



Certificación ISO 9001:2015

Concesiones carreteras en México, una aproximación a su productividad económica como medida de desempeño

Salvador Hernández García
Gabriela Cruz González
José Antonio Arroyo Osorno
José Alejandro González García
Guillermo Torres Vargas

**Publicación Técnica No. 497
Sanfandila, Qro. 2017**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Concesiones carreteras en México, una
aproximación a su productividad económica como
medida de desempeño**

Publicación Técnica No. 497
Sanfandila, Qro. 2017

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte por Salvador Hernández García con la colaboración de Gabriela Cruz González, Antonio Arroyo Osorno, Alejandro González García y Guillermo Torres Vargas.

Contenido

| | Página |
|---|--------|
| Resumen | vii |
| Abstract | ix |
| Resumen ejecutivo | xi |
| Introducción..... | 1 |
| 1 Las asociaciones público privadas en proyectos carreteros en México | 5 |
| 1.1 Concesiones de infraestructura carretera en México | 5 |
| 1.2 Información de concesiones carreteras publicadas por la SCT | 6 |
| 1.2.1 Tipos de infraestructura | 6 |
| 1.2.2 Tipos de asociaciones público-privadas (APP) para la inversión en infraestructura..... | 7 |
| 1.2.3 Cantidad de modificaciones a los títulos de concesión..... | 8 |
| 1.2.4 Longitud del proyecto concesionado | 8 |
| 1.2.5 Años de concesión y operación | 9 |
| 1.2.6 Cuota por uso de las carreteras concesionadas..... | 10 |
| 1.2.7 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) | 12 |
| 1.2.8 Ingresos estimados..... | 13 |
| 2 Productividad económica de las concesiones carreteras en México | 15 |
| 2.1 El análisis costo beneficio en México..... | 15 |
| 2.1.1 Productividad total de los factores | 16 |
| 2.1.2 DEA, un enfoque no paramétrico de la PTF | 17 |
| 2.2 Ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud..... | 19 |
| 2.3 Ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota | 22 |

| | |
|---|----|
| 2.4 Ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas | 25 |
| 2.5 Ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas | 27 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 33 |
| Bibliografía | 35 |
| Anexos | 37 |

Índice de cuadros

| | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1.1 Concesiones a empresas privadas por tipo de infraestructura, durante el periodo 1989-2015 | 7 |
| Cuadro 1.2 Tipos de APP en las licitaciones 1989- 2015..... | 7 |
| Cuadro 1.3 Modificaciones o adenda por proyecto de concesión, 1989- 2015 | 8 |
| Cuadro 1.4 Distribución de longitud por proyecto concesionado, 1989- 2015 | 9 |
| Cuadro 1.5 Años de concesión por proyecto carretero, 1989- 2015 | 9 |
| Cuadro 1.6 Años de operación por proyecto carretero, 1989- 2015..... | 10 |
| Cuadro 1.7 Cuota por uso de las carreteras concesionadas..... | 11 |
| Cuadro 1.8 Cuota por kilómetro concesionado | 12 |
| Cuadro 1.9 Distribución del volumen vehicular en los proyectos de concesión carretera..... | 13 |
| Cuadro 1.10 Distribución de los ingresos diarios estimados de las concesiones carreteras, 2016 | 14 |
| Cuadro 2.1 Valor de las variables del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud..... | 19 |
| Cuadro 2.2 Resumen de resultados del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud..... | 20 |
| Cuadro 2.3 Valor de las variables del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota | 22 |
| Cuadro 2.4 Resumen de resultados del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota | 23 |
| Cuadro 2.5 Valor de las variables del ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas | 25 |
| Cuadro 2.6 Resumen de resultados del ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas | 26 |
| Cuadro 2.7 Valor de las variables del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas | 28 |

Cuadro 2.8 Resumen de resultados del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas 29

Índice de figuras

| | Página |
|--|--------|
| Figura 2.1 Eficiencia técnica..... | 17 |
| Figura 2.2 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud..... | 21 |
| Figura 2.3 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota | 24 |
| Figura 2.4 Eficiencia de los proyectos APP, ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas | 27 |
| Figura 2.5 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas..... | 30 |
| Figura 2.6 Comparativa de la eficiencia entre dos variantes de estimación para la producción de TDPA | 31 |
| Figura 2.7 Comparativa de la eficiencia entre los modelos de estimación para la producción de cuota/km vs ingreso diario | 32 |

Resumen

El estudio aborda una aproximación a la medición de productividad para una muestra de 28 proyectos de concesiones carreteras al sector privado en México. Se utilizó el paquete DEA-Solver para medir la productividad a través de la técnica del análisis envolvente de datos que pondera la eficiencia en el uso de los insumos utilizados en la producción. Las variables utilizadas fueron: periodos de concesión y operación, longitud de la vía, cambios al título de concesión, cuotas de peaje, tránsito estimado, así como ingresos. Los ensayos utilizaron cuatro modelos DEA y cuatro variantes de combinaciones de insumos y productos, el modelo que presentó mayores valores del promedio de eficiencia considera la existencia de rendimientos variables a escala y con orientación a la minimización de insumos. En uno de los ensayos cuya variable de producción es el TDPA se destacan los proyectos de prestación de servicios (PPS) al ubicarlos en la frontera de eficiencia. Asimismo, en el ensayo que utiliza a los ingresos como variable de producción se destacan las autopistas como Constituyentes - La Venta, Arco Norte y Guadalajara – Tepic, que se ubican sobre la frontera de eficiencia. El informe contiene cuadros y figuras que describen los resultados.

Términos clave: Productividad, eficiencia, carreteras, concesiones.

Abstract

The present study approaches to the measurement of productivity for a sample of 28 projects of roads concessions to the private sector, in Mexico. The DEA-Solver was used to measure productivity through the technique of the data envelopment analysis for estimates the efficiency in the use of inputs for the production of certain output. The variables used were: concession period, operation period, length of the road, changes to the concession title, toll fees, traffic and revenues. The essays used four DEA (data envelopment analysis) models and four variants of inputs and outputs combinations, the DEA model that presented the highest efficiency values is the VRS (variable returns to scale) and TEI (technical efficiency oriented to minimization of inputs). The results highlight one essay which distinguishes the social service projects (not toll fees) by placing them at the frontier of efficiency, as well as the essay that uses incomes as a product, so it located on the frontier of efficiency highways like Constituents - La Venta, Arco Norte and Guadalajara - Tepic, among others. This report contains tables and figures describing the essays results.

Key words: Productivity, efficiency, highways, concessions.

Resumen ejecutivo

El desempeño de las concesiones de infraestructura carretera es un tema de suma importancia para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por los montos de inversión requeridos, a la vez que presentan diversos retos para la medición de sus efectos y beneficios esperados en el largo plazo, aunado a la escasa información pública de calidad y confiable, lo que provoca una necesidad por explorar nuevas herramientas para aproximarse a la medición del desempeño de dichas concesiones, dadas las limitaciones que aún presentan las evaluaciones costo – beneficio, auditorías de gastos y otras técnicas convencionales.

La medición de la eficiencia en el uso de los insumos para la producción del servicio representa una alternativa viable, específicamente el uso del DEA-Solver, la cual se muestra como una alternativa que presenta resultados de forma sencilla y rápida para la estimación de la productividad en las concesiones carreteras, utilizando diversos conjuntos de variables explicativas; asimismo ofrece la posibilidad de adaptarse a diferentes enfoques de producción, ya sea de tipo privado o público.

La medición de productividad se realizó principalmente para una muestra de 28 proyectos de concesiones carreteras al sector privado en México. A través de la técnica del análisis envolvente de datos se ponderó la eficiencia en el uso de los insumos en la producción de determinados productos. Las variables utilizadas fueron: periodos de concesión y operación, longitud de la vía, cambios al título de concesión, cuotas de peaje, tránsito estimado, así como ingresos.

Los ensayos utilizaron cuatro modelos DEA y cuatro variantes de combinaciones de insumos y productos, el modelo que presentó mayores valores del promedio de eficiencia considera la existencia de rendimientos variables a escala y con orientación a la minimización de insumos. La flexibilidad para combinar distintos insumos y productos permite adaptar el enfoque de medición de la productividad a los intereses del evaluador, de esta forma se probó un modelo con unidades de producción de tránsito atendido por la infraestructura, el cual se considera como reflejo del beneficio a los usuarios, asimismo, se utilizaron los ingresos para observar la eficiencia en la producción de beneficios al concesionario.

Un primer examen de los resultados obtenidos de las corridas lucen lógicos y consistentes, pues el modelo que utiliza como producto al tránsito atendido permite destacar a los proyectos de prestación de servicios (PPS) al ubicarlos en la frontera de eficiencia, como era de esperarse, debido a que no tienen cuota de cobro para su uso; de igual forma, una vez que se eliminan los proyectos PPS, el ensayo que utilizó a los ingresos como variable de producción, destaca que sobre la frontera de eficiencia se ubican autopistas como Constituyentes - La Venta, Arco Norte y Guadalajara – Tepic, entre otras.

Queda pendiente, la inclusión de información financiera que permita validar los resultados obtenidos en las corridas del DEA-Solver, así como confrontar las metodologías propuestos por las calificadoras financieras.

Se recomienda actualizar y mantener públicas las bases de datos especializadas en la operación de concesiones privadas de infraestructura carretera, que incluyan series de datos de la operación de la totalidad de las concesiones carreteras, diferenciadas por el tipo de financiamiento y operación de que se trate: concesiones tradicionales, PPS, aprovechamiento de activos y otras variantes contempladas en la Ley de Asociaciones Público Privadas (APP). Especial atención requiere el tránsito diario promedio anual (TDPA) que, como puede advertirse en el anexo 2, su variación puede ser muy grande dependiendo de la fuente consultada, y cuyos efectos en la estimación de la producción y la medición de beneficios es de suma importancia.

Introducción

Este proyecto se ubica en la línea de investigación “Enfoque analítico de la productividad del transporte” de la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional (CETDR) y forma parte de una colección de trabajos de investigación que sobre productividad se han desarrollado tanto para el conjunto del sector transporte, como para los principales modos de transporte en lo particular.

La serie de publicaciones técnicas (PT) sobre productividad en el transporte se inicia en el año 2000, cuando se elaboró la primera de ellas, la PT 149 “Productividad en el transporte mexicano” (Islas, 2000). El análisis por modo de transporte se ha desarrollado principalmente para el servicio de carga ferroviario, debido a que gran parte de información se encuentra disponible de manera pública, además que la cantidad de empresas o “firmas” es reducida; se destaca el análisis de productividad total de los factores (PTF) que se ha estudiado a través de dos enfoques que consideran distintos métodos y modelos de medición de la eficiencia, estos son los paramétricos y los no paramétricos (Coelli, 1996).

Como parte del estudio de la productividad del transporte se han explorado herramientas computacionales que facilitan y promueven el análisis de eficiencia, dichas herramientas aplican enfoques de análisis de la productividad paramétrico y no paramétrico, como es el caso del DEA-Solver desarrollado por Cooper (2007) y distribuido por SAITECH (www.saitech-inc.com/products/prod-dsp.asp).

Asimismo, dada la importancia del modo de transporte carretero en México, resulta importante ampliar la exploración de la productividad y del comportamiento de los factores que afectan el desempeño de las empresas proveedoras de infraestructura de transporte carretero, a través de un análisis utilizando las herramientas mencionadas anteriormente, especial énfasis se pone al caso de las autopistas concesionadas de cuota.

De esta forma se propone iniciar un análisis de la productividad de las empresas concesionarias de la construcción, operación y explotación de carreteras en México; a través de la identificación de factores que inciden en su desempeño, utilizando primordialmente modelos que midan la productividad total de los factores. Se considera la exploración del empleo de programas informáticos de libre distribución y uso, que permitan estimar la eficiencia técnica, así como la posibilidad de descomponer el crecimiento de la productividad en sus diversos factores.

El proyecto se encuentra alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, a través del objetivo 4.9: “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica” y la estrategia 4.9.1: “Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de

eficiencia”. Mientras que su alineación al Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes se daría principalmente a través del objetivo 1: “Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social”, dentro de la línea de acción: “Construir, modernizar y conservar carreteras y autopistas, privilegiando los recorridos de largo itinerario”, además de “Fomentar los esquemas APP para captar mayor participación del sector privado”.

De esta forma se proyecta realizar un diagnóstico del comportamiento de la eficiencia en la operación concesionada de infraestructura carretera, aplicando métodos de estimación de la eficiencia técnica y PTF. Para ello se caracterizan los elementos requeridos para la aplicación de programas computacionales que estiman la PTF en la evaluación del desempeño económico de las concesiones carreteras en México.

En un primer capítulo se elaboró una descripción de la situación actual de la operación y explotación de las concesiones de infraestructura carretera en México, identificando los esquemas de participación del capital privado.

En el segundo capítulo se realizó un análisis de la productividad de una muestra seleccionada de 28 operadores de infraestructura carretera, donde destaca el esquema de participación de capital privado por concesión tradicional en la que el sector público se limita a aportar el diseño de anteproyecto y la liberación del derecho de vía, básicamente.

La muestra de operadores carreteros se concentró en 28 proyectos de concesiones de las que se obtuvo información a través de las páginas de internet de los organismos promotores de las concesiones carreteras, esencialmente la Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC) y la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), ambas pertenecientes a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Se realizó la estimación de la PTF para la muestra de empresas privadas concesionarias de carreteras de acuerdo con las siguientes actividades:

Se identificaron cuatro modelos de medición de la productividad de los factores factibles de ser aplicadas a la operación de la infraestructura carretera, de acuerdo con las opciones del programa informático DEA-Solver.

Se recopiló y clasificó información del esquema de inversión, adendas, periodo de concesión, periodo de operación y explotación, longitud del proyecto carretero, cuotas por uso, tránsito diario promedio anual (TDPA) así como la estimación de ingresos diarios para la muestra seleccionada de empresas concesionarias, de acuerdo con los requerimientos de las variables requeridas para, al menos, dos modelos de estimación de eficiencia.

Se realiza también un breve análisis del comportamiento de la productividad de la muestra seleccionada de concesionarios, el cual es complementado con los principales hallazgos descritos en el apartado de conclusiones, acompañados con

algunas sugerencias que pretenden continuar con el desarrollo de la presente línea de investigación.

1 Las asociaciones público privadas en proyectos carreteros en México

De acuerdo con la SCT y Banobras (2003) una concesión carretera es “un acto mediante el cual el Estado otorga a un particular el derecho a prestar un servicio público y a explotar bienes del dominio público, durante un tiempo determinado, sujeto a diversas condiciones que pretenden preservar el interés público”; asimismo, con la evolución de diversos esquemas financieros para la concesión de servicios públicos, actualmente se cuenta con una legislación especializada, la Ley de Asociaciones Público Privadas (APP), publicada por el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 16 de enero de 2012, que tiene por objeto regular los esquemas para el desarrollo de proyectos de asociaciones público-privadas, matizando la distribución de beneficios y riesgos entre los agentes participantes a través de un contrato de largo plazo para la concesión de un servicio público específico.

De acuerdo con la Ley APP y con la Dirección General de Desarrollo Carretero (portal de la DGDC, consultada en diciembre de 2016), las APP en el sector carretero comprenden tres principales tipos de contratos de largo plazo que incluyen las concesiones carreteras “tradicionales” (única opción hasta antes del año 2012), además de proyectos de prestación de servicios (PPS) y el aprovechamiento de activos.

1.1 Concesiones de infraestructura carretera en México

De acuerdo con Vassallo e Izquierdo (2010) “La experiencia de concesiones en México ha pasado por distintas etapas con mayor y menor éxito. A pesar de los problemas que tuvieron las otorgadas a principios de los años noventa, en lo que se denominó el Programa Nacional de Autopistas, México ha evolucionado muy positivamente en los últimos años y es actualmente uno de los países con más activos, tanto en concesiones como en otros modos de introducir la iniciativa privada en la provisión de infraestructura”.

Asimismo, se reconoce que la primera autopista de cuota se construyó en 1952, mientras que fue hasta 1989 con el Programa Nacional de Concesiones de Autopistas 1989-1994, cuando se “impulsó la financiación de las concesiones con una aportación del ‘Banco Nacional de Obras (BANOBAS)’ del 50% de los costos de la construcción, a la vez que el Gobierno aportaba un 25%. De este modo y tan sólo el 25% restante debía ser aportado por las empresas privadas” (Vassallo e Izquierdo, 2010).

De acuerdo con el anuario estadístico 2015 (SCT, 2016), en México existían cerca de 157 mil km de carreteras pavimentadas y de ellas 9 664 km eran autopistas de cuota, de estas CAPUFE tenía a cargo 4 111 km, incluyendo la longitud de los

accesos a puentes administrados por dicho organismo. Mientras que las autopistas administradas por algún esquema de concesión con participación privada o esquema APP, de acuerdo con el portal de la DGDC (consultado en diciembre de 2016), son 47 proyectos entre puentes, libramientos y carreteras libres y de cuota, véase anexo 1, con una longitud de cerca de 4 548 km; asimismo, en dicho portal también se puede consultar los títulos de concesión de infraestructura carretera otorgada a Banobras-Fonadin, Capufe y a diversos gobiernos de las Entidades Federativas de México, aunque éstas no se analizan en el presente documento. Resulta necesario señalar que, de los 47 proyectos contabilizados, el puente Zaragoza – Ysleta (ubicado en el Municipio de Juárez en Chihuahua) es también incluido en un nuevo proyecto de concesión que agrupa otros tres puentes fronterizos dentro de dicho municipio, por lo que en total sólo se consideran 46 concesiones; asimismo, la consulta al portal de la DGDC abarcó proyectos APP en el periodo de julio de 1989 hasta diciembre de 2015.

Es necesario resaltar que en el presente documento se entiende como esquema APP a las diversas formas en que el capital privado participa en los proyectos de inversión en la infraestructura carretera en el ámbito federal, mientras que los títulos de concesión son los contratos que se realizan entre una entidad pública y otra entidad generalmente de carácter privado para construir, operar y/o explotar un servicio o bien público.

1.2 Información de concesiones carreteras publicadas por la SCT

En el portal de la DGDC, existen dos secciones que se relacionan con la concesión de la infraestructura carretera, ellos son la de “licitaciones” acompañada de la de “títulos de concesión”. En la primera se puede observar la clasificación de los diversos esquemas APP como son: concesiones tradicionales, PPS, aprovechamiento de activos y otros proyectos APP. Mientras que en la sección de “títulos de concesión” se puede distinguir una gran tabla con siete columnas que dividen la información en: objeto de la concesión, donde se describe el proyecto y, las siguientes seis, detallan la entidad donde se localiza la concesión, el nombre del concesionario, la fecha de otorgamiento, la fecha de terminación, el título original de concesión y las modificaciones que ha sufrido dicha concesión (adendas); además, es posible consultar dentro de los títulos de concesión el periodo de operación y la longitud de la mayoría de las obras consultadas.

A continuación se realiza una descripción de las variables obtenidas y su posible aplicación a un modelo de estimación de la eficiencia técnica de las concesiones.

1.2.1 Tipos de infraestructura

La muestra de 46 títulos de concesión se puede clasificar por tipo de infraestructura, como se observa en el cuadro 1.1, se destaca que la gran mayoría de proyectos se agrupan como tramos carreteros o autopistas, seguidos por

libramientos y puentes, además existen seis concesiones mixtas de dichos tipos de infraestructura.

Cuadro 1.1 Concesiones a empresas privadas por tipo de infraestructura, durante el periodo 1989-2015

| Tipo de infraestructura carretera | Cantidad |
|--|-----------|
| Libramientos | 8 |
| Puentes internacionales | 3 |
| Carreteras o autopistas | 29 |
| Combinaciones de varios tipos de infraestructura | 6 |
| Total | 46 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

1.2.2 Tipos de asociaciones público-privadas (APP) para la inversión en infraestructura

Los tipos de APP se pueden clasificar en cuatro categorías principales: concesiones tradicionales, PPS, aprovechamiento de activos y las de riesgos compartidos que son regidas por la Ley de Asociaciones Público – Privadas (DOF, 2012), estas últimas son clasificadas en la Web de la DGDC a partir de 2016, por lo que no se contabilizan en el cuadro 1.2 y serían objeto de un estudio a futuro, cuando se cuente con mayor información de su operación y desempeño.

Cuadro 1.2 Tipos de APP en las licitaciones 1989- 2015

| Tipos de asociación público privada en la inversión carretera | Cantidad |
|---|----------|
| Concesión tradicional | 38 |
| PPS | 5 |
| Aprovechamiento de activos | 3 |
| Ley de APP | 0 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

1.2.3 Cantidad de modificaciones a los títulos de concesión

Es pertinente mencionar que dos proyectos PPS (Rio Verde-Ciudad Valles y Ávila Camacho-Tihuatlán) fueron reclasificados como concesión tradicional debido a que están compuestos por varios tramos libres y de cuota, aunque este último fue

el de mayor longitud en ambos proyectos, razón por la que se reclasificaron, manteniendo la longitud de la concesión tradicional.

Es notable la cantidad de adendas o modificaciones que han sufrido los títulos de concesión, los cuales se acumulan en los años iniciales del periodo, pues de los 34 proyectos (asignados hasta el año 2009) sólo 10 no necesitaron de modificaciones, esto parecería ser parte del proceso de aprendizaje y mejora de los procesos de concesión en la inversión carretera en México.

En general, las modificaciones tienden a incrementar el periodo de concesión, con la finalidad de evitar pérdidas a los inversionistas, como se interpreta con la información de los años de concesión que se presentan en el cuadro 1.4, otras importantes modificaciones a los títulos de concesión parecen incluir cambios en los términos de financiamiento de la deuda.

Cuadro 1.3 Modificaciones o adendas por proyecto de concesión, 1989-2015

| Cantidad de modificaciones o adendas | Frecuencia |
|---|-------------------|
| Nueve | 1 |
| Seis | 1 |
| Cinco | 4 |
| Tres | 3 |
| Dos | 5 |
| Una | 10 |
| Cero | 22 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

1.2.4 Longitud del proyecto concesionado

Para la determinación de la longitud se seleccionó únicamente el tramo principal de nueve proyectos que agrupaban varios tramos u obras de infraestructura con la finalidad de ser consistente con las variables de cuota y tránsito vehicular, de esta forma el total de la longitud concesionada (4 503 km) difiere con la longitud analizada (3 821 km). El rango de longitud de las carreteras concesionadas va desde 0.4 km del cruce internacional San Luis Río Colorado II, hasta 310 km para el caso del proyecto que une a Maravatío y Zapotlanejo. En total la suma de la longitud analizada fue de 3 821 km, con un promedio de 83 km para cada uno de los 46 proyectos de concesión. Como puede observarse, la mayoría de los proyectos (80 por ciento) son menores a 133 km de longitud, véase cuadro 1.4.

Cuadro 1.4 Distribución de longitud por proyecto concesionado, 1989- 2015

| Rangos de longitud del proyecto concesionado | Frecuencia |
|--|------------|
| 0.4 – 44.6 | 18 |
| 44.7 – 88.8 | 11 |
| 88.9 – 132.9 | 8 |
| 133.0 – 177.1 | 4 |
| 177.2 – 221.3 | 1 |
| 221.4 – 265.5 | 3 |
| 265.6 – 309.7 | 1 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

1.2.5 Años de concesión y operación

Esta variable mide la duración del periodo de concesión que, como se ha mencionado, es la principal causa de las modificaciones en los títulos de concesión. En el cuadro 1.5 se muestran los periodos de concesión y las variaciones que han sufrido algunos de ellos. Inicialmente, se consideró un periodo de concesión tradicional por 30 años como se establecía por Ley; asimismo, los proyectos PPS contaban con la posibilidad de concesionar el servicio para periodos que iban de 20 a 30 años, sin embargo los cinco proyectos seleccionados registran un periodo de concesión por 20 años.

Cuadro 1.5 Años de concesión por proyecto carretero, 1989- 2015

| Años de concesión | Frecuencia |
|--------------------|------------|
| 60 | 5 |
| 51 | 1 |
| 47 | 1 |
| 45 | 3 |
| 39 más cinco meses | 1 |
| 30 | 29 |
| 20 | 6 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

De los once proyectos que cuentan con periodos de concesión mayores a 30 años, todos muestran adendas o modificaciones; mientras que de los 29 que mantienen su periodo original de 30 años, 19 de ellos no registran modificación alguna.

Es necesario mencionar que la información hasta ahora descrita fue recopilada de la sección “Títulos de concesión” dentro de la página Web de la DGDC, dicha información fue complementada con la variable de cuotas cobradas (de acuerdo con una consulta realizada en febrero de 2017) en la misma fuente, pero en el apartado de “Datos operativos”. Mientras que el “tránsito ponderado” de los proyectos se obtuvo de la publicación de Datos Viales, edición 2017, misma que presenta información del año 2016 y que es publicada por la Dirección General de Servicio Técnicos (DGST) de la SCT.

De esta forma, en el cuadro 1.6 se ilustra una variable que muestra el periodo de operación de las carreteras concesionadas, la cual se obtiene de la diferencia entre la fecha de inicio de operación de los proyectos y la finalización de la concesión, de esta forma se acota el periodo real de explotación de las concesiones una vez descontado el periodo de construcción. La suma de la muestra del cuadro 1.6 es de 37 proyectos debido a que no se contabilizan nueve proyectos que aún se encontraban por inaugurar, hasta febrero de 2017.

Cuadro 1.6 Años de operación por proyecto carretero, 1989- 2015

| Rangos de años de operación de la concesión | Frecuencia |
|---|------------|
| 13-19 | 5 |
| 20-26 | 2 |
| 27-33 | 15 |
| 34-40 | 3 |
| 41-47 | 6 |
| 48-54 | 1 |
| 55-61 | 5 |

Fuente: elaboración propia con base en información de Títulos de concesión y Datos operativos, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

1.2.6 Cuota por uso de las carreteras concesionadas

De la muestra de proyectos concesionados hasta ahora, para la descripción de la variable cuota por uso de la infraestructura concesionada, sufrió una reducción de 13 casos, dado que cuatro de ellos no reciben ingresos por cuota de uso pues su

esquema de financiamiento es a través de un PPS, mientras que otros nueve (incluido otro PPS) aún no entraban en operación, a febrero de 2017.

Es posible observar en el cuadro 1.7 que cerca de la mitad de los proyectos concesionados presentaron cuotas menores a 100 pesos por el recorrido del trayecto completo, en su gran mayoría se trata de puentes y libramientos, le continúan 13 proyectos con cuotas menores a 333 pesos y sólo cinco concesiones superan dicho valor, siendo la autopista Maravatío-Zapotlanejo la que presentó el valor más alto con 566 pesos.

Cuadro 1.7 Cuota por uso de las carreteras concesionadas

| Rangos de cuota por el uso de la autopista (pesos de 2017) | Frecuencia |
|---|-------------------|
| 22-99 | 15 |
| 100-177 | 7 |
| 178-255 | 4 |
| 256-333 | 2 |
| 334-411 | 1 |
| 412-489 | 3 |
| 490-567 | 1 |

Fuente: elaboración propia con base en Datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero, http://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdRepDatosOperSel

Una variante de la cuota recibida por el trayecto operado es la cuota por kilómetro, aquí es pertinente señalar que de las 33 concesiones, nueve sufrieron un ajuste en su longitud al considerar únicamente el tramo principal de cuota (restando la longitud de tramos libres, libramientos y tramos de segundo orden del total estipulado en los títulos de concesión) debido a que los esquemas de aprovechamiento por activos y otros proyectos agrupan varios tramos carreteros, de esta forma el indicador de cuota/kilómetro resulta coherente con la información obtenida en la sección de “Datos operativos” de las vías (publicado por la DGDC).

Asimismo, se consideró conveniente eliminar a los tres puentes internacionales concesionados debido a que por su corta longitud disparan el indicador de cuota por kilómetro, además de que no se obtuvo el volumen de tránsito para dichos puentes, variable que se describe en la próxima sección.

De esta forma, la muestra se redujo a 30 proyectos con un rango de cuota por kilómetro que va desde 1.0 (Tihuatlán – Tuxpan) hasta 7.1 (Libramiento de Técuán) pesos por kilómetro de recorrido. Se observa en el cuadro 1.8 que la mayoría (70 por ciento) de los proyectos cobran menos de 2.7 pesos por kilómetro de recorrido.

Cuadro 1.8 Cuota por kilómetro concesionado

| Rangos de cuota por kilómetro (pesos de 2017) | Frecuencia |
|---|------------|
| 0.91 – 1.80 | 7 |
| 1.81 – 2.70 | 14 |
| 2.71 – 3.60 | 4 |
| 3.61 – 4.50 | 3 |
| 4.51 – 5.40 | 1 |
| 5.41 – 6.30 | 0 |
| 6.31 – 7.20 | 1 |

Fuente: elaboración propia con base en Datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero, http://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdRepDatosOperSel

1.2.7 Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)

Para la variable TDPA se encontró información para 34 concesiones, a diferencia de la variable anterior (cuota), sí se contó con datos para los proyectos con estructura PPS mientras que salieron de la muestra los tres puentes internacionales cuyo TDPA no fue publicado por la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST).

El TDPA de la infraestructura concesionada se obtuvo de los Datos Viales 2017 (DGST, 2017) sumando el tránsito de ambos sentidos de circulación para las estaciones localizadas en las casetas de cobro, para el caso que existieran aforos para más de una caseta se realizó un promedio simple para el total de casetas, mientras que se utilizó el promedio de los puntos de aforo más cercanos a la ubicación física de las casetas cuando faltó información de aforo en alguna caseta, como fueron los casos del Libramiento de Mexicali y la autopista Salamanca – León; finalmente, para los casos PPS se realizó un promedio simple para las estaciones localizadas en los extremos de cada proyecto (en 2 casos), al que se añadió la de la estación más cercana al punto medio del trayecto concesionado (otros dos casos) cuando se contaba con más de dos estaciones de aforo.

El rango de TDPA fue desde los 1 080 vehículos por día para el caso del libramiento de Irapuato hasta los 44 246 para la autopista México – Toluca (Constituyentes – La Venta), véase el cuadro 1.9.

El promedio aritmético del tránsito de los proyectos fue de 8 982 vehículos por día, como puede observarse en el cuadro 1.9, prácticamente todos los aforos están por debajo de los 19 580 vehículos por día con excepción de tres concesiones, de las cuales dos son PPS.

Para esta variable se pudo obtener información de un estudio de la calificadora Fitch Ratings (El Economista, 31 de julio de 2016) con aforos para el año 2015 para seis concesiones carreteras, de las cuales todas superaban el aforo oficial descrito en el cuadro 1.9 con diferencias que iban desde los dos hasta los 267 puntos porcentuales de incremento con respecto a la información de la DGST, véase el anexo 2.

Cuadro 1.9 Distribución del volumen vehicular en los proyectos de concesión carretera

| Rangos de volumen vehicular (vehículos promedio diarios) | Frecuencia |
|--|------------|
| 1 080 – 7 246 | 22 |
| 7 247 – 13 413 | 6 |
| 13 414 – 19 579 | 3 |
| 19 580 – 25 746 | 1 |
| 25 747 – 31 913 | 0 |
| 31 914 – 38 079 | 0 |
| 38 080 – 44 246 | 2 |

Fuente: elaboración propia con base en Datos Viales 2017, página Web de la Dirección General de Servicios Técnicos, <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2017/>

1.2.8 Ingresos estimados

La última variable a describir es una estimación de los ingresos de los proyectos concesionados para el año 2016, la cual se calcula del producto de TDPA y la cuota por uso de la infraestructura concesionada para todo su trayecto. El tamaño de la muestra se reduce a 30 casos debido a que se eliminan los cuatro proyectos PPS. Es pertinente recordar que esta variable es una estimación que supone idealmente un tránsito constante durante todo el trayecto concesionado por lo que puede diferir de los ingresos reales.

El rango de los ingresos diarios va de los 50 mil (libramiento de Tépam) hasta los 6 millones de pesos (Arco Norte). Se puede observar que más del 60 por ciento de las concesiones reciben ingresos inferiores a 917 mil pesos diarios, de acuerdo con el primer rango, mismo que sumado con el siguiente rango acumulan 80 por ciento de las concesiones, las cuales no superan los 1.78 millones de pesos por ingresos al día. Destaca que sólo dos concesiones podrían estar superando los 3.52 millones de pesos de ingresos diarios, véase cuadro 1.10.

Cuadro 1.10 Distribución de los ingresos diarios estimados de las concesiones carreteras, 2016

| Rangos de ingresos (pesos de 2016) | Frecuencia |
|---|-------------------|
| 50 601 - 917 400 | 19 |
| 917 401 -1 784 200 | 5 |
| 1 784 201 – 2 651 000 | 1 |
| 2 651 001 - 3 517 800 | 3 |
| 3 517 801 – 4 384 600 | 0 |
| 4 384 601 - 5 251 400 | 1 |
| 5 251 401 – 6 118 200 | 1 |

Fuente: elaboración propia con base en Datos Viales 2017 (DGST, 2017) y Datos operativos de las vías (DGDC, consulta febrero de 2017).

2 Productividad económica de las concesiones carreteras en México

De acuerdo con la publicación Productividad en el transporte mexicano (Islas, 2000) existen diversas formas de calcular indicadores de la productividad del transporte, en función del propósito de la medición. De igual forma, existen varios efectos derivados de la inversión en la mejora de un sistema de transporte que pudieran ser objeto de medición como beneficios y costos del proyecto.

En México, el enfoque tradicional para evaluar el desempeño y logro de objetivos de una inversión en infraestructura carretera es la técnica del análisis costo – beneficio, de acuerdo con las autoridades federales responsables de la inversión en infraestructura pública en México; asimismo, existen otros enfoques para medir el impacto de dichas inversiones en el contexto económico donde se inserta el proyecto en cuestión, algunos de estos enfoques incluyen la medición del incremento de la producción regional, la medición en la obtención de los objetivos explícitos en los proyectos de inversión, entre otros.

2.1 El análisis costo beneficio en México

En México, en el ámbito federal, las principales entidades involucradas en la evaluación de proyectos carreteros son la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), entre otras. Éstas permiten la creación de una cartera de proyectos titulada generalmente, “Proyectos y Programas de Inversión” que lleva a cabo la Administración Pública Federal para la construcción, ampliación, adquisición, modificación, mantenimiento o conservación de activos fijos, con el propósito de solucionar una problemática o atender una necesidad específica y que generan beneficios y costos a lo largo del tiempo (Devesa, 2014).

De acuerdo con Devesa (2014) los proyectos de infraestructura implican erogaciones de gasto de capital destinadas a obra pública en infraestructura, así como la construcción, adquisición y modificación de inmuebles. De igual forma, se distinguen dos tipos principales de proyectos de inversión, los de infraestructura social y los de infraestructura económica, estos últimos incluyen la construcción, adquisición y/o ampliación de activos fijos para la producción de bienes y servicios tanto en el sector transportes, como en otros sectores, y éste es el tipo de inversión en el que se concentra el presente documento.

Asimismo, Devesa (2014) menciona que en la evaluación de proyectos de infraestructura carretera se destacan dos tipos de evaluación, la financiera y la socioeconómica, la primera de ellas se aplica cuando la inversión es típicamente privada, mientras que la segunda se evalúa bajo un punto de vista de la sociedad en conjunto, utilizando diferentes grupos de variables según sea el caso.

Actualmente, también existen informes de calificadoras financieras que presentan metodologías propias, como es el caso de la Metodología de Calificación para la Emisión de Deuda de Proyectos de Peaje publicada por HR Ratings (2009) donde básicamente se analizan las tendencias y se realizan proyecciones de la demanda, competencia y precio de peaje, entre otras variables, con la finalidad de recomendar la compra de deuda de los operadores de concesiones carreteras en México.

Asimismo, de acuerdo con el marco normativo para regular la participación en proyectos con inversión conjunta del sector público y privado, conocidos como Asociaciones Público Privadas (APP), se requiere una evaluación integral de proyectos de infraestructura, soportada tanto por una evaluación financiera como por una socioeconómica, además de las evaluaciones técnica y ambiental requeridas para la asignación de recursos públicos.

De acuerdo con la información recopilada para 8 variables (descritas en el capítulo anterior) no es factible realizar un análisis costo beneficio utilizando dichas variables; sin embargo, es posible realizar una aproximación a la eficiencia con que se utilizan algunas variables catalogadas como insumos para obtener determinados productos (variables de producción) utilizando un enfoque de mejores marcas para una muestra de concesiones. A continuación se esboza la interpretación de productividad y eficiencia que permite estimar dicha frontera de producción de las concesiones de infraestructura carretera.

2.1.1 Productividad total de los factores

En un contexto de evolución y cambios constantes en la operación de las empresas, Rivera (2004) señala que *“el principal objetivo de los cambios en el servicio ‘de transporte’ ha sido la mejora del desempeño global. Es decir, la mejora de la productividad y el rendimiento financiero.”* En dicho trabajo el autor mide y compara la evolución de los ferrocarriles de diversos países a finales del siglo XX, utilizando técnicas de estimación de productividad total de los factores (PTF).

Por otra parte, una interpretación de Farrell (1957), traducida por Islas (2012), señala que *“para saber si se está produciendo de manera eficiente, debe existir un marco de comparación en la eficiencia de una empresa, y éste podría estar en función de la mejor marca observada (lo que hoy conocemos como benchmarking) entre un conjunto de empresas, a las que se desee equiparar. Además de ello, identificó dos formas en las que se produce de manera ineficiente. La primera de ellas ocurre cuando se utilizan más insumos de los que se requieren en el proceso de producción de acuerdo con la tecnología existente, mientras que la segunda resulta de no contar con la mejor combinación de insumos, dados los costos de éstos. A la primera se le conoce con el nombre de ineficiencia técnica, y a la segunda se le nombró ineficiencia de asignación”*. El enfoque que se analiza aquí principalmente es el de eficiencia técnica por lo que sólo se requieren cantidades de insumos y producción.

Con la finalidad de ilustrar el término de eficiencia técnica se reproduce un ejemplo descrito por Coelli (1996) y traducido por Islas (2012) que se muestra a continuación: la 'Figura' 2.1, "...donde se tiene un producto que requiere de los insumos X_1 y X_2 , para su elaboración. La curva $Y-Y'$, muestra la combinación de insumos necesaria para producir una unidad de producto en condiciones de máxima eficiencia. Es decir, que cualquier punto situado fuera de dicha curva estaría produciendo de manera ineficiente. Tal es el caso del punto P , en el cual se produce la misma cantidad que en el punto Q , pero con mayor utilización de insumos, así pues, si medimos la distancia existente entre los puntos P y Q , obtendríamos la cantidad que puede reducirse el consumo de insumos, sin alterar la cantidad producida, obteniendo el índice de eficiencia técnica como:"

$$ET = \frac{\overline{OQ}}{\overline{OP}} \quad [1.1]$$

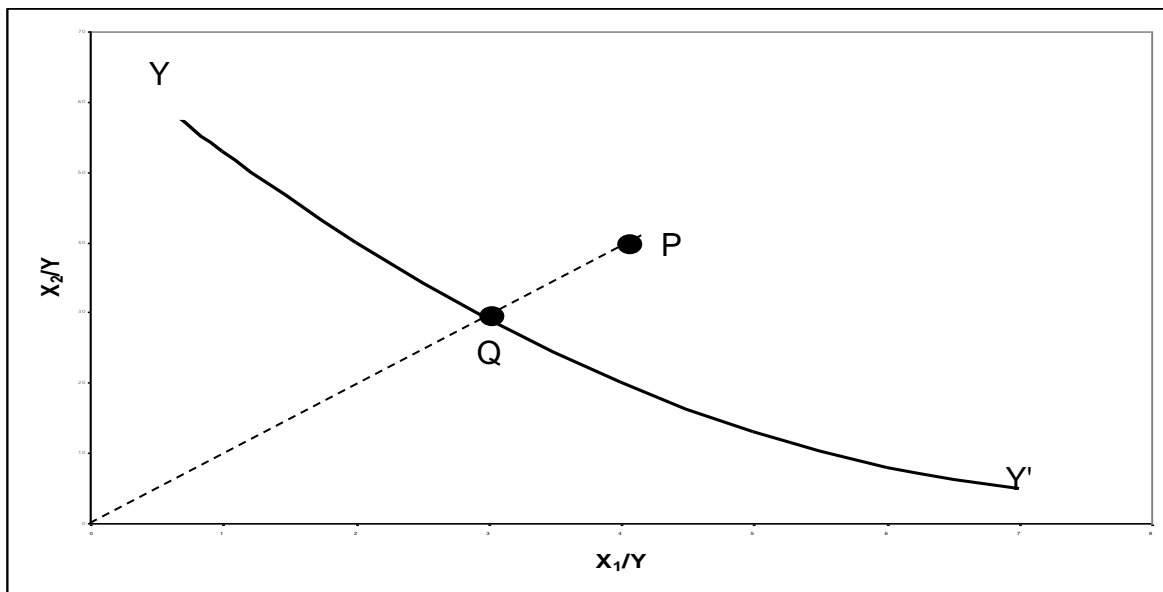


Figura 2.1 Eficiencia técnica

Fuente: Coelli et al., 1998

Para la medición de la eficiencia existen dos enfoques principales que son: el no paramétrico y el paramétrico, a la vez que para cada uno de estos enfoques existen diversos modelos. Generalmente, se prefiere la aplicación de un modelo no paramétrico, debido a que sólo es necesario contar con las cantidades utilizadas de insumos y de producción.

2.1.2 DEA, un enfoque no paramétrico de la PTF

Un modelo no paramétrico típico es el que utiliza la técnica conocida como 'análisis envolvente de datos' (DEA por sus siglas en inglés) con el que se puede

calcular la PTF, para ello se reprodujo la metodología que aplicó Islas (2012) para la estimación de la productividad regional de la infraestructura de transporte terrestre en México, utilizando el paquete estadístico DEA-Solver (en su versión de aprendizaje) desarrollado por Cooper (2007).

“El método DEA implica el uso de métodos de programación lineal para ‘construir’ una superficie (o frontera) no paramétrica envolvente de los datos.” De esta forma es posible utilizar el programa DEA-Solver (Cooper, 2007) para la estimación de la eficiencia técnica y se pueden considerar como modelos de solución cuatro opciones, las dos primeras asumen rendimientos constantes a escala, mientras que la dos últimas asumen rendimientos variables a escala, como se detalla a continuación.

1. El CCR-I, es decir, el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes, que estima la eficiencia técnica orientada a los insumos (TEI, por sus siglas en inglés) al minimizar la cantidad de insumos utilizados dada la cantidad de producción y asumiendo rendimientos constantes a escala (CRS, por sus siglas en inglés).
2. El CCR-O, es decir, el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes, que estima la eficiencia técnica orientada a los productos (TEO, por sus siglas en inglés) al maximizar la cantidad de producción dada la cantidad de insumos utilizados y asumiendo rendimientos constantes a escala (CRS).
3. El BCC-I, es decir, el modelo de Banker, Charnes y Cooper, que estima la eficiencia técnica orientada a los insumos (TEI) al minimizar la cantidad de insumos utilizados dada la cantidad de producción y asumiendo rendimientos variables a escala (VRS, por sus siglas en inglés).
4. El BCC-O, es decir, el modelo de Banker, Charnes y Cooper, que estima la eficiencia técnica orientada a los productos (TEO) al maximizar la cantidad de producción dada la cantidad de insumos utilizados y asumiendo rendimientos variables a escala (VRS).

De esta forma y de acuerdo con la información pública obtenida, se procedió a clasificar las ocho variables obtenidas como tipo insumo o producto, para luego aplicar a diversos grupos de concesiones el análisis envolvente de datos (DEA) con la finalidad de conocer su desempeño comparativo.

Debido a que la información del monto de inversión para los proyectos seleccionados no fue localizada en alguna fuente oficial de la SCT, se tomó como variables de insumo: la longitud de la carretera, los años de concesión, los años de operación y las adendas al título de concesión; mientras que como variables de salida se consideran el tránsito atendido (TDPA) y la cuota cobrada. Asimismo, se distinguen subgrupos por tipo de APP con la finalidad de matizar diferencias de comportamiento.

2.2 Ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud

Se realizó una aproximación simplificada para estimar la productividad de las concesiones utilizando un grupo de cuatro variables de tipo operativo-administrativo, tres de ellas clasificadas como insumos: longitud del proyecto concesionado, años de la concesión, adendas al proyecto; mientras que una variable es clasificada como producto: el tránsito vehicular medido en TDPA, véase el cuadro 2.1. Esta variante pretende reflejar el objetivo de maximizar el tránsito atendido como reflejo de mayores beneficios percibidos por el usuario.

Cuadro 2.1 Valor de las variables del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud

| Concesión | (O) TDPA 2016 | (I) Adendas | (I) Años concesión | (I) Longitud (km) |
|---------------------------------|------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Amozoc-Perote y Lib. de Perote | 8,392 | 2 | 30.0 | 135.0 |
| Arco Norte | 14,567 | 1 | 60.0 | 223.0 |
| Armería – Manzanillo | 6,788 | 5 | 39.4 | 47.0 |
| Arriaga-Ocozocoautla | 4,930 | 1 | 30.0 | 93.0 |
| Autopista Guadalajara-Tepic | 8,941 | 0 | 30.0 | 168.6 |
| Ávila Camacho-Tihuatlán | 4,407 | 0 | 30.0 | 48.1 |
| Constituyentes-Reforma-La Venta | 44,246 | 9 | 60.0 | 21.0 |
| Durango – Yerbanís | 2,508 | 2 | 30.0 | 103.0 |
| Ecatepec – Pirámides | 19,064 | 6 | 60.0 | 22.0 |
| Kantunil – Cancún | 3,212 | 2 | 30.0 | 240.0 |
| Libramiento de Irapuato | 1,080 | 2 | 60.0 | 29.2 |
| Libramiento de La Piedad | 3,439 | 1 | 45.0 | 21.4 |
| Libramiento de Matehuala | 11,312 | 0 | 30.0 | 14.2 |
| Libramiento de Mexicali | 2,713 | 0 | 30.0 | 41.0 |
| Libramiento de Nogales | 2,370 | 1 | 30.0 | 12.1 |
| Libramiento de Técuán | 1,633 | 0 | 30.0 | 4.4 |
| Lib. Oriente de San Luis Potosí | 2,120 | 5 | 47.0 | 33.8 |
| Maravatío-Zapotlanejo | 8,260 | 1 | 30.0 | 309.7 |
| Mazatlán-Culiacán | 7,192 | 0 | 30.0 | 181.5 |
| Morelia-Salamanca | 4,979 | 0 | 30.0 | 83.0 |
| Nueva Italia-Lázaro Cárdenas | 2,595 | 0 | 30.0 | 151.5 |
| Perote-Banderilla y Lib. Xalapa | 5,975 | 2 | 45.0 | 30.0 |
| PPS Irapuato-La Piedad | 23,833 | 1 | 20.0 | 74.3 |
| PPS Nueva Italia-Apatzingán | 14,803 | 0 | 20.0 | 31.7 |

Cuadro 2.1 Valor de las variables del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud. Continuación

| Concesión | (O) TDPA2016 | (I) Adendas | (I) Años concesión | (I) Longitud (km) |
|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| PPS Querétaro-Irapuato | 41,824 | 0 | 20.0 | 93.0 |
| PPS Tapachula-Talismán | 7,157 | 1 | 20.0 | 45.0 |
| Rio Verde-Ciudad Valles | 2,007 | 1 | 20.0 | 68.6 |
| Salamanca-León | 10,573 | 0 | 30.0 | 79.0 |
| Saltillo-Monterrey | 6,826 | 5 | 45.0 | 50.0 |
| San Martín Texmelucan - Tlaxcala | 5,856 | 3 | 51.0 | 19.4 |
| Tepic-Villa Unión | 7,273 | 1 | 30.0 | 237.8 |
| Tihuatlán – Tuxpan | 5,636 | 5 | 30.0 | 37.0 |
| Tijuana – Tecate | 6,052 | 3 | 60.0 | 22.0 |
| Torreón - Cuencame - Yerbanis | 2,820 | 3 | 30.0 | 119.0 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión y datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero.

Los resultados CCR son idénticos para las opciones de minimizar insumos o maximizar producto debido a que existen rendimientos constantes de escala, como lo establece Coelli (1996), por ello sólo se muestra un resultado para el modelo CCR, mientras que para los modelos BCC se obtienen promedios de eficiencia diferentes entre dichas opciones, con valores promedio de eficiencia mayores al CCR. Dado que se espera la existencia de rendimientos variables a escala se concentra la interpretación de los resultados en los modelos BCC, contrastando las diferencias halladas entre los enfoques de maximización de producción y minimización de insumos.

Cuadro 2.2 Resumen de resultados del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud

| | CCR | BCC-O | BCC-I |
|------------------------|-------|-------|-------|
| Numero de concesiones | 34 | | |
| Promedio de eficiencia | 0.275 | 0.330 | 0.713 |
| Desviación estándar | 0.289 | 0.326 | 0.185 |
| Valor máximo | 1 | 1 | 1 |
| Valor mínimo | 0.038 | 0.045 | 0.333 |

Fuente: elaboración propia con resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

Se debe señalar que los mayores valores de eficiencia y menor dispersión de éstos fueron para el modelo BCC con variante de minimización de insumos, es decir el modelo BCC-I, donde se concentra el análisis de la eficiencia.

En la figura 2.2 se puede observar cómo ocho proyectos se sitúan en la frontera de eficiencia de la muestra analizada, entre ellos los cuatro proyectos PPS, que se encontraban operando, acompañados de la Autopista México – Toluca (Constituyentes – La Venta), Libramiento de Técuán, Libramiento de Matehuala y la Autopista Rio Verde – Ciudad Valles, los que obtienen una eficiencia de 1.0, mientras que el valor más bajo lo obtiene el Arco Norte con un valor de eficiencia de 0.333.

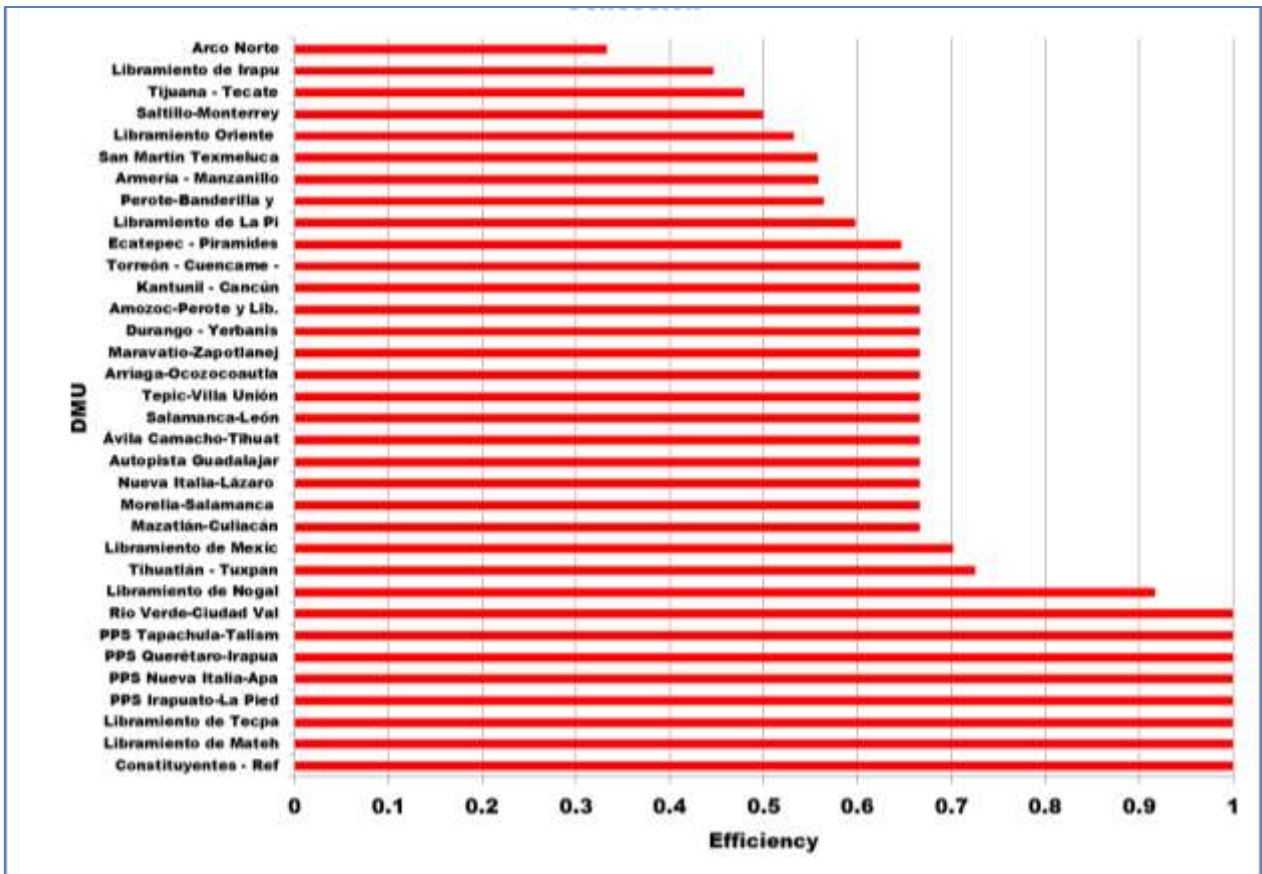


Figura 2.2 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo TDPA, adendas, años concesión y longitud

Fuente: gráfico 2 de los resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

Los resultados de este primer ensayo permiten resaltar la flexibilidad del DEA-Solver para ensayar diversas combinaciones de variables sin importar el tipo de unidades de cada una de ellas, dado que se les asigna pesos similares en la estimación de la eficiencia de los proyectos, como se observa en la descripción de la influencia de cada variable para trazar la frontera de eficiencia, así los cinco

proyectos con el menor periodo de concesión se localizan en dicha frontera. Los trayectos cortos muestran también presencia en la delimitación de la frontera de eficiencia dado que, de los cinco proyectos con menor longitud cuatro de ellos obtuvieron 1.0 de eficiencia y el otro (Libramiento de Nogales) se jerarquizó apenas detrás de ellos con una eficiencia de 0.917. Asimismo, las adendas presentan también alta influencia en la ponderación de la eficiencia, pues cuatro de los proyectos que marcan la frontera de eficiencia no tuvieron adenda alguna. Es destacable que los cuatro proyectos PPS se localicen en la frontera de eficiencia dado que estos proyectos no realizan cobro de cuota, por ello es de esperarse un mayor tránsito vehicular.

2.3 Ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota

Una variante para estimar la productividad de las concesiones utilizando como producto el TDPA es el siguiente: longitud del proyecto, años de operación de la concesión y cuota como variables de insumo (véase el cuadro 2.3), una vez eliminados los proyectos PPS se observan los efectos que tiene la inclusión de la variable cuota. Nuevamente, el objetivo es maximizar el tránsito atendido como reflejo de los beneficios percibidos por el usuario de la infraestructura.

Cuadro 2.3 Valor de las variables del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota

| Concesión | (O) TDPA 2016 | (I) Años operación | (I) Longitud en km | (I) Cuota |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|
| Constituyentes - La Venta | 44,246 | 58 | 21.0 | 76 |
| Ecatepec – Pirámides | 19,064 | 59 | 22.0 | 73 |
| Arco Norte | 14,567 | 59 | 223.0 | 420 |
| Libramiento de Matehuala | 11,312 | 28 | 14.2 | 24 |
| Salamanca-León | 10,573 | 26 | 79.0 | 114 |
| Autopista Guadalajara-Tepic | 8,941 | 47 | 168.6 | 383 |
| Amozoc-Perote y Lib. de Perote | 8,392 | 29 | 135.0 | 260 |
| Maravatío-Zapotlanejo | 8,260 | 43 | 309.7 | 566 |
| Tepic-Villa Unión | 7,273 | 30 | 237.8 | 480 |
| Mazatlán-Culiacán | 7,192 | 47 | 181.5 | 246 |
| Saltillo-Monterrey | 6,826 | 42 | 50.0 | 126 |
| Armería – Manzanillo | 6,788 | 38 | 47.0 | 130 |
| Tijuana – Tecate | 6,052 | 58 | 22.0 | 99 |
| Perote-Banderilla | 5,975 | 40 | 30.0 | 139 |

Cuadro 2.3 Valor de las variables del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota. Continuación

| Concesión | (O) TDPA 2016 | (I) Años operación | (I) Longitud en km | (I) Cuota |
|--|---------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|
| San Martín Texmelucan - Tlaxcala | 5,856 | 49 | 19.4 | 64 |
| Tehuacán – Tuxpan | 5,636 | 29 | 37.0 | 37 |
| Morelia-Salamanca | 4,979 | 28 | 83.0 | 186 |
| Arriaga-Ocozacoautla | 4,930 | 29 | 93.0 | 146 |
| Libramiento de La Piedad | 3,439 | 41 | 21.4 | 47 |
| Kantunil – Cancún | 3,212 | 28 | 240.0 | 450 |
| Torreón - Cuencamé - Yerbanís | 2,820 | 28 | 119.0 | 286 |
| Libramiento de Mexicali | 2,713 | 28 | 41.0 | 75 |
| Nueva Italia-Lázaro Cárdenas | 2,595 | 40 | 151.5 | 213 |
| Durango – Yerbanís | 2,508 | 28 | 103.0 | 226 |
| Libramiento de Nogales | 2,370 | 29 | 12.1 | 52 |
| Libramiento Oriente de San Luis Potosí | 2,120 | 46 | 33.8 | 60 |
| Libramiento de Tépica | 1,633 | 28 | 4.4 | 31 |
| Libramiento de Irapuato | 1,080 | 57 | 29.2 | 68 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión y datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero.

Se puede observar en el cuadro 2.4, una columna para el modelo CCR (dado que sus variantes presentan resultados idénticos), mientras que para los modelos BCC se obtienen promedios de eficiencia diferentes entre ellos, con valores de eficiencia mayores al modelo CCR. Nuevamente, el modelo que presenta los mayores valores de eficiencia es el BCC-I, con la menor desviación estándar entre los tres modelos.

Cuadro 2.4 Resumen de resultados del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota

| | CCR | BCC-O | BCC-I |
|------------------------|-------|-------|-------|
| Numero de concesiones | 28 | | |
| Promedio de eficiencia | 0.260 | 0.372 | 0.773 |
| Desviación estándar | 0.212 | 0.286 | 0.184 |
| Valor máximo | 1 | 1 | 1 |
| Valor mínimo | 0.027 | 0.028 | 0.482 |

Fuente: elaboración propia con resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

En la figura 2.3 se observa, ante una muestra reducida a 28 proyectos, un menor número de empates en la jerarquización por eficiencia y tan sólo cuatro proyectos localizados en la frontera de eficiencia, tres de ellos repiten con respecto al caso anterior de la figura 2.2, estos son la autopista Constituyentes – La Venta, el Libramiento de Matehuala y el Libramiento de Técuapán, mientras que en el fondo de la tabla se observa una ligera mejoría de la autopista Arco Norte en comparación al Libramiento de Irapuato y la autopista Tijuana - Tecate. En general, existen variaciones moderadas en la jerarquía de eficiencia de los proyectos carreteros, con respecto a la figura 2.2.

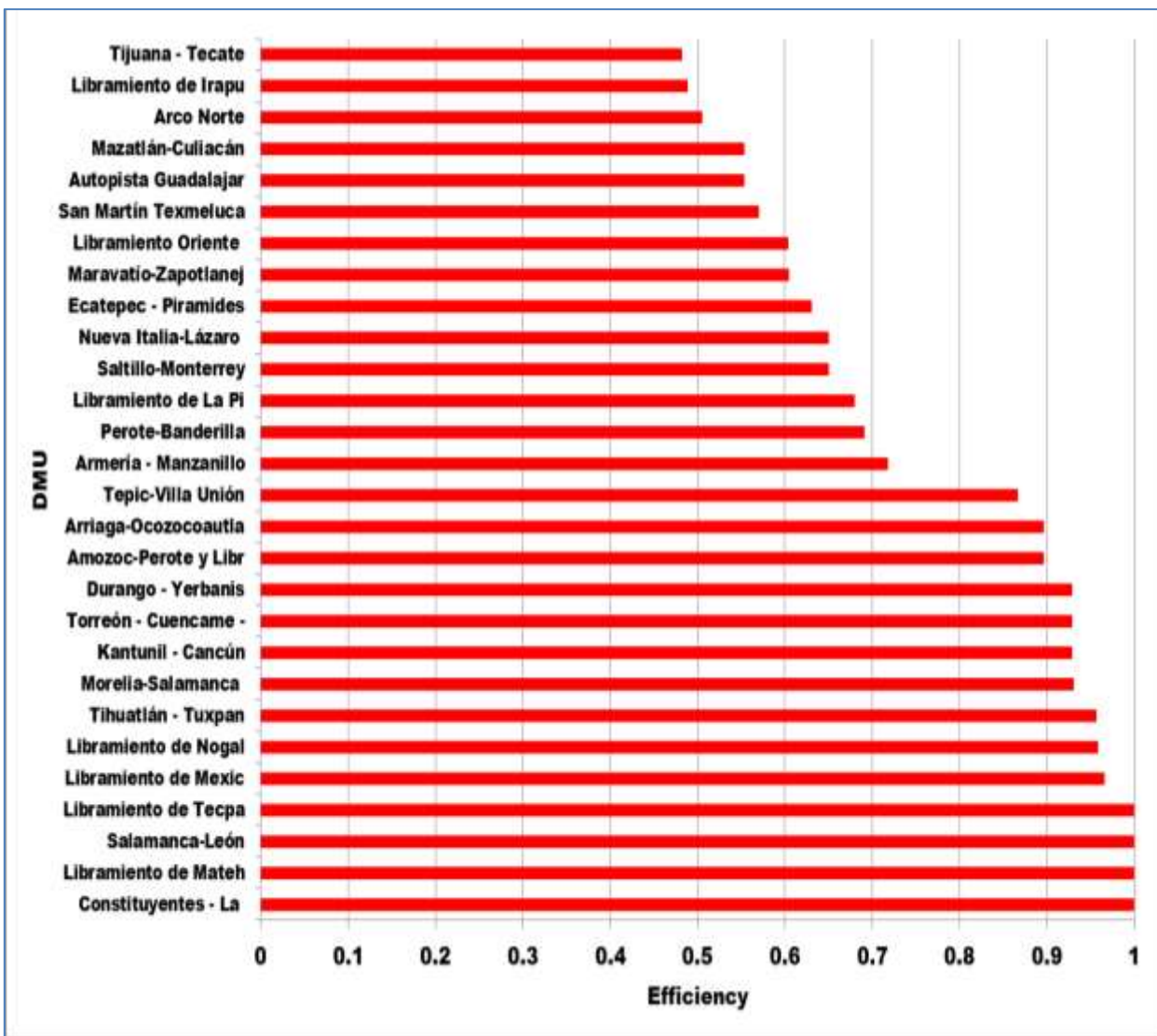


Figura 2.3 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo TDPA, años operación, longitud y cuota

Fuente: gráfico 2 de los resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

2.4 Ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas

Ahora se cambia de variable de producción y punto de vista del evaluador (pasando al punto de vista de un operador de infraestructura) al utilizar a la variable cuota por kilómetro recorrido, véase el cuadro 2.5. En esta variante, para estimar la productividad de las concesiones, se utilizó un grupo de tres variables clasificadas como insumos: años de operación de la concesión, longitud del proyecto y adendas al título de concesión.

De nuevo se consideran los rendimientos variables a escala presentes en la identificación de la envolvente de los datos y con un enfoque preferente de explotación de la vía y, por tanto, de maximizar la cuota por kilómetro de recorrido, los resultados del DEA-Solver se presentan en el cuadro 2.6.

Cuadro 2.5 Valor de las variables del ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas

| Concesión | (O) Cuota/km | (I) Años operando completos | (I) Longitud (km) | (I) Adendas |
|---|-------------------------|--|----------------------------------|------------------------|
| Constituyentes - La Venta | 3.62 | 58 | 21.0 | 9 |
| Ecatepec - Pirámides | 3.32 | 59 | 22.0 | 6 |
| Arco Norte | 1.88 | 59 | 223.0 | 1 |
| Libramiento de Matehuala | 1.69 | 28 | 14.2 | 0 |
| Salamanca-León | 1.44 | 26 | 79.0 | 0 |
| Autopista Guadalajara-Tepic | 2.27 | 47 | 168.6 | 0 |
| Amozoc-Perote y Lib. de Perote | 1.93 | 29 | 135.0 | 2 |
| Maravatío-Zapotlanejo | 1.83 | 43 | 309.7 | 1 |
| Tepic-Villa Unión | 2.02 | 30 | 237.8 | 1 |
| Mazatlán-Culiacán | 1.36 | 47 | 181.5 | 0 |
| Saltillo-Monterrey | 2.52 | 42 | 50.0 | 5 |
| Armería - Manzanillo | 2.77 | 38 | 47.0 | 5 |
| Tijuana - Tecate | 4.50 | 58 | 22.0 | 3 |
| Perote-Banderilla | 4.63 | 40 | 30.0 | 2 |
| San Martín Texmelucan - Tlaxcala | 3.30 | 49 | 19.4 | 3 |
| Tihuatlán - Tuxpan | 1.00 | 29 | 37.0 | 5 |
| Morelia-Salamanca | 2.24 | 28 | 83.0 | 0 |
| Arriaga-Ocozocoautla | 1.57 | 29 | 93.0 | 1 |
| Libramiento de La Piedad | 2.20 | 41 | 21.4 | 1 |

Cuadro 2.5 Valor de las variables del ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas. Continuación

| Concesión | (O) Cuota/km | (I) Años operando completos | (I) Longitud (km) | (I) Adendas |
|--|--------------|-----------------------------|-------------------|-------------|
| Kantunil - Cancún | 1.88 | 28 | 240.0 | 2 |
| Torreón - Cuencamé - Yerbanís | 2.40 | 28 | 119.0 | 3 |
| Libramiento de Mexicali | 1.83 | 28 | 41.0 | 0 |
| Nueva Italia-Lázaro Cárdenas | 1.41 | 40 | 151.5 | 0 |
| Durango - Yerbanís | 2.19 | 28 | 103.0 | 2 |
| Libramiento de Nogales | 4.28 | 29 | 12.1 | 1 |
| Libramiento Oriente de San Luis Potosí | 1.78 | 46 | 33.8 | 5 |
| Libramiento de Técuapan | 7.10 | 28 | 4.4 | 0 |
| Libramiento de Irapuato | 2.33 | 57 | 29.2 | 2 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión y datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero.

Al igual que los dos ensayos anteriores, el modelo que presentó el promedio de eficiencia más alto es el BCC-I, aunque con respecto a la dispersión de los datos el modelo CCR presentó la menor dispersión de los tres modelos.

Cuadro 2.6 Resumen de resultados del ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas

| | CCR | BCC-O | BCC-I |
|------------------------|-------|-------|-------|
| Numero de concesiones | 28 | | |
| Promedio de eficiencia | 0.275 | 0.387 | 0.747 |
| Desviación estándar | 0.170 | 0.214 | 0.196 |
| Valor máximo | 1 | 1 | 1 |
| Valor mínimo | 0.114 | 0.141 | 0.443 |

Fuente: elaboración propia con resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

En este ensayo sólo dos autopistas se ubican sobre la frontera de eficiencia, éstas son Salamanca – León y El Libramiento de Técuapan, mientras que el Arco Norte presenta la eficiencia más baja con un valor de 0.443. Asimismo, se puede observar cómo cuatro libramientos ocupan cuatro de los primeros cinco lugares. Es notable observar como cae el valor de eficiencia de la Constituyentes – La Venta al considerar como unidad de producción la cuota/km.

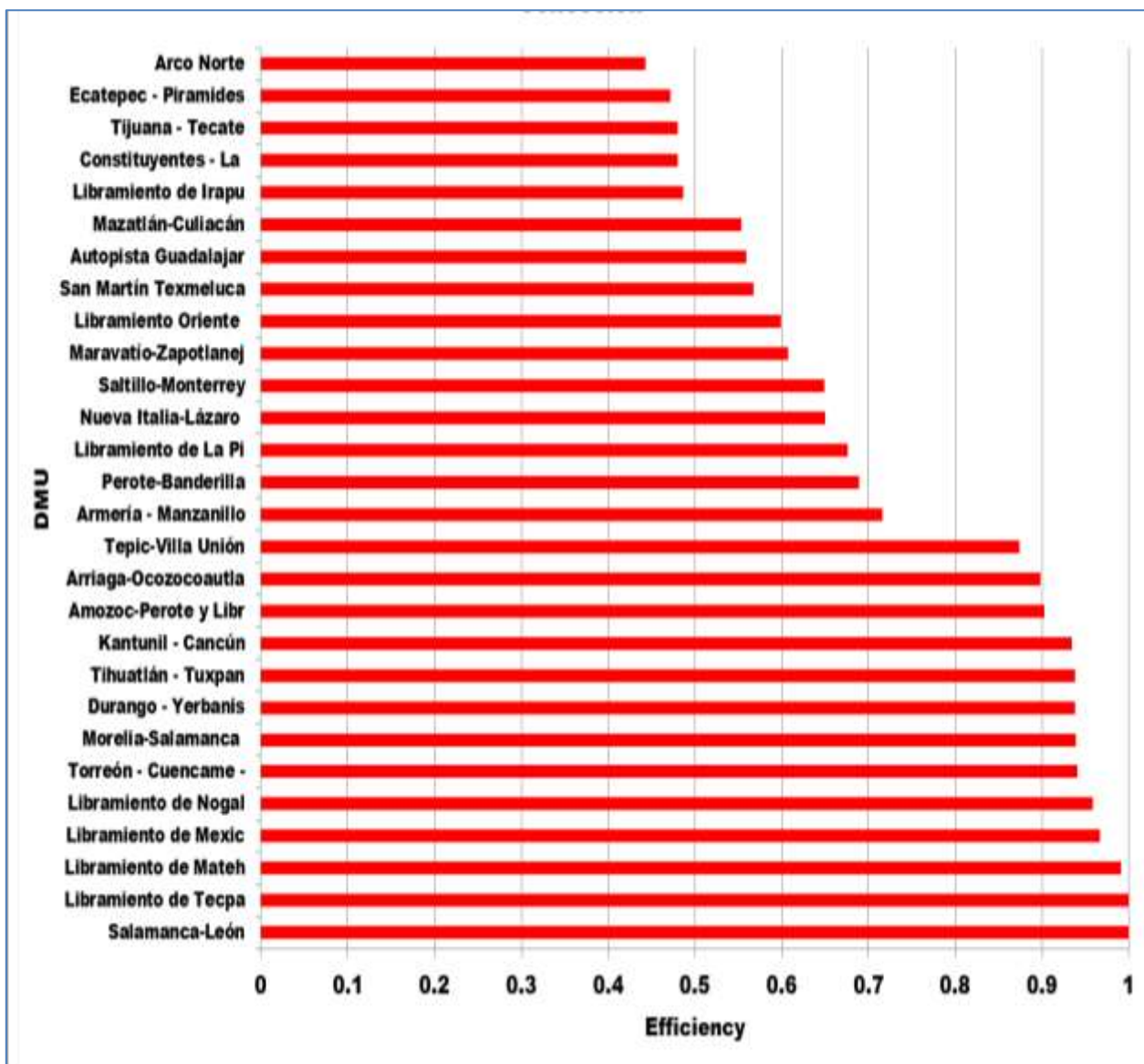


Figura 2.4 Eficiencia de los proyectos APP, ensayo cuota/km, años operación, longitud y adendas

Fuente: gráfico 2 de los resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

2.5 Ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas

La última variante ensayada para estimar la eficiencia de las concesiones nuevamente utiliza un grupo de cuatro variables de tipo operativo-administrativo, tres de ellas clasificadas como insumos: años de operación, longitud del proyecto y adendas al título de concesión, aunque ahora la variable relacionada al producto es una estimación del ingreso diario, véase el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Valor de las variables del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas

| Concesión | (O) ingresos diarios | (I) Años operando completos | (I) Longitud (km) | (I) Adendas |
|--|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Constituyentes - La Venta | 3 362 696 | 58 | 21.0 | 9 |
| Ecatepec - Pirámides | 1 391 672 | 59 | 22.0 | 6 |
| Arco Norte | 6 118 140 | 59 | 223.0 | 1 |
| Libramiento de Matehuala | 271 488 | 28 | 14.2 | 0 |
| Salamanca-León | 1 205 265 | 26 | 79.0 | 0 |
| Autopista Guadalajara-Tepic | 3 424 531 | 47 | 168.6 | 0 |
| Amozoc-Perote y Lib. de Perote | 2 181 790 | 29 | 135.0 | 2 |
| Maravatío-Zapotlanejo | 4 674 877 | 43 | 309.7 | 1 |
| Tepic-Villa Unión | 3 491 040 | 30 | 237.8 | 1 |
| Mazatlán-Culiacán | 1 769 232 | 47 | 181.5 | 0 |
| Saltillo-Monterrey | 860 013 | 42 | 50.0 | 5 |
| Armería - Manzanillo | 882 440 | 38 | 47.0 | 5 |
| Tijuana - Tecate | 599 148 | 58 | 22.0 | 3 |
| Perote-Banderilla | 830 525 | 40 | 30.0 | 2 |
| San Martín Texmelucan - Tlaxcala | 374 784 | 49 | 19.4 | 3 |
| Tehuacán - Tuxpan | 208 532 | 29 | 37.0 | 5 |
| Morelia-Salamanca | 926 094 | 28 | 83.0 | 0 |
| Arriaga-Ocozacoautla | 719 707 | 29 | 93.0 | 1 |
| Libramiento de La Piedad | 161 633 | 41 | 21.4 | 1 |
| Kantunil - Cancún | 1 445 175 | 28 | 240.0 | 2 |
| Torreón - Cuernavaca - Yerbánis | 806 520 | 28 | 119.0 | 3 |
| Libramiento de Mexicali | 203 438 | 28 | 41.0 | 0 |
| Nueva Italia-Lázaro Cárdenas | 552 629 | 40 | 151.5 | 0 |
| Durango - Yerbánis | 566 808 | 28 | 103.0 | 2 |
| Libramiento de Nogales | 123 240 | 29 | 12.1 | 1 |
| Libramiento Oriente de San Luis Potosí | 127 200 | 46 | 33.8 | 5 |
| Libramiento de Tépica | 50 623 | 28 | 4.4 | 0 |
| Libramiento de Irapuato | 73 406 | 57 | 29.2 | 2 |

Fuente: elaboración propia con base en Títulos de concesión y datos operativos de las vías, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero.

En el modelo BCC-I, se mantiene la consideración de rendimientos variables a escala presentes en la identificación de la envolvente de los datos, con un enfoque preferente de operación de la vía y, por tanto, de maximizar los ingresos, los resultados del DEA-Solver se presentan en el cuadro 2.8.

Se confirma que el modelo BCC-I presenta los mayores valores en el promedio de eficiencia y la menor dispersión de éstos, incluso presenta los mayores valores de promedio de eficiencia en comparación a los otros tres ensayos.

Cuadro 2.8 Resumen de resultados del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas

| | CCR | BCC-O | BCC-I |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| Numero de concesiones | 28 | | |
| Promedio de eficiencia | 0.489 | 0.578 | 0.846 |
| Desviación estándar | 0.317 | 0.324 | 0.166 |
| Valor máximo | 1 | 1 | 1 |
| Valor mínimo | 0.052 | 0.054 | 0.487 |

Fuente: elaboración propia con resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

En la figura 2.5 se pueden apreciar nueve carreteras como las más eficientes y que conforman la frontera de eficiencia de la muestra, éstas son: Constituyentes – La Venta, Arco Norte, Libramiento de Matehuala, Salamanca – León, Guadalajara – Tepic, Amozoc – Perote (y Libramiento de Perote), Maravatío – Zapotlanejo, Tepic – Villa Unión y Libramiento de Técuán las cuales se localizan en la frontera de eficiencia con un valor de 1.0. Asimismo, puede observarse que en la parte baja de la productividad por ingresos ponderados, se encuentran dos libramientos, el Oriente de San Luis Potosí y el de Irapuato, acompañados de la autopista Tijuana – Tecate, la cual mantuvo consistencia de su mal desempeño al ubicarse, en los cuatro ensayos, entre los últimos tres lugares por desempeño.

De los anteriores ensayos es posible observar cómo la elección de las variables consideradas como insumos o productos afectan los resultados de la eficiencia, por ello la elección de éstas debe estar bien respaldada por la teoría y los objetivos requeridos por el agente interesado en la medición de la productividad y eficiencia en el uso de los insumos.

Asimismo, se puede observar la flexibilidad de la herramienta DEA-Solver para estimar la eficiencia de las unidades económicas, utilizando diversas variables y combinaciones de éstas.

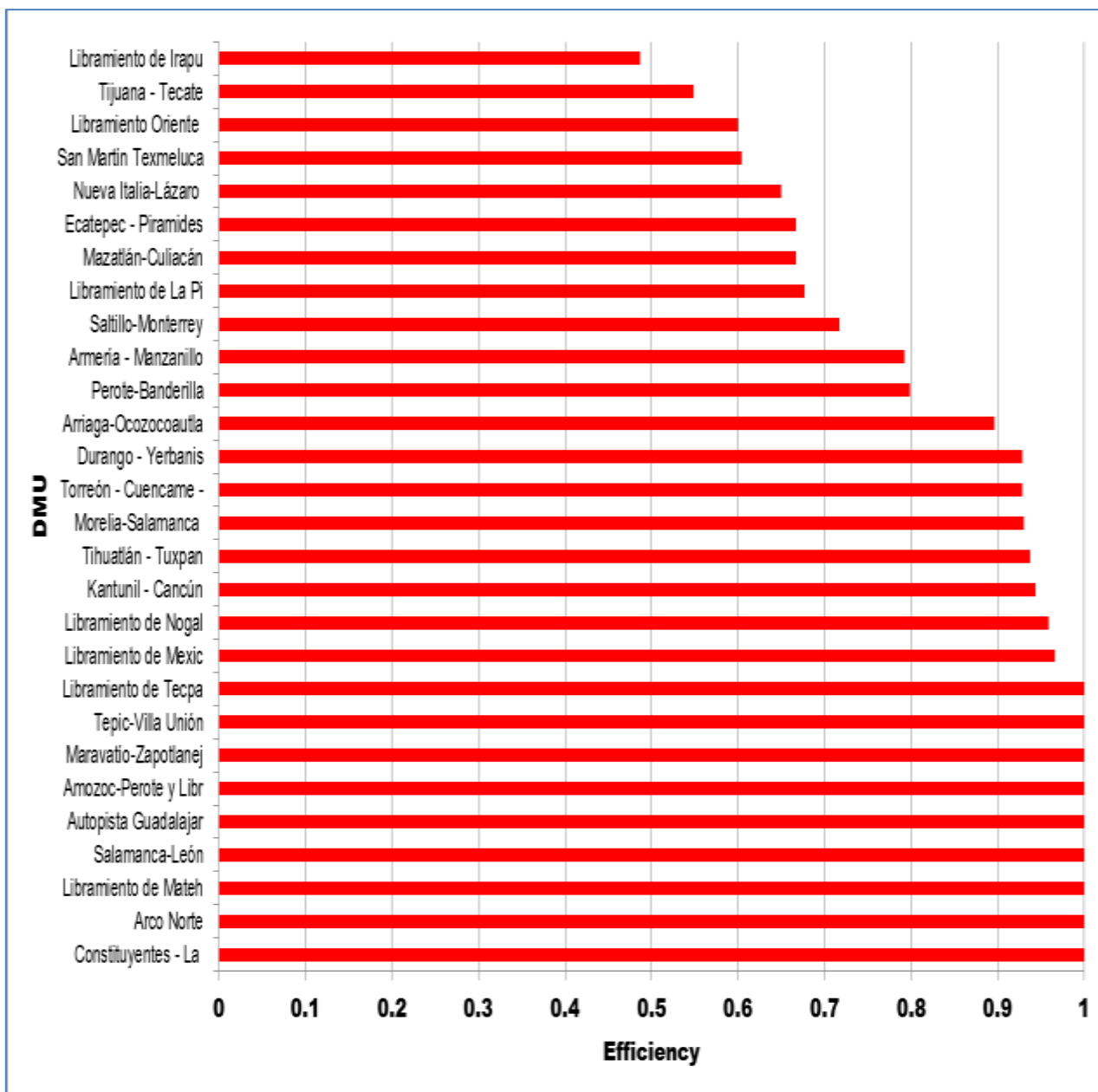


Figura 2.5 Eficiencia de los proyectos APP, del ensayo Ingreso estimado, años operación, longitud y adendas

Fuente: gráfico 2 de los resultados de la aplicación del paquete DEA-Solver.

En la figura 2.6 se muestran las diferencias relativas al cambio de productividad entre las dos corridas que utilizan como variable de producción al TDPA, al utilizar los años de operación en lugar de los años de concesión, además de introducir el factor cuota en lugar de las adendas, arrojó un aumento del promedio de la eficiencia en 0.06 puntos, como resultado de que 20 proyectos incrementan su eficiencia en un rango que va de 0.002 hasta 0.333, este último valor se presenta

en el proyecto Salamanca – León. Mientras que únicamente cinco concesiones presentan una disminución en la estimación de su eficiencia.

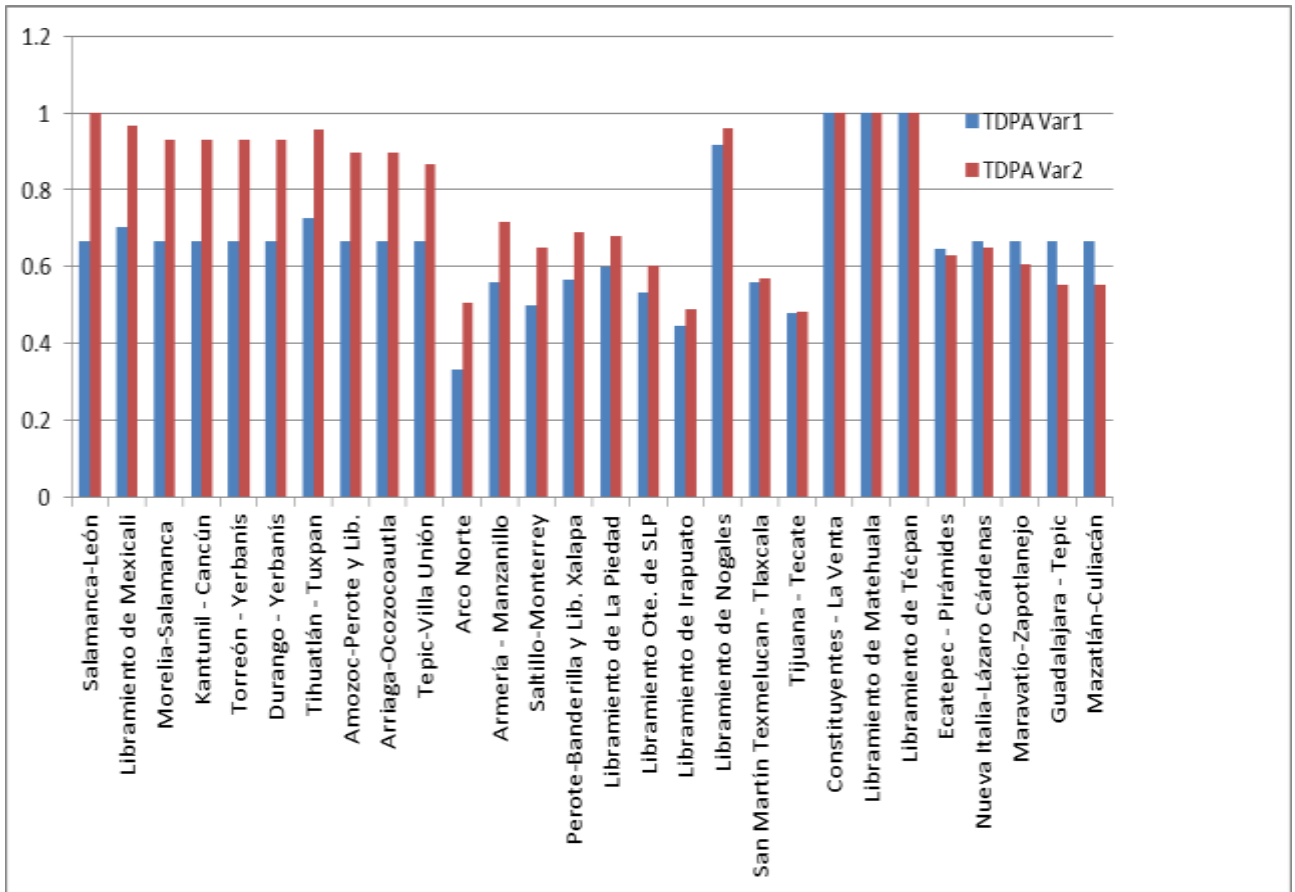


Figura 2.6 Comparativa de la eficiencia entre dos variantes de estimación para la producción de TDPA

Fuente: elaboración propia con base en los gráficos 2.1 y 2.2.

En la figura 2.7 se pueden observar cambios mayores en los resultados obtenidos por los modelos comparados, con respecto a la comparativa de la figura 2.5. Estos cambios obedecen principalmente a que en el modelo para la producción de ingresos nueve concesiones se ubican en la frontera de eficiencia, mientras que en el modelo de cuota/km sólo dos se presentan en la frontera de eficiencia. Se puede observar que únicamente tres proyectos se mantienen en la vanguardia de productividad para los dos modelos, estos son: la autopista Salamanca – León, el libramiento de Técuán y el libramiento de Matehuala, mientras que el de mayor cambio es la autopista Arco Norte, la cual ocupó el último lugar de productividad cuando se utiliza el modelo para la producción del valor de cuota-km pero se ubica en la frontera de la eficiencia cuando se utiliza el modelo de ingreso diario.

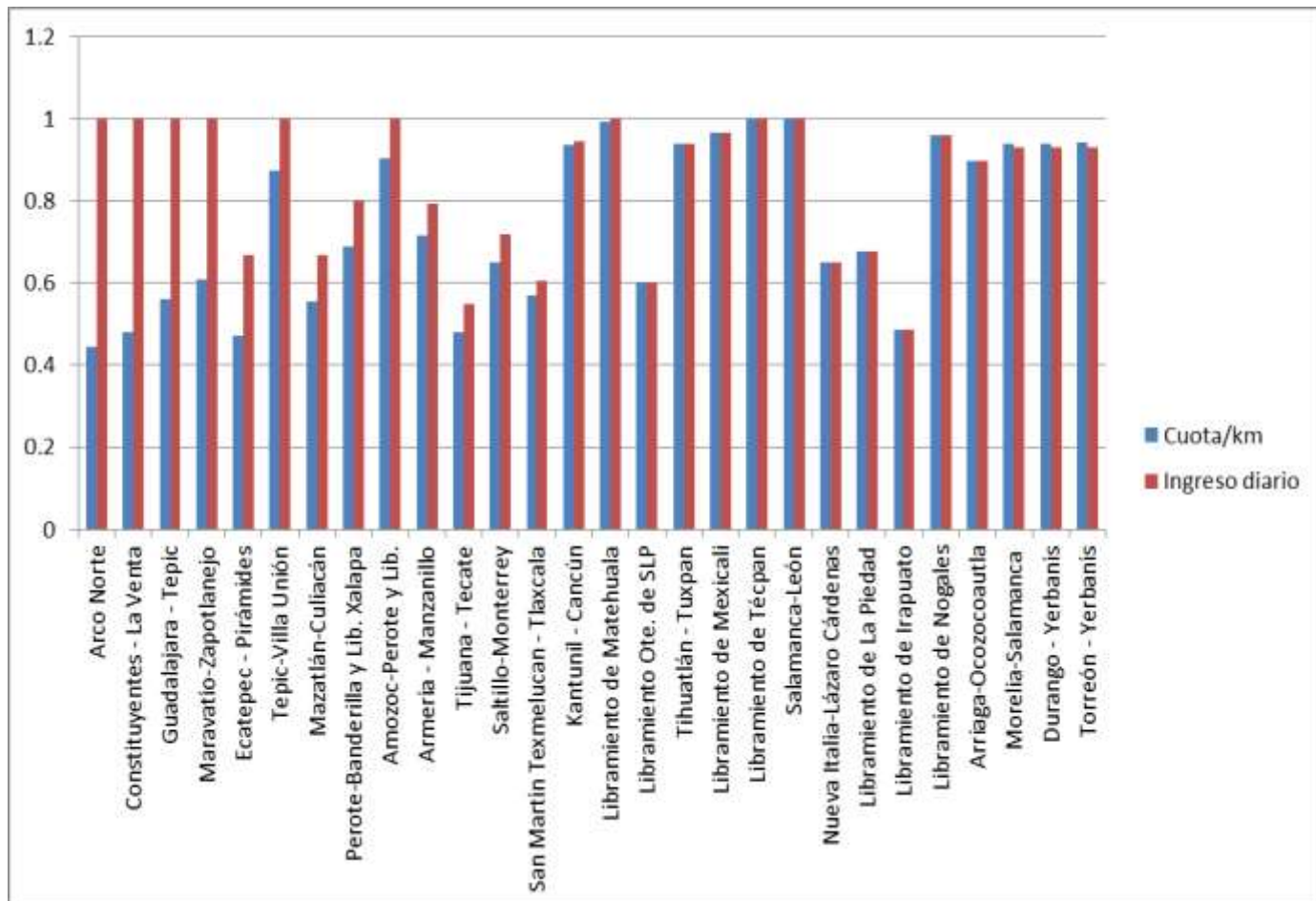


Figura 2.7 Comparativa de la eficiencia entre los modelos de estimación para la producción de cuota/km vs ingreso diario

Fuente: elaboración propia con base en los gráficos 2.3 y 2.4.

Conclusiones y recomendaciones

El desempeño de las concesiones de infraestructura carretera es un tema de suma importancia para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por los montos de inversión requeridos, a la vez, que presentan diversos retos para la medición de sus efectos y beneficios esperados en el largo plazo, que aunado a la escasa información pública de calidad y confiable provoca una necesidad por explorar nuevas herramientas para la medición del desempeño de dichas concesiones y complementen a las evaluaciones costo – beneficio, auditorias de gastos y otras técnicas tradicionales.

La medición de la eficiencia en el uso de los insumos para la producción de un servicio público, como la infraestructura carretera, es una alternativa viable, específicamente a través de la utilización del programa DEA-Solver, el cual presenta resultados de forma sencilla y rápida para la estimación de la productividad en las concesiones carreteras, utilizando diversos conjuntos de variables explicativas; asimismo ofrece la posibilidad de adaptarse a diferentes enfoques de producción o esquemas de inversión, es decir con enfoques de tipo privado o público.

De esta forma se utilizó el DEA-Solver para la medición de la productividad de una muestra de 28 proyectos de concesiones carreteras al sector privado, en México. A través de la técnica del análisis envolvente de datos se ponderó la eficiencia en el uso de los insumos para la producción del servicio carretero. Las variables utilizadas fueron: periodos de concesión y operación, longitud de la vía, cambios al título de concesión, cuotas de peaje, tránsito estimado, así como ingresos.

Los ensayos utilizaron cuatro modelos DEA y cuatro variantes de combinaciones de insumos y productos, el modelo que presentó mayores valores en el promedio de eficiencia considera la existencia de rendimientos variables a escala y con orientación a la minimización de insumos (modelo BCC-I). La flexibilidad para combinar distintos insumos y productos permite adaptar el enfoque de medición de la productividad a los intereses del evaluador, de esta forma se prueba un modelo con unidades de producción de tránsito atendido por la infraestructura, el cual refleja el enfoque del beneficio a los usuarios, mientras que, se utilizaron los ingresos para observar la eficiencia en la producción bajo el enfoque de beneficios al concesionario.

Los resultados obtenidos de las ensayos lucen lógicos y consistentes pues el modelo que utiliza como producto al tránsito atendido permite diferenciar a los proyectos de prestación de servicios (PPS) al ubicarlos en la frontera de eficiencia, como era de esperarse debido a que no tienen cuota de cobro para su uso, mismos que fueron acompañados por la autopista Constituyentes - La Venta y los libramientos de Matehuala y de Técpan como los de mayor productividad. Mientras que en el ensayo orientado a la producción de ingresos (una vez que se eliminan los proyectos PPS), utilizó a los ingresos estimados como la variable de producción, donde destacaron por su ubicación sobre la frontera de eficiencia las

autopistas Constituyentes - La Venta, Arco Norte y Guadalajara – Tepic, entre otras.

Queda pendiente la inclusión de información financiera que permita validar los resultados obtenidos en las corridas del DEA-Solver, así como confrontar las metodologías propuestas por las calificadoras financieras.

Se recomienda crear bases de datos especializadas en la operación de concesiones privadas de infraestructura carretera que incluyan series de datos de la operación de todas las concesiones carreteras, incluyendo la información técnica y financiera (de las evaluaciones costo beneficio que sirvieron de base para la aprobación de su ejecución), y que permitan diferenciar el tipo de financiamiento y operación de que se trate: concesiones tradicionales, PPS, aprovechamiento de activos y otras variantes contempladas en la Ley APP. Especial atención requiere la modernización y estandarización en las técnicas de medición del tránsito vehicular que, como puede advertirse en el anexo 2, presentan variaciones significativas, dependiendo de la fuente de información de la que procede, y cuyos efectos en la estimación de la producción y la medición de beneficios es de suma importancia.

Bibliografía

COELLI, T., PRASADA-RAO, D., and BATTESE, G. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer Academic Pub. 1998.

COELLI, T. *A guide to DEAP Version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program*. CEPA Working Paper 96/08, 1996.

COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., y TONE, K. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. 2nd edition, Springer, US, 2007.

DE RUS, G., CAMPOS, J. y NOMBELA, G. *Economía del Transporte*. Ed. Antoni Bosch. Barcelona, España. 2003.

DEVESA, H.D., *Fundamentos de la evaluación de proyectos*, presentación del tema en el Curso de actualización postprofesional sobre evaluación económica y social de proyectos de infraestructura del transporte, Instituto Mexicano del Transporte, agosto de 2014.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, *Ley de Asociaciones Público Privadas*, Diario Oficial de Federación, 16 de enero de 2012.

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO (DGDC), *Títulos de concesión*, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>, consulta de febrero de 2017.

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO CARRETERO (DGDC), *Datos operativos de las vías*, página Web de la Dirección General de Desarrollo Carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>, consulta de febrero de 2017.

DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS (DGST), *Datos Viales 2017*, página Web de la Dirección General de Servicios Técnicos, <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2017/>, consulta de marzo de 2017.

Farrell M.J., *The Measurement of productive efficiency*, Journal of the Royal Statistical Society. Vol. 120, No. 3, U.K., 1957.

HR RATINGS., Adendum - *Metodología de Calificación para la Emisión de Deuda de Proyectos de Peaje (Carreteras) México*, HR Ratings de México, S.A. de C.V., marzo de 2009.

ISLAS, V., TORRES, G. y RIVERA, C. *Productividad en el transporte mexicano*, Publicación Técnica No. 149, Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México, 2000. <www.imt.mx>

ISLAS, V., *Inversión en infraestructura de transporte terrestre y productividad regional en México, 1980 – 2000 (un análisis DEA)*, Publicación Técnica No. 376, Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro, México, 2012.

QUINTERO, L. *Reportan buen desempeño en autopistas de cuota*, artículo del periódico El Economista, 31 de julio de 2016, México.

RIVERA, C., *Measuring the Productivity and Efficiency of Railways (An International Comparison)*, Thesis PhD, Institute for Transport Studies, University of Leeds, U.K. 2004.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, Y BANOBRAS, *111 preguntas sobre concesiones de autopistas en México*. Unidad de Autopistas de Cuota de la Subsecretaría de Infraestructura y Dirección de Desarrollo de Proyectos de Banobras, México, D.F., 2003.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT), *Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2013-2018*, Edición electrónica en formato PDF, en página Web: www.gob.mx.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT), *Anuario estadístico sector comunicaciones y transportes 2015*, Dirección General de Comunicación Social de la SCT, México, DF, 2016.

VASSALLO, J.M. e IZQUIERDO, R. *Infraestructura pública y participación privada: conceptos y experiencias en América y España*. Corporación Andina de Fomento (CAF). 2010.

Anexo 1. Proyectos de infraestructura carretera concesionados a la iniciativa privada, 1989-2015

| Núm. | Denominación | Concesionario |
|------|--|--|
| 1 | San Martín Texmelucan - Tlaxcala - El Molinito | Autopistas Concesionadas del Altiplano |
| 2 | Durango - Yerbanís | Autopistas de Cuota |
| 3 | Torreón - Cuencamé - Yerbanís | Autopistas de Cuota |
| 4 | Tijuana - Tecate y Libramiento de Tecate | Autopista Tijuana - Mexicali |
| 5 | Kantunil - Cancún | Consortio del Mayab |
| 6 | Puente Zaragoza - Ysleta | Autopista Tijuana - Mexicali (Promofront) |
| 7 | Armería - Manzanillo | Promotora de Autopistas del Pacífico |
| 8 | Constituyentes - Reforma - La Venta | Promotora y Administradora de Carreteras |
| 9 | Ecatepec - Pirámides | Promotora y Administradora de Carreteras |
| 10 | Libramiento Oriente de San Luis Potosí | Mexicana de Técnicos en Autopistas |
| 11 | Tehuacán - Tuxpan, México - Pachuca, Asunción - Tejocotal, Libramiento Tulancingo y Tejocotal - Nuevo Necaxa | Grupo Financiero HSBC |
| 12 | Libramiento de Nogales | Vías Concesionadas del Norte |
| 13 | Libramiento de Matehuala | Desarrolladora de Concesiones Omega |
| 14 | Amozoc-Perote y Libramiento de Perote | Grupo Autopistas Nacionales |
| 15 | Libramiento de Mexicali | Omega Cachanilla |
| 16 | Tepic-Villa Unión | Concesionaria de Carreteras Autopistas y Libramientos de la República Mexicana |
| 17 | Morelia-Salamanca | Autopista Morelia-Salamanca |
| 18 | Arco Norte | Autopista Arco Norte |
| 19 | Libramiento de Tecpan | Libramiento Omega Tecpan |
| 20 | Libramiento Norponiente de Saltillo y Saltillo-Monterrey | Autopista México Monterrey Saltillo |
| 21 | Puente Internacional Reynosa-McAllen | Concesionaria Internacional Anzaldúas |
| 22 | Arriaga-Ocozacoautla y Tuxtla Gutiérrez-San Cristóbal de las Casas | Concesionaria de Autopistas del Sureste |
| 23 | Cruce internacional San Luis Río Colorado II | Concesionaria y Operadora del Puente Internacional Cucapa |
| 24 | Libramiento de Irapuato | Infraestructura Concesionada |
| 25 | Perote-Banderilla y Libramiento de Xalapa | Concesionaria Autopista Perote-Xalapa |
| 26 | Libramiento de La Piedad y obras de modernización de la Carretera Federal 110 | Libramiento ICA La Piedad |
| 27 | Barranca Larga-Ventanilla | Omega |
| 28 | Salamanca-León | Concesionaria Infraestructura del Bajío |
| 29 | Palmillas-Apaseo El Grande | Concesionaria Autovía Querétaro |
| 30 | Entronque de la autopista Querétaro-Irapuato con la carretera Irapuato-La Piedad y terminación con el futuro Libramiento de la Piedad de Cabañas | Irapuato-La Piedad |
| 31 | tramo libre de peaje Querétaro-Irapuato | Concesionario de Vías Irapuato Querétaro |
| 32 | tramo libre de peaje de jurisdicción federal Tapachula-Talismán | Autopistas de Tapachula |

Concesiones carreteras en México, una aproximación a su productividad económica como medida de desempeño

| | | |
|------|---|---|
| 33 | tramo carretero libre de peaje Nuevo Necaxa-Ávila Camacho-Tihuatlán | Autovía Nuevo Necaxa-Tihuatlán |
| | | |
| Núm. | Denominación | Concesionario |
| 34 | tramo 1 Río Verde-Rayón , 2 Rayón-La Pitahaya, 3 La Pitahaya-Ciudad Valles | ICA San Luis |
| 35 | tramo carretero libre de peaje Nueva Italia-Apatzingán | Concesionaria de Autopistas de Tierra Caliente |
| 36 | tramo carretero libre de peaje Mitla-Entronque Tehuantepec | Autovía Mitla Tehuantepec |
| 37 | Maravatío-Zapotlanejo y Guadalajara-Aguascalientes-León | Red de Carreteras de Occidente |
| 38 | Corredor Turístico de Los Cabos y sus ramales San José del Cabo; Aeropuerto de Los Cabos; Autopistas Mazatlán-Culiacán; Libramiento Sur de Culiacán, y el Libramiento de Mazatlán | Autopistas y Libramientos Pacífico Norte |
| 39 | Libramiento Sur de Guadalajara y El Libramiento de Tepic y la Autopista Guadalajara-Tepic | Concesionaria Autopista Guadalajara Tepic |
| 40 | Libramientos de Morelia y Uruapan y la autopista Pátzcuaro-Uruapan-Lázaro Cárdenas | Autopistas de Michoacán |
| 41 | Siglo XXI, tramo "Jantetelco-El Higuérón | Concesionaria de Autopistas de Morelos |
| 42 | Autopista Atizapán-Atacomulco | AT-AT (OHL) |
| 43 | Cardel-Poza Rica Tramo Laguna Verde-Gutiérrez Zamora | Autopista Cardel-Poza Rica |
| 44 | Libramiento de Ciudad Obregón | Libramiento Ciudad Obregón |
| 45 | Tuxpan-Tampico tramo "Tuxpan-Ozuluama" | Concesionaria Autopista Tuxpan-Tampico |
| 46 | Libramiento de Hermosillo | Concesionaria Autopista Libramiento de Hermosillo |
| 47 | puentes fronterizos Zaragoza-Ysleta, Lerdo-Stanton, Paso del Norte y Guadalupe Tornillo | Gobierno del Estado de Chihuahua |

Fuente: elaboración propia con base en información de Títulos de concesión y Datos operativos, página Web de la Dirección General de Desarrollo carretero. <http://sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-desarrollo-carretero/titulos-de-concesion/>

Anexo 2. Tránsito diario promedio anual en autopistas seleccionadas

| Concesión | TDPA 2016 (Datos Viales 2017) | TDPA 2015 (Fitch Ratings) | Diferencia | Cambio Porcentual |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|------------|-------------------|
| Maravatío-Zapotlanejo | 8,260 | 8,417 | 158 | 2% |
| Saltillo-Monterrey | 6,826 | 10,822 | 3,997 | 59% |
| Kantunil - Cancún | 3,212 | 7,455 | 4,244 | 132% |
| Arriaga-Ocozocoautla | 4,930 | 18,106 | 13,177 | 267% |
| Amozoc-Perote | 8,392 | 27,273 | 18,882 | 225% |
| Arco Norte | 14,567 | 36,902 | 22,335 | 153% |

Fuente: estimación propia con base en Datos Viales 2017, Dirección General de Servicios Técnicos, 2017 y nota periodística, "Reportan buen desempeño en autopistas de cuota", Quintero, L. El Economista, 31 de julio de 2016.



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"
Parque Tecnológico San Fandila
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México
CP 76703
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>