacio para la innovación o ahorros de eficiencia a realizar por el contratista. La gestión de las obras es llevada a cabo típicamente por las organizaciones internas de diseño de las autoridades viales con poca o ningún acercamiento integral a la gestión de la red vial como conjunto. Por su parte, el contratista se limita simplemente a realizar lo que se le estipula por contrato, recibiendo el pago por mano de obra por hora, y por los materiales y equipos según la cantidad entregada. El foco estaba en conseguir el mejor nivel de servicio posible para el presupuesto disponible, a menudo con el objetivo secundario no escrito de emplear tantos recursos como sea posible (Gericke, Henning y Greewood, 2014).

##### Contratos basados en productos

Los contratos basados en productos se crearon para alentar a los contratistas a asumir la responsabilidad, asumiendo el riesgo, de la eficiencia de su fuerza de trabajo. Bajo este modelo el contratista recibe un pago por cada uno de los productos terminados, en lugar de recibirlo por los recursos utilizados para entregar los productos. Normalmente, el pago es por cada unidad de trabajo completada, siguiendo las normas de calidad establecidas en el contrato.

El trabajo sigue siendo estrictamente especificado dentro de este modelo, proporcionando poco espacio para la innovación de los contratistas.

En los países desarrollados, este modelo típicamente ve la separación de roles en tres organizaciones separadas: dueño del activo, contratista y encargado de gestión, siendo este último desempeñado por el personal de la agencia vial o contratado a empresas especializadas en supervisión y gestión. Este modelo se ha conocido como el modelo "convencional" o "tradicional" y todavía se utiliza ampliamente en la actualidad. Inicialmente, la función de gestión se centró en la supervisión del contratista, pero a medida que las agencias han adoptado principios de gestión de activos, se han ampliado las funciones para incluir la recopilación y análisis de datos, evaluaciones de condiciones y predicciones junto con la planificación a largo plazo en los países desarrollados. Al mismo tiempo, se ha recurrido cada vez más a los propios programas de garantía de calidad de los contratistas y se ha reducido considerablemente el nivel de supervisión.

A medida que este modelo ha evolucionado, las especificaciones del contrato han introducido cada vez más requisitos basados en el rendimiento para efectuar los pagos, así como pagos de suma global (*lump sum*) por el proyecto.

### **Contratos basados en resultados**

Finalmente, el paso a resultados, o contratos completamente especificados por el desempeño, implica un salto en la gestión de contratos de mantenimiento de activos viales. El propietario del activo simplemente establece un contrato único con una organización contratada y sólo especifica los resultados (niveles de servicio) deseados para la red vial, donde el agente privado asume toda la responsabilidad de las intervenciones, incluida en ocasiones la renovación y rehabilitación del pavimento, así como las actividades de mantenimiento rutinario y periódico. En consecuencia, la entidad asume plena responsabilidad tanto por la eficiencia como por la eficacia de las intervenciones y, en este sentido, un contrato adecuadamente especificado motiva la mejora continua y la innovación por parte del contratista para reducir los costos de alcanzar los indicadores de servicio establecidos.

En su forma más pura, estos contratos permiten una completa flexibilidad en la metodología adoptada por la organización contratista. Se considera esencial el uso de un consultor experto en monitoreo para apoyar a la agencia vial. El consultor de monitoreo también proporciona al contratista un elemento de protección contra la interferencia de la agencia vial con respecto a los métodos que el contratista implementa para lograr los resultados requeridos.

Contratos sólidos basados en resultados exigen buenas prácticas de administración de activos. De hecho, la preparación de estos contratos requiere el desarrollo de un plan de gestión integral. Es esencial tener un inventario detallado del activo, una comprensión de su estado actual y qué condiciones y niveles de servicio son alcanzables a largo plazo ya que estos constituyen la base de la documentación del contrato. A su vez, es necesario tener una comprensión del perfil de riesgo de la red para que la gestión y la mitigación de estos riesgos puedan lograrse adecuadamente.

En los contratos basados en resultados, los niveles de servicios se especifican a través de una serie de medidas de desempeño que cubren los requerimientos de una adecuada gestión de activos, el servicio del usuario en la carretera y medidas de confort, así como la durabilidad a largo plazo del activo.

### 3.2 Tipología de contratos de mantenimiento vial

Pakkala, Jong y Aijo (2007) analizan los diferentes métodos de contratación vial en algunos países desarrollados. Los autores señalan que existe escasa estandarización de la terminología que se aplica a la contratación de mantenimiento. Algunos ejemplos de terminología utilizada en el mundo, incluyen: *Asset Management Contracts*, *Asset Maintenance Contracts*, *Performance Specified Maintenance Contracts (PSMC)*, *Managing Agent Contracts*, *Performance-Based Contracts*, *Total Maintenance Contracting*. Estos términos se refieren básicamente a la contratación exclusiva del mantenimiento rutinario, o exclusiva del mantenimiento preventivo, o ambos, o todos los servicios de mantenimiento, que utilizan algún tipo de especificación basada en resultados o niveles de servicio necesario que deben ser cumplidos durante un período de tiempo prolongado (generalmente de tres a diez años). Parte de la terminología usada en muchos casos describe una nueva filosofía e intentos de minimizar el deterioro del activo a través de un menor costo total a lo largo del tiempo de vida (*whole-of-life-cost*). Algunos de estos contratos pueden incluso incluir mejoras iniciales o rehabilitación, como los CREMA, y utilizan el término llamado *Asset Management Contract*, contratación de gestión de activos, para referirse a un enfoque de gestión integral de la carretera (Pakkala et al., 2007).

Menches et. al (2010) extendiendo el trabajo de Pakkala et. al. (2007) ofrecen una revisión de los diferentes métodos de contratación del mantenimiento vial aplicados en los países desarrollados y algunos utilizados en ALC. La caracterización realizada por los autores sobre las diferentes metodologías de contratación se basa en los siguientes elementos:

- El tipo de mantenimiento contratado: mantenimiento rutinario o preventivo.
- La cantidad de actividades de mantenimiento contratada (desde todas las actividades de mantenimiento sobre la carretera hasta solamente una actividad).
- El método de contratación: basado en métodos (*inputs, outputs*), o en especificaciones de desempeño (*outcomes*).
- El esquema de pago utilizado: precios unitarios o precio único (o precio fijo).

Respecto al primer punto de la anterior enumeración, Menches et. al. (2010) señalan que las definiciones de los procesos de mantenimiento rutinario y preventivo varían de agencia en agencia, a continuación, se seleccionan algunas de estas definiciones tomadas de la literatura:

- **Mantenimiento rutinario:** Consiste en un trabajo que se planifica y realiza de forma rutinaria para mantener y preservar el estado del sistema vial o responder a condiciones específicas y eventos que restauran el sistema de carreteras a un nivel adecuado de servicio. De forma más específica, el mantenimiento rutinario puede ser definido por aquellas actividades de mantenimiento que se producen cada año de forma rutinaria o de carácter cíclico. Estas actividades incluyen aspectos tales como mantenimiento de invierno, mantenimiento de verano, bacheo, reparaciones menores de caminos de gravilla o parches, limpieza de drenaje menor, limpieza o barrido, reparación de grietas, control de vegetación, limpieza (señales, puentes, carreteras) y eliminación de basura.
- **Mantenimiento preventivo o periódico:** Consiste en una estrategia planificada de un tratamiento costo-efectivo sobre un sistema existente de vías de modo de preservar el sistema, retrasar el deterioro futuro y mantener o mejorar la condición funcional del sistema (sin aumentar significativamente la capacidad estructural). Se define al

mantenimiento periódico como aquellas actividades que ocurren con poca frecuencia y se puede denominar como de preservación y mejoras. Tradicionalmente la mayoría de las tareas de mantenimiento periódico han sido contratadas de forma separada y pueden incluir actividades tales como repavimentación, habilitación o reconstrucción de puentes, mejoras de seguridad y otras mejoras mayores. Para Gericke et. al. (2014) es la repavimentación planificada de una carretera, y para las redes sin pavimentar, es la adición programada de más grava en el curso de desgaste por su utilización. Los autores señalan que, para los pavimentos asfálticos, los revestimientos inferiores a 50 mm se consideran repavimentación.

A continuación, se presenta la lista de los diferentes contratos de mantenimiento vial presentados por los autores. Como se puede apreciar, diversos métodos utilizan especificaciones de desempeño y precios únicos, por lo que pueden ser caracterizados como PBC:

**Tabla 1: Tipologías de contratos de mantenimiento vial en países desarrollados y ALC**

<p><b>1. Contrato de Actividad Individual (<i>Individual Activity Contract</i>)</b></p>	<p>Se contrata una sola actividad de mantenimiento (por ejemplo, control de vegetación).</p>
<p><b>2. Contrato de Mantenimiento Conjunto (<i>Jointly-Performed Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Una parte de las actividades de mantenimiento es realizada por personal interno de la agencia vial y el resto es subcontratado a un contratista, generalmente debido a la falta de suficiente equipo o mano de obra. Por ejemplo, la remoción de nieve o los proyectos de rehabilitación pueden realizarse conjuntamente.</p>
<p><b>3. Contratos de Mantenimiento Separados a Largo Plazo (<i>Long-Term Separate Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Una sola actividad de mantenimiento se subcontrata en muchas áreas, regiones, o incluso todo el país por una larga duración, normalmente más de cinco años, generalmente porque es único o riesgoso. Por ejemplo, es frecuente contratar el mantenimiento del área de descanso hasta diez años.</p>
<p><b>4. Contrato Marco (<i>Framework Contract</i>)</b></p>	<p>Varios contratistas son preaprobados y reciben contratos nominales que los hacen elegibles para la adjudicación de proyectos. El método se denomina a menudo <i>Multi-Agency Contract</i> (MAC) y es utilizado ampliamente por los militares estadounidenses. Algunos estados de Estados Unidos utilizan este modelo para el control de tráfico.</p>
<p><b>5. Contrato de Actividades Moderadamente Combinadas (<i>Moderately Bundled Activities Contract</i>)</b></p>	<p>Actividades de mantenimiento de naturaleza similar y que tengan una secuencia compatible de trabajo se contrata de forma agrupada, como cortar césped, barrer y recolectar basura.</p>



<p><b>6. Contrato de Mantenimiento Parcial Y Competitivo (<i>Partial Competitive Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Un cierto porcentaje de la mano de obra interna se mantiene para llevar a cabo varias tareas de mantenimiento rutinario, mientras que el resto de las actividades se licitan. En este método, la mano de obra interna puede competir en la subasta contra los contratistas para el trabajo. A menudo, el alcance del trabajo es grande y puede incluir todas las actividades de mantenimiento o un paquete muy grande de actividades.</p>
<p><b>7. Contrato de Mantenimiento Rutinario (<i>Routine Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Todas las actividades de mantenimiento rutinario son subcontratadas en un solo contrato. Si se utiliza un sistema de especificaciones de resultado y precio de suma global, el método puede considerarse como <i>Total Asset Management Contract Method</i>. Si se utiliza una especificación basada en métodos y la fijación de precios por unidad, el método puede considerarse como <i>Significantly Bundled Activities Contract Method</i>.</p>
<p><b>8. Contratos de Mantenimiento Integrado (<i>Integrated Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Una combinación de actividades de mantenimiento rutinario y preventivo es contratada en un solo contrato. Si se utiliza un sistema de especificaciones de resultado y precio de suma global, el método puede considerarse como <i>Total Asset Management Contract Method</i>. Si se utiliza una especificación basada en métodos y la fijación de precios por unidad, el método puede considerarse como <i>Significantly Bundled Activities Contract Method</i>.</p>
<p><b>9. Contrato de Actividades Significativamente Combinadas (<i>Significantly Bundled Activities Contract</i>)</b></p>	<p>Se contratan casi todas las actividades de mantenimiento, salvo algunas actividades especiales o únicas. Se utiliza una especificación basada en métodos y precios unitarios para implementar este método.</p>
<p><b>10. Contrato de Gestión por el Total del Activo (<i>Total Asset Management Contract or Performance Specified Maintenance Contract</i>)</b></p>	<p>Este método implica contratar la operación, mantenimiento, actualizaciones y expansión de un activo de la carretera. Se utiliza una especificación basada en el desempeño y un precio único para implementar este método.</p>
<p><b>11. Contrato de Alianza (<i>Alliance Contract</i>)</b></p>	<p>Se selecciona un contratista en base a calificaciones, que tiene la oportunidad de ganar o perder 15% del valor del contrato dependiendo del rendimiento. Este método se lleva a cabo típicamente con especificaciones basadas en el desempeño y una estrategia de precios de costo más un adicional.</p>

<p><b>12. Contrato de Kilómetro o Milla por Mes (Kilometer (or Mile) per Month Contract)</b></p>	<p>Se aplica esencialmente a una sub-red de carreteras pavimentadas que está en buenas condiciones y que se espera que permanezca sustancialmente en esa condición en los próximos años sólo mediante actividades de mantenimiento rutinario, sin obras mayores o rehabilitación. Estos métodos se utilizan ampliamente en ALC, pero no en los Estados Unidos. Se utiliza una especificación basada en el desempeño y un precio fijo para implementar este método.</p>
<p><b>13. Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento (CREMA)</b></p>	<p>Contrato que requiere que los contratistas rehabiliten y posteriormente mantengan una sub-red de carreteras bajo un contrato de precio único por un período de cinco años. Este modelo se originó en Argentina y se utiliza actualmente en ALC. En los Estados Unidos, este método se ha utilizado para rehabilitación y mantenimiento de señales de tráfico. Un sistema basado en el rendimiento y un precio de suma global son necesarios para implementar este método.</p>

Fuente: Menches et al. (2010)

### 3.3 Tipologías de contratos por niveles de servicio

El nivel de complejidad de un PBC puede variar de "simple" a "integral" dependiendo del número de activos y la gama de servicios incluidos. Un PBC "simple" cubriría un solo servicio (por ejemplo, sólo mantenimiento de la luz de la calle) y podría ser concedido por períodos relativamente cortos (varios meses o un año). Por su parte, un PBC "integral" cubriría típicamente todos los activos del corredor vial y comprendería toda la gama de servicios necesarios para administrar y mantener el corredor vial contratado. Dichos servicios incluirían mantenimiento de rutina, mantenimiento periódico, asistencia para accidentes de tráfico, etc. Como las labores de mantenimiento periódico (e.g. *resurfacing*, *re-graveling*) deben repetirse en un cierto período, la duración del contrato es usualmente de tres a diez años.

La rehabilitación no es un componente obligatorio de un PBC "integral". Algunas agencias viales incluyen la rehabilitación como parte del PBC, otros optan por manejar la rehabilitación utilizando métodos tradicionales de contratación.

#### Tipología de *Performance Based Contracts* (PBC) según el estado de la red

Gericke et. al. (2014) realizan una revisión de los diferentes contratos basados en resultados que se utilizan internacionalmente. De su análisis se observa que varios contratos identificados difieren únicamente en el nombre que el contrato recibe localmente, y que los métodos utilizados y los objetivos buscados son los mismos. Encuentran que es posible hacer una diferenciación de los contratos según el estado de la red existente:

1. Carreteras no pavimentadas: Debido a su deterioro relativamente rápido, los niveles de servicio son generalmente difíciles de especificar en el contrato y se centran en las medidas de confort del usuario de la carretera. Si bien existe un problema en torno a la especificación de las medidas de durabilidad apropiadas para caminos sin

pavimentar para dar cuenta de la pérdida de grava, se han implementado con éxito en varios países. Dado que los indicadores de desempeño cambian muy rápidamente en carreteras no pavimentadas (tanto en términos de deterioro como de rectificación), debe tenerse en cuenta este aspecto al evaluar el desempeño y el cumplimiento contractual.

2. Caminos asfaltados en condiciones malas/regulares: Con estas carreteras el foco dentro del PBC es lograr la mejora inicial de la red y el apropiado mantenimiento una vez rehabilitado. La forma del mecanismo de pago requiere un examen cuidadoso para garantizar incentivos adecuados al contratista en la parte de mantenimiento del contrato. El enfoque en estos contratos es a menudo mejorar la calidad de la construcción (no considerando a menudo un enfoque de *whole-of-life-cost*<sup>1</sup>), con el requisito clave de otorgar un período de tiempo suficiente después de la construcción para que cualquier defecto sea corregido por el contratista a su costo. Por ejemplo, los contratos CREMA utilizados en ALC incluyen una fuerte rehabilitación inicial. Estos contratos se denominan a menudo Contratos de Diseño-Construcción-Mantenimiento-Operación-Transferencia (DBMOT, por sus siglas en inglés).
3. Carreteras asfaltadas en buenas/excelentes condiciones: Estas carreteras requieren una inversión inicial relativamente pequeña (si es que existe alguna) para que la red cumpla totalmente con los niveles de servicio requeridos. El objetivo es obtener el mínimo *whole-of-life-cost* (o maximizar la vida de los activos) de los activos gestionados, garantizando al mismo tiempo una condición adecuada al final del plazo del contrato (es decir, asegurando que el activo no se consuma indebidamente durante el plazo del contrato). Con estas características de la red, el pago suele ser un monto uniforme por mes y se centra en los niveles de servicio sostenibles a largo plazo (tanto durante como después del período del contrato), que suelen exigir una serie relativamente uniforme de intervenciones. Para estos contratos se necesita generalmente una sólida comprensión de la gestión de activos para realizar las intervenciones oportunas y gestionar la mano de obra necesaria para entregar el nivel de servicio especificado al menor costo. Estos contratos reconocen que en un momento de tiempo es probable que haya partes de la red con edades y vidas residuales variables, y el enfoque es un nivel de servicio consistente minimizando *whole-of-life-cost*. Esto es distinto del enfoque de DBMOT mencionado antes que típicamente se establece para proporcionar un cambio de nivel en la calidad del servicio y mitigar los riesgos de mala calidad de construcción a través del extenso trabajo inicial.
4. Carreteras parcialmente o totalmente financiadas con fondos privados (APP): Aplicado cuando se requiere una gran inversión de capital (típicamente ampliación de capacidad en lugar de mejoras de condición), y el acceso a fondos y experiencia de privados a través de alguna forma de APP. Gericke et. al. (2014) consideran proyectos de APP para identificar aprendizajes aplicables a la gama de PBC, pero no han realizado un análisis detallado del modelo de contrato.

---

<sup>1</sup> En muchos contratos donde hay una historia de mala calidad de construcción, la vida restante del activo es "descartada" con el fin de proporcionar un programa de obras que se complete en los primeros 1-2 años del contrato, y el resto del período contractual utilizado como mantenimiento, para impulsar una mejor calidad de construcción.

### 3.4 Diagnóstico de los contratos por niveles de servicios

La revisión de literatura efectuada se refiere generalmente a una visión positiva del desempeño de los PBC, siendo escasas las referencias que señalan inconvenientes en su utilización y desventajas de estos. Sin embargo, no se ha encontrado en la literatura una evaluación rigurosa de los PBC respecto a contratos tradicionales. La metodología predominante en la literatura que señala las ventajas de los PBC respecto a los métodos de contratación tradicional se basa mayoritariamente en entrevistas y cuestionarios a autoridades viales o expertos vinculados a la implementación/gestión de los PBC.

En este sentido, Sultana et. al. (2013) realizan una revisión de 62 estudios publicados sobre PBC encontrando los siguientes beneficios en su utilización:

1. **Ahorros de costos:** La revisión mencionada presenta datos de reducción de costos de los PBC para países desarrollados basados en Pakkala (2002) y Frost (2001), a partir de casos de estudio particulares. Sultana et. al. (2013) sugiere que se requiere más investigación y análisis de otros países que utilizan PBC con el fin de determinar el éxito del método en términos de ahorros de costos. Señalan que todavía hay una brecha en la investigación al comparar los ahorros de costos entre métodos tradicionales de contratación y PBC. Por su parte Gericke et. al. (2014) mencionan que los ahorros de costos son difíciles de comprobar ya que rara vez se mantienen los mismos niveles de servicio antes y después de un PBC.
2. **Introducción de innovaciones al sector:** Los estudios lo mencionan como un beneficio potencial sin presentar evaluaciones concretas, el trabajo sugiere la necesidad de investigar si la ventaja se debe al método empleado o al mayor plazo de los contratos PBC.
3. **Reducción de sobrepazos:** Diversos estudios mencionan que la naturaleza del contrato evita los sobrepazos típicos de los contratos tradicionales al impedir adiciones de obras y una adecuada transferencia de riesgos. Los autores señalan que no se presentan evaluaciones concretas.
4. **Reducción de costos administrativos e incrementos de eficiencia del sector público:** No se presentan evaluaciones concretas. A su vez, estudios establecen que la actitud de la autoridad de carreteras hacia el nuevo enfoque en términos de reducción del personal puede ser un tema delicado en la fase inicial de la implementación de PBC en un país. La reducción excesiva del número de empleados puede crear una escasez de experiencia por parte de la agencia vial. Finalmente, mencionan que sería conveniente realizar una encuesta para entender si el ahorro de costos en términos de la reducción del personal de supervisión se traslada al contratista o al sector privado como señala Hardy (2001).
5. **Satisfacción del usuario:** Porter (2005) menciona que en Nueva Zelanda se gasta menos recursos en reparaciones reactivas, los usuarios disfrutan de un mayor nivel de servicio y existe una comprensión mucho mayor de las necesidades futuras del activo a partir del uso de PBC. Por su parte, Queiroz (2011) señala que el uso de PBC en la red de carreteras de Estonia ha disminuido el número de quejas de los usuarios.
6. **Transferencia de riesgo al contratista:** Esto implica un beneficio para las autoridades viales sólo cuando los contratistas sean más capaces de manejar el riesgo (Austroads, 2003 y Hardy, 2001). Los contratistas deben ser capaces de entender adecuadamente los elementos de un PBC y la distribución de riesgos.

7. **Garantía de calidad:** Para tener derecho al pago mensual los contratistas deben asegurarse de que el contrato cumple con los niveles de calidad de servicio que se han especificado en el documento de licitación. Queiroz (2005) sugiere que se pueden seguir cinco requisitos para asegurar un buen nivel de calidad en los PBC: (i) solicitar un sistema de autocontrol del contratista; (ii) inspecciones mensuales formales; (iii) inspecciones de supervisores (formales/informales); (iv) inspecciones de los gerentes de proyectos (formales/informales); y (v) mantener un libro de registro para comentarios o quejas de los usuarios del camino. A su vez, el proceso de licitación de PBC incluye la precalificación de contratistas, asegurando que la evaluación final de la oferta en la subasta no sea superada por proveedores de mala calidad (Hartwig et. al., 2005).
8. **Gestión sostenible del sistema vial y financiamiento de largo plazo:** Diversos organismos internacionales (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], Banco Mundial, etc.) otorgan financiamiento y promueven la utilización de contratos PBC. En países en desarrollo la participación de estos organismos refuerza la confianza por parte de los contratistas en que los pagos serán respetados en plazo. Como señalan los autores, esta ayuda es beneficiosa en una primera etapa de implementación, pero luego es necesario considerar un sistema de gestión autónomo por parte de los países. Gericke et. al. (2014) señalan que, si bien es una ventaja para la red de carreteras dentro del área del PBC, la asignación contractual de fondos a una parte de la red puede resultar en una reducción de financiamiento para el resto de la red. Las agencias viales de Argentina (a través de los contratos CREMA), Liberia y Zambia, señalaron que asegurar un nivel apropiado de financiación a largo plazo era un objetivo primordial de los PBC implementados.
9. **Incremento de flexibilidad:** En los PBC los contratistas reciben flexibilidad en los métodos para alcanzar los niveles de servicio requeridos. Mencionan que esta flexibilidad puede ser apropiada ya sea eligiendo el diseño de ingeniería deseado o utilizando tecnología innovadora.
10. **Incremento de transparencia y reducción de corrupción:** Mumseen y Keny (2007) señalan que, en contraste con los contratos basados en *inputs* u *outputs*, los PBC son relativamente fáciles de supervisar y por lo tanto más transparentes. Sin embargo, no hay evidencia concreta de que los PBC realmente reduzcan la corrupción.

En cuanto a las desventajas de los contratos PBC, Gericke et.al. (2014) provee una enumeración de las mismas a partir de entrevistas y cuestionarios a gerentes de proyectos de 35 contratos PBC que abarcan todas las regiones:

1. **Un proceso de adjudicación más costoso para los oferentes:** Los costos de presentación de ofertas para la industria son mucho más altos que en las licitaciones estándar como resultado de la necesidad de entender mejor los riesgos y el conjunto de habilidades que se ofrecen. Además, dado que la implementación del PBC es a menudo un concepto nuevo, es necesario incorporar un aspecto de calidad significativo a la selección del contratista, ya sea a través de una fórmula de adjudicación basada en calidad-precio del ofertante, o de una lista corta de contratistas antes de recibir las ofertas completas.
2. **Un tiempo de evaluación de ofertas mayor para la agencia vial:** Para asegurar un enfoque en la calidad (atributos no-precio) se debe incluir el uso de un método de evaluación de dos sobres. A diferencia del método de evaluación del "precio más

bajo", en el que potencialmente sólo se necesita evaluar una sola oferta, bajo el sistema de dos sobres, todas las ofertas deben ser evaluadas.

3. **El aumento del costo de tener datos de los activos:** Incluyendo un inventario exacto y la condición histórica. Este requisito es necesario para que el contratista pueda hacer una oferta con precisión y ser consciente de los riesgos. Si bien éste es un requisito general para realizar una adecuada gestión de activos y debe ocurrir independientemente de la implementación de un PBC, éstos últimos obligan a menudo un mayor nivel de inversión en los conjuntos de datos. Si no se hace bien, los problemas de datos pueden conducir a disputas cuando la condición real se verifica (a menudo después de que el contrato se encuentra en ejecución).
4. **Reducción de la competencia:** Puede ser un factor de importancia si no existe trabajo adicional en el mercado para los competidores a los que no se les adjudica el contrato, o a las empresas que no acceden a las exigencias de este tipo de contratos.
5. **Posible pérdida de control y flexibilidad de la agencia:** Por ejemplo, para reasignar fondos en períodos de restricciones fiscales cuando la mayor parte del gasto se encuentra bajo compromisos contractuales a largo plazo. Por otra parte, cuando los riesgos asociados con el desarrollo del programa de obras han sido transferidos al contratista, la agencia puede perder el control de las decisiones de gestión de activos y ser menos capaz de responder a las solicitudes políticas para que las obras se completen en ciertas áreas.

### **La experiencia internacional**

Menches et. al. (2010) señalan que si bien numerosos informes han sido publicados para demostrar el éxito de PBC en muchos estados (Pakkala, 2003; Segal et al., 2003; Stankevich et al., 2005), existen informes que sugieren que los resultados no fueron tan beneficiosos como las agencias han reportado (Ribreau, 2004; Pakkala et. al., 2007).

En su estudio, Pakkala et. al. (2007) mencionan que, en base a las entrevistas realizadas, los contratos PSMC no han producido los resultados satisfactorios esperados en Nueva Zelanda u otros países anglosajones. Los autores no brindan explicaciones concretas mencionando que el motivo puede deberse a la integración del mantenimiento periódico con el mantenimiento rutinario en un solo contrato, y no la duración del contrato.

Por su parte, Bull y Zietlow (2001) recogen la experiencia de ALC en la utilización de estos contratos en su primera fase de implementación. Los autores señalan que los contratos de conservación por niveles de servicio otorgados en ALC incluyen el concepto de gestión, pero en un sentido relativamente restringido y no integral.

## 4. Base de datos

La información para la construcción de la base de datos de Uruguay proviene del Inventario Vial y del Sistema de Relevamiento de Tráfico de Uruguay, realizado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Uruguay (MTO). En este contexto se presenta una descripción de las variables utilizadas y luego se detallan algunos estadísticos descriptivos.

### 4.1 Descripción de variables

La base de datos que ha sido construida para este trabajo consta de 8027 observaciones, que conforman un panel con 13 observaciones temporales y 616 observaciones en corte transversal en promedio<sup>2</sup>.

Para todos los tramos se establecen las variables, que dan cuenta de la regional administrativa a la que pertenecen, su ruta, sección, inicio y fin del tramo, así como su longitud y una breve descripción del mismo.

#### Firme de calzada

Existen dentro del inventario diferentes datos, que refieren al tipo de firme, tanto en calzada como en banquina. No obstante, a los efectos de este trabajo, la tipología de firma de calzada, resulta una de las variables físicas más relevantes. La misma toma diferentes alternativas, en función del material de su capa de rodadura:

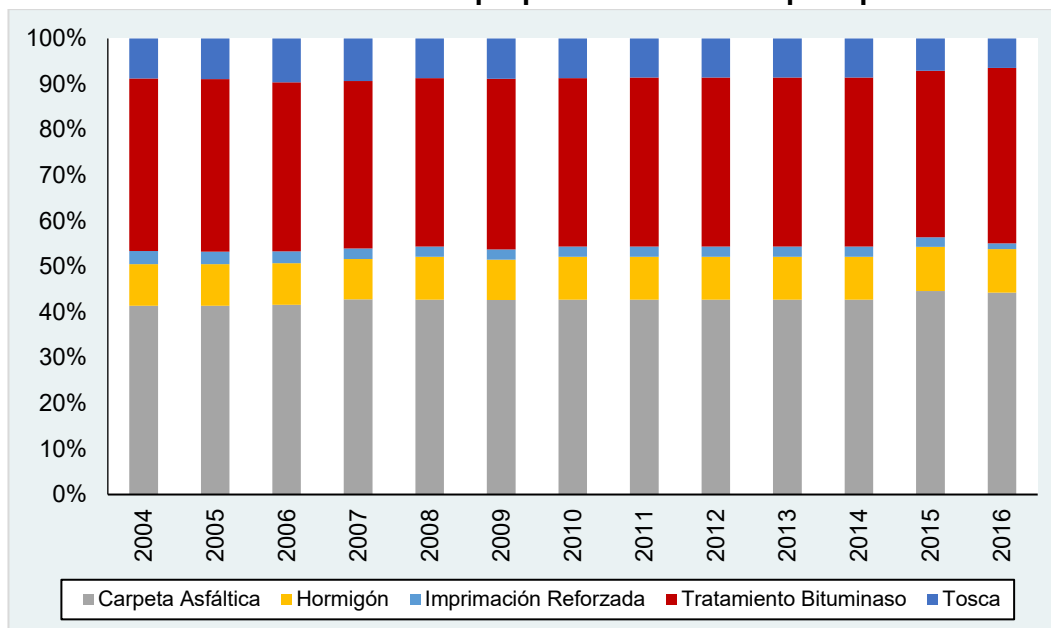
- Carpeta asfáltica
- Hormigón
- Imprimación reforzada
- Tratamiento bituminoso
- Tosca

A continuación, se presenta a través de una representación gráfica la evolución de la cantidad de tramos y de km según el tipo de firme.

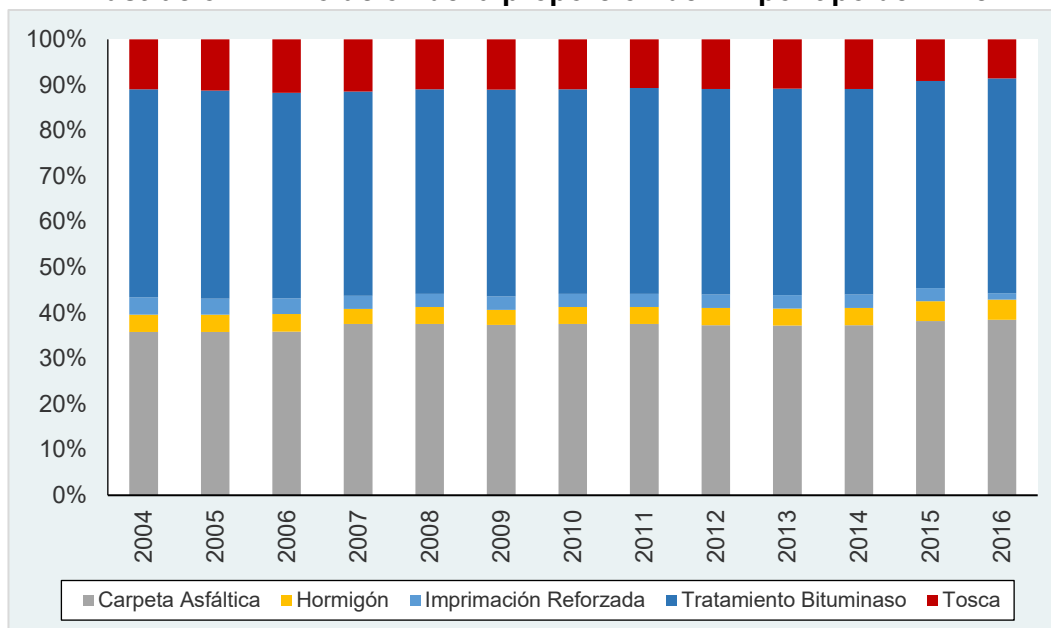
---

<sup>2</sup> Debe tenerse en cuenta, que, si bien la muestra en corte transversal es casi constante en el horizonte temporal evaluado, existen algunos pocos tramos que entran y salen de la muestra a lo largo del período.

**Ilustración 1: Evolución de la proporción de tramos por tipo de firme**



**Ilustración 2: Evolución de la proporción de km por tipo de firme**



Como se observa tanto en la Ilustración 1, como en la 2, los tramos no cambian de material a lo largo del tiempo. Por tanto, la elección de uno de estos materiales no genera un sesgo en el análisis, en virtud de que no existe una decisión endógena o exógena, que haga variar sustancialmente la proporción de tramos por tipo de firme. En cualquier caso, solo se dispone de una muestra considerable para los casos de carpeta asfáltica y tratamiento bituminoso.

### Forma de gestión

Las distintas formas de gestión identificadas en el Inventario Vial para los datos en Uruguay (concesión, gestionados por la Dirección Nacional de Vialidad de Uruguay (DNV), contrato de mantenimiento, entre otros) fueron asignados a dos tipos de contratos: agrupados (donde

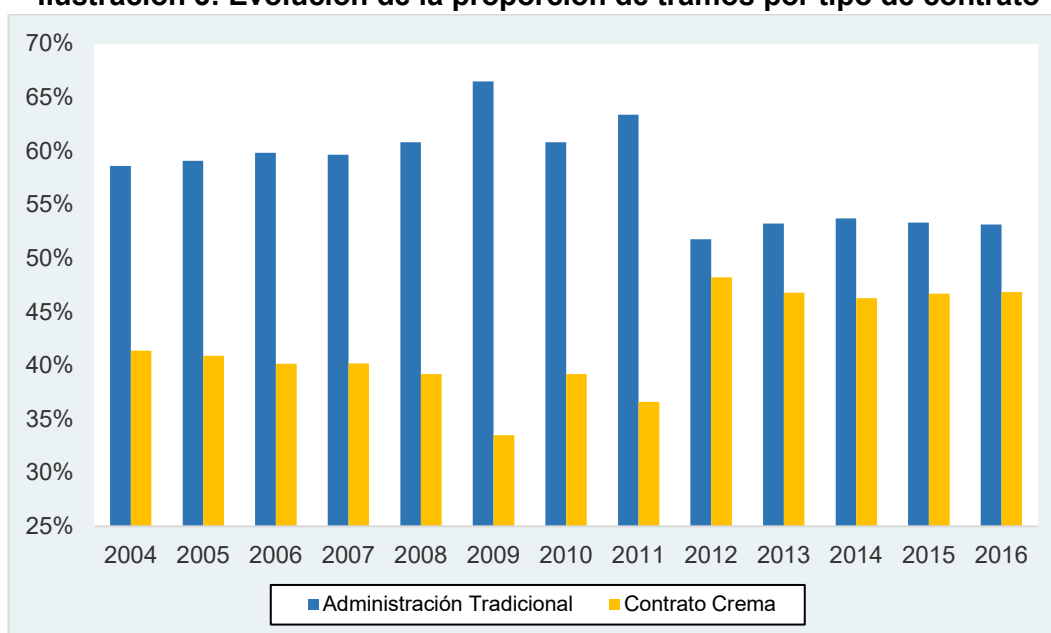


el mismo agente que construye y/o rehabilita es el mismo que mantiene) y no agrupados (donde estos agentes son distintos).

En este sentido, se ha creado una variable binaria llamada CREMA, en donde toma valor uno si la forma de gestión es asemejable a un contrato agrupado y cero en caso contrario. Los casos de contratos no agrupados, en la forma de gestión corresponden a los denominados como forma de gestión compartida o por la DNV. En el contexto de nuestro estudio los tramos bajo contratos CREMA corresponderían al grupo de tratamiento, mientras que los tramos bajo administración tradicional, corresponden al grupo de control.

Como se observa en el siguiente gráfico, hay una representación suficiente de ambos tipos de contratos a lo largo de los años, aumentando de forma notoria luego del 2012 aquellos que se encuentran bajo esquemas agrupados.

**Ilustración 3: Evolución de la proporción de tramos por tipo de contrato**



No obstante, cuando discriminamos por tipo de firme (ver Tabla 2) observamos que existe una proporción semejante solo para el caso de carpeta asfáltica. Los otros dos tipos de firme que podrían ser evaluados son hormigón y tratamiento bituminoso. Para el primero de ellos, como se mencionó anteriormente, no se dispone de un número de observaciones adecuado, y para el segundo, como se verá más adelante, la variabilidad en sus variables de desempeño, están asociadas a elementos no observables en nuestra base de datos, que dificultaría la obtención de resultados eficientes y sin sesgo.

**Tabla 2: Proporción de tramos por tipo de firme y forma de gestión**

	Número total de tramos (2004 - 2016)	Contratos CREMA	Contratos por administración tradicional
<b>Carpeta asfáltica</b>	3.428	58%	42%
<b>Hormigón</b>	743	67%	33%
<b>Imprimación reforzada</b>	184	4%	96%
<b>Tratamiento bituminoso</b>	2.989	28%	72%
<b>Tosca</b>	683	9%	91%

## VARIABLES DE ESTADO

Dentro del inventario se observan cuatro variables que refieren al estado del pavimento a lo largo del tiempo:

- IES: Índice de Estado Superficial
- IRI: Índice de Rugosidad Internacional
- Estado de Conservación
- Estado de Confort

Existe una clara relación física entre todas ellas, con valores correlacionados positivamente en función del estado del pavimento.

El IRI, representa una medida del estado superficial de la capa de rodadura, medida en número de vibraciones horizontales acumuladas por km (m/km). Por lo que a mayor valor de IRI, peor el estado de su capa de rodadura.

El IES, representa una medida del estado de la capa de rodadura, en donde se relevan sistemáticamente por parte del ente regulador, diferentes indicadores del estado del pavimento, como por ejemplo: número de baches, porcentaje de fisuras entre otros. Este indicador toma valores entre cero y 100, siendo 100 que se máxima en todos los indicadores evaluados. El IES, tiene la ventaja de ser relevado como mayor frecuencia que otros indicadores, pero está sujeto a un cierto grado de discrecionalidad por parte del evaluador, ya que muchos de los indicadores que se utilizan para componer el índice provienen de una inspección visual. Por el contrario, el IRI, es una medida obtenida a partir de un instrumento de medición autónomo, y en donde se miden las variaciones en el pavimento como metros por km. Por lo tanto, un número mayor representa, una mayor variabilidad y, por tanto, un peor estado de situación del pavimento.

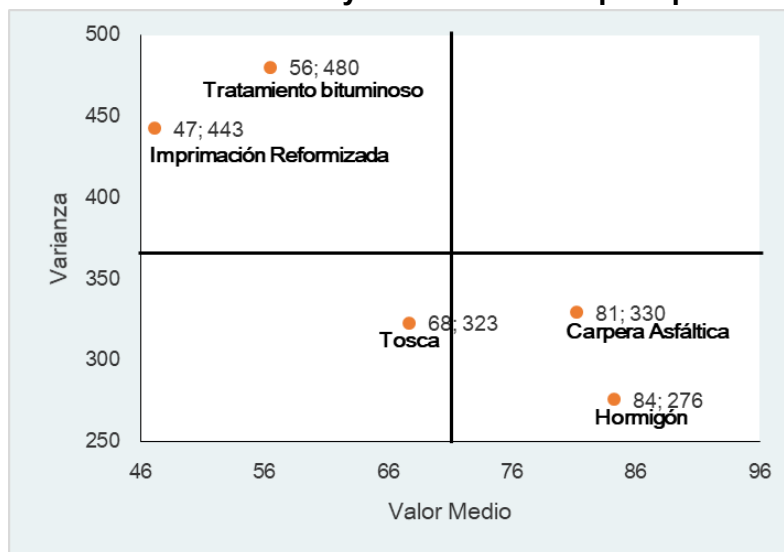
El estado de conservación se categoriza en muy bueno, bueno, regular y malo, según el valor del IES. Asimismo, el nivel de confort, toma los mismos valores, pero en función del IRI y del tipo de pavimento, tal como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 3: Criterios de clasificación del estado de pavimentos según nivel de confort**

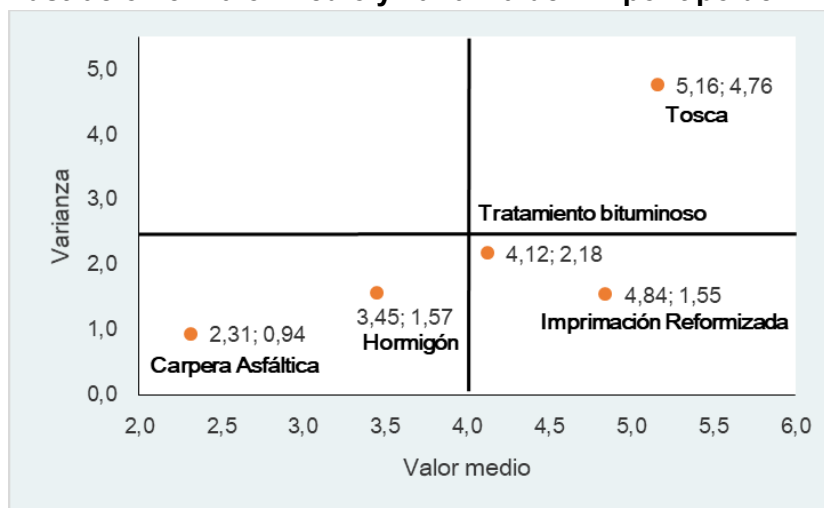
	<b>Carpeta asfáltica</b>	<b>Hormigón</b>	<b>Tratamiento</b>
<b>Muy bueno</b>	IRI<2,3	IRI<2,8	IRI<3,2
<b>Bueno</b>	2,3<IRI<2,8	2,8<IRI<3,6	3,2<IRI<3,9
<b>Regular</b>	2,8<IRI<4,2	3,6<IRI<4,5	3,9<IRI<4,6
<b>Malo</b>	IRI>4,2	IRI>4,5	IRI>4,6

Cuando observamos, tanto en la Ilustración 4 como en la 5, existe una clara clusterización entre los pavimentos de alto estándar (carpeta asfáltica y hormigón) y los de bajo estándar (imprimación reforzada, tratamiento bituminoso y tosca), lo que sugiere elegir los de mejor estándar ya que su comportamiento es más estable para dichos tramos, y por tanto sus variaciones se encuentran mejor representadas por variables observables. Para el caso de los pavimentos de bajo estándar, como ser tosca, tratamiento bituminoso e imprimación reforzada, elementos exógenos no observables, como efectos vinculados al clima en conjunto con mayor tráfico de vehículos pesados, genera cambios relevantes en el estado de la capa de rodadura, que inviabilizan la obtención de resultados robustos, así como generan resultados sesgados por variables no observables.

**Ilustración 4: Valor medio y varianza del IES por tipo de firme**



**Ilustración 5: Valor medio y varianza del IRI por tipo de firme**



Por todo lo anterior, el estudio se centra en pavimentos de capeta asfáltica, en donde no se aprecian los inconvenientes mencionados para otros tipos de firmes.

## 4.2 Estadísticos Descriptivos

### Evolución de las variables de estado

En las siguientes tablas se muestra la evolución de las diferentes variables de estado, para los tramos de carpeta asfáltica.

**Tabla 4: Evolución del IES y del IRI**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>IRI</b>	<b>2,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>2,4</b>	<b>2,5</b>	<b>2,4</b>	<b>2,0</b>	<b>2,6</b>		<b>2,3</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>
AT*	2,9	2,6	3,0	3,0	2,8	2,8	2,8	2,3	2,9		2,3	2,8	2,8
CREMA	2,3	2,5	2,3	2,3	2,1	2,2	2,1	1,8	2,4		2,3	2,0	2,1
<b>IES</b>	<b>80,2</b>	<b>81,9</b>	<b>82,7</b>	<b>81,9</b>	<b>81,4</b>	<b>82,1</b>	<b>81,4</b>	<b>81,5</b>	<b>78,9</b>	<b>82,9</b>	<b>82,5</b>	<b>79,9</b>	<b>78,6</b>
AT*	76,4	81,6	78,1	76,9	74,6	78,0	74,6	75,4	68,2	72,1	70,3	66,5	63,3

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CREMA	83,3	82,5	86,1	85,4	86,7	86,2	86,7	86,3	84,4	88,2	88,6	87,4	87,4

\*AT=Administración Tradicional

**Tabla 5: Evolución del Estado de Conservación (%)**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Muy Bueno</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>	<b>3,8</b>	<b>4,1</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>3,6</b>	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>	<b>3,9</b>	<b>3,5</b>
AT*	1,3	2,5	1,3	1,2	1,2	1,5	1,2	1,3	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4
CREMA	2,3	1,2	2,6	2,6	2,9	2,4	2,9	3,2	3,0	3,8	3,6	3,4	3,2
<b>Bueno</b>	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>2,1</b>
AT*	0,9	1,2	0,9	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	0,6	0,8	0,6	0,7	0,8
CREMA	1,0	0,8	1,1	1,2	0,9	0,9	0,9	0,6	1,3	0,8	1,1	1,1	1,3
<b>Regular</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>
AT*	0,9	0,8	0,7	0,8	1,2	1,2	1,2	0,9	0,8	0,9	1,2	1,2	1,0
CREMA	0,6	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,2	0,4	0,5
<b>Malo</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
AT*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
CREMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
<b>Sin evaluar</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
AT*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
CREMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Cantidad de tramos</b>	<b>7,4</b>	<b>7,4</b>	<b>7,5</b>	<b>7,6</b>	<b>7,7</b>	<b>7,6</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>7,7</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>

\*AT=Administración Tradicional

**Tabla 6: Evolución del Estado de Confort (%)**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2014	2015	2016
<b>Muy Bueno</b>	<b>4,8</b>	<b>3,7</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>6,1</b>	<b>5,6</b>	<b>6,1</b>	<b>7,0</b>	<b>1,5</b>	<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>5,6</b>
AT*	1,5	2,6	1,4	1,3	1,8	2,3	1,8	2,6	0,3	0,8	1,2	1,5
CREMA	3,4	1,1	3,4	3,5	4,2	3,4	4,2	4,5	1,2	3,3	3,1	4,1
<b>Bueno</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>
AT*	0,9	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5
CREMA	0,7	0,5	0,8	1,1	0,6	0,7	0,6	0,4	1,1	0,9	0,5	1,1
<b>Regular</b>	<b>1,7</b>	<b>2,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>1,1</b>
AT*	1,1	1,7	1,1	1,2	1,0	1,1	1,0	0,8	0,6	0,3	0,5	0,8
CREMA	0,6	0,8	0,6	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,5	0,7	0,1	0,3
<b>Malo</b>	<b>0,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>
AT*	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,2	0,1	0,0	0,4	0,5
CREMA	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
<b>Sin evaluar</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>
AT*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,1
CREMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,1
<b>Cantidad de tramos</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>8,7</b>	<b>8,8</b>	<b>8,7</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>8,8</b>	<b>6,3</b>	<b>6,2</b>	<b>9,0</b>

\*AT=Administración Tradicional

Como se observa, existe un buen comportamiento para los tramos en carpeta asfáltica, lo que se refleja en una baja variabilidad para los tramos evaluados. Para los años 2012 y

2013, existe un elevado número de tramos no evaluados, lo que probablemente introduzca un claro sesgo en las estimaciones a realizar.

### Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

En el inventario de tráfico del MTOP, se distingue el TPDA en: autos, ómnibus, vehículos medianos, semi pesados y pesados.

A continuación, se presenta la evolución del tráfico para los tramos en carpeta asfáltica, discriminando por tipo de contrato (administración tradicional y CREMA) y por tipo de vehículo.

**Tabla 7: Evolución del TPDA por tipo de vehículo**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Autos</b>													
AT*	1.168	1.316	1.197	1.362	1.109	1.063	1.228	1.265	1.193	1.271	1.339	1.449	1.447
CREMA	1.828	1.740	1.549	1.600	1.964	2.137	2.108	2.400	2.712	2.839	3.033	3.207	3.301
<b>Ómnibus</b>													
AT*	50	64	43	77	60	63	72	75	61	62	64	65	63
CREMA	87	75	87	93	116	113	137	149	143	145	143	133	134
<b>Medianos</b>													
AT*	98	228	142	177	208	212	231	251	219	238	253	258	278
CREMA	105	244	301	304	346	361	369	410	406	461	501	491	525
<b>Semipesados</b>													
AT*	22	36	23	28	35	38	34	38	28	31	34	30	33
CREMA	42	35	44	44	52	52	49	52	53	59	64	79	78
<b>Pesados</b>													
AT*	58	120	83	104	127	135	150	168	126	139	149	124	142
CREMA	103	105	137	154	176	178	210	233	239	254	280	273	276

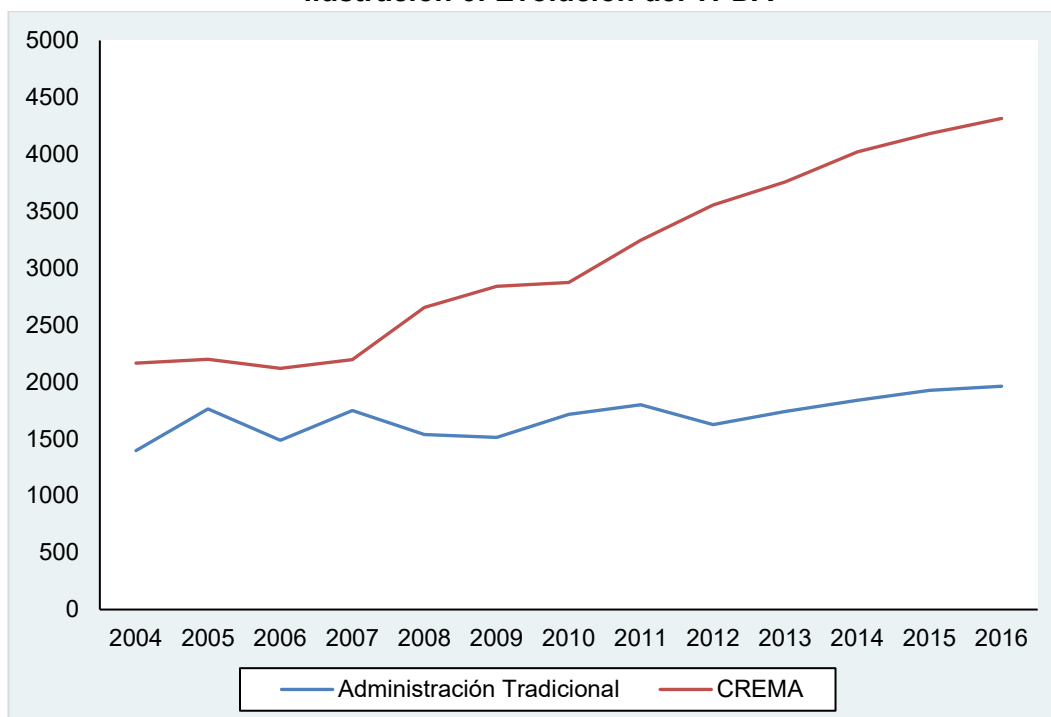
\*AT=Administración Tradicional

**Tabla 8: Evolución del TPDA global**

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AT*	1.396	1.763	1.488	1.748	1.539	1.512	1.715	1.798	1.626	1.741	1.840	1.927	1.962
CREMA	2.165	2.200	2.119	2.195	2.655	2.841	2.873	3.244	3.553	3.758	4.021	4.182	4.315

\*AT=Administración Tradicional

**Ilustración 6: Evolución del TPDA**



Como se observa en las tablas y gráficos anteriores, existe sistemáticamente más tráfico en los tramos bajo contratos CREMA, independientemente del tipo de vehículos, así como también se observa una tasa de crecimiento mayor del tráfico para los contratos bajo gestión agrupada. En principio esto permitiría observar la existencia de una covarianza distinta de cero entre el tráfico y la variable de tratamiento (CREMA).

En la Tabla 11, se presentan los valores de media y desvío estándar por tipo de contrato para todas las variables que serán analizadas econométricamente. Para el caso del tráfico, ya sea medido como TPDA o como millones de ejes equivalentes promedio, los tramos bajo gestión de contratos CREMA, presentan sistemáticamente un mayor flujo vehicular. Lo que supone que existe una asignación al tipo de contrato, que guarda relación con tráfico existente en el tramo.

En relación a las variables vinculadas al gasto, se observa una mayor asignación presupuestal a los contratos CREMA, como se menciona en la literatura. Esto último, sucede por dos motivos, en primer lugar, porque existe un mayor número de ejes equivalentes y por tanto de cargas en los tramos, que implican la necesidad de mayores recursos para mantener el estándar del tramo, así como el hecho de que, dada las características del contrato, existe muy baja flexibilidad para disminuir su gasto inclusive en tiempos de restricciones presupuestales.

**Tabla 9: Estadísticas descriptivas por tipo de contrato**

Variable	Administración tradicional			CREMA			Diferencia en Media
	Obs.	Media	Desvío Estándar	Obs.	Media	Desvío Estándar	
TPDA de Autos	1.383	1.271	1.409	1.859	2.397	2.734	1.126
TPDA de Buses	1.383	64	71	1.859	123	113	58
TPDA de Vehículos medianos	1.383	215	220	1.859	386	341	171

Variable	Administración tradicional			CREMA			Diferencia en Media
	Obs.	Media	Desvío Estándar	Obs.	Media	Desvío Estándar	
<b>TPDA de Vehículos Semi Pesados</b>	1.383	32	31	1.859	57	49	25
<b>TPDA de Vehículos Pesados</b>	1.383	125	116	1.859	212	174	86
<b>Ejes Equivalentes Promedio (millones)</b>	1.383	0,28	0,21	1.859	0,48	0,32	0,20
<b>Proporción de tramos en obra</b>	1.387	11%	31%	1.872	15%	35%	3%
<b>Proporción de tramos como corredor internacional</b>	1.387	41%	49%	1.872	65%	48%	24%
<b>Proporción de tramos como Primarios</b>	1.387	13%	34%	1.872	28%	45%	15%
<b>Proporción de tramos secundarios</b>	1.387	27%	44%	1.872	3%	18%	-24%
<b>Proporción de tramos terciarios</b>	1.387	18%	39%	1.872	3%	18%	-15%
<b>Mantenimiento Rutinario (Miles de USD por km)</b>	1.387	2,46	2,97	1.872	7,27	6,59	4,81
<b>Proporción de tramos en mantenimiento mayor</b>	1.387	3%	16%	1.872	1%	11%	-1%
<b>Mantenimiento Total Promedio (USD)</b>	1.383	15.799	64.701	1.861	76.432	87.074	60.634
<b>Índice de Estado Superficial (IES)</b>	1.374	75	19	1.862	86	15	12
<b>IRI Medio</b>	1.218	2,75	1,06	1.608	2,17	0,51	-0,58
<b>Longitud promedio</b>	1.387	12.704	8.944	1.872	12.117	9.017	-587
<b>Porcentaje de observaciones</b>	43%			57%			

En términos del tipo de la clasificación de los tramos (corredores internacionales, red primaria, red secundaria y red terciaria), existe una mayor asignación de contratos CREMA a corredores internacionales y red primaria, en detrimento de los tramos en red secundaria y terciaria.

Por último, las dos variables de estado de pavimento que serán analizadas para evaluar las ganancias de eficiencias en la agrupación de contratos, el IRI Medio y el IES, muestran un mejor desempeño para los CREMA, en comparación con aquellos gestionados por administración tradicional.

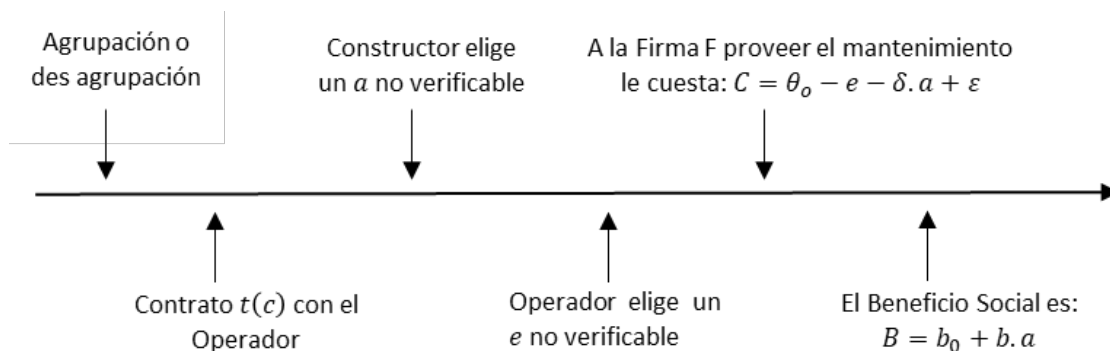
El centro de la discusión económica en la asignación de este tipo de contratos, tiene como pregunta de estudio, entender si esas mejoras en el desempeño de las variables físicas, se explica por elementos observables como la mayor asignación presupuestal, o responden a un mejor desempeño por la agrupación de contratos. En el próximo capítulo, se presenta el marco teórico que fundamenta el mejor desempeño de los contratos agrupados.

## 5. Marco Teórico

A continuación, se desarrollan los fundamentos teóricos que explican las implicancias en la agrupación de contratos, dicho desarrollo está basado en los trabajos de Demsetz (1968), Hart (2003) y Iossa y Martimort (2015).

El caso más general de contratos agrupados y bajo niveles de servicio, lo representan los contratos del tipo Diseño, Construcción, Financiamiento, Operación y Transferencia (DBFOT, por sus siglas en inglés). Bajo este tipo de contratos, el diseño, la construcción, el financiamiento, y la operación del proyecto son contratados a una única empresa o consorcio (en adelante “F”), para luego ser transferida dicha infraestructura al sector público al finalizar el plazo del contrato. De este modo, el modelo que se presenta a continuación explora las ventajas o desventajas de agrupar las tareas de construir/diseñar la infraestructura y operarla, o si en su lugar es más conveniente que sean desagrupadas y contratadas a dos firmas separadas (un constructor y un operador independiente).

Para ello, se presenta un modelo básico de contratación en un entorno de multitareas en el cuál la firma F es aversa al riesgo y elige realizar esfuerzos inobservables en reducción de costos y mejora de calidad. Mientras que el gobierno (en adelante “G” es neutral al riesgo y se supone que maximiza una función de bienestar social esperada, definido como el beneficio social esperado de los servicios netos de los costos y de los pagos realizados a la firma F. El juego de contratación se desarrolla como se describe en la siguiente línea de tiempo:



Donde

$t(c)$  es el valor del contrato de operación

$C$  es el costo efectivo del mantenimiento

$\delta$  es el costo de mantenimiento

$b_0$  es el valor social en ausencia de esfuerzos

$b$  es el valor social marginal de la infraestructura

$\theta_0$  es el costo innato del servicio (relacionado a la tecnología utilizada)

$a$  es el nivel de esfuerzo en mejorar la calidad de la construcción

$e$  es el nivel de esfuerzo en reducir costos operativos

La delegación de los servicios al sector privado toma lugar en un entorno de riesgo moral en donde  $a$  y  $e$  son no verificables. Asimismo, el beneficio social  $B$  es también difícilmente verificable. Solo los costos operativos  $C$  son observables y pueden ser usados ex ante cuando G y F firman el contrato.



La firma encargada de la construcción de la infraestructura elegirá un nivel de esfuerzo en la calidad constructiva ( $a$ ) que le sea óptimo. Para esto se trabaja bajo el supuesto de que el constructor recibe un pago fijo por la construcción de la infraestructura. La justificación de este supuesto es que el G tiene una habilidad limitada para comprometerse a futuras recompensas al constructor y que no puede postergar el pago por la entrega de la infraestructura. Si el pago por la infraestructura ya está pactado de antemano, entonces no hay incentivos para que el constructor quiera hacer esfuerzo  $a$  en mejorar la calidad por encima de lo establecido en el contrato. Por lo que  $a_u = 0$  ( $u$  refiere a unbundling que significa des agrupado). En ese caso, el constructor no realiza ningún esfuerzo para reducir los costos globales de la infraestructura. Para el caso de la firma encargada de la operación del servicio de la infraestructura, se maximiza su función de utilidad en términos de reducir los costos operativos ( $e$ ). Iossa y Martimort (2015) demuestran que  $e_u$  (el esfuerzo en reducir costos operativos bajo contratos desagrupados) es menor al  $e$  de primer óptimo u óptimo social. El argumento para que el esfuerzo realizado por el operador sea de segundo óptimo (nivel de esfuerzo menor al de primer óptimo), es que es costoso para el gobierno proveer los incentivos necesarios para que el agente esté dispuesto a soportar más riesgo.

Los esfuerzos en mejorar la calidad y esfuerzos en la operación de la infraestructura tienen costos monetarios para el agente. Por simplicidad, estos costos pueden estar dados respectivamente por las funciones cuadráticas de des utilidad  $\varphi(a) = \frac{a^2}{2}$ , y  $\psi(e) = \frac{e^2}{2}$ .

Los niveles de primer óptimo de esfuerzo, corresponden a los siguientes parámetros  $a^{FB}$  y  $e^{FB}$ , que representan los niveles de esfuerzo que podrían ser alcanzados, habiendo sido estos esfuerzos observables y contratables. En el primer óptimo, el agente averso al riesgo está completamente asegurado por el G (que es neutral al riesgo), mediante un contrato que incorpora sobrecostos. Dado que la autoridad pública puede manejar una subasta competitiva para atraer potenciales proveedores del servicio, asumimos que G tiene todo el poder de negociación ex ante y elige fijarle una tasa al proveedor del servicio de forma que para este sea indiferente producir el servicio u obtener su utilidad de reserva en su actividad alternativa más cercana, normalizada a cero. Además, este contrato también induce a la firma a elegir los niveles de esfuerzo de primer óptimo definido como:

$$(a^{FB}, e^{FB}) = \underset{a, e}{\operatorname{armax}} b_0 - \theta_0 + (b + \delta)a + e - \frac{a^2}{2} - \frac{e^2}{2} = (b + \delta, 1)$$

El nivel de esfuerzo de primer óptimo en mejorar la calidad,  $a^{FB}$  involucra un *trade off* entre el valor social marginal del esfuerzo (incluido el impacto en los costos operativos  $\delta$ ), y el valor social del servicio ( $b$ ), con su costo marginal ( $a$ ). El nivel de esfuerzo de primer óptimo en reducir costos operativos  $e^{FB}$  involucra un *trade off* entre el beneficio marginal de bajar los costos operativos, con su desutilidad marginal monetaria  $e$ .

Bajo la óptica del principal (administración pública contratante),  $(a^{FB}, e^{FB})$ , maximizan el bienestar social, mientras que bajo las asimetrías de información existentes en el principal y el agente, este último tiene claros incentivos a maximizar su rentabilidad privada, minimizando los esfuerzos no observables ( $a$  y  $e$ ) luego de firmado el contrato de construcción.

Una de las soluciones al problema de riesgo moral que se plantea, consiste en que el principal le proponga un contrato agrupado por niveles de servicio en donde el agente no

tenga incentivos a no realizar el mayor esfuerzo en reducir costos, ya que será el mismo agente el responsable en gestionar el contrato de operación.

## 6. Estrategia empírica

Los contratos CREMA consisten en la rehabilitación del pavimento y la ejecución de tareas de mantenimiento rutinario, de forma tal de lograr sostener determinado nivel de servicio definido en el contrato. La gestión de este tipo de contratos se realiza a través de la evaluación de las características del pavimento, usualmente observadas a través del IRI específicamente y del IES en forma global.

El deterioro del pavimento obedece a su consumo dado por: (i) el tránsito; (ii) las condiciones del clima; y (iii) a su condición estructural inicial, sin pérdida de generalidad, se puede asumir que estas son variables exógenas del problema en análisis. Otros dos aspectos importantes en la evolución de la estructura del pavimento y por tanto en la variación del IRI son: (i) la estrategia adoptada para la rehabilitación y mantenimiento, en términos de las características constructivas y la programación de las actividades; (ii) la asignación de recursos; y (iii) la calidad de la ejecución propiamente dicha. La estrategia de gestión y el presupuesto asignado son claramente variables exógenas, ya que están asignadas previamente y configuran un efecto fijo a los efectos de su modelación.

Por el contrario, el esfuerzo en la calidad de la ejecución realizado por el ejecutor, es la variable endógena del problema en análisis. Entonces, la evolución de las variables de estado (IRI, IES) corregidas por las variables exógenas representarían un proxy de los esfuerzos no observables,  $a$  y  $e$ , mencionados en la sección anterior. La diferencia en las variables de estado, para tramos comparables de la red vial nacional, estaría mostrando las diferencias de desempeño entre los contratos CREMA y los tramos bajo administración tradicional.

A los efectos de tratar de forma adecuada la posible endogeneidad que pueda existir en el problema bajo análisis y dado que se dispone de un panel de datos por tramo, se pretende estimar un modelo en datos de panel de efectos fijos. Este enfoque permite tratar la endogeneidad parcialmente por tramos y en el tiempo.

El modelo teórico utilizado se representa en la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_t + \beta_1 TC_{it} + \beta_2 TR_{it} + \beta_3 VD_{it} + \beta_4 GM_{it} + \beta_5 X_{it} + \varepsilon_{it}$$

Donde

$y_{it}$ : Variable de estado del pavimento correspondiente al tramo  $i$  en el momento  $t$

$\alpha_i$ : Efecto fijo por tramo

$\beta_t$ : Efecto fijo temporal

$TC_i$ : Tipología de contrato en el tramo  $i$  en el momento  $t$  (1 = CREMA, 0 = Administración Tradicional)

$TR_{it}$ : Tráfico del tramo  $i$  en el momento  $t$

$VD_{it}$ : Vida de diseño de la obra inicial del tramo  $i$  en  $t$

$GM_{it}$ : Gasto en mantenimiento del tramo  $i$  en el momento  $t$  ajustado por ancho de carril

$X_{it}$ : Otras características observables del tramo  $i$  en el momento  $t$

$\varepsilon_{it}$ : Ruido blanco del tramo  $i$  en el momento  $t$

A los efectos de las estimaciones econométricas, se estimarán distintos modelos, donde el tráfico esté representado tanto por los ejes equivalentes, como por el TPDA del tramo. La

vida de diseño, se asume uniforme al cabo de toda la red de carpeta asfáltica, lo que supone que las obras se realizan para el mismo horizonte temporal, dado los ejes equivalentes proyectados, por lo que su efecto estaría siendo captado por la constante del modelo, con lo que  $VD_{it} = VD_i$ .

En el caso del gasto en mantenimiento, como se mostró en la Sección 4, se dispone del gasto anual por tramo correspondiente a mantenimiento rutinario, y los momentos en que se realizan intervenciones mayores, con lo que el mantenimiento mayor se representa como una variable binaria, que toma valor uno cuando se ejecuta un mantenimiento mayor, y cero en caso contrario.

La utilización de variables binarias para aproximar las obras y los mantenimientos mayores, representa una ventaja más que una limitante. Esto último, es debido a dos factores, en primer lugar, dado que la información de diseño de las obras de rehabilitación y/o mantenimiento mayor, no se encuentran sistematizadas, la variable binaria permite recoger el efecto medio, interpretándose esa variable en la estimación econométrica como la proporción de tramos que se encuentran en obra y/o mantenimiento mayor. Además, los valores de obras, están sujetos a reglas de fijación de precios en un mercado oligopólico, que como sugiere la literatura especializada, pasan por períodos de colusión y no colusión, generando una gran distorsión y variabilidad en los precios ofertados.

## 7. Enfoque econométrico

Este Capítulo aborda las técnicas de evaluación de impacto utilizadas en el marco de este trabajo. En primer lugar, se define la inferencia causal y se establecen las definiciones de grupo de tratamiento y control. Posteriormente se definen los parámetros para medir el impacto y se analizan los problemas a la hora de estimarlos. Finalmente se definen distintas formas de abordar el problema. Para cada uno de los casos se describen las metodologías utilizadas en cada situación.

### 7.1 Inferencia causal

La mayoría de las preguntas de políticas involucran relaciones de causa y efecto. La pregunta básica de la evaluación de impacto es esencialmente un problema de inferencia causal (Gertler et ál, 2011). Determinar que una relación es causal entre dos variables no es sencillo ya que deben aislarse los demás factores que puedan estar teniendo un impacto en simultáneo en la variable de resultado.

Para atribuir causalidad se utilizan los métodos de evaluación de impacto, que descartan la posibilidad de que cualquier factor distinto del de interés explique el impacto observado.

El objetivo clave de la evaluación de impacto es identificar un grupo de tratamiento (grupo de tramos que participan en un programa que se quiere evaluar, por ejemplo) y un grupo de control (grupo de tramos que no participan en el programa) estadísticamente idénticos en ausencia del programa. Si los dos grupos son iguales, a excepción de que uno de ellos es tratado y el otro no, cualquier diferencia en los resultados se deberá únicamente al tratamiento.

La comparación de estos grupos es válida si se realiza en el mismo momento temporal, una comparación antes del tratamiento respecto a lo que sucede posteriormente no sería adecuada ya que existen otros factores que pueden estar confundiendo el efecto. Del mismo modo, la mera comparación entre tramos de un grupo de tratamiento y un grupo de control no es válida si no se corrigen las diferencias pre-existentes entre ambos (Gertler et ál, 2011).

### 7.2 Definición de parámetros para medir impacto

La medición del efecto causal consiste en medir el impacto del tratamiento/programa sobre un conjunto de variables de resultado en un conjunto de tramos. En este sentido, el efecto causal se determina midiendo la diferencia entre la variable de resultado del tramo tratado y la variable de resultado que habría obtenido ese mismo tramo en el caso hipotético de no haber sido tratado (condición de control). Esta diferencia es lo que se conoce como efecto del tratamiento. El problema fundamental que surge al intentar medir este efecto es que no se pueden observar<sup>3</sup> de forma simultánea ambos resultados para el mismo tramo en el mismo momento del tiempo.

Formalmente, se define el indicador de tratamiento como  $D_i$ , esta variable vale uno si el tramo se encuentra en el grupo de tratamiento y cero si se encuentra en el grupo de control. Las variables de resultado se definen como  $Y_i(D_i)$ , es decir,  $Y_i(1)$  es la variable de resultado

---

<sup>3</sup> Se entiende que una variable es observada si la información existe y está registrada en los datos.

si el tramo es tratado y  $Y_i(0)$  es la variable de resultado si el tramo no es tratado. El efecto del tratamiento para un tramo  $i$  en un momento dado del tiempo se puede escribir como:

$$\tau_i = Y_i(1) - Y_i(0)$$

Únicamente uno de los dos resultados potenciales  $Y_i(1)$  o  $Y_i(0)$  se observa para cada tramo, pero no es posible observar ambos. Sólo se observa en los datos  $Y_i(1)$  si  $D_i=1$  y  $Y_i(0)$  si  $D_i=0$ . En este sentido, no es posible observar  $Y_i(1)$  si  $D_i=0$  (la variable de resultado con tratamiento si el tramo no fue tratado), así como tampoco se observa el resultado en ausencia del tratamiento si el tramo fue efectivamente tratado, es decir,  $Y_i(0)$  si  $D_i=1$ . Por tanto, el resultado observado se puede escribir como:

$$Y_i = D_i Y_i(1) + (1 - D_i) Y_i(0) = \begin{cases} Y_i(1) & \text{si } D_i = 1 \\ Y_i(0) & \text{si } D_i = 0 \end{cases}$$

Debido a que uno de los dos resultados no es observable para cada tramo  $i$ , no es posible estimar el efecto individual del tratamiento. Por lo tanto, es preciso medir el Impacto Promedio del Tratamiento (ATE, por sus siglas en inglés) en la red vial:

$$\tau_{ATE} = E(\tau_i) = E[Y_i(1) - Y_i(0)]$$

Este parámetro mide el impacto promedio del tratamiento en toda la red vial, tanto para los tramos que son tratados como para aquellos que no lo son.

Por otra parte, es posible medir el Impacto Promedio del Tratamiento sobre los Tratados (ATT, por sus siglas en inglés). Este parámetro captura la diferencia entre la media de la variable de resultado en el grupo de tratamiento y la media que hubieran obtenido los tratados si no hubieran estado en el grupo de tratamiento.

$$\tau_{ATT} = E(\tau_i | D_i = 1) = E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 1]$$

El segundo término de la ecuación constituye un resultado hipotético, es el valor esperado de la variable de resultado en el grupo de tratamiento en ausencia del tratamiento, constituye el contrafactual. Una posibilidad podría ser considerar el resultado de los no tratados:  $E[Y_i(0) | D_i(0)]$ . El principal objetivo de la evaluación de impacto es determinar las condiciones bajo las cuales esta aproximación es válida de utilizar como contrafactual. Si la variable de resultado en ausencia del tratamiento es idéntica para ambos grupos, este término se podría utilizar como contrafactual.

La comparación de medias para determinar  $\tau_{ATT}$  se puede visualizar según el método de regresión de la siguiente manera:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 X_i + u_i$$

Donde  $Y_i$  es la variable de resultado,  $D_i$  es una variable binaria que toma el valor de uno si el tramo es tratado y cero si no lo es,  $X_i$  representa características observables del tramo y  $u_i$  es el término de error, que recoge las variables observadas y no observadas que determinan la variable de resultado aparte de  $D_i$ .

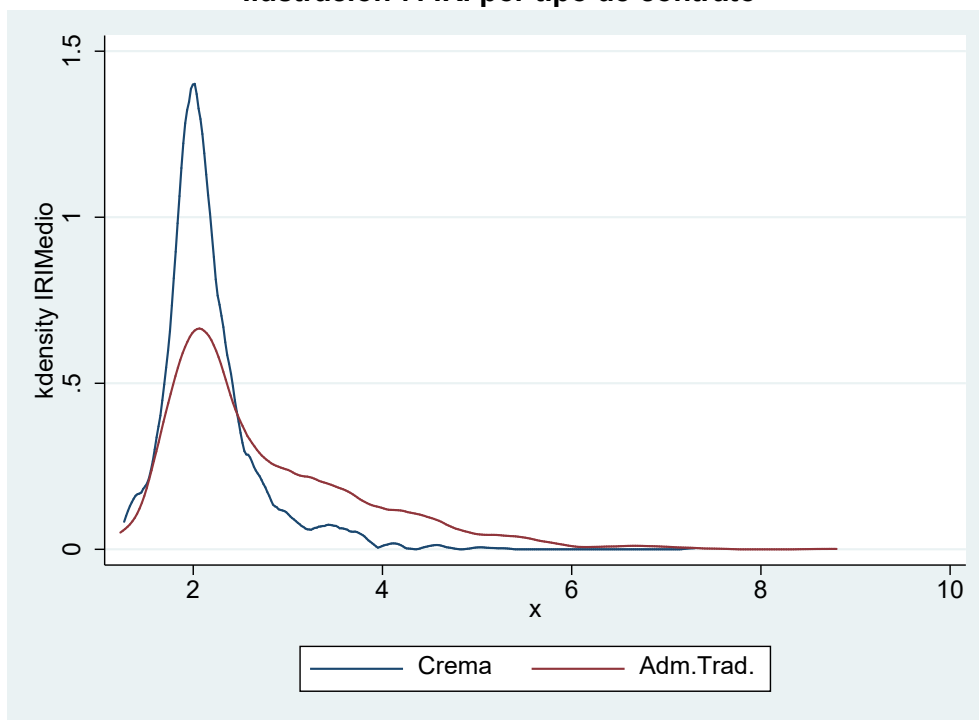
Si no existe sesgo de selección, entonces no existe correlación entre el indicador de tratamiento y el término de error, ya que la participación es independiente de las

características de los tramos, y por ende  $E[Y_i(0)|D_i(0)]$  es una aproximación adecuada de  $E[Y_i(0)|D_i = 1]$ . Este supuesto se conoce como independencia condicional ( $E(u_i|D_i) = 0$ ) y significa intuitivamente que los tramos de ambos grupos no son sistemáticamente distintos. Si este supuesto se cumple, el estimador de  $\beta_i$  por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) es consistente e insesgado. Este parámetro se interpreta como el efecto del tratamiento.

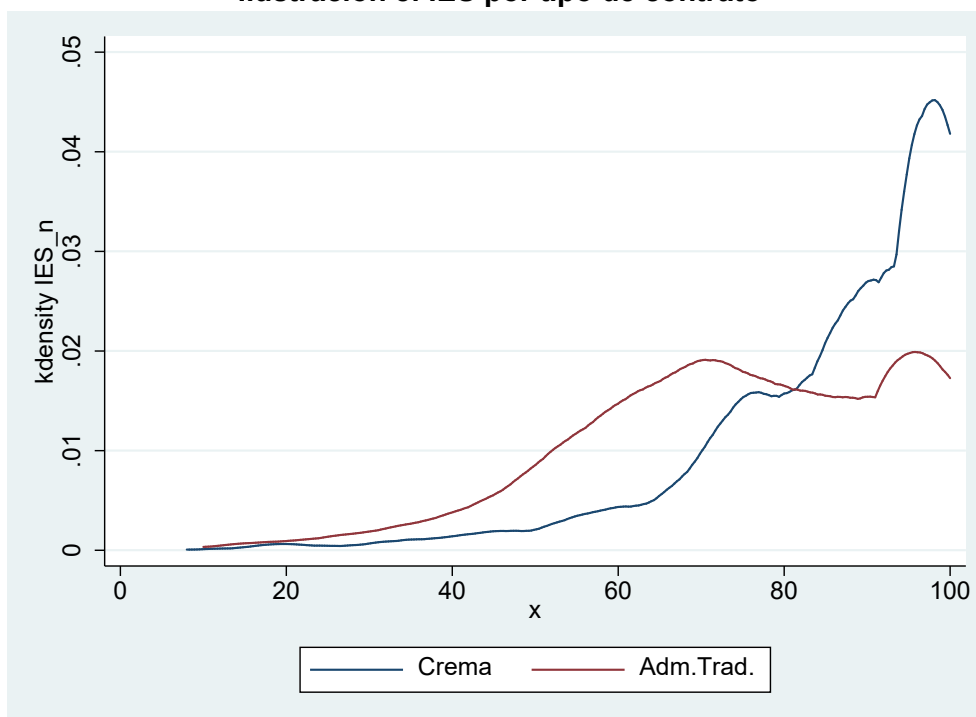
Esto nos lleva a preguntarnos si las características del tramo que explican la asignación al tipo de contrato se encuentran o no en la base de datos analizada en la Sección 4 del documento. En el caso de los proyectos con riesgo de demanda, resulta bastante evidente que el tráfico sea una variable que explica la asignación a un tipo de contrato.

Sin embargo, para contratos CREMA o contratos por pagos por disponibilidad (cada vez con mayor uso como mecanismo para financiar e implementar infraestructuras), la asignación del tipo de contrato, no resulta tan evidente, ya que como se muestra en las siguientes ilustraciones, la probabilidad de asignación de cada tipo de contrato es relativamente similar, si lo observamos desde la óptica de ambas variables de estado que serán analizadas, lo que no nos permite descartar la existencia de sesgo por no observables.

**Ilustración 7: IRI por tipo de contrato**



**Ilustración 8: IES por tipo de contrato**



### 7.3 Asignación no aleatoria

En ciertas circunstancias, los datos disponibles no provienen de una asignación aleatoria al tratamiento, generando un sesgo de selección sobre los tramos. Para poder identificar el efecto causal es necesario encontrar un contrafactual adecuado, existen distintas metodologías con distintos supuestos que permiten solucionar el problema del sesgo de selección.

Las metodologías que se describen a continuación son *Propensity Score Matching* (PSM) y Variables Instrumentales (VI). La utilización de cada una de ellas depende de la calidad de los datos y de las características del estudio en particular.

### 7.4 Propensity Score Matching (PSM)

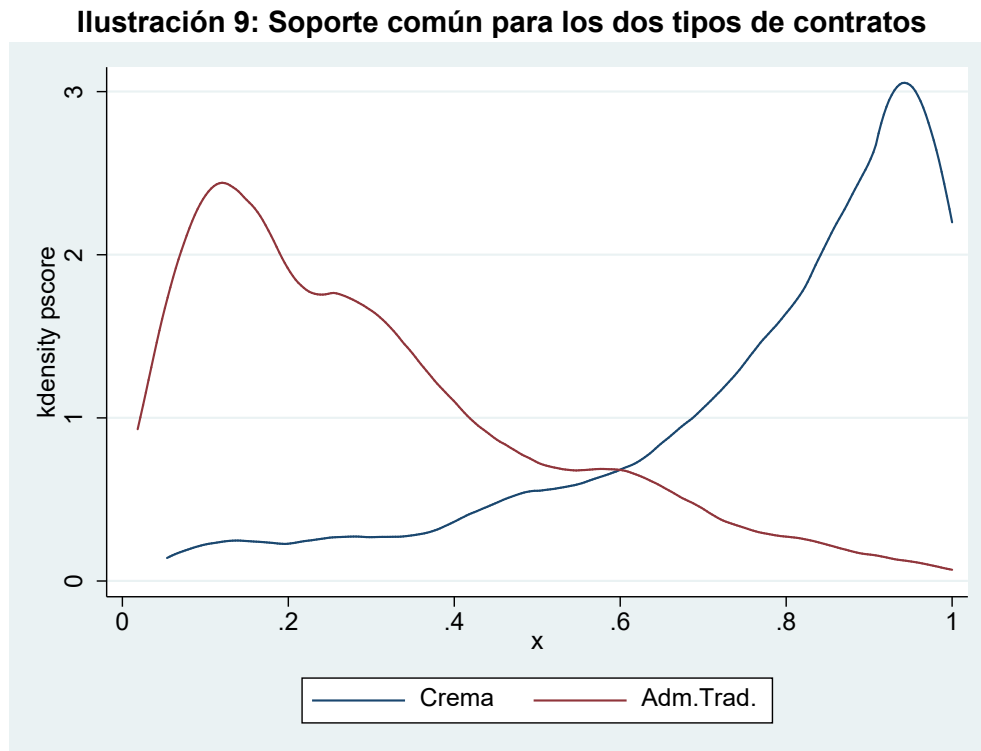
La estimación de impacto a través de este método se basa en el supuesto de que la selección del grupo de tratamiento se basa únicamente en variables observables, es decir, variables inobservables. Este supuesto se denomina en la literatura como condición de Independencia Condicional (CI). En este sentido, el modelo PSM plantea que todas estas variables que afectan simultáneamente la asignación al tratamiento y los resultados potenciales son observadas e incluidas en el modelo que se estima. De esta forma, calcular el efecto causal como la diferencia en el promedio de las variables de resultado del grupo de tramos en tratamiento y del grupo de tramos de control, condicionando en las variables observadas, genera una estimación insesgada del efecto verdadero del programa (Gertler et ál.,2011).

La metodología se basa en encontrar un “clon” de cada tramo tratado en el grupo de control y comparar ambas variables de resultado. La similitud de los tramos se basa en que tengan las mismas características observables  $X$ . De esta forma, ambos grupos serían “comparables” porque en determinadas variables observables son similares.



El método se basa en la condición de Soporte Común (SC) que consiste en que tramos con las mismas características observables tienen probabilidad positiva de ser tratados o estar en el grupo de control. Esta condición implica que únicamente se utilizan para la estimación del efecto causal tramos del grupo de control que tengan probabilidades de participación similares a las que tienen en el grupo de tratamiento (Bernal y Peña, 2011).

Como se observa en el siguiente gráfico, existe SC para los tramos de la muestra estudiada.



El estimador ATT es:

$$\tau_{ATT}^{PSM} = E_{(P(X)|D = 1)}\{E[Y(1)|D = 1, P(X)] - E[Y(0)|D = 0, P(X)]\}$$

Donde  $E_{(P(X)|D = 1)}$  es el valor esperado con respecto a la probabilidad de participación  $P(X)$ .

El estimador ATT para este modelo es la diferencia media en las variables de resultado, entre ambos grupos en el soporte común, ponderada por la distribución de la probabilidad de participación (o *propensity score*) en el tratamiento de los tratados.

Una ventaja de utilizar este método es que no se necesita información de línea de base. Los resultados son confiables siempre y cuando no existan razones que den lugar a pensar que hay diferencias entre ambos grupos en variables no observables. Rosenbaum y Rubin (1983), muestran que si emparejar con base en un conjunto de  $X$  genera estimadores consistentes, entonces emparejar en  $P(X)$  también genera estimadores consistentes de la asignación del programa.

## 7.5 Método de Variables Instrumentales (VI)

El método de VI es muy utilizado a efectos de subsanar el problema de selección en variables inobservables. En otras palabras, esta estrategia permite controlar por este tipo de variables y realizar una comparación adecuada entre el grupo de tratamiento y el de control.

Para explicar esta metodología se considera la siguiente regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_i + \beta_2 X_{1i} + \dots + \beta_{K+1} X_{Ki} + u_i$$

Donde  $Y_i$  es la variable de resultado,  $D_i$  es el indicador de participación en el grupo de tratamiento,  $X_{1i}$  a  $X_{Ki}$  son variables observables y  $u_i$  es un término de error que contiene elementos no observados que determinan la variable de resultado pero que no están contenidos en el vector  $X_i$ .

Podría ocurrir que  $D_i$  estuviera correlacionada con el término de error. Si este es el caso, las estimaciones por MCO no serían insesgadas ni consistentes, y se estaría asignando al efecto causal otros factores que determinan en simultáneo a la variable de resultado y a  $D_i$ .

El método de variables instrumentales implica definir una variable instrumental ( $Z$ ) que cumpla dos requisitos:

- i) Relevancia del instrumento:  $Cov(D_i, Z_i) \neq 0$
- ii) Restricción de exclusión (exogeneidad del instrumento):  $Cov(u_i, Z_i) = 0$

La condición (i) implica que el instrumento elegido tiene buen poder de predicción de la participación en el grupo de tratamiento. Por otra parte, la condición (ii) establece que el instrumento no debe explicar los determinantes no observados de la variable de resultado ni tener un efecto directo sobre la misma. El único efecto que puede tener es indirecto a través del tratamiento (Greene, 2003).

Es importante resaltar que el efecto causal se identifica a partir de un subconjunto de tramos cuyo comportamiento se ve afectado por la variable instrumental, y no a partir de la totalidad de los tramos de la muestra disponible. En este sentido, el estimador de variables instrumentales estima el Efecto Promedio Local (LATE, por sus siglas en inglés) del programa y no el Efecto Promedio (ATE) del programa.

La limitación de esta metodología reside en la dificultad de encontrar instrumentos que cumplan la condición de exogeneidad y lograr su verificación. Si no se cumplen los supuestos, el estimador de variables instrumentales no es consistente ni insesgado. Otro problema que se menciona en la literatura es que, si el instrumento es débil en cuanto a su poder predictivo de la variable a instrumentar, el estimador de variables instrumentales puede incluso amplificar el sesgo de las estimaciones por MCO (Bernal y Peña, 2011).

Además, en el caso de que existan efectos heterogéneos, el instrumento debe cumplir el supuesto adicional de monotonicidad. Este supuesto implica que el estatus de tratamiento,  $D_i$  es una función monótona creciente del nivel de  $Z_i$ . Por ejemplo, para el caso en que se utiliza la asignación aleatoria como instrumento, esta condición requiere que si un tramo no participó en el tratamiento cuando salió efectivamente sorteado, tampoco lo haría si no hubiera ganado el sorteo.

## 8. Resultados

Tal como se desarrolló en el Capítulo anterior se estimaron modelos por MCO, PSM y VI, obteniéndose resultados significativos y conforme a la teoría para los dos primeros métodos.

En todos los casos, se estimaron ecuaciones incorporando la dimensión del tráfico vehicular tanto como número de vehículos diarios discriminados por tipo (autos, buses, medianos, semipesados y pesados), como midiendo los ejes equivalentes acumulados al cabo del año para cada tramo.

En función de la disponibilidad de datos se incluyeron algunas variables o se utilizaron ciertos proxys. En concreto se utilizó la variable obra en lugar de vida de diseño. La variable obra, como se mencionó anteriormente, es una variable binaria que refleja la existencia de una obra en el tramo y año donde ocurre. Notoriamente la vida de diseño o el espesor de la obra, serian variables más adecuadas. No obstante, la regularidad en la forma en como son diseñadas las obras en Uruguay en términos de su aporte estructural permite adecuadamente el uso de la variable obra.

También se construyeron a partir de los datos de mantenimiento mayor y rutinario, dos variables proxys que reflejan la asignación presupuestal para cada tramo de la red. Concretamente se construyeron las variables MR-km-proxy que refleja el gasto por km por tramo y la variable MM-Proxy que refleja la existencia de un mantenimiento mayor en el tramo.

Se estimaron modelos para las dos variables de estado que se observan con mayor frecuencia y donde la calidad y confiabilidad de sus mecanismos de captura, son adecuados para un abordaje econométrico riguroso.

### 7.1 Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

En el caso de la estimación por MCO, el supuesto principal es la no existencia de sesgo de selección en la asignación del mecanismo contractual. Como se observa en la siguiente tabla, el mecanismo contractual resulta significativo en cualquiera de las estimaciones.

**Tabla 10: Estimaciones por MCO**

<b>VARIABLES</b>	<b>(1)</b> <b>MCO1 IRI</b>	<b>(2)</b> <b>MCO2 IRI</b>	<b>(3)</b> <b>MCO3 IES</b>	<b>(4)</b> <b>MCO4 IES</b>
TPDA de vehículos medianos que utilizaron el tramo	-0.00037*** [0.00009]		0.00646*** [0.00228]	
TPDA de vehículos semi-pesados que utilizaron el tramo	0.00108* [0.00064]		-0.04917*** [0.01601]	
TPDA de vehículos pesados que utilizaron el tramo	-0.00062*** [0.00017]		0.00623 [0.00531]	
TPDA de Buses que utilizaron el tramo			0,01 [0,01]	
Clasificación==Corredor Internacional	-1,02*** [0,16]	-0,99*** [0,16]		-2,14 [1,53]
Clasificación==Primaria	-1,08*** [0,15]	-1,17*** [0,16]		
Clasificación==Secundaria	-0,65*** [0,22]	-0,64*** [0,22]		-3,03166 [3,42]
Clasificación==Terciaria				-0,67 [2,61]
Obra	-0,53*** [0,03489]	-0,52*** [0,03465]	5,79*** [0,82632]	5,39*** [0,82876]
MM_proxy	-0,31656*** [0,07465]	-0,32241*** [0,07496]	0,08717 [1,94174]	0,27084 [1,92988]
Contratos CREMA o Administración Tradicional	-0,23054*** [0,05560]	-0,25608*** [0,06227]	9,08429*** [1,48052]	8,70054*** [1,70902]
Ejes Equivalentes		-0,42912*** [0,08634]		1,39849 [2,08925]
Proxy del Mantenimiento Rutinario		0,00644 [0,00650]	0,30652*** [0,11194]	0,44471*** [0,12590]
Año de Inventario			-0,33825*** [0,12442]	-0,23279* [0,13242]
Longitud del Tramo (km)			-0,00026*** [0,00009]	
Constante	3.69981*** [0.14884]	3.67617*** [0.14723]	755.33544** *	542.31023** [265.78116]
Observaciones	2.809	2.809	3.219	3.219
R-cuadrado	0,33933	0,33575	0,16684	0,13628

Robust standard errors in brackets

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Un elemento que resulta interesante refiere a la significancia tanto de la variable vehículos pesados en las regresiones uno y tres, como la correspondiente a ejes equivalentes en las ecuaciones dos y cuatro. En cualquiera de los casos, si bien las variables son significativas, el signo es contrario al esperado desde el punto de vista físico de los tramos. La ecuación teórica para el comportamiento de la rugosidad en el pavimento, indican que a mayor ejes equivalentes o tráfico pesado el IRI debería ser mayor. El coeficiente negativo, sugiere la posibilidad de que en virtud de que el tráfico es relativamente fácil de pronosticar y las obras

son diseñadas para un número determinados de ejes equivalentes, el efecto contractual acaba teniendo un peso mayor y relevante a la hora de explicar el desempeño en la rugosidad de los pavimentos asfálticos.

En relación a la asignación contractual, se observa para las cuatro ecuaciones estimadas por MCO, un efecto persistente del tipo de contrato sobre las variables de estado. Para el caso del IRI, los contratos CREMA tienen una mejora en el indicador de la variable de estado que se sitúa entre 0,23 y 0,25, dependiendo de si la estimación se realiza en función del TPDA o de los ejes equivalentes. Cuando analizamos los resultados para el IES, la mejorara en el desempeño es de 8,7 a 9.

Tomando en cuenta los valores medios, que toman en la muestra tanto el IES como el IRI, dichas valores en el desempeño, representan aproximadamente una mejora de un 10 % sobre los niveles de servicio de los contratos CREMA en relación a la gestión por administración tradicional.

### 7.1 Propensity Score Matching (PSM)

La ventaja de utilizar PSM, en lugar de MCO, responde básicamente a tres razones:

- Dado que el emparejamiento es un método no paramétrico, no debemos hacer los supuestos implícitos de linealidad.
- Al restringir la muestra al soporte común, estamos asegurando que comparamos grupos comparables.
- Si los grupos de control y tratamiento, son disímiles, aspecto que puede considerarse en función de los estadísticos descriptivos de la Tabla 9, el método de PSM disminuye la extrapolación al reducir la comparación al soporte común.

En la tabla siguiente se estiman para ambas variables de estado, la probabilidad de participación en la asignación del tipo de contrato. Lo que se observa claramente, que la asignación contractual a estado mucho más correlacionada con la clasificación del corredor que con el nivel de tráfico.

El hecho de ser un corredor internacional, aumenta la probabilidad de que dicho tramo sea gestionado bajo un contrato agrupado en más de un 25% para tres de las cuatro ecuaciones. En cambio, los efectos marginales del tráfico, se encuentran todos por debajo del 5%.

**Tabla 11: Estimación de la probabilidad de participación**

VARIABLES	(1) Probit1 IRI	(2) Probit2 IRI	(3) Probit3 IES	(4) Probit4 IES
TPDA de Autos que utilizaron el tramo	-0.00001 [0.00001]		-0.00001 [0.00001]	
TPDA de Buses que utilizaron el tramo	0.00066*** [0.00017]		0.00066*** [0.00017]	
TPDA de vehiculos semi-pesados que utilizaron el tramo	0.00201*** [0.00045]		0.00201*** [0.00045]	
TPDA de vehiculos pesados que utilizaron el tramo	0.00038*** [0.00012]		0.00038*** [0.00012]	
Clasificacion==Corredor Internacional	0.26962*** [0.03814]	0.09391*** [0.02730]	0.26962*** [0.03814]	0.26967*** [0.03538]

VARIABLES	(1) Probit1 IRI	(2) Probit2 IRI	(3) Probit3 IES	(4) Probit4 IES
Clasificacion==Primaria	0.18461*** [0.03788]		0.18461*** [0.03788]	0.16911*** [0.03628]
Clasificacion==Secundaria	-0.07765* [0.04597]	-0.27968*** [0.03920]	-0.07765* [0.04597]	-0.08796* [0.04526]
Clasificacion==Terciaria		-0.19941*** [0.04433]		
Proxy del Mantenimiento Rutinario	0.06015*** [0.00307]	0.05970*** [0.00292]	0.06015*** [0.00307]	0.06073*** [0.00278]
Proxy del Mantenimiento Mayor	-0.13733* [0.07881]	-0.14229* [0.07769]	-0.13733* [0.07881]	-0.14072* [0.07764]
Longitud del Tramo (km)	-0.00000 [0.00000]	-0.00000 [0.00000]	-0.00000 [0.00000]	
Ejes equivalentes		0.50974*** [0.04349]		0.50766*** [0.04339]
Observaciones	3,242	3,242	3,242	3,242

Standard errors in brackets  
\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

**Tabla 12: Estimaciones por el método de PSM**

VARIABLES	(1) PSM1 IRI	(2) PSM2 IRI	(3) PSM3 IES	(4) PSM4 IES
TPDA de buses que utilizaron el tramo	0.00100*** [0.00038]		0.00135*** [0.00036]	
TPDA de vehículos semi pesados que utilizaron el tramo	0.00590*** [0.00127]		0.00542*** [0.00118]	
TPDA de vehículos pesados que utilizaron el tramo	0.00050 [0.00035]		0.00072** [0.00033]	
Clasificación==Corredor Internacional	0.80705*** [0.11208]	0.83427*** [0.10974]	0.72453*** [0.10252]	0.74589*** [0.10016]
Clasificación==Primaria	0.65325*** [0.12339]	-0.63526*** [0.12162]	0.49782*** [0.11299]	0.48690*** [0.11143]
Clasificación==Secundaria	-0.05730 [0.12875]	-0.07033 [0.12755]	-0.20789* [0.11794]	-0.22208* [0.11679]
Obra	0.22244*** [0.07938]	0.23440*** [0.07906]	0.20439*** [0.07923]	0.21758 [0.07894]
Año de inventario	0.03367*** [0.00820]	0.02765*** [0.00822]	0.03311*** [0.007923]	0.02721*** [0.00768]
Proxy del Mantenimiento Rutinario	0.15667*** [0.00840]	0.15490*** [0.00818]	0.16344*** [0.00796]	0.16322*** [0.00776]
Proxy del Mantenimiento Mayor	-0.34125* [0.19958]	-0.34546*** [0.19634]	-0.34464*** [0.19962]	-0.36823* [0.19664]
Ejes Equivalentes		1.08835 [0.13366]		1.20953*** [0.12686]
Constante	69.25338*** [16.49299]	-57.1334*** [16.51405]	68.09621*** [15.43995]	-56.21352*** [15.43432]
ATT	-0.19290*** [0.03026]	-0.17001*** [0.06814]	8.12432*** [1.52689]	6.475*** [1.7362]
No tratados (sobre el soporte común)	1214	1214	1370	1370
Tratados (sobre el soporte común)	1276	1276	1480	1480

<b>VARIABLES</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>
	<b>PSM1 IRI</b>	<b>PSM2 IRI</b>	<b>PSM3 IES</b>	<b>PSM4 IES</b>
Observaciones	2,809	2,809	3,219	3,219
Pseudo R2	0.3113	0.3054	0.3317	0.3266

Standard errors in brackets

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

En cualquiera de los casos, se obtuvieron resultados significativos, pero de magnitud para la variable CREMA, indicando mayor eficiencia en los contratos agrupados respecto a la administración tradicional.

El efecto de la Asignación Contractual sobre los Tratados (ATT, por sus siglas en inglés) midiendo sobre la variable IRI es de 0,19 o 0,17, dependiendo del modelo elegido, lo que es levemente menor que en las estimaciones por MCO. El ATT, para la variable resultado IES, es un poco menor a la estimada por MCO, pero se observa un resultado significativo y en la misma línea que el IRI.

Para todos los modelos estimados tanto en MCO como PSM los resultados son consistentes. Es decir, que se obtiene la significancia de la variable CREMA y las conclusiones no varían entre los modelos

La variable CREMA es la que refleja el hecho contractual de que los contratos sean o no agrupados. Su signo negativo, para el caso de las regresiones donde la variable de resultado es el IRI y su nivel de significación implica que la existencia de un contrato agrupado hace que el valor del IRI sea menor que en los otros contratos, corregido por las otras variables exógenas del modelo como son: tráfico, obra, mantenimiento rutinario, mantenimiento mayor, entre otras. Se observan los mismos resultados, pero de signo contrario para el IES.

Asimismo, tanto para ejes equivalentes como para tráfico se encontró que los vehículos pesados (que son aquellos que tienen mayor impacto en el IRI) tienen signo negativo, lo cual sugiere que la existencia de vehículos pesados está asociado a tramos con mejor *performance* del IRI. Si bien este resultado puede parecer contra intuitivo, en realidad sugiere la existencia de algunos elementos no observables. En primer lugar, luego de definida la vida de diseño de contrato todos aquellos elementos que están asociados al tráfico están contemplados en la obra y por lo tanto dentro de intervalos normales de tráfico pesado más elevados no tienen un impacto por fuera de la vida de diseño. Por lo tanto, luego de definido la vida de diseño, el elemento central que impacta en la *performance* de un tramo de vía es exclusivamente el tipo de contrato y no efectivamente el tráfico.

Esto ocurre por diversas razones. En primer lugar, para el caso de la base de datos de Uruguay la previsión en términos de tráfico dado el relevamiento que existe para toda la red tiene un alto nivel de previsibilidad. Por otro lado, existe un adecuado diseño de la carretera en función de la información que se dispone al momento del inicio de las rehabilitaciones. Esto nos lleva a concluir nuevamente que la forma contractual ejerce los incentivos adecuados para que efectivamente luego de fijados todos los elementos asociados a la vida de diseño, el contrato, y la medición por niveles de servicio están generando los incentivos necesarios para que se observe sistemáticamente un mejor comportamiento en los contratos agrupados respecto a los contratos no agrupados.

Hay que tener en cuenta que en la medida que los contratos son por niveles de servicio, si bien existe alguna generación que no incluye necesariamente obras de rehabilitación y mantenimiento, el solo hecho de que el contratista sea el mismo que va a hacer la obra y la

rehabilitación y mantenimiento incluso en contratos separados lleva a que los incentivos estén alineados y por tanto la *performance* sea menor. No se observa en los datos que el hecho de tener algunas generaciones que no hayan incluido rehabilitaciones al inicio del tiempo contractual tenga impacto en el valor del IRI. Esto se podría llamar el teorema de independencia de la obra inicial respecto a los niveles de servicio.



## 9. Conclusiones e implicaciones de política

En la Sección 3 de este documento se ha presentado una sistematización de la literatura encontrada en cuanto a contratos CREMA. Esta nos ha permitido obtener las siguientes conclusiones generales.

- No se encuentra en la literatura un trabajo que realice una evaluación rigurosa de los PBC en comparación con otras formas de gestión vial. Si bien la mayoría de los informes técnicos de expertos vinculados a la implementación de los PBC mencionan diversas potenciales ventajas de este método de contratación, no se ha realizado una evaluación cuantitativa que aporte evidencia al respecto.
- A partir de los trabajos revisados parecería que puede haber diferencias respecto al éxito de los contratos basados en rendimiento en función del estado de capacidades de la administración pública en el sector. En aquellos países que cuentan con un sector público con años de experiencia en la contratación del mantenimiento vial, capacidades de control de los contratos, y un énfasis en la gestión integral de los activos viales (países desarrollados generalmente), los resultados parecerían ser más favorables a la utilización de este tipo de contratos respecto de los países que se inician en el proceso.
- A pesar de lo mencionado anteriormente, la flexibilidad puede traer malos resultados.

Una vez determinados estos resultados y con una mayor noción del estado del arte de los contratos CREMA tanto a nivel global como en la región se procedió a realizar evaluaciones de estos para Uruguay.

Los resultados obtenidos permiten concluir que luego de controlar por las variables observables, el comportamiento de las variables de estado (IRI/IES) en los contratos agrupados o contratos CREMA es sistemáticamente mejor que para los casos en donde el tramo es gestionado por administración tradicional. En líneas generales las ganancias de eficiencias representan un 10% en términos de mejores en los niveles de servicio.

El trabajo ha permitido una estimación consistente del impacto en el mecanismo de gestión, mostrando que para esta tipología de contratos existe una clara ganancia de eficiencia en la agrupación de contratos.

La estimación ha estado basada en datos duros y sistemáticos, que permiten mostrar que los contratos agrupados por niveles de servicio, han representado a lo largo de los años, un mecanismo claramente más eficiente para gestionar la red vial.

Muchos países, se han planteado en la última década, la utilización de PBC, asociados a la disponibilidad de la infraestructura y no a su demanda. Una de las líneas futuras de investigación, es explorar si estos resultados se mantienen al variar las características del contrato agrupado e incorporar riesgo de demanda.

Otro elemento que deberá estudiarse en profundidad, es si esas ganancias de eficiencias se mantienen en contratos de mayor duración.

## Bibliografía

- Austrroads (2003), Development of Performance Contracts and Specifications – Full Report, Opus International Consultants, Sydney, pp. 1-373.
- Bernal, R., X. Peña (2011). Guía Práctica para la Evaluación de Impacto. Colombia, Universidad de los Andes. Facultad de Economía.
- Bull, A., & Zietlow, G. (2001). Contratos de Conservación Vial por Niveles de Servicio o por Estándares-Experiencias de América Latina. In 14th IRF Road World Congress.
- Demsetz, H. (1968), “Why Regulate Utilities?”, *Journal of Law and Economics* 11, 55-66.
- Frost, M. (2001), “Imperatives in future road system management, improved road maintenance productivity- the Australian case”, 14th IRF Road World Congress, Paris, June 11-15, pp. 1-20.
- Frost, M. and Lithgow, C.M. (1996), “Improving quality and cutting costs through performance contracts-Australian experience”, World Bank Road Management Training Seminar, Washington, DC, December 17-18.
- Frost, M. and Lithgow, C.M. (1998), “Future trends in performance-based contracting- legal and technical perspectives”, 19th ARRB Transport Research Ltd. Conference, Sydney, December 7-11, pp. 91-101.
- Gericke, B., Henning, T & Greenwood, I. (2014). Review of Performance Based Contracting in the Road Sector: Phase 1. Transport papers No. TP-42A, The World Bank, Washington, DC, The World Bank, Washington, DC.
- Gericke, B., Henning, T & Greenwood, I. (2014). Review of Performance Based Contracting in the Road Sector: Phase 2. Review of Training Materials and Resources Transport papers No. TP-42, The World Bank, Washington, DC, The World Bank, Washington, DC.
- Gertler, P.J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L.B., Vermeersch, C.M. (2011). Impact evaluation in practice. World Bank Publications, Washington DC, USA.
- Greene, W., (2003), *Econometric Analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Hardy, P. (2001). Austrroads review of performance contracts: the potential benefits of performance contracts. Opus International Consultants, Nelson, 1-28.
- Hart, O., (2003), “Incomplete Contracts and Public Ownership: Remarks and an Application to Public- Private Partnerships”, *Economic Journal* 113, C69-C76.
- Hartwig, T., Mumssen, Y. and Schliessler, A. (2005), “Output based aid in Chad using performance-based contracts to improve road, note no. 6”, OBA Approaches, The World Bank, Washington, DC.
- Iossa, E., & Martimort, D. (2015). The simple microeconomics of public-private partnerships. *Journal of Public Economic Theory*, 17(1), 4-48.

- Liautaud, G. (2001), *Maintaining Roads: Experience with Output-Based Contracts in Argentina* Chapter 4, *Contracting for Public Services, Output-Based Aid and its Applications*, The World Bank, Washington, DC.
- Menches, C.L., Khwaja, N. and Chen, J. (2010), "Synthesis of innovative contracting strategies used for routine and preventive maintenance contracts", Centre for Transportation Research, Performed in Co-Operation with Texas Department of Transportation and the Federal Highway Administration, TX.
- Mumseen, Y. and Kenny, C. (2007), *Output-Based Aid in Infrastructure, A Tool for Reducing the Impact of Corruption, OBA Approaches*, Note No. 16, The World Bank, Washington, DC.
- Pakkala, P. (2002), *Innovative Project Delivery Methods for Infrastructure An International Perspective*, Finnish Road Enterprise, Helsinki, pp. 1-120.
- Pakkala, P. (2005), "Performance-based contracts – international experiences", TRB Executive Workshop, Finnish Road Administration, Washington, DC, April 27, pp. 1-29.
- Pakkala, P., Martin de Jong, W., & Aijo, J. (2007). *International overview of innovative contracting practices for roads*. Finish Road Administration, Helsinki.
- Porter, T.M. (2005), "Procurement models for road maintenance", Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Calgary, Alberta, pp. 1-13.
- Queiroz, C. (1999), "Contractual procedures to involve the private sector in road maintenance and rehabilitation", Transport Sector Familiarization Program, Washington, DC, April 16-22.
- Queiroz, C. (2005), "Options for implementing performance-based contracts", Transport Forum, Washington, DC, March 7-11.
- Queiroz, C. (2011), "Performance based contracting in Estonia, the World Bank PBC resource guide", *Evolution of road maintenance management and performance-based contracting (PBC) in roads – 3rd BBL*, The World Bank, Washington, DC, February 1.
- Segal, G.F., Moore, A.T. and McCarthy, S. (2003), *Contracting For Road and Highway Maintenance*, Reason Foundation, Reason Public Policy Institute, Washington, DC.
- Ribreau, N. H. (2004). *Synopsis of WSDOT's Review of Highway Maintenance" outsourcing" Experience*. Washington State.
- Rosenbaum, P. y Rubin, D. (1983), "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects", *Biometrika*, 70, 41-50.
- Stankevich, N., Qureshi, N. and Queiroz, C. (2005), "Performance-based contracting for preservation and improvement of road assets", *Transport Notes* No. 27, The World Bank, Washington, DC.
- Sultana, M.; Rahman, A. & Chowdhury , S. (2013) "A review of performance based maintenance of road infrastructure by contracting", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 62 Issue: 3, pp.276-292.

- Zietlow, G.J. (2005), "Cutting costs and improving quality through performance-based road management and maintenance contracts-the Latin American and OECD experiences", Senior Road Executives Programme, Restructuring Road Management, German Development Cooperation, Birmingham, April 24-29.
- Zietlow, G.J. (2007), "Performance-based road management and maintenance contracts worldwide experiences", International Seminar on Road Financing and Investment, Arusha, Tanzania, April 16-20, pp. 1-76.
- Zietlow, G.J. and Bull, A. (1999), "Performance specified road maintenance contracts – the road to the future, the Latin American perspective", 21st World Congress, International Road Federation (IRF), UN-Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Kuala Lumpur, October 3-9, pp. 1-6.