



**Valoración óptima de riesgos en proyectos de asociación público-privada (APP) de
infraestructura vial en Colombia**

Optimal risk assessment in public-private partnership (PPP) road infrastructure projects in
Colombia

Por
Guillermo Toro Acuña¹
Miguel Ángel Ortiz Salgado²

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Administración Financiera – MAF

Asesor docente
Duván Grajales Bedoya

Universidad EAFIT
Escuela de Finanzas, Economía y Gobierno
Maestría en Administración Financiera – MAF
Bogotá
2024

¹ gtoroa@eafit.edu.co

² maortizs@eafit.edu.co

© 2024 por Guillermo Toro y Miguel Ortiz.
Todos los Derechos Reservados.

Dedicatoria

Con profunda gratitud y emoción dedicamos esta tesis a Dios, que nos brindó la fortaleza y la sabiduría necesarias para concluir este significativo proceso de aprendizaje en la maestría en Administración Financiera. Su guía nos permitió superar cada desafío y alcanzar esta meta que hoy nos llena de orgullo.

A nuestras familias, cuyo amor incondicional y respaldo constante fueron fundamentales en este camino. Sus palabras de aliento y comprensión nos dieron la energía para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Sin su respaldo este logro no habría sido posible.

A nuestros compañeros de estudio con quienes compartimos este viaje. Su camaradería, apoyo y el intercambio de conocimientos enriquecieron nuestra experiencia y forjaron amistades que perdurarán más allá de esta etapa académica. Gracias por ser una fuente de inspiración y motivación constante.

Finalmente, dedicamos este trabajo a todos aquellos que creyeron en nosotros y nos animaron a alcanzar nuestras metas. Este logro es tanto suyo como nuestro.

Con agradecimiento y afecto,

Guillermo y Miguel

Agradecimientos

Porque esta tesis representa el fruto de un esfuerzo colectivo, en este espacio queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento en primer lugar a nuestras familias, cuyo amor incondicional, paciencia y apoyo fueron fundamentales durante todo el proceso. Su constante aliento y comprensión nos motivaron a superar cada obstáculo y alcanzar nuestras metas.

A la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), por su valiosa colaboración, en especial a la ingeniera Catalina Martínez y a todo el equipo de la Gerencia de Riesgos, por proporcionarnos la información necesaria para el desarrollo de la investigación. Su disposición y apoyo fueron cruciales para el éxito de este trabajo.

Al profesor Duván Grajales, que desempeñó el rol de tutor de la investigación; su guía, conocimiento y dedicación nos ayudaron a concluir exitosamente este proyecto. También agradecemos de manera especial a Fabián Bernal López, por su apoyo durante el proceso de investigación; sus consejos, experiencia y disposición para ayudarnos en todo momento fueron de invaluables.

A la Universidad EAFIT, y en particular al programa de la maestría en Administración Financiera (MAF), por brindarnos una formación de calidad y proporcionarnos los recursos y el ambiente adecuado para nuestro desarrollo académico y profesional.

A todos los que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo: gracias.

Guillermo y Miguel

Resumen

Los proyectos de asociación público-privada (APP) han sido utilizados por diferentes países como un mecanismo para atraer la inversión privada en el desarrollo de proyectos de infraestructura, aliviando la necesidad de disponer en un corto plazo de considerables sumas de dineros públicos para su ejecución y fortaleciendo de esta manera sus economías y su competitividad frente a otras naciones.

Colombia no ha sido la excepción, y para ello puso en marcha en 2012 el programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI, 2014). Aunque una revisión actual del programa muestra que una cantidad apreciable de los proyectos ha entrado en su fase de operación con éxito, los esfuerzos del Estado en las compensaciones por los riesgos valorables han sido significativos, a tal punto que gran parte de los recursos públicos de inversión que se disponen anualmente para el sector de las APP se están destinando a la cobertura de los riesgos y no a la financiación de nuevos proyectos.

El presente estudio describe y analiza el comportamiento de los riesgos valorables en los proyectos del programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014), su impacto en el Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales (FCEE) y el marco fiscal de mediano plazo del país, y propone mejoras a la metodología vigente de valoración de las obligaciones contingentes en proyectos de infraestructura, de manera que el FCEE de las APP se flexibilice, se posibilite la financiación de nuevos proyectos de infraestructura a corto plazo, y se garantice la sostenibilidad a largo plazo del modelo de concesión como un mecanismo de fortalecimiento económico y de equidad social.

Palabras claves: asociaciones público-privadas (APP), financiación de proyectos de infraestructura, gestión de riesgos en infraestructura, concesiones viales o de carreteras, contingencias.

Abstract

Public-private partnership (PPP) projects have been used by different countries as a mechanism to attract private investment in the development of infrastructure projects, alleviating the need to have considerable sums of public money available in the short term for their execution. and thus strengthening their economies and their competitiveness against other nations.

Colombia has not been the exception, and to this end it launched the Fourth generation of concessions Program in 2012 (Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI, 2014). Although a current review of the program shows that an appreciable number of the projects have entered their operational phase successfully, the State's efforts in compensating for assessable risks have been significant, to the point that a large part of the public resources of the investment made available annually for the PPP sector is allocated to risk coverage and not to the financing of new projects.

This study describes and analyzes the behavior of assessable risks in the projects of the Fourth generation of concessions program (Colombia, ANI, 2014), its impact on the Contingency Fund of State Entities and the country's medium-term fiscal framework, and proposes improvements to the current methodology for valuing contingent obligations in infrastructure projects, so that the Contingency Fund of State Entities of PPPs is made more flexible, the financing of new short-term infrastructure projects is possible, and the long-term sustainability of the concession model is guaranteed as a mechanism for economic strengthening and social equity.

Keywords: Public-private partnerships (PPP), infrastructure project financing, infrastructure risk management, road or highway concessions, contingencies.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco conceptual.....	3
2.1	Generalidades de las concesiones, o asociaciones público-privadas (APP), en Colombia ...	3
2.1.1	Antecedentes	3
2.1.2	Ventajas y desventajas del mecanismo de las APP para la gestión de proyectos.....	6
2.1.3	Programa colombiano de concesiones carreteras. Programa “Cuarta generación de concesiones”	7
2.1.4	Retos del mecanismo de las APP para el éxito en la implementación del “Plan maestro de transporte intermodal” (PMTI)	9
2.1.4	Riesgos en los proyectos de APP en Colombia	10
2.2	Mecanismos de inversión pública para el desarrollo de proyectos de APP en Colombia ...	11
2.2.1	Vigencias futuras, Fondo de Contingencias de Entidades Públicas (FCCE) y planes de aportes para los proyectos de APP	11
2.2.2	Cupo de las APP	12
3.	Valoración de las obligaciones contingentes y de la situación actual de los riesgos asociados a la fase operativa de los proyectos carreteros de APP en Colombia.....	14
3.1	Metodología para la valoración y el seguimiento de las obligaciones contingentes para los proyectos de infraestructura	14
3.1.1	Clasificación y gestión de los riesgos	14
3.1.2	Valoración de los riesgos asociados a la etapa operativa de un proyecto	15
3.2	Situación actual de los riesgos asociados a los proyectos carreteros de 4G de las APP en Colombia	19
3.2.1	Comportamiento de los riesgos Comercial, Tarifario y de No instalación en los proyectos de APP de iniciativa pública y privada.....	23
4.	Propuesta de mejora para la valoración de las obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura.....	28
4.1	Descripción y análisis de la metodología de valoración vigente aplicada por la ANI	28
4.1.1	Valoración del riesgo de demanda mediante el uso de la herramienta Excel	28
4.1.2	Descripción y análisis de las variables del modelo vigente.....	30
4.2	Descripción y análisis de la propuesta de mejoramiento de la <i>Metodología de valoración de obligaciones contingentes</i> vigente para proyectos de infraestructura (Colombia, MHCP, 2022)	31
4.2.1	Modelación econométrica a través de Stata.....	31
4.2.2	Variables independientes evaluadas en la propuesta de mejoramiento de la <i>Metodología de valoración de obligaciones contingentes</i> vigente (Colombia, MHCP, 2022).....	32
4.2.3	Modelos econométricos desarrollados para cada uno de los proyectos APP del programa de 4G bajo análisis.....	33
4.3	Casos de análisis. Propuesta de mejora de valoración para los proyectos de APP de 4G ...	34
4.3.1	Proyectos de concesión vial del programa 4G seleccionados.....	34

4.3.2 Proyecto Conexión Pacífico 1.....	35
4.3.3 Resultados del Modelo 1. Valoración original de la ANI elaborada en Excel	36
4.3.4 Resultados del Modelo 2. Restimación del Modelo 1 en la herramienta Stata	37
4.3.5 Resultados del Modelo 3 suavizado —el modelo propuesto—. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas	38
4.3.6 Resultados del Modelo 4. Reestimación del Modelo 3 en Stata sin transformación de la serie de tráfico.....	39
4.3.7 Análisis de resultados de los modelos econométricos del proyecto Pacífico 1	40
4.3.8 Descripción de las características del proyecto Girardot-Honda-Puerto Salgar (GHPS)	44
4.3.9 Resultados Modelo 1 - Valoración elaborada por ANI en Excel	45
4.3.10 Resultados del Modelo 2. Restimación del Modelo 1 de la ANI en Stata.....	46
4.3.11 Resultados del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas.....	48
4.3.12 Resultados del Modelo 4. Reestimación del Modelo 3 en Stata sin transformación de la serie de tráfico.....	49
4.3.13 Análisis de resultados de los modelos econométricos del proyecto GHPS	51
4.4 Propuesta definitiva	55
4.4.1 Evaluación o eliminación de la transformación de la serie o suavización de datos	56
4.4.2 Incorporación al modelo de valoración de nuevas variables significativas.....	56
4.4.3 Adopción de herramientas avanzadas de análisis	57
5. Conclusiones y recomendaciones	58
6. Referencias.....	63
7. Apéndices.....	67
Apéndice 1. Modelo o Escenario 1.....	67
Apéndice 2. Modelo o Escenario 2.....	67
Apéndice 3. Modelo o Escenario 3.....	67
Apéndice 4. Modelo o Escenario 4.....	67

Índice de tablas

Tabla 1. Asignación de los riesgos en proyectos de concesión vial de 4G.....	10
Tabla 2. Resultados esperados en el modelo econométrico	17
Tabla 3. Valoración de los riesgos para los proyectos de concesión vial de 4G (2023).....	21
Tabla 4. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo 1	36
Tabla 5. Proyecto Pacífico 1. Resultados de la reestimación del Modelo 1 en la herramienta Stata	37
Tabla 6. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo 3 suavizado en Stata	38
Tabla 7. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo econométrico 4. Modelo propuesto no suavizado en Stata	40
Tabla 8. Resultados de los modelos econométricos elaborados para la valoración de obligaciones contingentes por Riesgo Comercial en el proyecto Pacífico 1	41
Tabla 9. Proyecto Pacífico 1. Valoración de las obligaciones contingentes. Riesgo Comercial para todos los modelos econométricos.....	43
Tabla 10. Resultados modelo econométrico 1 proyecto GHPS – Valoración elaborada por ANI en Excel.....	45
Tabla 11. Proyecto GHPS. Resultados del Modelo econométrico 2. Restimación del Modelo 1 de la ANI en Stata	47
Tabla 12. Proyecto GHPS. Resultados del escenario. Propuesta con data suavizada	48
Tabla 13. Proyecto GHPS. Resultados del escenario. Propuesta con data sin suavizar	50
Tabla 14. Proyecto GHPS. Resultados de los modelos econométricos elaborados para la valoración de obligaciones contingentes por Riesgo Comercial.....	51
Tabla 15. Proyecto GHPS. Valoración de las obligaciones contingentes. Riesgo Comercial para todos los modelos econométricos desarrollados	53

Índice de figuras

Figura 1. Colombia. Portafolio de los proyectos de infraestructura concesionada (2022-2026).....	8
Figura 2. Cupo de las APP (2023-2053).....	12
Figura 3. Estado del cupo de las APP (2016-2053).....	13
Figura 4. Matriz de clasificación de riesgos según su probabilidad de ocurrencia e impacto	14
Figura 5. Flujo de la gestión de los riesgos para definir los aportes al FCEE.....	14
Figura 6. Clasificación de los riesgos por etapa.....	15
Figura 7. Línea base de demanda futura y ajuste de riesgo I (2018-2022)	18
Figura 8. Línea base de la demanda futura analizada y línea resultante por el ajuste de riesgo II (2018-2043).....	19
Figura 9. Impacto en el FCEE de la valoración de los riesgos de los proyectos carreteros de 4G de las APP (cierre de 2023).....	22
Figura 10. Plan de aportes por tipo de riesgo para las contingencias valoradas en 2023 de los proyectos carreteros de 4G de las APP (2014-2045)	23
Figura 11. Tráfico observado en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022).....	24
Figura 12. Impacto en los ingresos por tipo de evento en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)	25
Figura 13. Impacto en los ingresos por tipo de evento en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)	25
Figura 14. Comparativo de los ingresos totales proyectados frente a los ingresos totales observados en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022).....	26
Figura 15. Proyecto Pacífico 1. Serie de TPD real y serie de TPD de datos suavizada y transformada (enero-octubre de 2023)	35
Figura 16. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 1 (abril-diciembre de 2023).....	36
Figura 17. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 2 a partir de la estimación del Modelo 1 de la ANI en Stata	38
Figura 18. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas	39
Figura 19. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 4 no suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas	40
Figura 20. Proyecto Pacífico 1. VPIP obtenidos para cada modelo econométrico (2022-2043) ...	42
Figura 21. Proyecto Pacífico 1. Comparación del VPIP contractual y los VPIP estimados en los modelos, incluyendo las contingencias por DR	43
Figura 22. Proyecto GHPS. Serie de tráfico real y serie de datos suavizada y transformada.....	45
Figura 23. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 1. Valoración elaborada por la ANI en Excel	46
Figura 24. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 2. Reestimación del Modelo 2 de la ANI en Stata.....	47

Figura 25. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas	49
Figura 26. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 4 no suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas	51
Figura 27. Proyecto GHPS, VPIP obtenidos para cada modelo econométrico. Pronóstico de valoración de obligaciones contingentes - (cifras en COP millones).....	52
Figura 28. Proyecto GHPS. Comparación del VPIP contractual y los VPIP estimados en los modelos, incluyendo DR.....	54
Figura 29. Situación actual del cupo de las APP a 2023 (2024-2054)	59
Figura 30. Distribución normal de las valoraciones presentadas en las vigencias de 2023 de los planes de aportes de proyectos APP de concesión vial de 4G.....	60
Figura 31. Impacto del modelo econométrico propuesto y mejoras a la metodología de valoración en el cupo APP vigente de la nación (2024-2054)	61

1. Introducción

Los proyectos de asociación público-privadas de infraestructura pública —en adelante APP— representan un pilar fundamental para el desarrollo económico, la competitividad y la equidad social de Colombia. Sin embargo, la experiencia de diferentes países del mundo que han utilizado este mecanismo para la financiación de sus proyectos de APP ha dejado en evidencia que la gestión de los riesgos asociados a ellos desempeña un papel crítico en su viabilidad financiera y el éxito a largo plazo desde el punto de vista económico, logístico y social.

Al respecto, Colombia, a través de la Ley 448 de 1998,³ creó el Fondo de Contingencias de las Entidades Estatales —en adelante FCEE—, y en cumplimiento de lo dispuesto en el Decreto 423 de 2001⁴ ha venido estableciendo metodologías para la valoración y el seguimiento de los riesgos en los contratos estatales, a fin de adoptar estrategias de planeación y control del presupuesto frente a las obligaciones contingentes asumidas por la nación.

En el caso del sector del transporte, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público —en adelante MHCP— publicó en 2022 el documento *Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura* (Colombia, MHCP, 2022), que establece las directrices básicas a partir de las cuales la Agencia Nacional de Infraestructura —en adelante ANI— y otras entidades adscritas a este sector deben gestionar los riesgos y obligaciones contingentes de los proyectos a su cargo.

Bajo esta metodología, desde su publicación se han venido valorando los riesgos del programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014), que incluye alrededor de treinta proyectos en ejecución, con una inversión en Capex superior a 55 COP billones —en valores constantes de 2023—, para el cual se destinaron siete COP billones al FCEE —en valores constantes de 2012— como mecanismo líquido de mitigación ante la materialización de los riesgos a cargo de la nación. No obstante, una actualización de los planes de aportes al FCEE de estos proyectos, efectuada por la ANI (Colombia, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional, DGCPTN, 2019) evidenciaba que la cuantificación de los riesgos valorables ascendía a más de 21 COP billones —en valores constantes de 2012—, un 300 % superior a lo destinado al inicio del programa, además con tendencia al alza, teniendo en cuenta que la vida útil restante de la mayor parte de estas concesiones es superior a los veinte años.

Por esta razón se hace necesario evaluar cómo han venido evolucionando los riesgos valorables en estos proyectos concesionados y qué estrategias de mitigación pueden crearse o cuáles de las existentes deben ser reevaluadas, de manera que no se siga destinando una gran cantidad de recursos de la nación a la cobertura de estos riesgos, sino que puedan aplicarse a la financiación de nuevos proyectos de infraestructura que fortalezcan el ciclo virtuoso de

³ Colombia, Congreso de la República. (1998). *Ley 448 de 1998*, “Por medio de la cual se adoptan medidas en relación con el manejo de las obligaciones contingentes de las entidades estatales y se dictan otras disposiciones en materia de endeudamiento público”. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1660544>

⁴ Colombia, Presidencia de la República. (2001). *Decreto 423 de 2001*, “Por el cual se reglamentan parcialmente las leyes 448 de 1998 y 185 de 1995”. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6095>

productividad, eficiencia, desarrollo y desempeño económico que, al final, redundan en acrecentar el bienestar de la sociedad.

De esta manera, este estudio evalúa y propone mejoras a la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura* del MHCP (Colombia, 2022), de los proyectos que estén vigentes. Cabe anotar que, si bien reconoce la multiplicidad de riesgos valorados a través de esta metodología, el estudio aborda específicamente los riesgos valorables en la fase operativa de los proyectos del programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014), es decir, aquellos dependientes del tiempo, en razón de que corresponden a los que actualmente impactan en mayor medida los aportes al FCEE.

A través de modelos econométricos de dos proyectos de concesión vial pertenecientes al programa de cuarta generación —en adelante 4G— y elaborados con Stata (*statistical software for data science*), un software estadístico para la ciencia de datos, se evalúan algunas variables independientes que permitan obtener modelos de pronóstico de mayor confiabilidad y, por tanto, que arrojen valoraciones óptimas que redunden en menores obligaciones de fondeo por parte del Gobierno nacional en el FCEE y liberen recursos del cupo de las APP para la financiación de nuevos proyectos de infraestructura. Asimismo, se evalúan la pertinencia de la suavización de datos —uno de los requisitos de la metodología de valoración vigente tanto en proyectos con baja data histórica como en aquellos con amplia data de tráfico— y su impacto en las valoraciones de las obligaciones contingentes.

Por último, a partir de los resultados obtenidos se realizan recomendaciones frente a la gestión de los riesgos Comercial, Tarifario y de No instalación de peajes en los proyectos de 4G que actualmente se encuentran en ejecución, y se hace un llamado a la ingeniería nacional frente al optimismo de los estudios de tráfico, tarifario y de riesgos con los cuales se evalúan y viabilizan estos proyectos de gran complejidad. Estas recomendaciones se hacen extensivas a los proyectos que actualmente se encuentra en estructuración por parte de la ANI o de cualquier otra entidad pública que emprenda proyectos de infraestructura vial concesionada, de manera que se pueda hablar de una nueva generación de proyectos de APP encaminada a la gestión óptima de los riesgos y al uso eficiente de los recursos públicos de la nación.

2. Marco conceptual

2.1 Generalidades de las concesiones, o asociaciones público-privadas (APP), en Colombia

2.1.1 Antecedentes

Las concesiones son una herramienta gubernamental crucial para proporcionar infraestructura y dinamizar las economías de un país, en tanto generan empleo, fomentan el encadenamiento productivo, impulsan la innovación tecnológica, fortalecen las empresas y promueven la inversión privada, todo ello con el propósito de mejorar la calidad de vida, la seguridad y la competitividad nacional e internacional.

Aunque se perciben como recientes, las concesiones se han utilizado desde 1960 en Europa, 1980 en Estados Unidos y 1990 en América Latina (Pérez Negrete, 2007). Sus aplicaciones han estado orientadas al desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte a través de la construcción de carreteras, sistemas férreos, puertos, aeropuertos y canales fluviales navegables. Adicionalmente, se han utilizado en la generación de energía, la producción de gas, los servicios de telefonía móvil, la construcción de acueductos, alcantarillados y plantas de tratamiento de agua potable y residual, escenarios deportivos y culturales, y centros educativos y de reclusión.

Aunque el concepto *concesión* varía, la Comisión Europea la definió como una asociación público-privada que moviliza capital y conocimientos técnicos para invertir en infraestructura y servicios públicos sin aumentar la deuda de un país (2024). En el caso colombiano, la Ley 80 de 1993⁵ la definió como una modalidad de contratación que pueden celebrar las entidades estatales con el objeto de otorgar a una persona llamada “concesionario” la prestación, operación, explotación, organización o gestión total o parcial de un servicio público, o la construcción, explotación o conservación total o parcial de una obra o bien destinados al servicio o uso público por cuenta y riesgo del concesionario, bajo la vigilancia y control de la entidad concedente, a cambio de una remuneración que puede consistir en derechos, tarifas, tasas, valorización o en la participación que se le otorgue en la explotación del bien. (Colombia, ANI, s. f.-a)

Según Costa *et al.* (2022), el desarrollo de las concesiones se justifica bajo dos principios: 1) la incapacidad de los Gobiernos para financiar de manera directa la construcción de sus infraestructuras estratégicas; 2) el logro de una buena relación calidad-precio, es decir, el aumento de la eficiencia en la construcción, la operación y el mantenimiento de las infraestructuras. De este modo, la capacidad de alcanzar mayores niveles de eficiencia está intrínsecamente correlacionada con la génesis de las concesiones.

En las últimas dos décadas, las concesiones en Colombia han sido fundamentales para el desarrollo de infraestructura en sectores como el transporte, la salud, la cultura y el deporte. Ellas permiten la participación del sector privado en la ejecución de proyectos, un hecho que flexibiliza

⁵ Colombia, Congreso de la República, 1993. *Ley 80 de 1993*, “Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública”. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304>

el uso de los recursos públicos y alivia la presión fiscal en inversión a través de vigencias futuras y del cupo de las APP.

La legislación colombiana ha establecido un marco regulatorio sólido para las concesiones y las APP, en el que se destacan la Ley 80 de 1993 —el Estatuto General de Contratación—⁶ y la Ley 1508 de 2012,⁷ junto con sus Decretos reglamentarios 1068⁸ y 1082⁹ de 2015. Además, se han emitido documentos Conpes —Consejo Nacional de Política Económica y Social—, como el 3760, 3800, 3107, 3133 y 3807,¹⁰ que describen el marco de los proyectos viales y las políticas para el manejo de los riesgos contractuales del Estado en los procesos de participación privada en infraestructura. (Colombia, MHCP, 2024)

En Colombia se han desarrollado cinco generaciones de concesiones viales y concesiones en puertos, aeropuertos, ferrocarriles y, recientemente, en vías fluviales. La aplicación de la legislación ha impulsado una asociación estratégica entre el sector público y el sector privado que ha situado al país como un referente mundial en el aprovechamiento de las concesiones para fortalecer su economía y mejorar la competitividad regional a través de la inversión en grandes proyectos de infraestructura.

2.2 Clasificación de los proyectos de APP en Colombia

En Colombia existen diferentes esquemas de concesión, o APP, que dependen de la calidad del originador —el Estado o un privado— y de sus fuentes de financiación —recursos públicos, recursos privados o recurso mixtos— (Colombia, ANI, s. f.-b; s. f.-c). De ellos se destacan los siguientes:

⁶ *Ibidem*.

⁷ Colombia, Congreso de la República. (2012). *Ley 1508 de 2012*, “Por la cual se establece el régimen jurídico de las asociaciones público-privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones”. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=45329>

⁸ Colombia, Presidencia de la República. (2015). *Decreto reglamentario 1068*, “Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del sector Hacienda y Crédito Público”. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=72893

⁹ Colombia, Presidencia de la República. (2015). *Decreto reglamentario 1082*, “Por medio del cual se expide el Decreto único reglamentario del sector Administrativo de Planeación Nacional”. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019920>

¹⁰ Colombia, Consejo nacional de política económica y social, Conpes. *Conpes 3760 de 2013*, “Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales” (<https://www.ani.gov.co/conpes-3760-de-2013>); *Conpes 3800 de 2014*, “Modificación al documento Conpes 3760: ‘Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales’” (<https://www.ani.gov.co/conpes-3800-de-2014>); *Conpes 3133 de 2001*, “Modificaciones a la política de manejo de riesgo contractual del Estado para procesos de participación privada en infraestructura establecida en el documento Conpes 3107 de abril de 2001 (<https://www.ani.gov.co/conpes-3133-de-2001>); *Conpes 3807 de 2014*, “Modificación al documento Conpes 3107 ‘Política de manejo de riesgo contractual del estado para procesos de participación privada en infraestructura’” (<https://www.ani.gov.co/conpes-3807-de-2014>).

- *De iniciativa pública con recursos públicos*: impulsados por una entidad gubernamental en la que la financiación proviene de recursos del sector público y la asignación de los riesgos es compartida con el privado.
- *De iniciativa pública sin recursos públicos*: impulsados por una entidad gubernamental en la que se involucran mecanismos de financiación como aportes del privado —*equity*— o financiación externa —banca, fondos de inversión, mercado de valores, etc.—.
- *De iniciativa privada con recursos públicos*: impulsados por un privado, pero financiados a través de recursos públicos. La distribución de los riesgos es compartida, aunque el sector público asume una parte significativa de los riesgos financieros y operativos.
- *De iniciativa privada sin recursos públicos*: impulsados por un privado, que proporciona todos los recursos necesarios para su ejecución.

El presente estudio comprende el análisis y la valoración de los riesgos de los proyectos de iniciativa pública o privada con asignación de recursos públicos —el primero y el tercero del listado anterior—, ya que son estas concesiones las que cuentan con respaldo del FCEE para cubrir la materialización de los riesgos a su cargo.

Las concesiones también pueden clasificarse según el modelo de negocio, más específicamente, según el esquema de financiación o de ingresos (Goyenechea Hidalgo, 2016). Cabe anotar que este esquema de concesión, o APP, para un proyecto de infraestructura de carretera es diferente al modelo de una concesión aeroportuaria. En el caso de las concesiones viales, las fuentes de ingreso y de pago podrían incluir en su estructuración algunas o todas de las siguientes modalidades:

- *Ingreso mínimo garantizado (IMG)*: busca proteger al privado de pérdidas frente a condiciones adversas de la demanda o de volatilidad económica que afectan los ingresos esperados del proyecto. En este caso, si los ingresos reales son inferiores al mínimo garantizado, el Gobierno compensa al privado, o concesionario, con la diferencia, para garantizar el equilibrio económico del contrato. En Colombia, en las concesiones viales de 4G, el IMG ha sido incluido en los contratos a través de la figura de Diferencial de recaudo (DR) en diferentes momentos del horizonte de ejecución de los proyectos. Cabe anotar que este asunto se profundizará en los siguientes capítulos del estudio.
- *Primas o incentivos por desempeño*: en este caso, la entidad contratante reconoce ingresos adicionales por el cumplimiento de indicadores o niveles de servicio como seguridad vial (PSV), avance de obras (PAO), tránsito expedito (PTE), desempeño operacional (IDO), tiempos de respuesta ante emergencias y disponibilidad de servicios de auxilio o rescate, entre otros.
- *Peajes*: pueden ser por uso, donde los usuarios pagan cada vez que utilizan la infraestructura; por distancia recorrida, donde los usuarios pagan una tarifa según la distancia recorrida del proyecto; por tiempo de uso; y por categoría vehicular, según el tamaño, el peso y el número de ejes de los vehículos.
- *Pago por hitos de proyecto*: la entidad concedente otorga un pago al concesionario a partir de la infraestructura existente (PIE) o de la infraestructura terminada y puesta en operación (PIT), y

también por pagos por riesgo compartido (PRC), pagos por adquisiciones y expropiaciones (PAE), pagos por bienes o derechos (PBD) y pagos por compensaciones (PCOM).

Estas clasificaciones son fundamentales para la comprensión y el análisis de la identificación, la valoración y la asignación de los riesgos en los proyectos de concesión carretera en Colombia, asuntos que se abordarán más adelante.

2.2.1 Ventajas y desventajas del mecanismo de las APP para la gestión de proyectos

Las APP tienen ventajas y desventajas que deben considerarse al evaluar su uso para el desarrollo de proyectos de infraestructura. De las primeras se destacan las siguientes:

- *Mayores eficiencias en la ejecución de los proyectos:* se aprovecha la experiencia y la eficiencia del privado en la gestión integral de este tipo de proyectos, reduciendo los plazos y los costos en su ejecución.
- *Transferencia de riesgos al sector privado:* una parte de los riesgos se transfiere al sector privado. Esta gestión reduce las necesidades de apropiación de recursos que el Gobierno utiliza para atender la materialización de riesgos en proyectos de obras públicas.
- *Innovación y mejoras en la calidad:* la participación del sector privado fomenta la innovación y la mejora de la calidad en el diseño, construcción y operación de la infraestructura, ya que sus soluciones representan mayor eficiencia y rentabilidad.
- *Acceso a financiamiento privado:* las APP proporcionan acceso a los recursos del privado para el desarrollo de proyectos estratégicos que de otra manera no serían viables, dadas las altas limitaciones en la disponibilidad de recursos públicos para la inversión en este tipo de proyectos.

Si bien estas ventajas han sido tangibles en la ejecución de grandes proyectos no solo en Colombia sino en el mundo, también existen numerosos casos en los que estas premisas no se han cumplido y han dejado entrever enormes desventajas en la implementación de este mecanismo para la gestión de proyectos estratégicos. Algunos de las más representativas son las siguientes:

- *Costos financieros y comerciales:* pueden llegar a ser más altos que los que el Gobierno asumiría para la financiación directa de proyectos de infraestructura contratados a través del mecanismo de obra pública.
- *Retorno de la inversión:* pueden ser mayores que los márgenes de utilidad establecidos en los proyectos ejecutados por el mecanismo de obra pública.
- *Complejidad y tiempo:* las APP son más complejas desde el punto de vista técnico, financiero, legal y administrativo y, por tanto, su estructuración, negociación y ejecución pueden llevar más tiempo que el requerido en proyectos de obra pública, lo que resulta en asimetría de la información —que beneficia al privado—, riesgo litigioso, sobrecostos de construcción, mayores coberturas frente a los riesgos y, finalmente, decrecimiento de la competitividad y bajo desempeño económico de un país.

En suma, si bien las APP pueden ofrecer numerosas ventajas en términos de eficiencia, innovación y acceso a financiamiento privado, también presentan desafíos significativos en costos, complejidad, transparencia y riesgos asociados con la gestión de la infraestructura pública.

Por esta razón resulta importante evaluar cuidadosamente estas desventajas en el contexto específico de cada proyecto y considerar alternativas que permitan minimizarlas. Para el caso colombiano, en el marco del presente estudio se abordan las experiencias adquiridas en la ejecución de los proyectos de concesión carretera de 4G —más específicamente en la manera como se han venido valorando y gestionando los riesgos asociados—, y se establecen recomendaciones que permitan alivianar los esfuerzos de financiación y cobertura de la nación para su terminación, gestionar una mayor disponibilidad de recursos —cupos APP— que permitan financiar nuevos proyectos concesionados para atender las necesidades de conectividad de las regiones y sus ciudadanos, y dinamizar la economía, brindando nuevas oportunidades de progreso e incrementando la competitividad del país.

2.1.3 Programa colombiano de concesiones carreteras. Programa “Cuarta generación de concesiones”

Las concesiones viales en Colombia han experimentado diversas evoluciones a lo largo de los últimos treinta años. La primera generación (1G), compuesta por siete proyectos, adjudicada entre 1993 y 1998, marcó el inicio de esta transformación, seguida por la segunda y la tercera generaciones (2G y 3G), entre 1999 y 2010. Posteriormente, a partir de la expedición de la Ley 1508 de 2012,¹¹ el Gobierno nacional implementó las APP, dando inicio en 2013 al programa “Cuarta generación de concesiones”, con inversiones cercanas a 55,92 COP billones de Capex hasta diciembre de 2022, distribuidos en treinta proyectos carreteros que, con corte a julio de 2023, presentaban un avance promedio del 77 % (Colombia, ANI, s. f.-d). Por último, el programa de quinta generación (5G), con inversiones estimadas en 11,65 COP billones de Capex hasta diciembre de 2022, no solo incluye seis proyectos carreteros, sino infraestructura aeroportuaria, fluvial, portuaria y férrea, promoviendo el multi-modalismo del transporte en el país [Figura 1]. (Colombia, ANI, s. f.-e; s. f.-f; s. f.-g; s. f.-h)

¹¹ *Op. cit.*

Figura 1. Colombia. Portafolio de los proyectos de infraestructura concesionada (2022-2026)



Fuente: Colombia, ANI (s. f.-i).

De la Figura 1, se observa que Colombia tiene actualmente en ejecución cuarenta y cuatro proyectos de concesión vial, de los cuales siete se encuentran en etapa de pre-construcción, diecinueve en construcción y dieciocho en operación y mantenimiento, para un total de 7844 km de vías concesionadas que conectan a veinticuatro departamentos.

La ANI continúa evaluando nuevos proyectos concesionados a partir de las necesidades en materia de infraestructura de transporte descritas en el “Plan maestro de transporte intermodal”, PMTI (Colombia, MHCP, s. f.), recientemente presentado por el DNP (como fue citado en Casas Lugo, 2023). La Figura 1 describe la totalidad de proyectos que la ANI se encuentra estructurando y que prevé contratar antes de 2026 (Colombia, ANI, 2014). En términos generales se prevé contratar en los próximos tres años alrededor de 110 COP billones en proyectos de infraestructura de transporte concesionada; de ellos, 31 COP billones se destinarán a la reactivación de 1800 km de red férrea; 30,1 COP billones a la modernización, ampliación y operación de cinco aeropuertos; 3,2 COP billones a la ejecución y operación del canal del Dique, y 45 COP billones a la construcción, operación y mantenimiento de siete proyectos viales, críticos para la conectividad y eficiencia logística del país.

Teniendo en cuenta los grandes retos que en materia de desarrollo de infraestructura tendrá Colombia en los próximos años, la gestión adecuada de los riesgos asociados a estos nuevos proyectos será fundamental para mitigar mayores presiones en el presupuesto general de la nación en las próximas décadas y hacer eficiente la inversión y el gasto público, posibilitando nuevos cupos presupuestales para el desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura concesionada o para la atención inmediata de infraestructuras críticas que el país necesita para acrecentar su eficiencia

logística y su competitividad, la reducción de las brechas sociales, el fortalecimiento económico de las regiones y el mejoramiento de la calidad de vida de sus ciudadanos.

2.1.4 Retos del mecanismo de las APP para el éxito en la implementación del “Plan maestro de transporte intermodal” (PMTI)

El “Plan maestro de transporte intermodal”, PMTI, (Colombia, MHCP, s. f.) es una iniciativa estratégica del Estado colombiano para impulsar el desarrollo del país mediante una red de infraestructura eficiente que conecte ciudades, regiones, fronteras y puertos, y priorice proyectos que impacten positivamente en la economía nacional.

Los proyectos identificados en el PMTI, lanzado en noviembre de 2023, representan una inversión de 240 COP billones hasta 2050. Según estimaciones del Departamento Nacional de Planeación —en adelante DNP—, una inversión anual de 10 COP billones en la primera década del plan generaría un multiplicador de 2,25 en el PIB, un aumento de 2,46 puntos porcentuales en los salarios y un incremento de 4,9 puntos porcentuales en los impuestos. (Como fue citado en Casas Lugo, 2023)

Es crucial que Colombia implemente medidas efectivas de gestión de riesgos para garantizar el éxito de los proyectos del PMTI y maximizar los beneficios económicos, sociales y de competitividad esperados. Una gestión deficiente de los riesgos asociados a estos proyectos podría tener impactos negativos en las finanzas públicas y en la dinámica de inversiones para el desarrollo a corto y mediano plazo del país. Entre estos impactos se incluyen los siguientes:

- *Reducción del cupo de las APP*: si los proyectos de infraestructura continúan experimentando sobrecostos, retrasos u otros problemas ocasionados por una gestión inadecuada de los riesgos, es posible que el Gobierno reduzca el cupo de las APP disponible para nuevos proyectos. Este hecho podría limitar la cantidad de proyectos que pueden financiarse mediante las APP, lo que a su vez podría ralentizar el desarrollo de la infraestructura en el país, con los impactos desfavorables que conllevan para la economía nacional.
- *Aumento del FCCCE*: una valoración y una gestión inadecuadas de los riesgos podrían llevar a un mayor uso de este fondo para los proyectos de APP vigentes; si estos exceden los límites presupuestarios debido a riesgos no gestionados, el Gobierno podría verse obligado a destinar más recursos a los sobrecostos, y esto podría reducir los fondos disponibles para nuevos proyectos e impactar la asignación presupuestal futura, con posibles consecuencias en el desempeño económico del país.
- *Reevaluación de las políticas de financiamiento*: los problemas asociados con una valoración y una gestión de los riesgos inadecuadas en los proyectos de infraestructura podrían llevar al Gobierno a reevaluar sus políticas de inversión y gestión de proyectos, implementando medidas más estrictas para distribuir y mitigar su presupuesto en futuros proyectos, lo que reduciría su posibilidad de financiación y, por tanto, su posibilidad de ejecución. De esta manera se verían comprometidos el crecimiento económico, el bienestar y la integración de los territorios del país.

Estos desafíos resaltan la importancia del seguimiento y el control de los riesgos en los proyectos de APP en curso en Colombia. No solo se trata de comprender cómo se manifiestan los riesgos, las causas que los generan, cómo se abordan y su impacto en el ciclo de vida del proyecto, sino de valorarlos adecuadamente. Esto implica estimar las posibles obligaciones financieras que puedan surgir debido a qué modelos se utilizan, y si estas valoraciones son coherentes con los recursos de cobertura disponibles durante la ejecución de las concesiones en curso, o APP en curso, o ya finalizadas.

2.1.4 Riesgos en los proyectos de APP en Colombia

En Colombia se identifican, evalúan y mitigan los riesgos asociados a cada una de las etapas de un proyecto carretero —construcción, operación y mantenimiento de las vías—, así como los demás riesgos relacionados con él. La Tabla 1 muestra los riesgos asociados a los proyectos de concesión vial de 4G y cómo son distribuidos y asignados al público y al privado, respectivamente o, en algunos casos, definidos de manera conjunta. (Gálvez Sabogal, 2018)

Tabla 1. Asignación de los riesgos en proyectos de concesión vial de 4G

No	Riesgo	Área	Clasificación
1	Predios	Gestión	B
		Sobrecostos	C
2	Ambiental - Social	Licencias ambientales	B
		Compensaciones ambientales y sociales	C
		Demoras en las decisiones	A
		Invasiones o afectación por manifestaciones	A
		Sobrecostos	C
3	Redes	Sobrecostos	C
4	Diseño	Estudios - sobrecostos	B
		Ajustes - sobrecostos	B
		Sobrecostos por decisiones (contratista o entidad conced)	C
5	Constructivo	Sobrecostos (excepto tuneles)	B
		Variación de las obras	B
		Construcción de tuneles	A
6	Operación y Mantenimiento	Operación - mayores cantidades o variación de precios	B
		Mantenimiento - mayores cantidades o variación de precios	B
7	Comercial	Disminución de tráfico	A
		Evasión de pago	A
		Elusión de pago	A
8	Financiero	Cierre financiero	B
		Alteración de Condiciones de financiación	B
		Insuficiencia de Recursos no atribuibles al concesionario	A
		Volatilidad de Mercado - falta de financiación	A
9	Regulatorio	Compensación tarifas diferenciales	A
		Recaudo peajes	A
10	Fuerza Mayor (Daño emergente)	Valor Obras	A
		Costos Ociosos	A
		Interferencia de redes	C
		Asegurables	B
		No asegurables	A
		Lucro cesante	A
Sobrecostos	C		
11	Tributario	Cambio en la normatividad	C
12	Inflacionario	Cambios drásticos en Inflación	C
13	Cambiarío	Tasa de cambio	C

Convenciones	Clasificación
Riesgo a cargo de la entidad Concedente	A
Riesgo a cargo del Privado	B
Riesgo a cargo de ambas partes	C

Fuente: Gálvez Sabogal (2018).

Cabe resaltar que la estructura y la asignación de los riesgos de cada proyecto de concesión, sea carretero o de cualquier otro modo de transporte, puede variar según el contexto y los requerimientos particulares de cada infraestructura y de la naturaleza de las partes involucradas.

2.2 Mecanismos de inversión pública para el desarrollo de proyectos de APP en Colombia

2.2.1 Vigencias futuras, Fondo de Contingencias de Entidades Públicas (FCCE) y planes de aportes para los proyectos de APP

A fin de comprender cómo opera la senda, o cupo de financiación, para los proyectos de APP, es importante describir en primera instancia qué es una vigencia futura y a qué se hace referencia cuando se habla de planes de aportes para los proyectos APP en Colombia.

Colombia utiliza el mecanismo de vigencia futura para llevar a cabo la financiación de proyectos de infraestructura, que la ANI define como la autorización impartida por el Conpes, previo aval del Consejo Superior de Política Fiscal (Confis), para asumir obligaciones que afecten el presupuesto de vigencias futuras de la entidad (Colombia, ANI, s. f.-j). Estas vigencias pueden ser ordinarias, cuya ejecución se inicia afectando el presupuesto de la vigencia en curso, o excepcionales, cuyas obligaciones afectan el presupuesto de vigencias futuras y no cuentan con apropiación en el presupuesto de la vigencia.

Desde el punto de vista financiero, estas vigencias se convierten en los flujos de ingreso futuros de un proyecto de APP, a partir de los cuales se pagarán las inversiones realizadas por el gestor privado —el concesionario y los inversionistas— en las etapas de pre-construcción y construcción, donde se incluyen los costos financieros y el retorno esperado de dichas inversiones. De esta manera, las vigencias futuras son consideradas la garantía de pago por parte de los inversionistas, y de allí la importancia de que sean gestionadas y definidas en el marco fiscal de mediano y largo plazo de la nación, a fin de brindar garantías no solo financieras sino jurídicas frente al equilibrio económico de este tipo de contratos.

Por otra parte, la Ley 448 de 1998¹² describe las medidas que las entidades estatales deben implementar para el manejo de sus obligaciones contingentes, donde se destaca la creación del Fondo de Contingencias de Entidades Públicas —en adelante FCCE—, cuyo objetivo es ejercer una mayor disciplina fiscal en los diferentes proyectos que emprenda la nación. De esta manera, las entidades estatales deben efectuar una valoración de sus contingencias en los términos que define el Gobierno nacional y, por tanto, deberán efectuar los aportes por dicho concepto al FCCE en los términos que requiera el MHCP.

El artículo 11 del Decreto 423 de 2001,¹³ que reglamenta la Ley 448 de 1998, establece en su artículo 11 los criterios por tener en cuenta para la elaboración del plan de aportes al FCCE, estableciendo cómo el MHCP le entregará los aportes a este fondo para cada contrato que haya celebrado. De esta manera, en los proyectos de infraestructura que la ANI tenga a su cargo, debe

¹² *Op. cit.*

¹³ *Op. cit.*

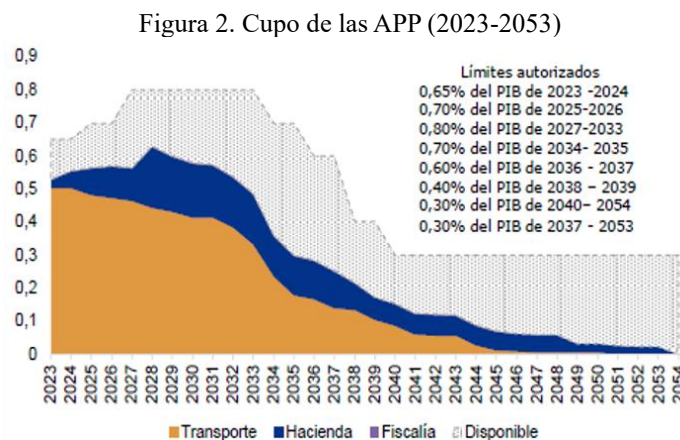
efectuar de forma periódica —normalmente anual— la actualización de los planes de aportes al FCCE, para lo cual debe realizar la valoración de cada uno de los riesgos asociados a los proyectos en curso, incluyendo el impacto que pueda suscitarse por variaciones de orden técnico, social, ambiental, predial y demás relacionados durante las diferentes etapas de un proyecto y que puedan afectar su probabilidad de ocurrencia, de manera que el MHCP modifique el plan de aportes inicial previsto para cada proyecto en su fase de estructuración; esto le permitirá evaluar tanto la necesidad de recursos adicionales para disponer en el FCCE como su impacto en el cupo de vigencias futuras de los proyectos de APP, a fin de que pueda hacer frente de forma adecuada a la posible materialización de los riesgos y, por tanto, mantener el equilibrio económico de los contratos.

2.2.2 Cupo de las APP

El cupo de las APP se refiere al mecanismo utilizado en Colombia para establecer el límite máximo de los recursos fiscales que pueden ser comprometidos en la financiación de proyectos de APP durante un período fiscal específico. Con miras a alcanzar este propósito, el DNP trabaja en conjunto con el MHCP para definir y establecer dicho límite.

Bajo el escenario fiscal y macroeconómico de Colombia durante la vigencia 2023, y descrito en detalle en el documento Conpes 4116 de 2024,¹⁴ el DNP le recomendó a la ANI aprobar los siguientes límites anuales de autorización para comprometer vigencias presentes y futuras de los proyectos de APP [Figura 2 y Figura 3]:

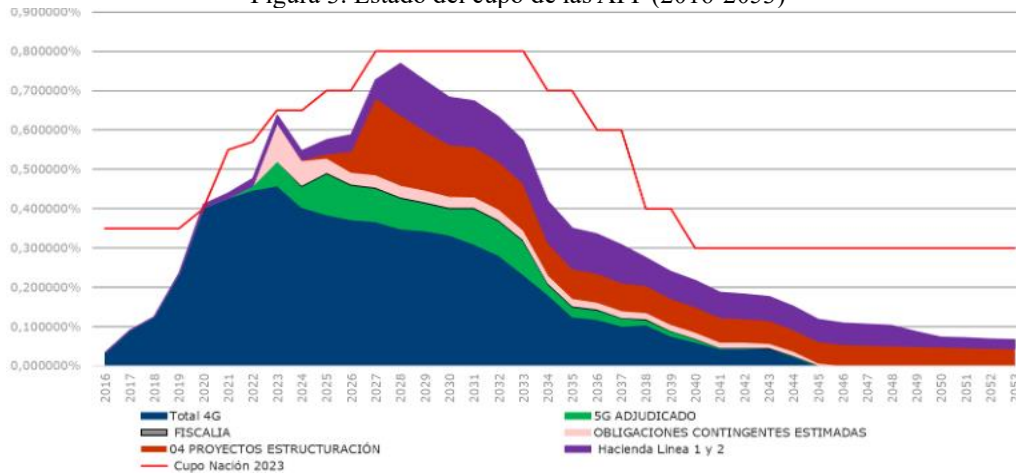
- *Presentes*: 0,35 % del PIB anual para el período 2017-2019, 0,57 % para el MHCP 2022, 0,65 % para el MHCP 2023-2024,
- *Futuras*: 0,70 % del PIB para el período 2025-2026, 0,80 % para el período 2027-2033, 0,70 % para el período 2034-2035, 0,60 % para el período 2036-2037, 0,40 % para el período 2038-2039, y 0,30 % del PIB anualizado para el período 2040-2054. (Colombia, DNP, s. f.-b, págs. 82-83)



Fuente: Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP (s. f.-b, págs. 82-83).

¹⁴ Colombia, Consejo nacional de política económica y social, Conpes. (2024). *Conpes 4116*, “Meta de balance primario y nivel de deuda del sector público no financiero (SPNF) para 2024”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4116.pdf>

Figura 3. Estado del cupo de las APP (2016-2053)



Fuente: Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP (s. f.-b, págs. 82-83).

En la curva que se muestra en la Figura 3 se incluyen no solo las autorizaciones de vigencias futuras para la financiación de infraestructuras estratégicas, sino los recursos asociados al FCCE —las obligaciones contingentes estimadas— que respaldan la materialización de los riesgos asociados a cada uno de los proyectos incluidos en esta senda.

De esta manera, la valoración del FCCE estrecha la disponibilidad de recursos para la financiación de proyectos de APP, y su optimización permitirá que puedan definirse vigencias futuras sin apropiación que viabilicen la financiación de nuevos proyectos de concesión, o que se dispongan de recursos frescos para la financiación de proyectos de infraestructura por la modalidad de obra pública, al ser estos excedentes trasladados al presupuesto del sector del transporte. Este hecho es otro de los aportes que presenta el presente estudio para mejorar la gestión fiscal de la nación en lo concerniente a la asignación y la apropiación de los recursos públicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura, sean o no concesionados.

3. Valoración de las obligaciones contingentes y de la situación actual de los riesgos asociados a la fase operativa de los proyectos carreteros de APP en Colombia

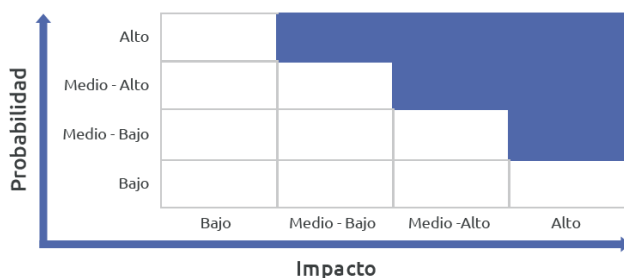
3.1 Metodología para la valoración y el seguimiento de las obligaciones contingentes para los proyectos de infraestructura

La metodología para la valoración y el seguimiento de los riesgos en los contratos estatales en Colombia es relativamente reciente y se ha venido implementando con mayor énfasis en los proyectos de APP. La versión inicial, publicada en 2011 por la Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional (Colombia, DGCPTN, 2019), permitió valorar los riesgos de los proyectos de 1G, 2G, 3G y, especialmente, 4G; posteriormente, a través del Decreto 1226 de 2020,¹⁵ la metodología fue actualizada, teniendo en cuenta los nuevos desarrollos en el mercado financiero, las mejores prácticas internacionales y las lecciones aprendidas en la ejecución de proyectos de APP, y desde entonces viene siendo utilizada para valorar los riesgos de los proyectos de APP en curso, a fin de generar una provisión líquida en el FCEE.

3.1.1 Clasificación y gestión de los riesgos

Esta metodología requiere que los riesgos que puedan presentarse en las fases pre-operativa y operativa de un proyecto sean identificados, y que su probabilidad e impacto sean calificados de forma cualitativa; de esta manera se puede reconocer si entran en una zona valorable o no valorable, a fin de determinar qué tratamiento debe dárseles por parte del FCEE [Figura 4].

Figura 4. Matriz de clasificación de riesgos según su probabilidad de ocurrencia e impacto

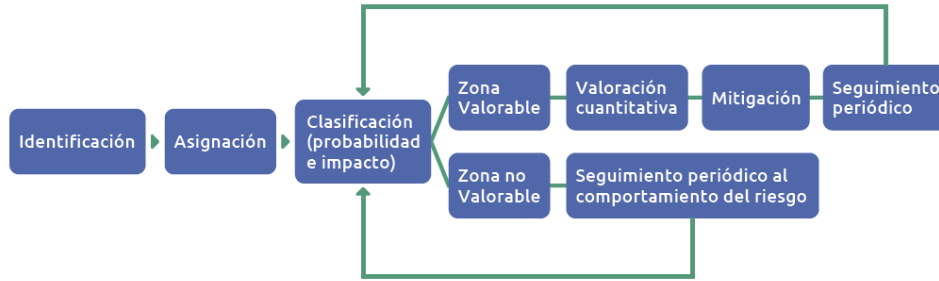


Fuente: Colombia, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional, DGCPTN (2019).

Si alguno o todos los riesgos identificados y evaluados están a cargo del público y se encuentran clasificados en una zona valorable, el FCEE debe proceder a su valoración cuantitativa estableciendo soluciones de mitigación e indicando cómo realizará su seguimiento [Figura 5]. Asimismo, debe construir un plan de aportes destinado al FCEE que garantice la liquidez necesaria para cubrir la eventual materialización del riesgo valorado.

Figura 5. Flujo de la gestión de los riesgos para definir los aportes al FCEE

¹⁵ Colombia, Presidencia de la República. (2020). *Decreto 1226 de 2020*, “Por el cual se adiciona el Título 4 a la Parte 4 del Libro 2 del Decreto 1068 de 2015 Único Reglamentario del Sector Hacienda y Crédito Público ...”. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=142185>



Fuente: Colombia, DGCPTN (2019).

La metodología para la valoración y el seguimiento de los riesgos en los contratos estatales agrupa o clasifica los riesgos según la etapa de proyecto, pero, más específicamente, si dependen o no de la variable Tiempo [Figura 6]. De esta manera, en la etapa pre-operativa de un proyecto —pre-construcción y construcción—, los riesgos —predial, ambiental, de redes, geológico, etc.— se materializan en forma de sobrecostos, y habitualmente suceden independientemente de la variable Tiempo; mientras que en la etapa operativa —operación y mantenimiento— dependen de los pronósticos de variables en el largo plazo —Riesgo de demanda, Tarifas diferenciales, Imposibilidad de cobro de los mecanismos de recaudo, Reubicación de los mecanismos de recaudo, y otros relacionados con los ingresos del proyecto—, y habitualmente suceden dependientemente de la variable Tiempo.

Figura 6. Clasificación de los riesgos por etapa
Dependencia del tiempo

		<i>Dependencia del tiempo</i>	
		No	Si
<i>Etapa del proyecto</i>	Etapa Pre operativa	Corte transversal (sobrecostos)	
	Etapa Operativa		Series de tiempo (ingresos)

Fuente: Colombia, DGCPTN (2019).

Este estudio se concentra en evaluar la metodología de valoración de los segundos —aquellos que son dependientes de la variable Tiempo—, específicamente en lo relacionado con el riesgo comercial, o de menor recaudo. Este riesgo se materializa cuando el volumen de tráfico real que circula por un corredor vial es inferior al proyectado y afecta negativamente los ingresos esperados del proyecto —el riesgo de demanda—. Del mismo modo, el riesgo puede ocurrir por la no instalación de casetas de peaje, el no aumento de sus tarifas o la imposición de nuevas o mayores tarifas diferenciales a las establecidas previamente en la estructuración. Cabe anotar que más adelante se describirán las razones que, dentro del alcance de este estudio, motivaron la evaluación de este riesgo frente a otros establecidos en los proyectos 4G.

3.1.2 Valoración de los riesgos asociados a la etapa operativa de un proyecto

La metodología de valoración de los riesgos en la etapa operativa de un proyecto consiste en la elaboración de un modelo econométrico a partir del cual se obtienen las proyecciones de la demanda de largo plazo, basadas en la información existente, bajo un escenario de riesgo determinado, y a partir de los resultados arrojados por el modelo. (Colombia, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional, DGCPTN, 2019)

La metodología varía dependiendo de si el proyecto cuenta con información histórica disponible amplia y confiable o, como en el caso de los proyectos *greenfield* —aquellos que son diseñados desde cero—, no se cuenta con información suficiente.

Teniendo en cuenta que en el presente estudio se analizan proyectos que cuentan con series históricas mensuales para el tráfico superiores a cinco años para cada categoría vehicular del peaje que se pretende pronosticar, se describen a continuación los pasos que la metodología vigente establece para valorar las obligaciones contingentes para los proyectos de infraestructura de este tipo.

- *Alistamiento de datos e identificación de variables explicativas*: se realiza una limpieza previa del modelo en la que se identifican los datos atípicos que puedan alterar su calidad de pronóstico. Para ello se utiliza la puntuación Z , expresada como sigue:

$$Z = (\chi - \mu) / \sigma$$

donde:

χ : dato de un mes específico del tráfico.

μ y σ : media y desviación estándar de la serie de tráfico analizada, respectivamente.

De esta manera, todos los datos que obtengan una puntuación por fuera del intervalo $Z > 3$ o $Z < -3$ se considerarán como atípicos y serán reemplazados por la media de crecimiento de los años anteriores para cada uno de los períodos a los que correspondan.

De otro lado, se definen y exploran las diferentes variables que puedan explicar de manera adecuada el comportamiento del tráfico histórico y que a su vez otorguen confiabilidad a los pronósticos que se obtengan del modelo. Como mínimo, la metodología exige que una de las variables sea macroeconómica o financiera; las demás pueden estar relacionadas con las particularidades del proyecto, siempre y cuando cuenten con amplia información histórica y provengan de fuentes de información fidedignas. Al respecto, la metodología sugiere utilizar el PIB real mensual, las tarifas de los peajes y la cantidad de días hábiles/días totales del mes; no obstante, también permite evaluar otras variables significativas dentro del modelo, siempre y cuando en la regresión se demuestre su conveniencia en términos de significancia: ($\rho_{\text{value}} > 0,5$) signo esperado y de ajuste del modelo ($R^2 \rightarrow 1$).—por ejemplo, el tráfico debería reducirse si las tarifas aumentan—

- *Suavización y transformación de la serie*: la metodología sugiere llevar los datos de tráfico mensual a tráfico promedio diario para posteriormente efectuar una suavización de la serie, a fin de evitar oscilaciones que puedan generar estimadores incorrectos en el modelo. De esta manera, si Y_t corresponde al valor de la serie mensual en términos del tráfico de promedio diario —en

adelante TPD— de la variable de demanda en el período de tiempo t , entonces se obtiene la serie suavizada Y_t , expresada como sigue:

$$Y'_t = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{4} (Y'_{t-2} + Y'_{t-1} + Y'_t + Y'_{t+1}) + \frac{1}{4} (Y'_{t-1} + Y'_t + Y'_{t+1} + Y'_{t+2}) \right]$$

- *Modelo econométrico y proyección de la línea base de la demanda futura:* partiendo de la variable dependiente —Tráfico— y de las variables independientes —PIB, Días hábiles/Días totales mes, Tarifas de peaje—, se construye el modelo econométrico en formato log-log en diferencias, de manera que el tráfico no crezca indefinidamente en función lineal de alguna o de todas las variables explicativas, sino que se mantenga bajo los límites de capacidad de tráfico de vehículos del corredor; asimismo, se evitan posibles regresiones espurias. De esta manera el modelo econométrico se expresa como sigue [Tabla 2]:

$$\hat{Y}_t = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \varepsilon_t$$

donde:

Variable dependiente	$(\hat{Y}_t) = \ln(Y_t) - \ln(Y_{t-12})$.
Variables independientes	$A = \ln(\text{PIB}_t) - \ln(\text{PIB}_{t-12})$.
	$B = \ln(\text{Tarifas}_t) - \ln(\text{Tarifas}_{t-12})$.
	$C = \ln(dh/dt_t) - \ln(dh/dt_{t-12})$.
	$D = D_i - D_{i-12}$.
	$dh =$ días hábiles del mes.
	$dt =$ días totales del mes.
	$D_i =$ variable <i>dummy</i> que considera un evento atípico en el mes i que no se explica con ninguna otra de las variables independientes del modelo.

Tabla 2. Resultados esperados en el modelo econométrico

VARIABLE EXPLICATIVA/PARÁMETRO	SIGNO		SIGNIFICANCIA		AJUSTE
Resultado	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo
$\beta_1 - \text{PIB}$	Esperado	No esperado	Deseable	No deseable	$R^2 \rightarrow 1$
$\beta_2 - \text{Tarifa}$	No esperado	Esperado	Deseable	No deseable	
$\beta_3 - dh/dt$	irrelevante	irrelevante	Deseable	No deseable	

Fuente: elaboración de los autores.

En relación con la Tabla 5, se deberán realizar las reestimaciones que sean necesarias, de forma que se incluyan solo las variables explicativas que tengan la significancia y el signo esperado. Al final deberá elegirse el modelo que arroje el mayor R^2 , que define su calidad de ajuste y dará la mejor confiabilidad de los pronósticos que se hagan a partir de él.

Una vez obtenido el modelo definitivo se procede a definir la línea base de demanda, expresada como sigue:

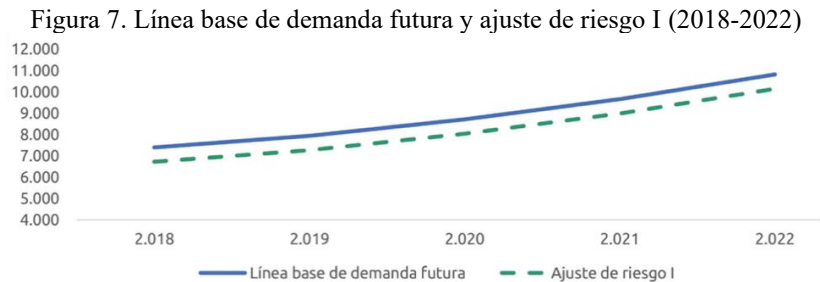
$$\hat{Y}_t = e^{(\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_4 D + \varepsilon_t)} * Y_{t-12}$$

- *Transformación de la serie en datos anuales*: en razón de que la proyección de tráfico utilizada en el modelo está dada en términos mensuales, pero las proyecciones se realizan de forma anual, se procede a transformar la serie de datos anuales de tráfico —v. la Figura 6—.
- *Ajuste de riesgo I - error de estimación*: a fin de contar con un escenario base que represente las expectativas de riesgo en el proyecto, se realiza un ajuste hacia abajo de la demanda base \hat{Y}_t en un porcentaje equivalente a un percentil del error absoluto de predicción de estimación del modelo econométrico definido. El valor del percentil que se va a utilizar es definido por la Subdirección de APP del MHCP. De esta manera, la serie de errores absolutos se estima a partir de la siguiente expresión:

$$|\varepsilon_t| = |Y_t| - |\hat{Y}_t|$$

Así, la nueva senda de proyección y para un ajuste de riesgo equivalente al percentil 95, se obtiene a partir de la siguiente expresión [Figura 7]:

$$Y_t^{[1]} = \hat{Y}_t - P_{95}(|\varepsilon_t|)$$



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.
Fuente: Colombia, DGCPTN (2019).

- *Ajuste de riesgo II – cambios estructurales proyectados*: este ajuste se aplica cuando se presenta un cambio estructural en el proyecto que obliga a modificar el patrón histórico de la demanda permanente en el tiempo. El cambio puede darse por variaciones en las condiciones técnicas de la vía o el proyecto —por ejemplo, que la puesta en operación de un nuevo tramo en segunda calzada disminuya los tiempos de viaje y aumente considerablemente el tráfico atraído—. Al respecto, debe estimarse el cambio estructural (M_s) en una nueva serie del estudio tráfico más actualizada para la vía o proyecto ($S_t = \{S_T, S_{T+1}, \dots\}$). Este cambio estructural porcentual se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$M_s = \frac{S_{T+k+1} - S_{T+k}}{S_{T+k}}$$

donde:

$$S_{T+k+1} - S_{T+k} = \text{salto superior a la tendencia promedio entre los períodos.}$$

Posteriormente, el cambio M_s obtenido se compara con el parámetro θ , que corresponde a los cambios estructurales observados históricamente en los diferentes corredores existentes,¹⁶ y se

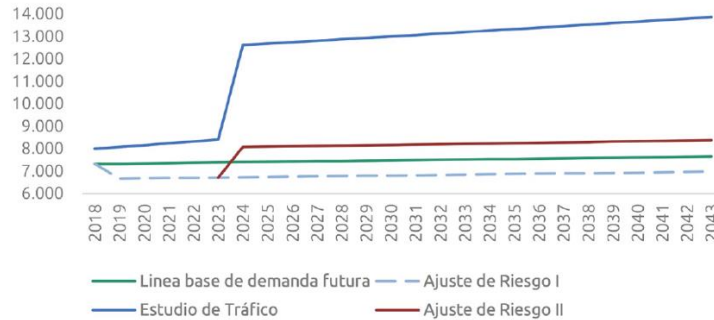
¹⁶ Estos cambios pueden consultarse en la página web de la Subdirección de APP del MHCP.

elegirá el mínimo de los dos. De esta manera se procede a aplicar el ajuste de riesgo II para obtener el valor estimado de tráfico de la serie a partir de la siguiente expresión:

$$Y_t^2 = \begin{cases} Y_t^1 & \text{Si } t \leq T + k \\ Y_t^1 * (1 + \min(M_s, \theta)) & \text{Si } t > T + k \end{cases}$$

La Figura 8 muestra la línea base de la demanda futura anualizada y la línea resultante por el ajuste de riesgo II.

Figura 8. Línea base de la demanda futura analizada y línea resultante por el ajuste de riesgo II (2018-2043)



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.
Fuente: Colombia, DGCPTN (2019).

- *Estimación de los ingresos del proyecto y cálculo del contingente*: una vez obtenida la senda de tráfico resultante de los ajustes de riesgos I o II, esta se multiplica por las tarifas de peaje que se prevén cobrar a los usuarios del proyecto, de manera que se obtengan los ingresos esperados. Estos deberán compararse con los ingresos contractuales —es decir, el valor presente de los ingresos proyectados, en adelante VPIP— y estimar la diferencia. Dicha diferencia será el valor contingente para provisionar por el riesgo de demanda de tráfico en el proyecto. (Colombia, DGCPTN, 2019)

3.2 Situación actual de los riesgos asociados a los proyectos carreteros de 4G de las APP en Colombia

El programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014), creado a través del documento Conpes 3760 de 2013,¹⁷ estableció los lineamientos políticos, cuyos componentes principales son los siguientes: i) estructuración eficaz para la aceleración de la inversión en infraestructura; ii) procesos de selección que promuevan la participación con transparencia; iii) gestión contractual enfocada en resultados, y iv) distribución de los riesgos.

En relación con la distribución de los riesgos en los proyectos carreteros de 4G de las APP, el documento Conpes 3760 señala que estos deberán ser asignados contractualmente a quien tenga mejor capacidad de administrarlos y mayor capacidad de gestionar los mecanismos de mitigación.

¹⁷ *Op. cit.*

La idea es reducir aquellos costos retenidos por la nación que sean susceptibles de constituirse como obligaciones contingentes; en otras palabras, que es obligación de las entidades públicas buscar los mecanismos o herramientas que permitan mitigar el impacto de los riesgos a su cargo en el desarrollo de proyectos de tipo APP, de manera que el impacto que puedan representar para el FCEE en el momento que se materialicen sea el menor posible.

Adicionalmente, el documento Conpes 3760 establece los riesgos mínimos que la ANI debería contemplar en la matriz de riesgos de cada proyecto que hacía parte del programa de 4G, tal como se mostró en la Tabla 1.

El programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014) contemplaba una inversión aproximada en Capex de 47 COP billones —en valores constantes de 2012— para ser ejecutada en un horizonte de tiempo de ocho años a partir de su contratación. La operación y el mantenimiento de los corredores viales se realizaría en un período de veinticinco a treinta años y serían financiados a través del recaudo de los peajes existentes o adicionales que se requirieran según el cierre financiero de cada proyecto. En todo caso, la nación aportaría el 60 % de la inversión requerida —estimada en 64 COP billones— a través del mecanismo de vigencias futuras, y aportaría siete COP billones al FCEE que, se estimaban, serían los recursos requeridos para cubrir las contingencias de los proyectos que hacían parte del programa.

Si bien el programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014) contemplaba intervenir inicialmente alrededor de cuarenta y seis corredores viales en todo el país, a la fecha solo se han logrado adjudicar e iniciar veintidós de ellos. La Tabla 3 muestra cada uno de los proyectos en ejecución y la valoración de los riesgos de los planes de aportes presentados a la Subdirección de APP del MHCP en 2023.

Los valores presentados en la Tabla 3 incluyen los recursos para cubrir las posibles contingencias que tendrán los proyectos de 4G en lo que resta de su plazo de ejecución tanto en la etapa pre-operativa —aquellos que aún se encuentran parcial o totalmente en las fases de pre-construcción o construcción— como en la etapa operativa.

Tabla 3. Valoración de los riesgos para los proyectos de concesión vial de 4G (2023)

Proyecto 4G	Valor Plan de Aportes
Rumichaca Pasto	\$ 3.396.817.228.507
BBY	\$ 3.256.855.017.597
Girardot - Honda -Puerto Salgar	\$ 2.210.457.000.000
Pacífico 1	\$ 2.003.863.000.000
Conexión Norte	\$ 1.737.728.000.000
Pacífico 2	\$ 1.558.493.000.000
Pacífico 3	\$ 1.354.759.000.000
Autopista Mar 2	\$ 1.224.319.000.000
Transversal del Sisga	\$ 1.216.981.577.426
Cartagena Barranquilla	\$ 1.146.469.000.000
Villavicencio Yopal	\$ 603.477.773.379
Perimetral del Oriente	\$ 450.957.000.000
Santana Mocoa Neiva	\$ 328.749.817.748
Popayan Santader de Quilichao	\$ 314.390.619.030
Pamplona Cucuta	\$ 288.297.464.509
Mulalo	\$ 207.477.000.000
Magdalena 2	\$ 162.800.000.000
Autopista Mar 1	\$ 113.548.000.000
Bucaramanga Pamplona	\$ 109.469.147.185
Puerta de Hierro Cruz del Viso	\$ 40.035.451.232
Subtotal Valoración Riesgos 4G*	\$ 21.725.944.096.610

*Valores Constantes de 2012

Nota. Cifras expresadas en COP (valores constantes de 2012).

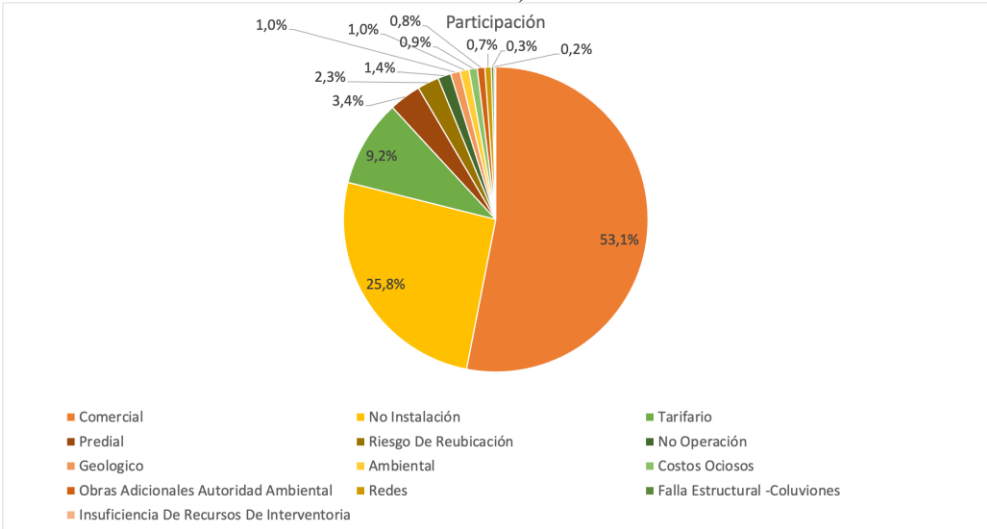
Fuente: elaboración de los autores.

Cabe resaltar el crecimiento exponencial que ha tenido la valoración de los planes de aportes de los proyectos de 4G, que pasó de un estimado de siete COP billones —como lo señala el documento Conpes 3760 de 2013—,¹⁸ a un total, en 2023, de 21,7 COP billones —en valores constantes de 2012—. Este hecho deja en evidencia que los proyectos carreteros de 4G de las APP en Colombia han enfrentado y siguen enfrentando grandes desafíos en materia de riesgos más allá de lo previsto cuando se creó el programa “Cuarta generación de concesiones”, y si bien su ejecución ha representado importantes logros en materia de competitividad, eficiencia logística y desarrollo para el país, también deja entrever un gran reto para las finanzas públicas, dado que, como fue mencionado, en sus primeros ocho años de ejecución pronostican demandar alrededor de un 300 % superior a lo destinado al inicio del programa, además con tendencia al alza, teniendo en cuenta que la vida útil restante de la mayor parte de estas concesiones es superior a los veinte años, un horizonte de exposición a los riesgos aún muy alto, principalmente para aquellos que dependen de la variable Tiempo.

La Figura 9 muestra el impacto de cada uno de los riesgos definidos en el programa “Cuarta generación de concesiones”, según las valoraciones realizadas y consignadas en los planes de aporte de cada proyecto al cierre de 2023.

¹⁸ *Ibidem*.

Figura 9. Impacto en el FCEE de la valoración de los riesgos de los proyectos carreteros de 4G de las APP (cierre de 2023)



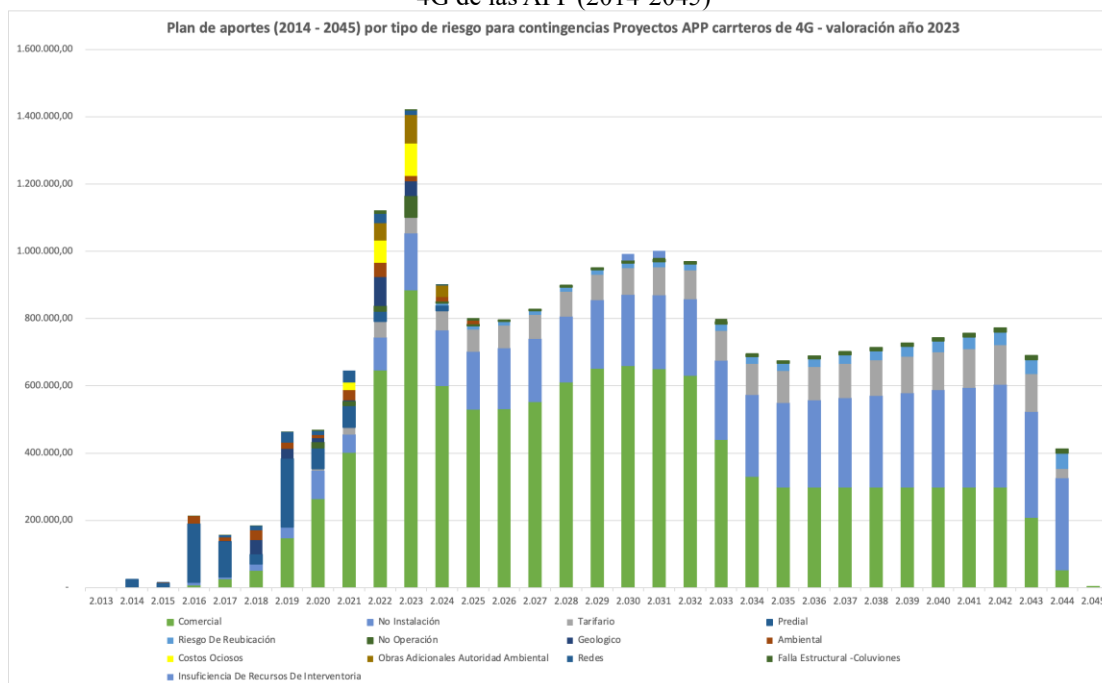
Nota. Cifras expresadas en porcentajes.

Fuente: elaboración de los autores.

A partir de las valoraciones que muestra la Figura 9, se hace evidente que el riesgo Comercial, entendido como la desviación del valor presente del recaudo efectivo de los peajes frente a las proyecciones realizadas en la fase de estructuración de los proyectos, es el que representa un mayor impacto en el total de los recursos requeridos por el FCEE para garantizar el equilibrio económico de los proyectos del programa “Cuarta generación de concesiones”, con una participación del 53,1 %. Le sigue el riesgo No instalación de peajes —aquellos que debían construirse y ponerse en operación una vez se finalizaran unidades funcionales o hitos importantes de los proyectos—, con una participación del 25,8 %, y el riesgo Tarifario —que ocurre cuando no se pueden implementar las tarifas de peaje contractuales o cuando se otorgan más tarifas diferenciales a las previstas en la estructuración, y se ocasiona habitualmente por el descontento de las comunidades aledañas al proyecto—, con una participación del 9,2 %.

La Figura 10, que muestra la valoración realizada a finales de 2023 para cada uno de los riesgos asociados a los proyectos carreteros de 4G de las APP, indica los recursos que en principio deberán destinarse durante los próximos veinte años al FCEE.

Figura 10. Plan de aportes por tipo de riesgo para las contingencias valoradas en 2023 de los proyectos carreteros de 4G de las APP (2014-2045)



Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

De la Figura 10 sorprende el hecho de que aquellos riesgos que pueden materializarse tanto en la fase pre-operativa como en la operativa representen más del 88 % del total de los riesgos de los proyectos carreteros de 4G de las APP valorados en el FCEE, lo que refuerza lo ya mencionado acerca del alto nivel de exposición que tiene la nación frente a la materialización de riesgos que dependan de la variable Tiempo, y que, como se evidencia, siguen creciendo en tasas muy elevadas, ejerciendo mayor presión fiscal para las próximas dos décadas y reduciendo la posibilidad de liberar cupos de financiación, o mayor cupo de APP, para la financiación de los nuevos proyectos de infraestructura requeridos en el país. Por esta razón, este estudio evalúa posibles mejoras en la metodología de valoración de los riesgos contingentes que actualmente utilizan la ANI y la Subdirección de APP del MHCP, a partir del análisis de los riesgos Comercial, Tarifario y de No instalación, dados su considerable impacto en la valoración de las contingencias totales del programa “Cuarta generación de concesiones”.

3.2.1 Comportamiento de los riesgos Comercial, Tarifario y de No instalación en los proyectos de APP de iniciativa pública y privada

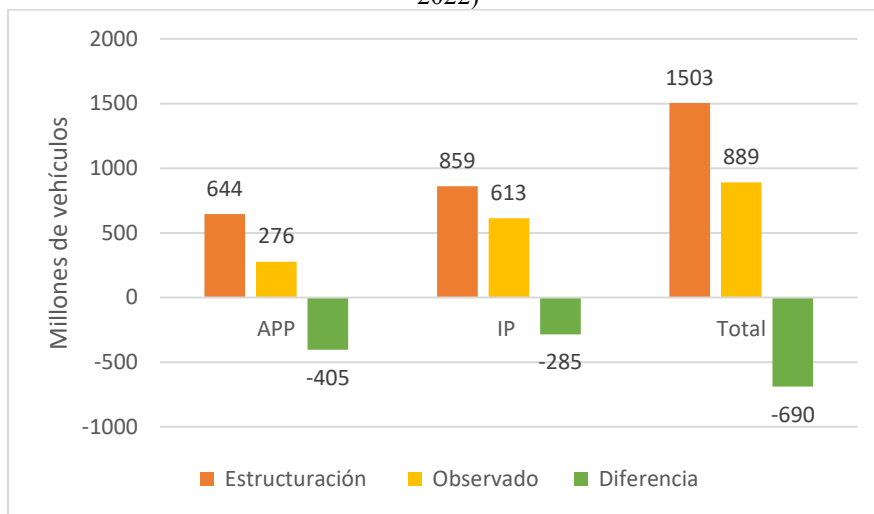
El Comercial, o de menor recaudo, es uno de los riesgos más críticos que enfrentan los proyectos de 4G en Colombia. Este riesgo se origina por fallas en las proyecciones de tráfico, la no instalación de peajes, los cambios en las estructuras tarifarias, la elusión y la demora en la instalación de casetas.

Todos estos factores son de gran importancia para el cierre financiero de los proyectos, ya que pueden afectar significativamente los ingresos esperados. Además, una vez iniciada la ejecución del contrato, los riesgos Comercial y Tarifario pueden tener un impacto negativo

considerable en las valoraciones para los planes de aportes al FCEE. Muestra de ello es la evolución de los tráficos proyectados en los proyectos carreteros de 4G de las APP entre 2014 y 2022, comparados con los estimados en su fase de estructuración.

La Figura 11 muestra las diferencias entre el tráfico observado y el tráfico proyectado en lo corrido de los últimos ocho años, donde se destaca que, en el caso de las iniciativas privadas, el tráfico real alcanzó alrededor del 60 % del esperado, mientras que, en el caso de las iniciativas públicas, tan solo alcanzó el 43 %, un hecho que evidencia el gran impacto en la estructura de ingresos de estos proyectos y, por tanto, en las contingencias que en materia de demanda deberán establecerse para lograr el VPIP contractual de cada proyecto.

Figura 11. Tráfico observado en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)

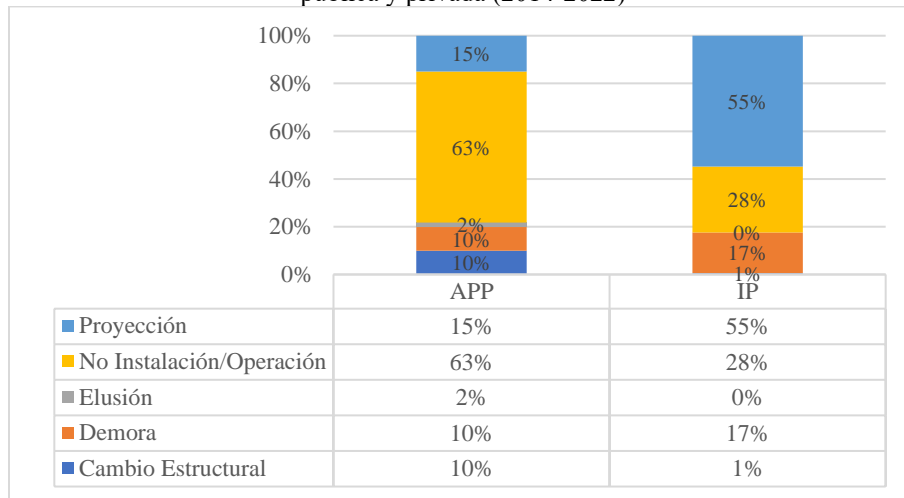


Nota. Cifras expresadas en millones de vehículos.

Fuente: elaboración de los autores.

La Figura 12 describe el impacto en los ingresos por tipo de evento en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada según el tipo de evento que lo ocasiona.

Figura 12. Impacto en los ingresos por tipo de evento en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)



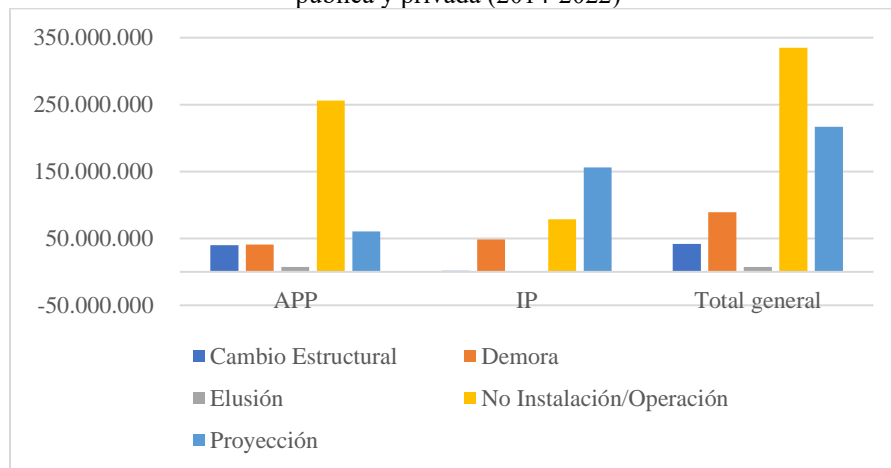
Nota. Cifras expresadas en porcentajes.
Fuente: elaboración de los autores.

En la Figura 12 se observa que las desviaciones en Proyección de tráfico han sido el evento que más ha impactado los ingresos en los proyectos de iniciativa privada (55 %), mientras que las desviaciones en No instalación/Operación de los peajes (63 %) ha sido el evento que más ha impactado los ingresos en los proyectos de iniciativa pública.

Los demás eventos —Menor recaudo, Cambio estructural, Demora en entrada en operación de las casetas de peaje y Elusión— no son menos relevantes, en tanto impactan el 37 % de los ingresos en los proyectos de APP de iniciativa pública y el 45 % de los ingresos en los proyectos de APP de iniciativa privada.

La figura 13 muestra la valoración del impacto monetario en los ingresos de cada uno de estos eventos.

Figura 13. Impacto en los ingresos por tipo de evento en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)



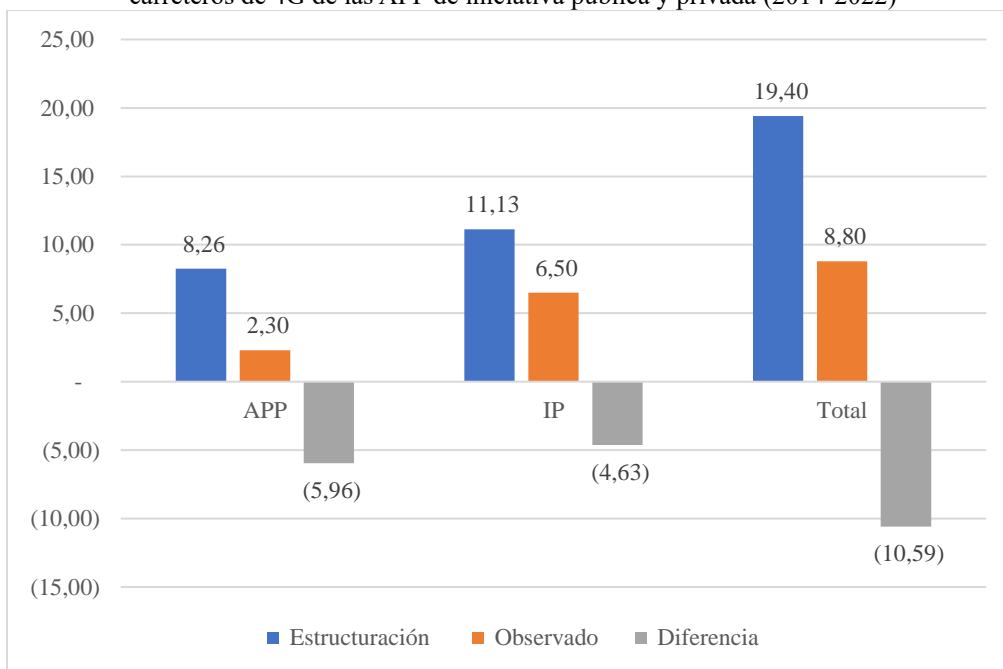
Nota. Cifras expresadas en COP.
Fuente: elaboración de los autores.

Es esencial subrayar que la falta de instalación de peajes, como causa principal de discrepancia en el tráfico, no excluye la posibilidad de que parte de estas diferencias se deba a fallos en las proyecciones realizadas en la estructuración de los proyectos. La imposibilidad de implementar y cobrar tarifas impide la medición de las discrepancias basadas en estas proyecciones.

Además de los factores mencionados, es necesario considerar algunos casos especiales que pueden afectar las diferencias entre el tráfico estimado y el observado. En primer lugar, la no instalación de un peaje puede atraer tráfico de otras vías, lo que puede aumentar el tráfico observado sin implicar necesariamente que se esté generando una mayor dinámica en la región. En segundo lugar, la elusión del peaje puede reducir el tráfico observado, y en contraposición con los casos anteriores, no significa que el proyecto no le esté generando los beneficios al área de influencia.

La Figura 14 muestra el impacto en los ingresos totales en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada —en valores constantes de 2012—, evaluando la diferencia entre el ingreso esperado bajo los estudios de tráfico y las tarifas en la etapa de estructuración, y el ingreso observado en el período de observación.

Figura 14. Comparativo de los ingresos totales proyectados frente a los ingresos totales observados en los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública y privada (2014-2022)



Nota. Cifras expresadas en COP billones.

Fuente: elaboración de los autores.

Los resultados de la Figura 14 son alarmantes. En el caso de los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa pública, bajo los registros de tráfico acumulados al año 8, se prevén compensaciones por riesgo comercial cercanas a los seis COP billones, agotando casi en su totalidad el valor previsto en el FCCE —siete COP billones—, creado en el documento Conpes

3760 de 2013,¹⁹ destinado a *todos* los riesgos del programa “Cuarta generación de concesiones”. En el caso de los proyectos carreteros de 4G de las APP de iniciativa privada, esta cifra es igual de inquietante, pues si bien la nación no compensa los 4,63 COP billones que se han dejado de recaudar, dado que el riesgo comercial en estas iniciativas está a cargo del privado y que estos proyectos cuentan con mecanismos de cobertura —como subcuentas especiales, que toman un porcentaje del recaudo del peaje con una destinación específica a coberturas de riesgo—, sí debilita considerablemente el equilibrio económico de los contratos, al punto que el país podría verse inmerso en litigios de exorbitantes cuantías por la solicitud de liquidación anticipada de los proyectos por parte del privado, como estrategia para evitar la pérdida de valor que estos representarían a la terminación de su plazo contractual.

En primera instancia, estos hechos ponen de manifiesto la necesidad apremiante de mejorar los estudios de tráfico, los estudios de la proyección de las tarifas de peaje, y otros más relacionados con la estructuración y la contratación de proyectos de APP, sean de iniciativa pública o privada, de manera que el país siga acrecentando su competitividad y eficiencia logística pero no a cualquier costo, pues, en el balance final de este mecanismo, el remedio podría resultar más oneroso que la enfermedad, en tanto, desde la gestión de los riesgos, no existiría una diferencia importante entre un proyecto concesionado, o de APP, y un proyecto de obra pública.

En segunda instancia, dadas las altas limitaciones fiscales en las que se encuentra el país, resulta absolutamente necesario potenciar la gestión de los riesgos asociados a este tipo de proyectos de manera que se reduzcan las coberturas requeridas y se liberen los recursos que permitan financiar nuevos proyectos de infraestructura. Este fortalecimiento puede provenir, en parte, del uso de nuevas tecnologías en materia de analítica de datos, de forma que se posibilite la toma de decisiones en tiempo real acerca de la ejecución u operación de los proyectos, pero también que, a través de la data histórica cada vez más amplia de los proyectos de APP, se realicen mejores prospectivas que redunden en una valoración de riesgos óptima y en modelos financieros más rigurosos frente a la viabilidad y la rentabilidad esperada.

¹⁹ *Ibidem*.

4. Propuesta de mejora para la valoración de las obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura

4.1 Descripción y análisis de la metodología de valoración vigente aplicada por la ANI

4.1.1 Valoración del riesgo de demanda mediante el uso de la herramienta Excel

El riesgo de demanda se materializa cuando los ingresos reales de un proyecto no alcanzan las proyecciones iniciales, debido a que las variables que los generan resultan inferiores a lo estimado. Imagínese un corredor vial donde el número de vehículos que transita durante la vigencia del contrato es menor al proyectado; este escenario representa un claro ejemplo del riesgo de demanda, que está estrechamente vinculado a las variables que evolucionan en el tiempo.

A continuación, se presenta una descripción del procedimiento llevado a cabo en la ANI para la valoración de los riesgos asociados a proyectos de APP de infraestructura carretera, a través de la herramienta Excel disponible para tal fin, que incluye las macros necesarias para valorar la significancia de las variables utilizadas en el modelo, así como el valor de sus coeficientes, a fin de definir las ecuaciones del modelo pronóstico a partir del cual se determinan las obligaciones contingentes de cada proyecto y su respectivo plan de aportes. Cabe anotar que para este ejercicio se toma un ejemplo hipotético.

Paso 1: alistamiento de datos

- *Recolección de datos*: inicialmente se recopilan la variable dependiente —Tráfico— y las variables independientes —económicas, demográficas, etc.—, y se alinean en la misma temporalidad, que en este caso es mensual. Esto asegura que todas las variables sean comparables y estén sincronizadas.
- *Cálculo del tráfico promedio diario (TPD)*: la variable Tráfico mensual se divide por el número de días de cada mes para obtener el tráfico promedio diario. Este paso normaliza los datos y facilita el análisis.
- *Suavización de datos*: se aplican técnicas de suavización, como el promedio móvil, para reducir la volatilidad de los datos. Aunque esto puede ayudar a ver tendencias a largo plazo, también puede introducir sesgos al eliminar variabilidad.
- *Transformación logarítmica*: se calcula la diferencia de los logaritmos de los datos con respecto a doce observaciones anteriores —año a año— para estabilizar la varianza y manejar series temporales estacionarias.
- *Registro*: estos pasos se documentan y registran en la pestaña “Pasos 1 y 2 - Alistamiento Datos” de la hoja de cálculo.

Paso 2: planteamiento del modelo econométrico

- *Definición del modelo*: se establece el modelo econométrico inicial con las cuatro variables principales seleccionadas.

- *Registro en Excel*: el modelo se configura y documenta en la pestaña “Paso 3 - Modelo econométrico”.

Paso 3: reestimación del modelo

- *Evaluación inicial*: se analizan los resultados iniciales del modelo para verificar la significancia estadística y el signo de las variables independientes utilizadas.
- *Ajuste de variables*: si algunas variables no resultan significativas o no tienen el signo esperado, se eliminan del modelo.
- *Re-ejecución del modelo*: el modelo se vuelve a ejecutar con las variables ajustadas hasta observar que su significancia y los signos de las betas cumplen con los parámetros indicados en la metodología de valoración.
- *Documentación*: las iteraciones y ajustes se documentan en la pestaña “Reestimaciones”.

Paso 4: obtención de resultados del modelo

- *Selección de coeficientes*: una vez finalizado el modelo, se extraen los coeficientes (β) de las variables significativas.
- *Registro de resultados*: los coeficientes se registran en la pestaña “Resultados”.

Paso 5: análisis de error y línea base

- *Aplicación de ecuaciones*: para cada categoría se utiliza la ecuación del modelo para calcular el tráfico histórico.
- *Cálculo de errores*: se calculan los errores entre los valores pronosticados y los observados para evaluar la precisión del modelo.
- *Generación de línea base*: se establece una línea base y se calcula el percentil 95 de los errores, lo que proporciona un margen de seguridad para las predicciones.
- *Registro*: los cálculos y los resultados se registran en la pestaña “Error y Línea Base”.

Paso 6: consolidación de pronósticos

- *Proyección de tráficos*: haciendo uso del modelo econométrico, se proyectan los tráficos hasta el mes y el año de finalización del plazo contractual del proyecto —por ejemplo, diciembre de 2043—.
- *Registro de pronósticos*: los pronósticos se documentan en la pestaña “Consolidado Datos”.

Paso 7: ajuste de riesgo I

- *Aplicación de ajustes*: cada valor proyectado se ajusta restando el percentil 95 del error, reduciendo así el riesgo de sobreestimación.
- *Registro de ajustes*: los ajustes se documentan en la pestaña “Ajuste de Riesgo I”.

Paso 8: ajuste de riesgo II

- *Identificación de cambios estructurales*: se revisan informes y estudios de la interventoría para identificar posibles cambios estructurales en el proyecto.

- *Aplicación de ajustes adicionales*: si se identifican cambios estructurales, se realizan ajustes adicionales.
- *Registro de cambios*: los ajustes se documentan en la pestaña “Ajuste de Riesgo II”.

Paso 9: cálculo de los ingresos proyectados

- *Multiplicación de tarifas*: se calculan los ingresos proyectados multiplicando las tarifas de los peajes operativos por la demanda esperada.
- *Registro de ingresos*: los cálculos se documentan en la pestaña “Ingresos”.

Paso 10: plan de aportes y contingente

- *Comparación de los ingresos*: se comparan los ingresos proyectados con los valores del VPIP contractual.
- *Determinación del contingente*: la diferencia entre los ingresos proyectados, o VPIP pronóstico, y el VPIP contractual se denomina “contingente”.
- *Elaboración del plan de aportes*: a partir de la estimación del contingente se construye el plan de aportes anual del proyecto, considerando los diferenciales de recaudo —en adelante DR— para los años 8, 13, 18, y 29.
- *Registro final*: el plan de aportes y los cálculos correspondientes se documentan en la pestaña “Contingente PA”.

4.1.2 Descripción y análisis de las variables del modelo vigente

Según el documento *Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura* (Colombia, MHCP, 2022),

Para efectos de esta metodología y la aplicación del modelo econométrico se debe contar como mínimo con información histórica y proyecciones (futuras), con la misma temporalidad que la serie de demanda (mensual), de las siguientes variables:

- 1) Variable macroeconómica: PIB real mensual en millones.
- 2) Tarifas en pesos constantes.
- 3) Proporción de días hábiles sobre días totales del mes.
- 4) Variable *dummy* para datos atípicos que son fácilmente explicados. (Colombia, MHCP, 2022)

Teniendo en cuenta que el PIB real en Colombia se publica trimestralmente, y en algunos casos de data más antigua su periodicidad de publicación era anual, en la práctica de valoración efectuada por la ANI, este parámetro se divide por el número de meses respectivo, a fin de definir un valor de PIB mensual.

Adicionalmente, en algunos casos, la significancia (ρ_{value}) no es mayor que 0,5, o los signos de los coeficientes (β) de las variables Tarifas y Días hábiles/Días calendario del mes no resultan ser los esperados, por lo que se descartan del modelo econométrico en varias de las categorías vehiculares evaluadas por la ANI para cada uno de los proyectos viales APP en ejecución.

Finalmente se puede definir una variable *dummy* $Di = 1$ para un evento específico en el mes i y $Di = 0$ para el resto de la serie.

Cabe precisar que, en las estimaciones del tráfico en los proyectos de infraestructura vial, el PIB es considerado una variable macroeconómica que se relaciona estrechamente con el comportamiento de los proyectos en el mediano y largo plazo. Por su parte, la variable Tarifa de peajes tiene incidencia en la demanda, entendiendo que será negativa cada vez que aumente su valor, pero que este aumento estará supeditado al IPC, siempre y cuando se hayan alcanzado las tarifas contractuales. En cuanto a la variable Días hábiles/Días calendario del mes, se considera que en algunas ocasiones su impacto sobre la demanda puede ser relevante, en especial para algunas categorías vehiculares. Finalmente, la variable *dummy* tiene relevancia en tanto se identifiquen e incluyan cambios estructurales del proyecto que, se conozca, hayan sucedido previo a la valoración de contingentes.

4.2 Descripción y análisis de la propuesta de mejoramiento de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente para proyectos de infraestructura (Colombia, MHCP, 2022)

4.2.1 Modelación econométrica a través de Stata

Excel es una herramienta versátil y ampliamente utilizada para el análisis de datos, pero tiene limitaciones en comparación con software especializados en análisis econométricos como Stata. Este último es un software estadístico completo e integrado para la ciencia o el análisis y la gestión de datos. Algunas de las razones por las cuales se seleccionó Stata para las modelaciones efectuadas en el presente estudio son las siguientes:

- *Funciones específicas para análisis econométricos*: está diseñado específicamente para el análisis estadístico y econométrico. Ofrece una amplia gama de comandos y funciones especializadas para realizar análisis de regresión, series temporales, datos panel, análisis de supervivencia y otros más. Estas funciones están optimizadas para manejar grandes conjuntos de datos y realizar cálculos complejos de manera eficiente.
- *Manejo de datos más eficiente*: está optimizado para manejar conjuntos de datos grandes y complejos. Puede cargar, manipular y analizar datos de manera más eficiente que Excel, lo que es crucial para trabajar con datos voluminosos en análisis econométricos como el caso de series de tráfico.
- *Capacidad para trabajar con datos de panel*: es especialmente útil para el análisis de datos de panel. Los datos de panel son una forma de datos en la que se recopila información sobre las mismas unidades —unidades funcionales, proyectos, regiones, etc.— en múltiples momentos en el tiempo. De esta manera, el programa ofrece funciones específicas para estimar modelos con este tipo de datos y manejar problemas como la heterogeneidad individual y la auto-correlación temporal.

- *Reproducibilidad y documentación*: permite escribir programas para automatizar diferentes análisis y asegurar la reproducibilidad de los resultados correspondientes.
- *Gráficos de alta calidad*: ofrece capacidades avanzadas para la creación de gráficos de alta calidad.
- *Soporte y comunidad activa*: cuenta con una amplia gama de recursos soporte como manuales en línea, foros de usuarios y seminarios web. Esto hace que se acceda fácilmente a soporte o recursos adicionales para abordar problemas específicos o conocer nuevas técnicas de análisis.

Basado en estas ventajas, en el presente estudio se procede a efectuar los modelos econométricos en Stata tanto de las valoraciones efectuadas por la ANI en los proyectos bajo análisis como de las valoraciones que incluyen las propuestas de mejoramiento de la metodología vigente de estimación de las obligaciones contingentes. Estos modelos dan como resultado los coeficientes (β), los *dummies* y, finalmente, la función econométrica del modelo pronóstico a partir del cual se obtendrán las cantidades de tráfico futuras de los corredores bajo estudio para cada categoría vehicular, para con posterioridad, mediante la herramienta de Excel utilizada por ANI, se efectúe el cálculo de los ingresos proyectados, el VPIP esperado, la estimación de los contingentes (DR) y el plan de aportes para cada uno de los proyectos. Cabe precisar que en estas estimaciones se incluyen las compensaciones efectuadas por las tarifas diferenciales otorgadas en los peajes adscritos a cada uno de los proyectos, así como las compensaciones por la no instalación de peajes que puedan presentarse.

4.2.2 Variables independientes evaluadas en la propuesta de mejoramiento de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022)

En el estudio se evaluaron diferentes variables independientes con el fin de identificar su aporte en el aumento de la confiabilidad de los modelos pronóstico para cada proyecto bajo análisis. Las variables utilizadas en los numerosos análisis efectuados fueron las siguientes:

Indicadores económicos

- Índice de seguimiento a la economía —en adelante ISE— (mensual): refleja el desempeño general de la economía colombiana.
- Índice de precios al consumidor, IPC (base 2015 = 100) (mensual): mide la variación del nivel general de los precios de los bienes y servicios de consumo final.

Indicadores demográficos

- Número de habitantes en Colombia (anual): evolución de la población colombiana.

Indicadores de demanda

- Galones de diésel consumidos en Colombia (mensual): demanda de diésel en el país.
- Galones de extra consumidos en Colombia (mensual): demanda de gasolina extra en el país.
- Galones de gasolina consumidos en Colombia (mensual): demanda de gasolina corriente en el país.
- Galones de diésel, extra y gasolina consumidos en Colombia (mensual): demanda total de combustibles en el país.

Indicadores del sector automotor

- Venta de carros nuevos (mensual): dinámica del mercado de vehículos nuevos.
- Número de vehículos en Colombia (anual): parque automotor nacional.

Indicador de costos de transporte

- Índice de costos de transporte de carga (mensual): evolución de los costos de transporte de carga en el país.

Cabe destacar que la selección de estas variables se basa en su relevancia para el análisis de la demanda de tráfico en los corredores viales primarios y en la disponibilidad de información pública de calidad. Los resultados de los diferentes modelos analizados, que implicaban diferentes combinaciones de estas variables, se presentan en el Apéndice 1. En estos archivos de salida puede observarse la significancia y el comportamiento de cada una de estas variables frente a la data histórica del tráfico en los corredores bajo análisis, y también su aporte a las correlaciones de los modelos y la reducción de los errores estadísticos —la confiabilidad—.

Una vez evaluadas las variables explicativas descritas anteriormente se observó una mejora considerable en la significancia de las variables ISE, Número de habitantes en Colombia y Tarifas; con respecto a las requeridas en la metodología de valoración vigente —PIB mensual, Días hábiles/Días calendario mes y Tarifas—. Asimismo, las correlaciones (R^2) obtenidas en los modelos con las variables explicativas propuestas mejoraron significativamente en comparación con las obtenidas bajo las variables de la metodología de valoración vigente. En los numerales siguientes se profundizará sobre cada uno de estos aspectos.

4.2.3 Modelos econométricos desarrollados para cada uno de los proyectos APP del programa de 4G bajo análisis

Para cada uno de los proyectos APP del programa de 4G bajo análisis se desarrollaron cuatro modelos econométricos de manera que se observara la significancia de cada una de las variables explicativas utilizadas ($\rho_{\text{value}} > 0,5$), el signo esperado de los estimadores (+/-), $\hat{\beta}$ y el ajuste del modelo ($R^2 \rightarrow 1$). Las características de cada uno de los modelos se describen a continuación:

- *Modelo o Escenario 1*: valoración original de la ANI elaborada en Excel, utilizando las variables explicativas definidas por la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) —PIB mensual, Días hábiles/Días calendario mes y Tarifas—. Los datos de entrada y salida detallados de este modelo pueden consultarse en el Apéndice 1.
- *Modelo o Escenario 2*: reestimación del Modelo 1 (ANI) en el programa Stata, utilizando las variables explicativas definidas por la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) —PIB mensual, Días hábiles/Días calendario mes y Tarifas—. Los datos de entrada y salida detallados de este modelo pueden consultarse en el Apéndice 2.
- *Modelo o Escenario 3*: desarrollo del modelo de valoración propuesto en el programa Stata, utilizando las variables explicativas ISE, Número de habitantes en Colombia y Tarifas, y aplicando la suavización de datos y la transformación de la serie establecidas en el numeral 6.1.1.2

de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022). Los datos de entrada y salida detallados de este modelo pueden consultarse en el Apéndice 3.

- *Modelo o Escenario 4*: reestimación en el programa Stata del Modelo 3, utilizando las variables explicativas ISE, Número de habitantes en Colombia y Tarifas, sin aplicar la suavización de datos y la transformación de la serie establecida en el numeral 6.1.1.2 de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022). Los datos de entrada y salida detallados de este modelo pueden consultarse en el Apéndice 4.

Posteriormente se efectúa un análisis comparativo adicional de los resultados arrojados por cada modelo en términos de los límites de predicción y las diferencias en las proyecciones de demanda de tráfico.

4.3 Casos de análisis. Propuesta de mejora de valoración para los proyectos de APP de 4G

4.3.1 Proyectos de concesión vial del programa 4G seleccionados

Los proyectos APP de infraestructura vial utilizados en el presente estudio fueron seleccionados a partir de los siguientes criterios:

- Avance en la ejecución global superior al 95 %, para garantizar que, en términos generales, hayan cumplido su fase pre-operativa.
- Que por lo menos una de sus unidades funcionales se encuentre finalizada al 100 % y esté en fase operativa, de manera que se observen posibles cambios estructurales en su comportamiento del tráfico.
- Que cuente al menos con un peaje operativo y data de tráfico igual o superior a cinco años, y que además incluya tarifas diferenciales.
- Que la valoración de sus riesgos valorables más reciente equivalga al menos al 5 % del valor total de las obligaciones contingentes de los proyectos de APP de 4G, con corte al último trimestre de 2023.

De esta manera, una vez revisados los más de treinta proyectos que hacen parte del programa “Cuarta generación de concesiones” (Colombia, ANI, 2014), se seleccionaron los proyectos Conexión Pacífico 1 y Girardot-Honda-Puerto Salgar —en adelante GHPS—.

Eproyecto Pacifico 1 tiene un avance de ejecución del 96 %, así: la Unidad funcional 3 (Túnel de Amagá) está finalizada al 100 %; la Unidad funcional 2 (Camilo C.), al 99 %; y las dos unidades funcionales restantes, por encima del 90%. Esta concesión cuenta con dos peajes: Amagá, con data histórica desde 2004, y Ancón Sur, que se encuentra suspendido. Según el plan de aportes entregado por la ANI al MHCP, las obligaciones contingentes de este proyecto ascienden a 2,21 COP billones, equivalentes a algo más del 10 % del valor total de las contingencias valoradas para los proyectos de 4G.

El proyecto GHPS se encuentra 100 % ejecutado en sus cinco unidades funcionales operativas. Cuenta con tres peajes: Cambao, Brisas y Guataquí, todos operativos, aunque solo Cambao cuenta con data de tráfico apenas superior a los cinco años. Según el plan de aportes entregado por la ANI al MHCP, las obligaciones contingentes de este proyecto ascienden a dos COP billones, equivalentes a algo más del 9 % del valor total de las contingencias valoradas para los proyectos de APP de 4G.

4.3.2 Proyecto Conexión Pacífico 1

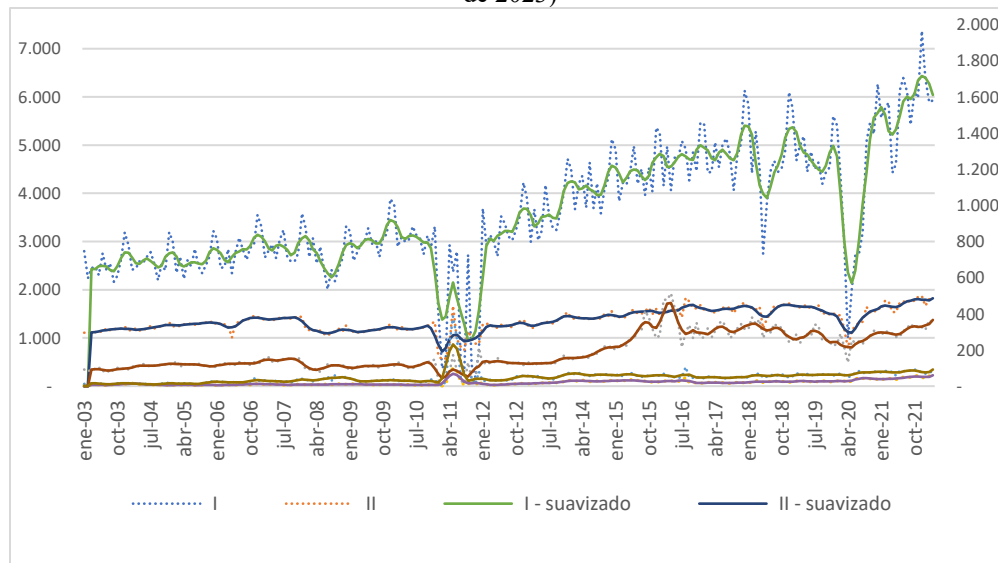
El proyecto Conexión Pacífico 1 comprende la construcción de 32,2 km de nueva vía y el mantenimiento de 18 km de vía existente, totalizando 50,2 km de vía concesionada entre Ancón Sur y Bolombolo (departamento de Antioquia). Este corredor vial conecta importantes centros de insumos y producción del norte del país, incluyendo Magdalena, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre y Antioquia, con la Zona Cafetera, Valle del Cauca y la región del Pacífico.

Como fue mencionado, el proyecto solo cuenta con un peaje operativo (Amagá), debido a que la comunidad de Niquía ha impedido la instalación del peaje Ancón previsto como fuente de ingreso desde la estructuración del proyecto. Este peaje tiene cinco categorías vehiculares y dispone de tarifas especiales asignadas a las categorías 2 y 3. Contractualmente se tiene previsto un cambio en su estructura tarifaria para expandir su estructura de ingresos de cinco a siete categorías vehiculares.

El proyecto dispone de información histórica del peaje de Amagá desde marzo de 2004.

La Figura 15 muestra el TPD real por categorías en este corredor vial (líneas punteadas) y el TPD suavizado bajo los parámetros establecidos en la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022).

Figura 15. Proyecto Pacífico 1. Serie de TPD real y serie de TPD de datos suavizada y transformada (enero-octubre de 2023)



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.

Fuente: elaboración de los autores.

4.3.3 Resultados del Modelo 1. Valoración original de la ANI elaborada en Excel

La Tabla 4 muestra los coeficientes (β) resultantes de las regresiones realizadas en Excel para cada una de las variables explicativas de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente. (Colombia, MHCP, 2022)

Tabla 4. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo 1

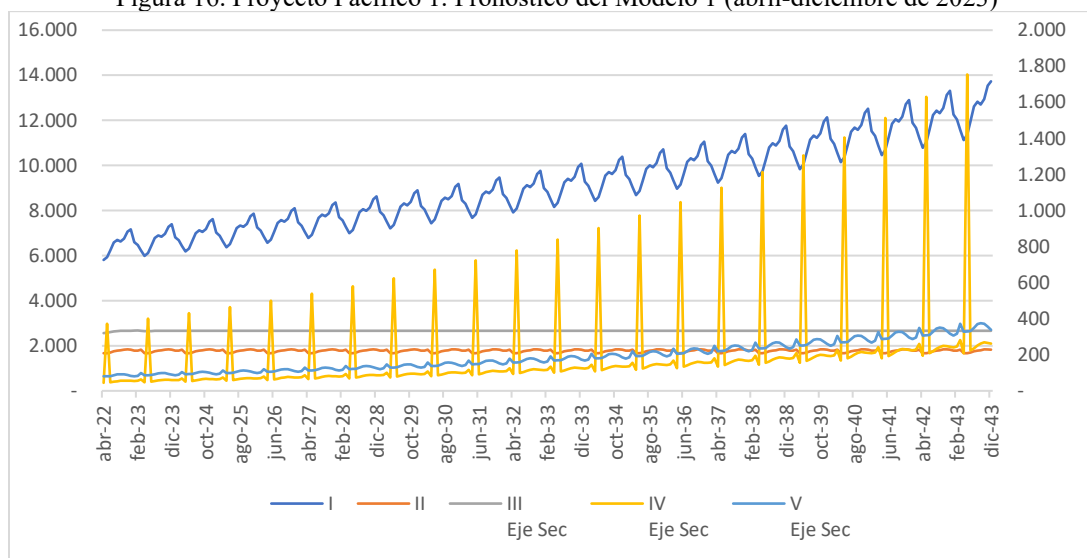
AMAGÁ	I	II	III	IV	V
Constante	0,00	-0,02		0,06	0,04
PIB	1,78	1,28	NS*	1,06	1,53
Tarifa	-2,60	-0,65			
Proporción días <i>Dummy</i>		-0,47		2,09	1,91

Nota. NS: No Significativa. *Se proyecta con el promedio de 12 observaciones anteriores

Fuente: elaboración de los autores.

Con los parámetros de la Tabla 4 se define la línea base y se construye el modelo matemático de pronóstico, a partir del cual se proyectan los tráficos para cada uno de los años siguientes hasta la fecha de terminación prevista del contrato. La Figura 16 muestra el resultado encontrado para cada una de las categorías vehiculares.

Figura 16. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 1 (abril-diciembre de 2023)



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.

Fuente: elaboración de los autores.

Cabe resaltar lo sucedido con la estimación de tráfico de la categoría vehicular III, donde la data histórica no diferenciaba entre las categorías ella y las IV y V, por lo que debió realizarse un ajuste estructural a la valoración.

Las proyecciones obtenidas de TPD en el corredor arrojaron crecimientos consistentes en el horizonte de tiempo del pronóstico. Un ejemplo de ello es la categoría I, que creció desde los 5806 pasos en 2022 hasta los 13 730 en 2043, un hecho que reconoce la capacidad vehicular del corredor.

4.3.4 Resultados del Modelo 2. Restimación del Modelo 1 en la herramienta Stata

A partir de los datos utilizados en el Modelo 1 elaborado por la ANI, y manteniendo las variables explicativas utilizadas correspondientes a las requeridas en la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022), se procedió a elaborar el Modelo 2 en la herramienta Stata. Los coeficientes obtenidos para cada variable explicativa se muestran en la Tabla 5.

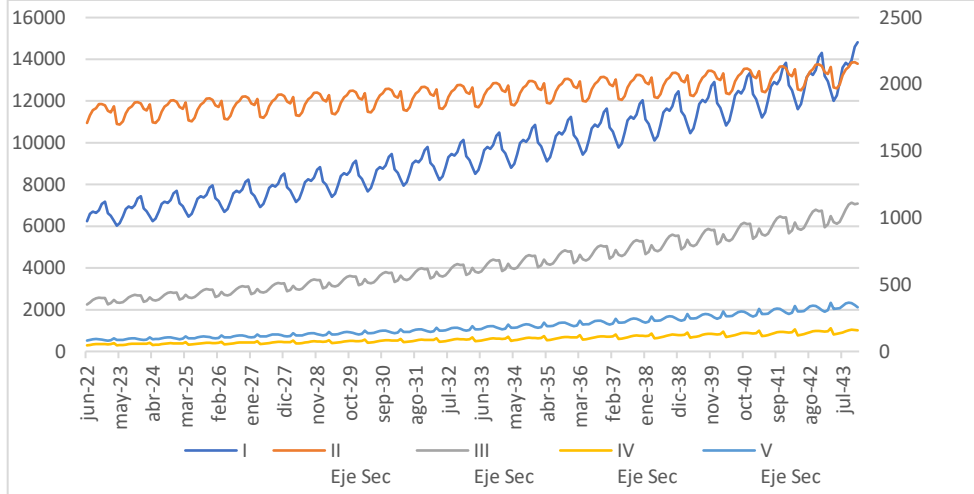
Tabla 5. Proyecto Pacífico 1. Resultados de la reestimación del Modelo 1 en la herramienta Stata

AMAGÁ	I	II	III	IV	V
Constante	0,01	-0,01	0,05	0,04	0,04
PIB	1,51	1,11		0,77	1,51
Tarifa	-2,56	-0,74	-4,65		
Proporción Días <i>Dummy</i>		-0,51		2,03	

Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

La Figura 17 muestra los resultados del pronóstico de tráfico para las diferentes categorías vehiculares. Se destaca la menor volatilidad en las series de cada categoría comparadas con los pronósticos de los modelos de Excel desarrollados por ANI. Asimismo, si bien el sentido de los signos es similar entre ambos modelos, el impacto de la variable explicativa PIB disminuye en los pronósticos de tráfico y aumenta sensiblemente la importancia de la variable Tarifas. En ambos modelos, la proporción la variable Días hábiles/Días calendario del mes no es significativa y, por tanto, es descartada del modelo de pronóstico en todas las categorías. Por último, el TPD estimado de este corredor para 2043 bajo el análisis Stata es de 14 815 vehículos, consistente con su capacidad, pero mayor en magnitud al estimado en el modelo de Excel; de esta manera, se prevé desde un principio, bajo el modelo Stata, una valoración de contingente por riesgo comercial menor que la conseguida en la modelación en Excel.

Figura 17. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 2 a partir de la estimación del Modelo 1 de la ANI en Stata



Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

4.3.5 Resultados del Modelo 3 suavizado —el modelo propuesto—. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas

El Modelo 3 incluye las nuevas variables explicativas ISE, Número de habitantes en Colombia y Tarifas, que resultaron ser las más significativas dentro del grupo de parámetros macroeconómicos, demográficos, de consumo y de transporte estudiados en el desarrollo de los nuevos modelos econométricos. La Tabla 6 muestra los coeficientes obtenidos para cada una de estas variables, donde se acentúa aún más el impacto negativo de las tarifas sobre el crecimiento proyectado de tráfico con respecto al observado en los dos modelos econométricos anteriores.

Tabla 6. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo 3 suavizado en Stata

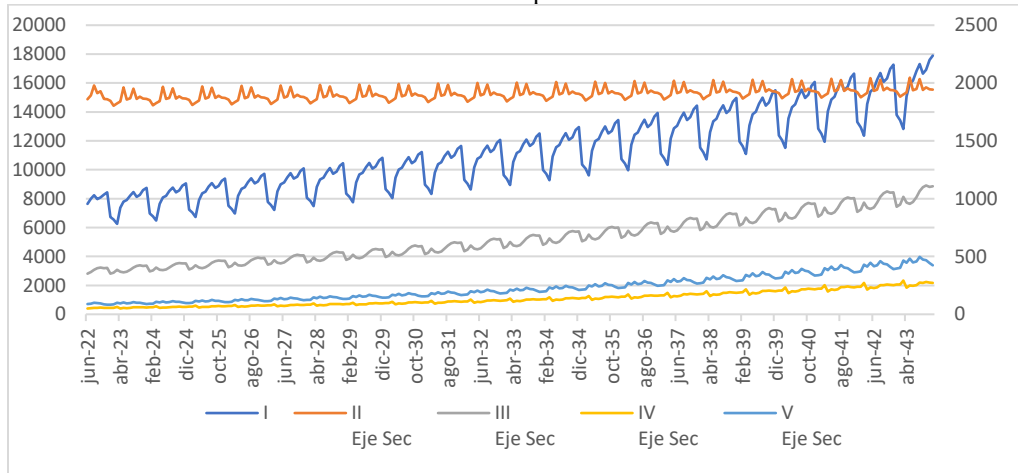
AMAGÁ	I	II	III	IV	V
Constante	0,03	-0,014	0,05	0,06	0,06
ISE	0,55	1,047		0,84	1,20
Tarifa	-8,19	-1,697	-4,65		
Población					
Dummy		-0,470		2,00	

Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

La Figura 18 muestra los pronósticos de tráfico para cada categoría vehicular obtenidos del análisis efectuado. Se destaca la tendencia alcista de los tráficos de vehículos de larga distancia —categorías IV y V— con respecto a los obtenidos bajo las variables explicativas utilizadas en los modelos ANI. De igual manera, los resultados de pronóstico obtenidos para la categoría I muestran un mejor desempeño a los obtenidos en los modelos anteriores, manteniendo un adecuado

comportamiento de las estacionalidades presentes en la serie. De esta manera se prevé incremento en el pronóstico de los ingresos totales del proyecto y, por tanto, una reducción en las obligaciones contingentes asociadas al riesgo comercial.

Figura 18. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas



Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

4.3.6 Resultados del Modelo 4. Reestimación del Modelo 3 en Stata sin transformación de la serie de tráfico

La *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) destaca la importancia de suavizar los datos de la serie de demanda, dado que en algunas ocasiones podría ser muy volátil y, por tanto, sesgaría los estimadores, debilitando la confiabilidad del modelo econométrico de pronóstico. Sin embargo, los modelos elaborados en Stata muestran que si bien existen algunos datos atípicos en las series ($Z > 3$ o $Z < -3$), y que es adecuado sustituirlos por datos equivalente promedio, existen otros que definen o aportan en gran medida al comportamiento real del tráfico en el corredor y que en la suavización de la serie pueden perderse, lo que resultaría en una distorsión de los estimadores del modelo econométrico de pronóstico. Por esta razón se elaboró el Modelo 4, que, en términos generales, reestima el Modelo 3 sin la transformación de la serie de tráfico que hace referencia el numeral 6.1.1.2 de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente. (Colombia, MHCP, 2022)

Los resultados obtenidos son contundentes. El incremento de las tarifas en algunas de las categorías toma mayor incidencia en la disminución de los tráficos, pero es proporcional al desempeño económico medido a través del ISE. Por otra parte, la Población aparece como una variable significativa dentro del modelo de pronóstico de tráfico para otras de ellas, aspecto que se considera congruente si se tiene en cuenta que el aumento directo de la población está relacionado con el desarrollo económico y las características demográficas, de empleo y de ingresos per cápita, variables relevantes en las dinámicas de tráfico urbano e interurbano [Tabla 7].

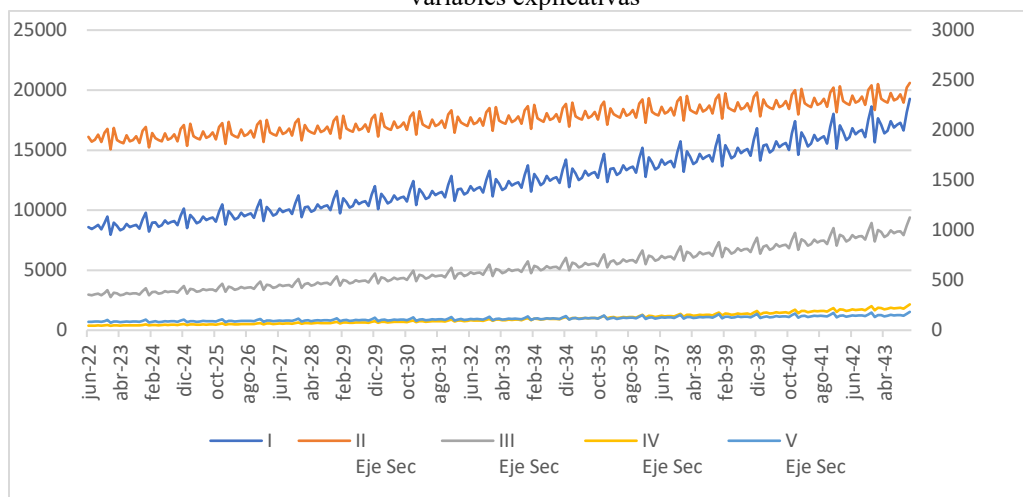
Tabla 7. Proyecto Pacífico 1. Resultados del Modelo econométrico 4. Modelo propuesto no suavizado en Stata

AMAGÁ	I	II	III	IV	V
Constante	65,69	40,530	-48,98	-93,94	20,97
ISE	1,18	0,659	1,36	1,49	1,87
Tarifa	-9,96	-3,677			-2,21
Población	1,63		2,92	5,30	
Dummy		-0,710		1,62	2,10

Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

La Figura 19 muestra los resultados encontrados en el pronóstico de tráfico para cada una de las categorías. Mejora el desempeño del pronóstico de tráfico en las categorías vehiculares I y II, que aportan la mayor cantidad del TPD del corredor. De esta manera se prevé obtener menores contingencias por Riesgo Comercial bajo este modelo econométrico pronóstico.

Figura 19. Proyecto Pacífico 1. Pronóstico del Modelo 4 no suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas



Fuente: elaboración de los autores a partir de Stata (<https://www.stata.com/>).

4.3.7 Análisis de resultados de los modelos econométricos del proyecto Pacífico 1

La Tabla 8 muestra los resultados de la significancia, el signo esperado de las variables utilizadas, el ajuste y la disminución de errores de los cuatro modelos econométricos desarrollados para valorar las obligaciones contingentes por Riesgo Comercial del proyecto de concesión Conexión Pacífico 1.

Tabla 8. Resultados de los modelos econométricos elaborados para la valoración de obligaciones contingentes por Riesgo Comercial en el proyecto Pacífico 1

Modelo	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4			
Variable	ρ_{value}^*	Signo	R^2	ρ_{value}^*	Signo	R^2	ρ_{value}^*	Signo	R^2	ρ_{value}^*	Signo	R^2	
PIB mens	0,001	(+)	0,153	$p < 0,01$	(+)	0,155							
dh/dc mes	NS			NS									
Tarifa 1	0,000	(-)		$p < 0,01$	(-)								
ISE							$p < 0,01$	(+)	0,357	$p < 0,01$	(+)	0,446	
Población						NS		$p < 0,1$		(+)			
Tarifa						$p < 0,01$	(-)	$p < 0,01$		(-)			

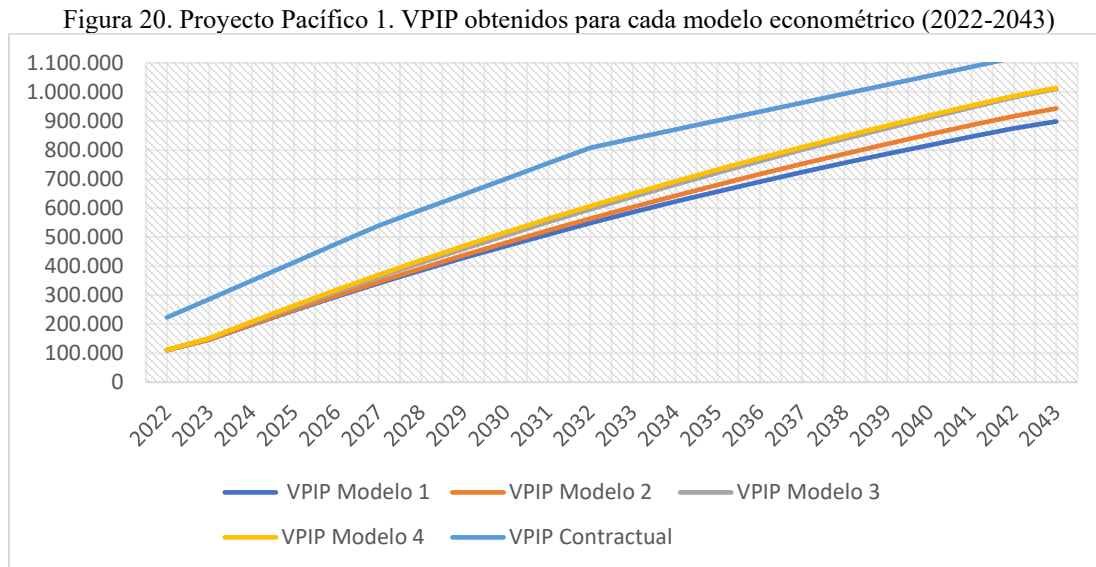
Nota. NS: variable que en la modelación resultó ser No significativa.* Valores ρ_{value} correspondientes a la categoría I Fuente: elaboración de los autores.

Si bien la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) establece que los estimadores deberían tener una significancia del 80 % o superior ($\rho_{\text{value}} < 0.2$), pero en ningún caso menos del 50 % ($\rho_{\text{value}} < 0.5$), los modelos desarrollados por la ANI en Excel, así como los modelos desarrollados en Stata, arrojaron significancias superiores al 95 % para las variables PIB mensual y Tarifa —en el caso de los Modelos 1 y 2—, y para las variables ISE y Tarifa —en el caso de los Modelos 3 y 4—. Al respecto, la variable Población nacional resultó ser significativa en la mayor parte de las categorías vehiculares del Modelo 4 efectuado en los dos proyectos bajo análisis. Estos resultados sugieren un mayor grado de significancia de las variables explicativas empleadas en los Modelos 3 y 4, dando como resultado una relación más robusta y coherente entre estas variables y la variable dependiente.

Los signos de la variables explicativas utilizadas resultaron ser los esperados para todos los modelos econométricos según lo establecido en la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022); sin embargo, desde el punto de vista del ajuste estadístico de los modelos, el R^2 obtenido en los Modelos 3 y 4 arrojó una confiabilidad considerablemente mayor a la obtenida en los Modelos 1 y 2. Este incremento en el R^2 indica una mayor capacidad de los Modelos 3 y 4 para explicar la variabilidad en la demanda de tráfico a través de las variables explicativas consideradas. De esta manera, las variables explicativas ISE, Población Nacional y Tarifas tienen mayor relevancia a la hora de construir modelos econométricos de pronóstico de tráfico a partir de los cuales se realicen las valoraciones de obligaciones contingentes, en especial para aquellos riesgos relacionados con la fase operativa de los proyectos. De igual forma, el uso de herramientas estadísticas más avanzadas como el Stata permiten estimaciones más precisas de los modelos pronóstico, como se observa en los resultados obtenidos entre el Modelo 1 —desarrollado por la ANI en Excel— y el Modelo 2 —que reestima en Stata el modelo 1—.

Una vez definidas las funciones \hat{Y}_i de cada uno de los modelos econométricos, se procede a realizar los pronósticos de tráfico que definirán la cantidad (Q) de la ecuación de ingreso. En cuanto estas se relacionan con las Tarifas de Peaje y se descuentan las compensaciones realizadas por las

tarifas diferenciales otorgadas y por no instalación u operación de peajes, se procede a definir el precio (P) de la ecuación de ingreso. Los resultados obtenidos se expresan en términos del VPIP para cada modelo. La Figura 20 muestran las curvas del VPIP contractual o pactado a la firma del contrato para el plazo u horizonte de tiempo establecido para la concesión, y las curvas del VPIP obtenidas en cada uno de los modelos econométricos desarrollados.



Nota. Cifras expresadas en COP millones.
Fuente: elaboración de los autores.

Las curvas de ingreso obtenidas muestran una gran diferencia entre el VPIP contractual y los VPIP obtenidos durante todo el plazo del proyecto de concesión para cada uno de los modelos desarrollados, dejando en evidencia que las estimaciones de tráfico sobre las cuales se estructuró este proyecto vial consideraron en su momento condiciones macroeconómicas y de eficiencias técnicas y logísticas muy optimistas frente a lo sucedido en los últimos diez años en el país y en especial en la región de influencia de la concesión.

La Tabla 9 muestra las valoraciones por riesgo comercial obtenidas para cada uno de los modelos desarrollados. En el caso del Modelo 1, la ANI presentó en su plan de aportes de 2023 del proyecto Pacífico 1 la necesidad de fondar el FCEE con 593 171 COP millones distribuidos en vigencias anuales desde 2024 hasta 2043. Cabe destacar que los Modelos 2, 3 y 4 resultaron en las valoraciones de obligación contingente por demandas menores a las efectuadas por la ANI, y que, haciendo uso de los Modelos 3 y 4, que incluyen las variables explicativas ISE, Población nacional y Tarifa, la optimización de los recursos por disponer en el FCEE superan los 158 000 COP millones.

Tabla 9. Proyecto Pacífico 1. Valoración de las obligaciones contingentes. Riesgo Comercial para todos los modelos econométricos

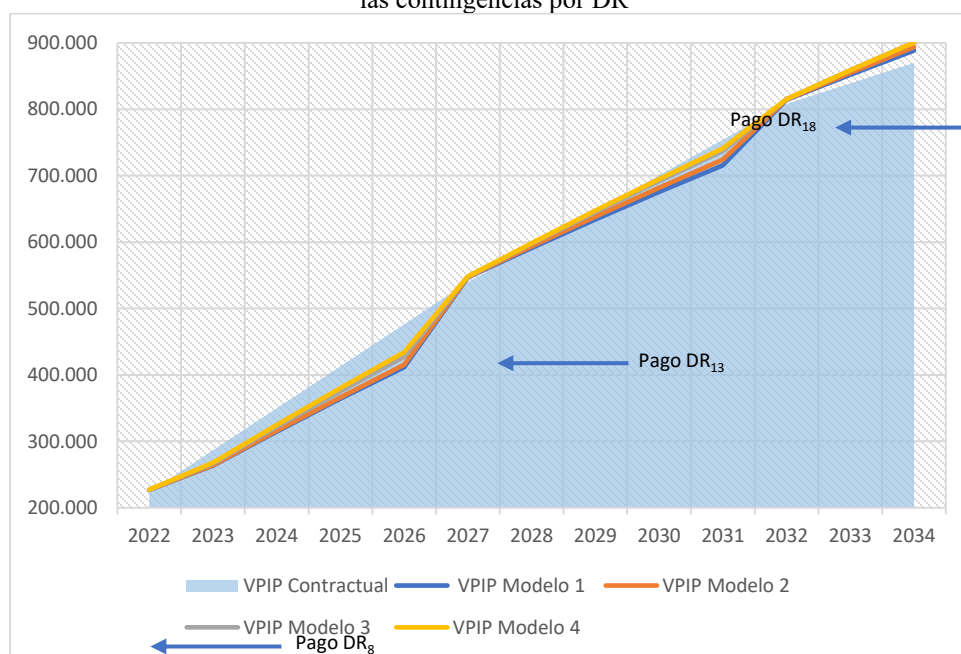
Ítem	Modelo 1 – ANI Excel - Valoración inicial	Modelo 2 – ANI Stata	Modelo 3 – Propuesto, suavizado con Stata	Modelo 4 – Propuesto, no suavizado con Stata
Valoración Obligación Contingente - Riesgo Comercial	593 171	539 543	434 776	399 852
Diferencias con respecto a la valoración Inicial	-	-53.628.	-158.395	-193.319

Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

La Figura 21 muestra el VPIP contractual y el comportamiento de los ingresos, o VPIP estimados, en los modelos que incluyen las contingencias por DR obtenidas en las valoraciones de riesgo comercial del proyecto Pacífico 1. Cabe precisar que estas curvas ya incluyen el pago por DR del año 8 (DR₈). Sin embargo, es notable que los esfuerzos que deberá hacer la nación para los años 13 y 18 son considerablemente menores bajo las estimaciones de ingreso de los Modelos 3 y 4 que las que se prevén hacer bajo la valoración inicial.

Figura 21. Proyecto Pacífico 1. Comparación del VPIP contractual y los VPIP estimados en los modelos, incluyendo las contingencias por DR



Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

Por último, es de especial atención que a partir del año 18 una vez pagados los DR de los años 8, 13 y 18, las curvas VPIP de pronóstico de todos los modelos superan la curva VPIP contractual, indicando que para entonces la tendencia de crecimiento anual de los tráficos será superior a los

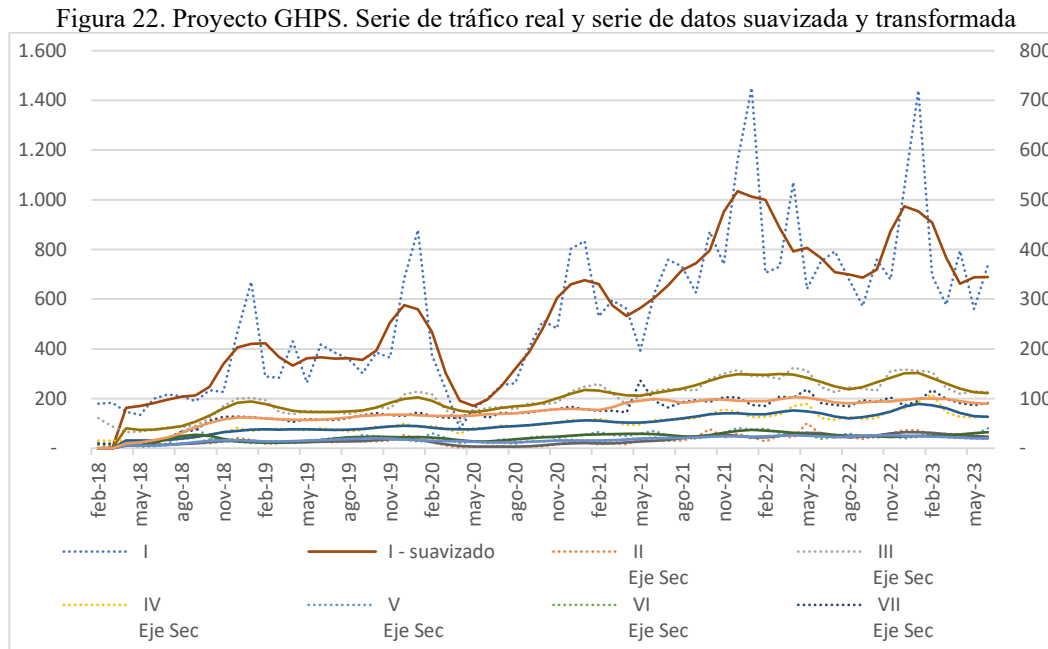
prevista en el modelo de tráfico inicial o de estructuración del proyecto. De esta manera, podría concluirse que el riesgo comercial que se establece en los contratos, se transfiere al privado después del año 18 y hasta finalizar la concesión, realmente es poco probable que se materialice salvo que suceda un cambio estructural en el proyecto durante ese periodo de tiempo que altere drásticamente los tráficos por periodos de tiempo prolongado.

Por otra parte, la nación podría esperar recursos excedentarios sobre estas concesiones después de superado el año 18. Al respecto, la ANI y el MHCP podrían estudiar la posibilidad de titularizar esos flujos excedentarios futuros, de manera que se gestionen recursos adicionales en el corto plazo que sirvan por una parte para cubrir las obligaciones contingentes de estos mismos proyectos en etapas tempranas, o que sirvan para financiar nuevos proyectos de infraestructura por obra pública en las áreas de influencia de estas concesiones tales como vías terciarias o vías secundarias que puedan atraer mayores tráficos a estas concesiones, y mitiguen las compensaciones por baja demanda, menor recaudo o no instalación de peajes.

4.3.8 Descripción de las características del proyecto Girardot-Honda-Puerto Salgar (GHPS)
El proyecto GHPS es un corredor que mejora la conexión entre los departamentos del centro-sur y el norte de Colombia. El proyecto tiene una extensión de 190 km de vías concesionadas y comprende la construcción de 17 km de calzada sencilla, 36 km de rehabilitación de calzada, 137 km de mejoramiento de calzada, la construcción de 4 km de dobles calzadas y la construcción de 22 km de ciclorrutas, entre otras obras como intersecciones, glorietas, puentes vehiculares y peatonales.

Por otra parte, el proyecto cuenta con tres peajes operativos (Cambao, Brisas y Guataqui). Sin embargo, el peaje de Cambao es el único que cuenta con datos históricos superior a cinco años ya que dispone de información de tráfico desde el 22 de enero de 2018. Este peaje tiene siete categorías vehiculares y no dispone de tarifas especiales en ellas. Los dos peajes restantes fueron instalados en 2019 y 2020, respectivamente, por lo que su data histórica no es apta aún para el análisis estadístico requerido en la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente. (Colombia, MHCP, 2022)

La Figura 22 muestra el TPD real por categorías en este corredor vial —líneas punteadas— y así mismo el TPD suavizado bajo los parámetros establecidos en la metodología de valoración vigente.



Fuente: elaboración de los autores.

4.3.9 Resultados Modelo 1 - Valoración elaborada por ANI en Excel

De acuerdo con la valoración realizada por la ANI y presentada al MHCP, los coeficientes (β) resultantes de las regresiones realizadas en Excel para cada una de las variables explicativas del modelo de valoración de obligaciones contingentes vigente del proyecto GHPS, se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Proyecto GHPS. Resultados del Modelo econométrico 1. Valoración elaborada por ANI en Excel

CAMBAO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Constante	0,13	-0,05	0,15	0,23	0,10	0,11	0,23
PIB	4,07	9,14	1,07	0,80	1,40	2,59	NS*
Tarifa							
Proporción Días							
Dummy							

Nota. Para la categoría VII, ninguna de las cuatro variables consideradas resultó significativa.

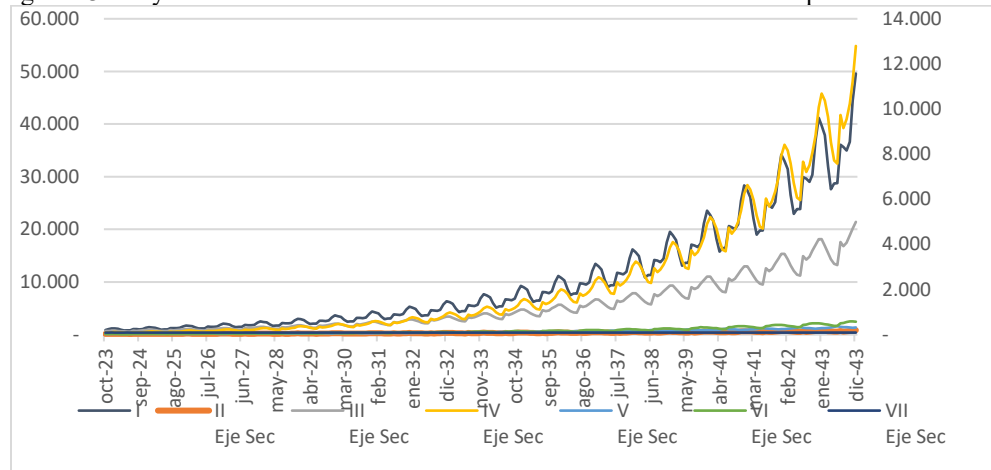
Fuente: elaboración de los autores.

En este caso, como resultado se dio una particularidad y es que para la categoría VII ninguna variable superó los filtros de significancia y sentido económico de los signos de los coeficientes, por lo que se toma la línea de tendencia por medio del promedio de 12 meses anteriores.

A partir de estos parámetros se define la línea base y se construye el modelo matemático de pronóstico a partir del cual se proyectan los tráficos para cada uno de los años siguientes hasta la fecha de terminación prevista del contrato. Una observación preliminar revela que los coeficientes obtenidos descritos en la Tabla 9 presentan valores 10 veces superiores a los modelos econométricos construidos para el proyecto Pacífico 1, a pesar que los corredores presentan

similitudes en su infraestructura y su capacidad vehicular. Esta discrepancia ha resultado en proyecciones de tráfico anómalas, como se ilustra en la figura 23.

Figura 23. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 1. Valoración elaborada por la ANI en Excel



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.

Fuente: elaboración de los autores.

La Figura 23 muestra que la proyección de demanda es inusual, especialmente en las categorías I, III y IV, que exceden significativamente la capacidad de tráfico vehicular de un corredor con estas características (para el caso de dobles calzadas, un TPD de 30 000 vehículos obligaría a pensar en un tercer carril para mantener los niveles de servicio requeridos por la normatividad colombiana). Este comportamiento atípico sugiere que los coeficientes utilizados no reflejan adecuadamente la dinámica del tráfico esperada, posiblemente debido a la pérdida de información estadística significativa en el alistamiento de los datos y la suavización o transformación de la serie teniendo en cuenta que la data existente corresponde a un solo peaje y es apenas sensiblemente superior a 5 años.

4.3.10 Resultados del Modelo 2. Restimación del Modelo 1 de la ANI en Stata

A partir de los datos utilizados en el modelo 1 elaborado por ANI, y manteniendo las variables explicativas utilizadas correspondientes a las requeridas en la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022), se procedió a elaborar el modelo 2 en la herramienta Stata. Los coeficientes obtenidos para cada variable explicativa se muestran en la Tabla 11.

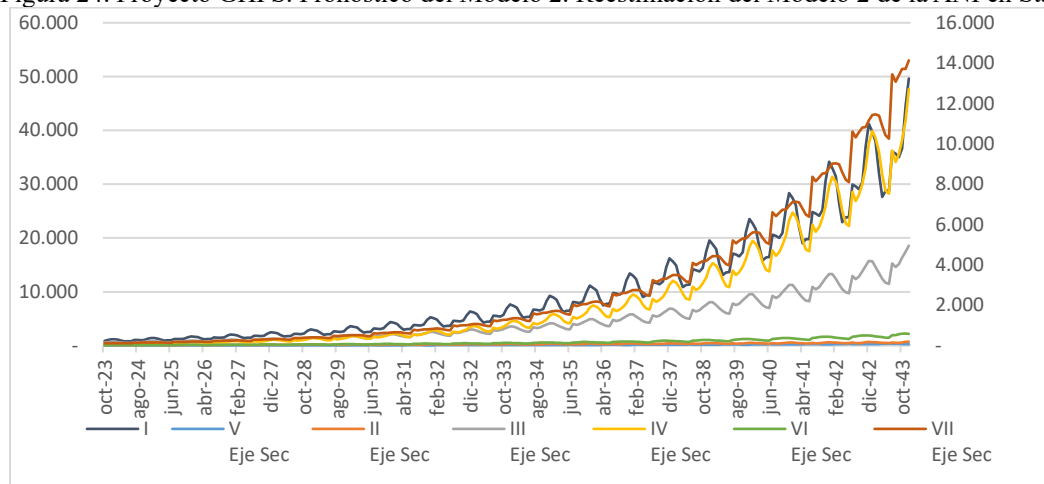
Tabla 11. Proyecto GHPS. Resultados del Modelo econométrico 2. Restimación del Modelo 1 de la ANI en Stata

CAMBAO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Constante	0,13	-0,05	0,15	0,23	0,10	0,11	0,23
PIB	4,07	9,14	1,07	0,80	1,40	2,59	0,41
Tarifa							
Proporción días							
Dummy							

Fuente: elaboración de los autores.

La Figura 24 muestra los resultados del pronóstico de tráfico para las diferentes categorías vehiculares. En términos generales los resultados obtenidos a nivel de coeficientes son similares a los obtenidos en el modelo 1 salvo en la categoría VII donde el PIB resultó ser una variable significativa en el modelo Stata a diferencia del desarrollado en Excel. De esta manera, la función del modelo econométrico de pronóstico obtenido en Stata dispara las proyecciones de tráfico de la categoría VII pasando de un TPD de 0 vehículos estimados en el modelo de Excel a un TPD de 14 183 vehículos para 2043.

Figura 24. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 2. Reestimación del Modelo 2 de la ANI en Stata



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.

Fuente: elaboración de los autores.

Por otra parte, en ambos modelos la proporción de días hábiles/ días calendario del mes no es una variable significativa y por lo tanto es descartada del modelo de pronóstico en todas las categorías. Por último, la proyección de demanda continúa siendo inusual, más aún con el crecimiento de tráfico de la categoría vehicular VII y por tanto las proyecciones continúan excediendo significativamente la capacidad de tráfico vehicular del corredor vial bajo análisis. De esta manera, el modelo pronóstico no es confiable y su línea base no debería ser utilizada para efectuar la valoración de las obligaciones contingentes por riesgo operativos.

4.3.11 Resultados del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas

El Modelo 3 incluye las nuevas variables explicativas ISE, número de habitantes en Colombia, y tarifas; que resultaron ser las más significativas dentro del grupo de parámetros macroeconómicos, demográficos, de consumo y de transporte estudiados en el desarrollo de los nuevos modelos econométricos. La Tabla 12 muestra los coeficientes obtenidos para cada una de estas variables. Al respecto se destaca que Población nacional resultó ser significativa para las categorías vehiculares V, VI y VII, mientras que la variable tarifa tiene impacto nulo en la función del modelo pronóstico.

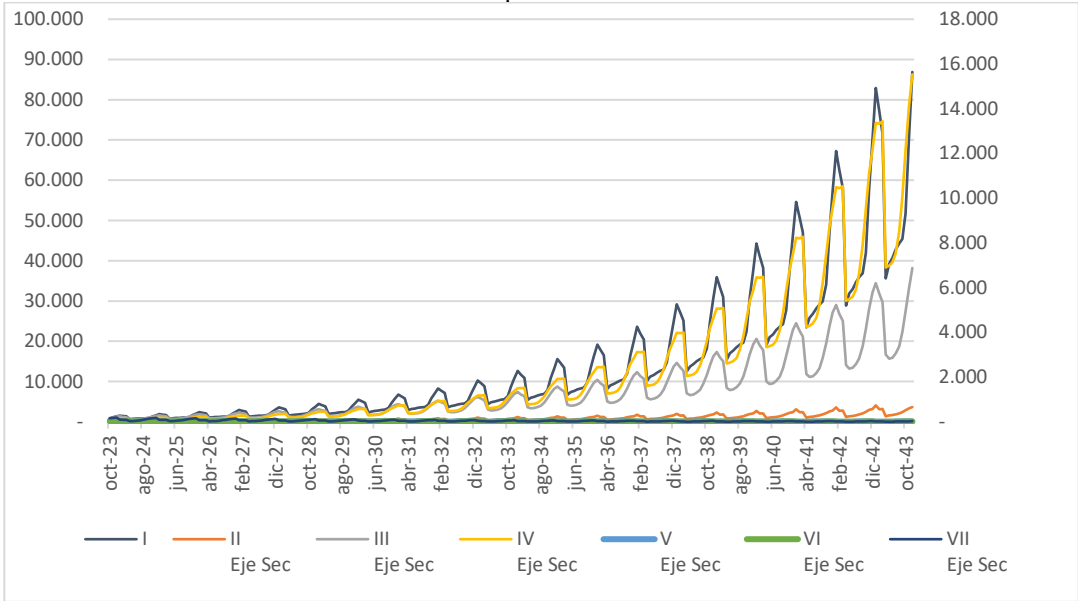
Tabla 12. Proyecto GHPS. Resultados del escenario. Propuesta con data suavizada

CAMBAO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Constante	0,15	0,01	0,16	0,23	-0,36	-0,45	-0,67
ISE	3,91	8,48	1,09	0,85	1,99	3,24	1,77
Tarifa							
Proporción días							
Población					28,05	34,75	54,05
<i>Dummy</i>							

Fuente: elaboración de los autores.

Por otra parte, si bien los coeficientes obtenidos en cada categoría para la variable ISE son consistentes con los modelos anteriores, las estimaciones de tráfico de las categorías I, III y IV aumentan considerablemente, en especial estas dos primeras, llevando a un TPD mayor a los 86 000 vehículos categoría I diarios para 2043, incrementado un 73 % el pronóstico obtenido para esta categoría en el Modelo 2 en ese mismo año. De igual manera sucede con las categorías III y IV donde se presentan incrementos del pronóstico del tráfico del orden del 38 y el 2 2% para 2043, respectivamente, si se comparan con los obtenidos en el Modelo 2. De esta manera, el modelo pronóstico 3 aún continua sin ser confiable a pesar que se han utilizado las variables propuestas para el mejoramiento de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022), y sigue haciéndose evidente el impacto de la pérdida de información por la transformación de la serie a través de la suavización de datos utilizados para el presente análisis [Figura 25].

Figura 25. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 3 suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.
Fuente: elaboración de los autores.

Con el fin de verificar los resultados obtenidos de la valoración de obligaciones contingentes en estos tres primeros modelos del proyecto GHPS, se solicitó información adicional a la ANI para conocer el resultado de la valoración aprobada de este proyecto por el MHCP. Una vez verificada dicha información se pudo establecer que la ANI efectuó la valoración del riesgo comercial de este proyecto a partir de un estudio de tráfico realizado por el concesionario e interventoría del proyecto, dado que se consideró por parte del MHCP que la data histórica del peaje Cambao no era adecuada aún para efectuar la valoración mencionada.

4.3.12 Resultados del Modelo 4. Reestimación del Modelo 3 en Stata sin transformación de la serie de tráfico

Como se mencionó anteriormente, la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) requiere la suavización de la serie de demanda para mitigar su volatilidad y evitar fallas en los estimadores del modelo econométrico de pronóstico. Sin embargo, como se evidencia en los resultados de análisis del presente modelo la transformación de series cortas o de bajo horizonte histórico hace que se pierdan datos que definen o aportan en gran medida al comportamiento real del tráfico en el corredor, lo que resulta en una distorsión de los estimadores del modelo econométrico de pronóstico como se evidencio en los modelos 1 al 3 descritos anteriormente.

La Tabla 13 muestra los resultados del Modelo 4 del proyecto GHPS, que en términos generales reestima el modelo 3 sin la transformación de la serie de tráfico que hace referencia el numeral 6.1.1.2 de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente, (Colombia, MHCP, 2022)

Tabla 13. Proyecto GHPS. Resultados del escenario. Propuesta con data sin suavizar

CAMBAO	I	II	III	IV	V	VI	VII
Constante	10,78	4,78	17,94	28,86	15,54	12,68	27,78
ISE	4,22	5,98	1,85	1,85	2,18	2,47	1,78
Tarifa	-2,34	-2,88	-1,93	-3,05	-1,88	-1,68	-2,62
Proporción días Población							
<i>Dummy</i>	1,22					1,26	

Fuente: elaboración de los autores.

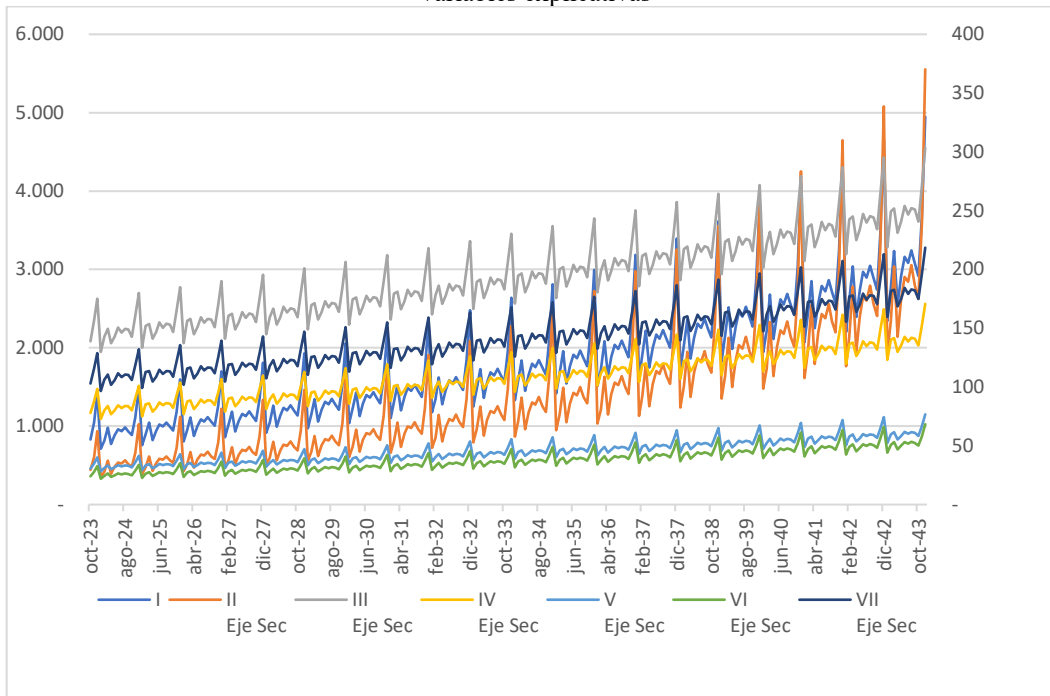
Al respecto, se destaca que la variable Tarifa se integra al modelo econométrico como una variable explicativa en todas las categorías vehiculares, y se relaciona con el signo esperado (–) que da sentido al comportamiento del tráfico frente a las variaciones que pueda presentar. De esta manera, la variable tráfico induce control en los crecimientos de tráfico desmedido que presentaron los Modelos pronóstico anteriores (1 a 3).

Por otra parte, la población desaparece como variable significativa dentro del modelo pronóstico para todas las categorías, dando a entender que en series de cortos periodos de tiempo los cambios en la población no son significativos para explicar las dinámicas de tráfico de este corredor.

Por último, las constantes del modelo son mayores en magnitud y si bien describen una mayor volatilidad de la serie, también inducen control sobre los eventos de caída de tráfico que pueden subestimar el pronóstico, haciendo que las valoraciones de contingentes crezcan.

La Figura 26 muestra los resultados encontrados en el pronóstico de tráfico para cada una de las categorías. Mejora notablemente la tendencia del pronóstico de tráfico en todas las categorías vehiculares que aportan la mayor cantidad del TPD del corredor. A diferencia de los ejercicios anteriores, en este se obtuvo un TPD para todas las categorías de 6 200 vehículos para 2043. De esta manera, los resultados esperados son consistentes con la capacidad vehicular del corredor vial y, además, se prevé obtener menores contingencias por riesgo comercial bajo este modelo econométrico propuesto,

Figura 26. Proyecto GHPS. Pronóstico del Modelo 4 no suavizado. Valoración propuesta en Stata bajo nuevas variables explicativas



Nota. Cifras expresadas en unidades TPD.
Fuente: elaboración de los autores.

4.3.13 Análisis de resultados de los modelos econométricos del proyecto GHPS

La Tabla 14 muestra los resultados en cuanto a significancia y signo esperado de las variables utilizadas, así como en el ajuste y la disminución de errores de los cuatro modelos econométricos desarrollados para valorar las obligaciones contingentes por Riesgo Comercial del proyecto de concesión GHPS.

Tabla 14. Proyecto GHPS. Resultados de los modelos econométricos elaborados para la valoración de obligaciones contingentes por Riesgo Comercial

Modelo	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4			
	ρ_{value}^*	Signo	R ²	ρ_{value}^*	Signo	R ²	ρ_{value}^*	Signo	R ²	ρ_{value}^*	Signo	R ²	
PIB mens	0,000	(+)	0,585	p<0.01	(+)	0,594							
dh/dc mes	NS			NS									
Tarifa 1	NS	(-)		NS									
ISE							p<0.01	(+)	0,600	p<0.01	(+)	0,562	
Población							NS			NS			
Tarifa							NS			p<0.05	(-)		

Nota. NS: variable que en la modelación resultó ser No significativa. *Valores de ρ_{value} correspondientes a la categoría I

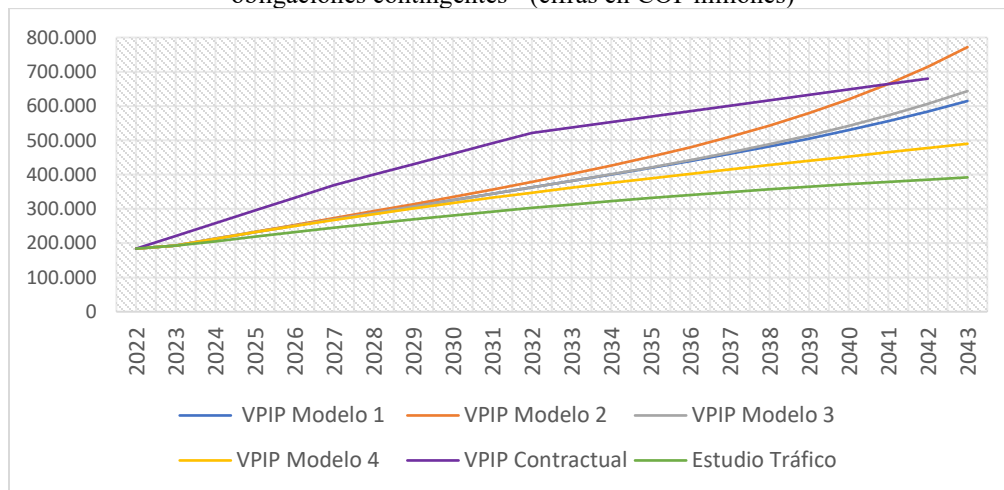
Fuente: elaboración de los autores.

Si bien la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia, MHCP, 2022) establece que los estimadores deberían tener una significancia superior al 80 % o superior ($p_{\text{value}} < 0,2$), pero en ningún caso menos del 50 % ($p_{\text{value}} < 0,5$); el modelo desarrollado por ANI en Excel , así como los modelos 2 y 3 desarrollados en Stata arrojaron significancias superiores al 95 % solo para la variables PIB mensual e ISE, respectivamente. Las demás variables evaluadas en estos modelos no fueron significativas, y en consecuencia la estimación del tráfico de estos modelos creció de manera exponencial en el horizonte de tiempo del pronóstico, superando la capacidad vehicular del corredor acorde con sus características técnicas.

Distinto comportamiento observó el modelo 4. Al igual que los anteriores se lograron significancias superiores al 95 % para las variables ISE y tarifa. Y a pesar que la población nacional en este caso no resultó ser significativa, los resultados de este modelo arrojaron rangos de TPD acordes a la tendencia de la serie histórica observada y mantuvieron un crecimiento acorde a las capacidades del corredor vial. Estos resultados sugieren una relación más robusta y coherente entre estas variables y la variable dependiente.

Los signos de la variables explicativas utilizadas resultaron ser los esperados para todos los modelos econométricos de acuerdo a lo establecido en la metodología, y en general desde el punto de vista del ajuste estadístico de los modelos, se obtuvo un $R^2 > 0.5$ aceptable en términos de confiabilidad estadística, sin dejar de lado lo observado anteriormente en materia de los valores pronóstico de la serie de demanda que solo para el modelo 4 fueron congruentes con la tendencia histórica y se encontraban dentro de la capacidad máxima de tráfico del corredor (TPD_{max} Calzada Sencilla $\approx 10\ 000$ a $20\ 000$ vehículos diarios; TPD_{max} Doble Calzada $\approx 20\ 000$ a $40\ 000$ vehículos diarios). De igual forma, el uso de herramientas estadísticas más avanzadas como el Stata permiten estimaciones más precisas de los modelos pronóstico como se observa en los resultados obtenidos entre los modelos 1 desarrollado por ANI en Excel, y el Modelo 2 que reestima en Stata el modelo ANI en Excel [Figura 27].

Figura 27. Proyecto GHPS, VPIP obtenidos para cada modelo econométrico. Pronóstico de valoración de obligaciones contingentes - (cifras en COP millones)



Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

Una vez definidas las funciones \hat{Y}_i de cada uno de los modelos econométricos, se procede a realizar los pronósticos de tráfico que definirán la cantidad (Q) de la ecuación de Ingreso. Una vez estas se relacionan con las Tarifas de Peaje, y se descuentan las compensaciones realizadas por Tarifas Diferenciales otorgadas, y por No Instalación u operación de peajes, se procede a definir el precio (P) de la ecuación de Ingreso. Los resultados obtenidos se expresan en términos del Valor Presente de los Ingresos Proyectados (VPIP) para cada modelo. La figura 27 ilustra las curvas de VPIP contractual o pactada a la firma del contrato para el plazo u horizonte de tiempo establecido para la concesión, y así mismo se describen las curvas de VPIP obtenidas en cada uno de los modelos econométricos desarrollados.

Al igual que en el proyecto Pacifico 1, las curvas de ingreso obtenidas muestran una gran diferencia entre el VPIP contractual y los VPIP obtenidos durante todo el plazo del proyecto de concesión para cada uno de los modelos desarrollados, dejando nuevamente en evidencia lo mencionado acerca de las estimaciones optimistas de tráfico sobre las cuales también se estructuró este proyecto vial y que dejan a la nación con una carga fiscal muy alta y compleja para cubrir o compensar el riesgo comercial de estos proyectos durante los próximos 10 años (periodo de tiempo donde se cumplirán los DR₁₃ y DR₁₈) [Tabla 15].

Tabla 15. Proyecto GHPS. Valoración de las obligaciones contingentes. Riesgo Comercial para todos los modelos econométricos desarrollados

	Modelo 1 – ANI Excel* - Valoración inicial	Modelo 2 – ANI Stata*	Modelo 3 – Propuesto suavizado Stata*	Valoración Corregida ANI	Modelo 4 – Propuesto no suavizado Stata*
Valoración Obligación Contingente – Riesgo Comercial	397.336	341.849	398.749	1.233.151	645.129
Diferencias con Respecto a la Valoración Inicial					-588.022

Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

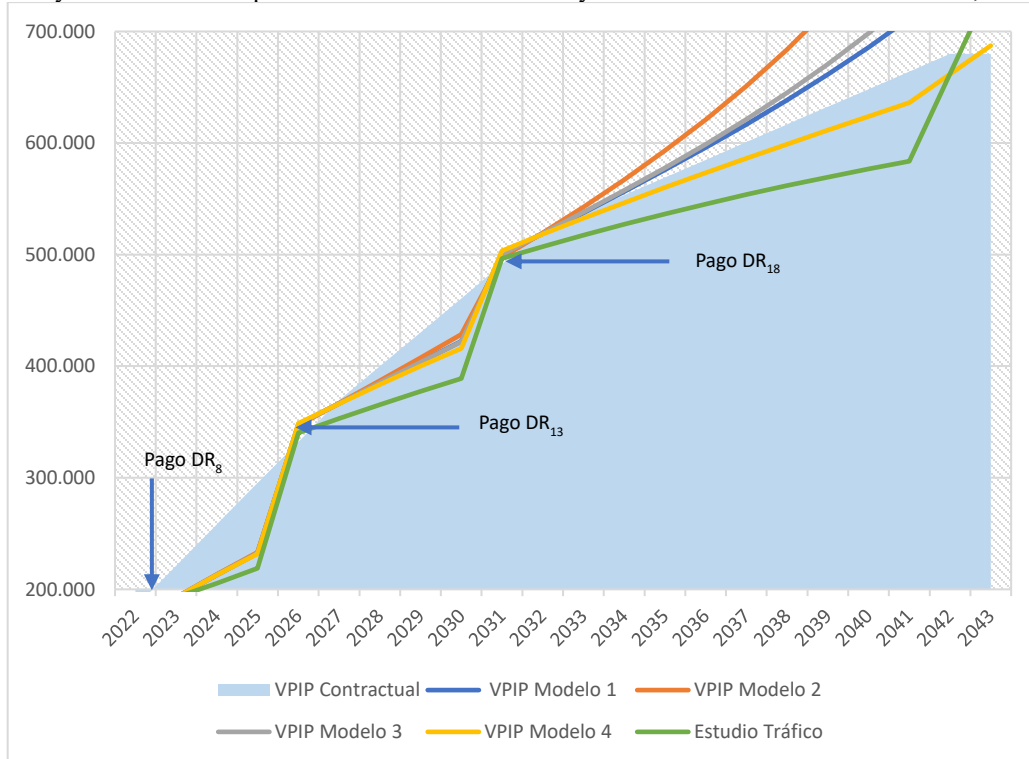
La Tabla 14 muestra las valoraciones por riesgo comercial obtenidas para cada uno de los modelos desarrollados. En el caso del modelo 1, la ANI presentó en su plan de aportes 2023 del proyecto GHPS la necesidad de fondar el FCEE con 397 336 COP millones distribuidos en vigencias anuales desde 2024 hasta 2043. Posteriormente presentó una valoración corregida por valor de 1 233 151 COP millones, a partir del estudio de tráfico entregado por el concesionario —al considerar que los datos del peaje Cambao no eran suficientes para obtener un modelo econométrico pronóstico acertado para la valoración—. Al respecto, cabe destacar que los Modelos 2, 3 y 4 resultaron en valoraciones de obligación contingente por demanda menores a la efectuada por la ANI; sin embargo, se descartan los valores obtenidos en los Modelos 2 y 3 al considerarse que sus resultados no son confiables pues superan la capacidad de tráfico vehicular del corredor en operación. Solo se aprueba estadísticamente los resultados del Modelo econométrico 4 que incluye

las variables explicativas ISE y tarifa; la optimización de los recursos a disponer en el FCEE supera los 580 000 COP millones bajo los resultados obtenidos en este último modelo [Figura 28].

La Figura 28 muestra el VPIP contractual y el comportamiento de los ingresos o VPIP estimados en los modelos que incluyen las contingencias por DR obtenidas en las valoraciones de riesgo comercial del proyecto GHPS. Es importante precisar que estas curvas ya incluyen el pago por Diferencial de recaudo del año 8 (DR₈). Sin embargo, es notable que los esfuerzos que deberá hacer la nación para los años 13 y 18 son significativamente menores bajo las estimaciones de ingreso del modelo 4, que las que se prevén hacer bajo la valoración corregida presentada al MHCP y obtenida a partir de los estudios de tráfico elaborados por el concesionario o interventoría del proyecto.

Al respecto y como comentario al margen de la discusión estadística es ¿por qué realizar valoraciones a partir de estudios de tráfico entregados por los privados cuando son ellos quienes reciben finalmente las compensaciones por riesgo comercial? En este sentido, es necesario que la ANI tenga la capacidad de realizar sus estudios y proyecciones de tráfico directamente dado que de ellos dependerán los esfuerzos fiscales que deba hacer la nación en las próximas décadas.

Figura 28. Proyecto GHPS. Comparación del VPIP contractual y los VPIP estimados en los modelos, incluyendo DR



Nota. Cifras expresadas en COP millones.

Fuente: elaboración de los autores.

Por último, es de especial atención que a partir del año 18 una vez pagados los DR de los años 8, 13 y 18, la curva VPIP de pronóstico obtenida a partir del modelo 4 no supera la curva VPIP

contractual, indicando que para entonces la tendencia de crecimiento anual de los tráficos no superará la prevista en el modelo de tráfico inicial o de estructuración del proyecto. De esta manera, para este caso en particular podría esperarse que el riesgo comercial materializado después del año 18 y hasta finalizar la concesión efectivamente se transferirá al privado.

En resumen, las valoraciones de obligaciones contingentes efectuadas del proyecto GHPS destacan la importancia crítica de un enfoque estadístico preciso y riguroso en la valoración de riesgos y planificación del FCCE. Se enfatiza en la importancia de construir modelos sin transformaciones de serie o suavización de datos, y la necesidad apremiante de utilizar herramientas y técnicas estadísticas avanzadas para obtener estimaciones más precisas y confiables de los riesgos operativos asociados a los proyectos APP de infraestructura vial. Estos hallazgos subrayan la importancia de mejorar continuamente la metodología utilizada en la evaluación de riesgos para garantizar decisiones informadas y eficientes en la asignación de recursos.

4.4 Propuesta definitiva

A partir de los análisis econométricos realizados en el presente estudio y las valoraciones del riesgo comercial, tarifario y de no instalación efectuadas para los proyectos Pacifico1 Y Girardot – Honda – Puerto Salgar pertenecientes al programa de concesiones viales de 4G, se han logrado identificar mejoras a la metodología vigente de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de Infraestructura expedida por la Dirección de Crédito Público y el Tesoro Nacional de Colombia. Estas mejoras significarán menores esfuerzos de fondeo y liquidez de la nación al FCEE, y por lo tanto ayudarán a mitigar la presión fiscal de la nación, ó desde el punto de vista de la inversión, a liberar recursos en el corto plazo del cupo APP que permitan financiar nuevos proyectos de infraestructura a través de este esquema, o a trasladar recursos que puedan ser utilizados para el desarrollo de proyectos a través del esquema de obra pública. Al respecto el informe de Fedesarrollo *Impacto macroeconómico y social de la inversión en infraestructura en Colombia, 2021-2030* (2020) describe el impacto macroeconómico positivo que la inversión en infraestructura ha demostrado tener en la economía colombiana, pero a su vez evidencia la oportunidad de optimizar la gestión de riesgos asociados a la misma en aras de hacer eficiente la inversión de los recursos públicos y de dar sostenibilidad a mecanismos como el de APP para seguir avanzando en los objetivos de eficiencia logística y competitividad del país.

Además, cabe destacar que, si los ahorros fiscales calculados en el presente estudio fueran destinados a mayor inversión en infraestructura, estos podrían representar un incremento hasta del 2 % sobre el PIB de acuerdo con lo descrito por el documento de Fedesarrollo anteriormente citado. Esta situación sugiere que una mejora en la metodología de valoración de riesgos no solo contribuiría a la estabilidad fiscal, sino que también podría impulsar el crecimiento económico y la generación de empleo a través de la inversión en infraestructura vial.

En consecuencia, se recomienda al MHCP y a la ANI la implementación de las siguientes medidas de ajuste a la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente (Colombia,

MHCP, 2022) de proyectos de infraestructura, más específicamente a los riesgos de la fase operativa de los proyectos APP:

- a) Evaluación y/o eliminación de la transformación de la serie o suavización de datos establecida en el numeral 6.1.1.2 de la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes* vigente. (Colombia, MHCP, 2022)
- b) Incorporación al modelo de valoración de nuevas variables significativas, más específicamente el ISE y la Población Nacional (PN), ambos datos publicados mensualmente por el DANE; sin limitarse a la exploración de nuevas variables que permitan obtener mayor confiabilidad de los modelos de pronóstico de tráfico \hat{Y} y de ingreso = $[P \times Q]$ desarrollados.
- c) Adopción de herramientas avanzadas de análisis estadístico como el Stata u otras similares.

4.4.1 Evaluación o eliminación de la transformación de la serie o suavización de datos

La suavización excesiva de datos, si bien puede parecer una práctica habitual para mitigar la volatilidad a corto plazo de una serie de tráfico determinada, puede generar grandes distorsiones en los resultados obtenidos del modelo econométrico propuesto.

Desde una perspectiva académica, no suavizar los datos promueve un enfoque más riguroso y sofisticado en la investigación económica. Permite a los investigadores explorar y modelar la complejidad inherente a los datos sin distorsiones artificiales, lo que fomenta un análisis más profundo y significativo de los fenómenos económicos.

Por otra parte, desde una perspectiva econométrica, la eliminación de la suavización de datos fortalece la validez y la robustez de los modelos estimados. Al evitar la introducción de sesgos y distorsiones en los datos, se garantiza una mayor precisión en las estimaciones de los parámetros del modelo y una mejor capacidad predictiva del mismo. Esta medida no solo busca salvaguardar la integridad de la información subyacente, sino que también busca optimizar la capacidad de los modelos para capturar la dinámica real de la demanda de tráfico.

Finalmente, la eliminación de la suavización de datos representa una medida fundamental en el ámbito académico y econométrico, ya que permite mejorar la calidad y la confiabilidad de los análisis realizados, lo que a su vez contribuye a un mejor entendimiento de los fenómenos económicos y a una toma de decisiones más informada y precisa.

4.4.2 Incorporación al modelo de valoración de nuevas variables significativas

Desde una perspectiva académica, se enfatiza la importancia de incorporar variables relevantes, como el ISE y la población, en los modelos econométricos utilizados para la valoración de riesgos. Estas variables han demostrado tener un impacto significativo en la demanda de tráfico y fortalecerán la capacidad predictiva de los modelos.

Es fundamental seguir explorando nuevas variables que puedan resultar significativas en los modelos econométricos utilizados para la valoración de obligaciones contingentes, de manera que se tenga una comprensión más completa de los factores que influyen en la demanda de tráfico, enriqueciendo la capacidad predictiva de los modelos y mejorando la precisión de las estimaciones.

Por último, se sugiere adoptar estas medidas no solo para los riesgos en fase de operación sino también para los riesgos asociados a las fases de pre-operación (pre-construcción y construcción) de los proyectos de infraestructura APP en la medida que se logren optimizaciones aún más importantes del FCEE.

4.4.3 Adopción de herramientas avanzadas de análisis

Se recomienda que la ANI y el MHCP reemplacen las macros de Microsoft Excel que actualmente utilizan para realizar los modelos econométricos de pronóstico y adopten el uso de programas especializados en análisis econométrico como Stata o cualquier otro similar que existe en el mercado. Este estudio demuestra que Stata ofrece múltiples ventajas sobre Excel para la valoración de riesgos y la planificación del FCCE tal y como se explica en detalle en la sección 4.2.1 del presente documento.

5. Conclusiones y recomendaciones

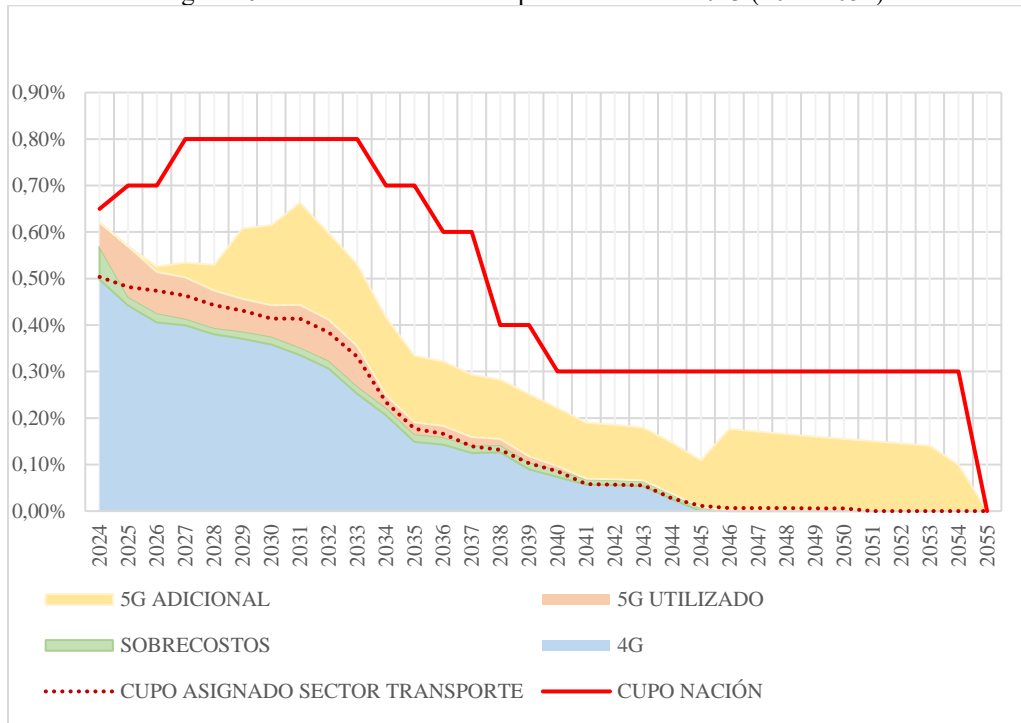
La transformación de series o suavización de datos requerida por la metodología vigente de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura debe reevaluarse como requisito para valorar riesgos en la fase operativa o dependientes del tiempo, dado que implica una pérdida significativa de información histórica que pueden redundar en distorsiones de los modelos econométricos de pronóstico. Es así como, en el modelo 1 de valoración ANI en Excel del proyecto Pacífico 1, la suavización de datos conllevó a pronósticos de ingresos que requirieron una contingencia 48 % mayor a la comparada con el Modelo 4 desarrollado en Stata (sin suavización de datos). Para el proyecto GHPS, la suavización del modelo 1 arrojó pronósticos de crecimiento del tráfico anual superiores al 25 % en algunas categorías, tendencia insostenible a corto plazo dada la capacidad de tráfico vehicular del corredor y el crecimiento económico nacional. Para 2043, este modelo proyecta un TPD de 68,586, cuando la capacidad media de un corredor de doble calzada es de 30 000 vehículos diarios. Esto subestima la valoración de contingentes y podría llevar a la nación a una situación de default si este riesgo llegase a materializarse.

Se evaluaron variables macroeconómicas, demográficas, de demanda, del sector automotriz y de costos del transporte para observar la efectividad de la metodología vigente de valoración de obligaciones contingentes en proyectos de infraestructura. Los resultados de los modelos desarrollados identificaron como variables altamente significativas el ISE, las proyecciones de población del DANE y la tarifa de peajes. Estas variables, junto con la variable dependiente tráfico, produjeron coeficientes de determinación (R^2) superiores y menores errores cuadráticos medios (RMSE) en comparación con los obtenidos a partir de las variables significativas establecidas por la metodología y utilizadas en los modelos ANI en Excel. Esto se traduce en una mayor confiabilidad de los modelos de pronóstico para la valoración de obligaciones contingentes, especialmente en la fase de operación del proyecto.

En términos de valoración de los riesgos comercial, tarifario y de no instalación, los proyectos evaluados con la metodología propuesta mostraron reducciones significativas en la necesidad de recursos de cobertura al FCEE, en comparación con las valoraciones de la ANI presentadas al MHCP para 2023. En el Proyecto Pacífico 1, la valoración de la ANI fue de 593 000 COP millones constantes 2012, mientras que el modelo propuesto arrojó 399 852 COP millones constantes 2012, logrando una reducción del contingente superior al 32 %. Para el proyecto Girardot-Honda-Puerto Salgar, la valoración de la ANI fue de 1,2 COP billones, mientras que el modelo propuesto estimó 645 000 COP millones, reduciendo el contingente en más del 53 %. Además, se destacaron disminuciones en las apropiaciones de cupo APP nación para los próximos ocho años, período de mayor estrés del cupo, con una reducción de 122 000 COP millones en el proyecto Pacífico 1 y de 86 700 COP millones en el proyecto GHPS.

El estrés financiero del cupo APP de la nación se extiende hasta 2034 si se tiene en cuenta que el incremento aprobado del 0,6 % del PIB al 0,8 % PIB aún no se encuentra financiado, y que se requieren necesidades de inversión en las líneas 1 y 2 del Metro de Bogotá, así como algunos proyectos APP de la Fiscalía General de la Nación —v. la Figura 3—.

Figura 29. Situación actual del cupo de las APP a 2023 (2024-2054)

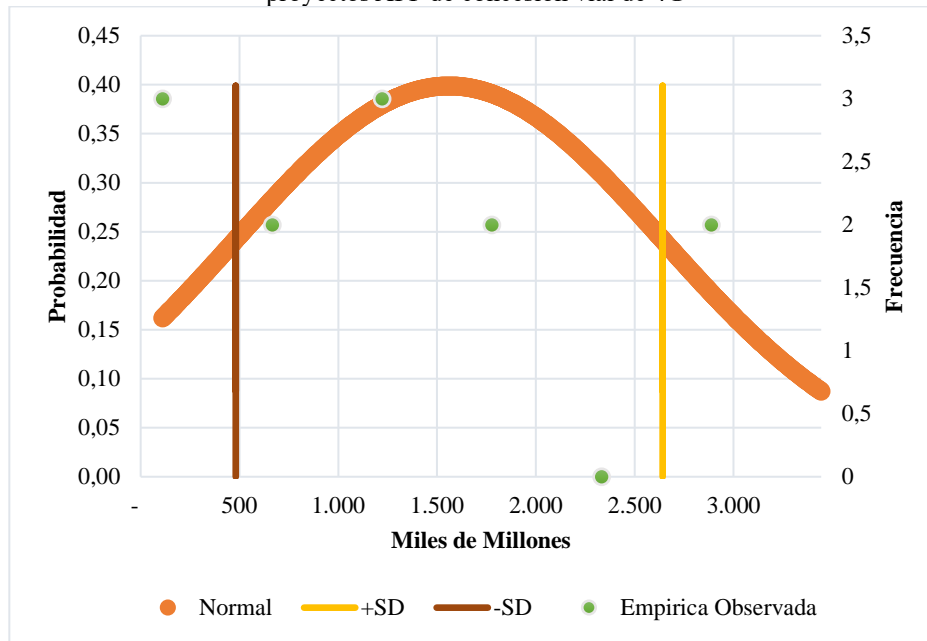


Fuente: elaboración de los autores.

Adicional a esto el cupo aprobado para el sector transporte se encuentra en default frente a la necesidad de recursos (vigencias futuras) para garantizar la financiación del programa 5G tal y como se muestra en la Figura 29.

Por otra parte, a través de un análisis estadístico se determinó que el 90 % de los proyectos APP de 4G pueden lograr con una probabilidad de 68,27 % optimizaciones medias ponderadas de la valoración de su riesgo comercial equivalentes al 23 %, que corresponde a la disminución de recursos ponderada obtenida en los proyectos Pacifico 1 y GHPS, como se muestra en la Figura 30.

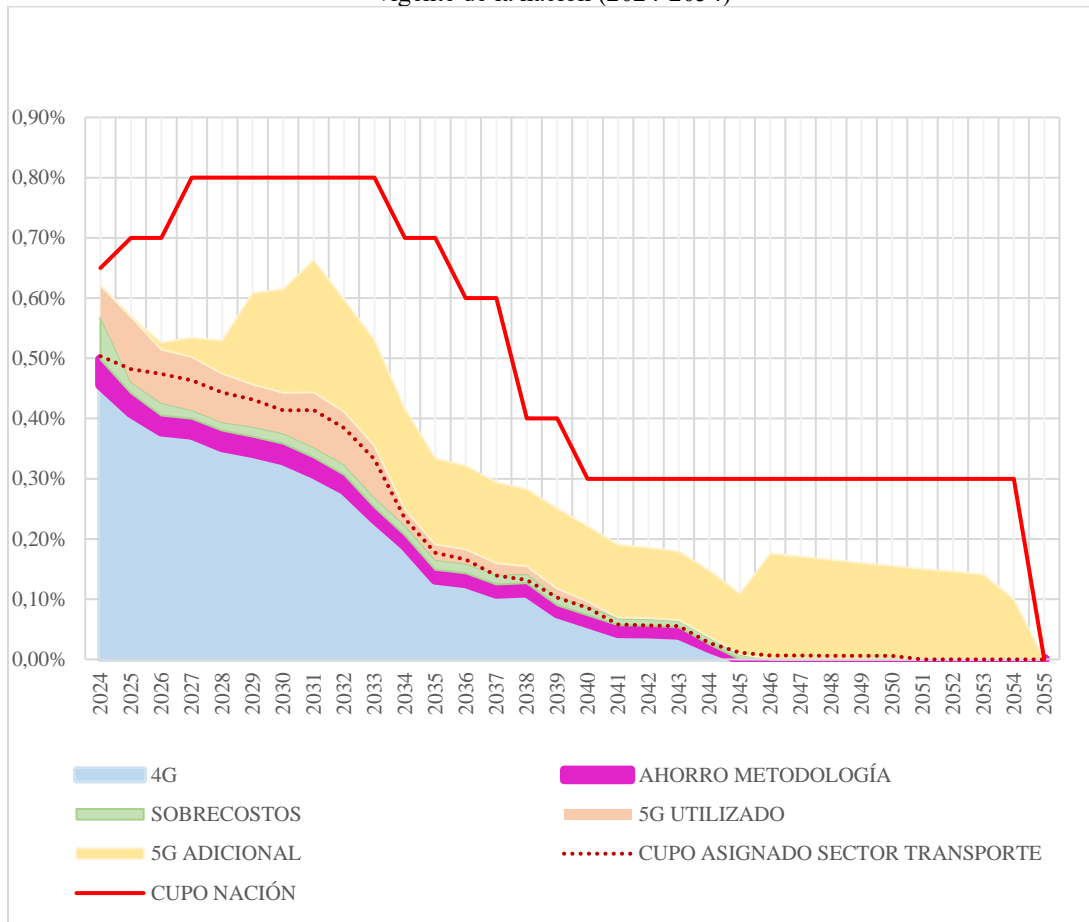
Figura 30. Distribución normal de las valoraciones presentadas en las vigencias de 2023 de los planes de aportes de proyectos APP de concesión vial de 4G



Fuente: elaboración de los autores.

De esta manera, se procedió a estimar el impacto de las optimizaciones logradas con la propuesta de mejora a la *Metodología de valoración de obligaciones contingentes vigente* (Colombia, MHCP, 2022). La Figura 31 muestra las disminuciones de fondeo al FCEE que podrían conseguirse en el cupo APP vigente de la nación bajo una probabilidad del 68,27 %. Se ratifica de esta manera que la mejora propuesta en la metodología podrá proporcionar importantes recursos adicionales a la nación que podrán financiar nuevos proyectos de infraestructura.

Figura 31. Impacto del modelo econométrico propuesto y mejoras a la metodología de valoración en el cupo APP vigente de la nación (2024-2054)



Fuente: elaboración de los autores.

Cabe destacar la necesidad de aplicar el modelo econométrico propuesto en el presente estudio a la totalidad de las valoraciones de los proyectos pertenecientes al programa de concesiones viales de 4G de manera que se conozca con absoluta certeza el valor real de las optimizaciones que se pueden conseguir en el fondeo requerido al FCEE. Para los autores, los resultados de optimización esperados deberían superar los presentados en la Figura 31. De igual forma, deberán revisarse las valoraciones de riesgos en fase operativa de los proyectos pertenecientes al programa de concesiones viales 5G, en la medida que puedan reducirse aún más las necesidades de fondeo con recursos nación al FCEE.

La valoración de los riesgos en los proyectos APP de 4G es actualmente —21,7 COP billones a octubre de 2023— superior en un 310 % a la contingencia prevista en 2012 —siete COP billones—, cuando se inició el programa. Esto resalta la necesidad de revisar periódicamente la metodología de valoración utilizada tanto en la fase operativa como pre-operativa de estos proyectos, y en especial evaluar la tasa de materialización de los riesgos asociados (aspecto que tampoco se ha estudiado a profundidad en los proyectos de concesión) que permita construir modelos

probabilísticos más robustos que ayuden a optimizar aún más los recursos requeridos en el FCEE destinados a su cobertura.

La valoración de los riesgos comercial, de no instalación y tarifario evaluados en este estudio representan el 88 % de los riesgos valorables del programa 4G. Considerando que los tráficos registrados en las APP de iniciativa pública han alcanzado solo el 43 % de lo esperado, y que la situación es similar en proyectos de iniciativa privada, es necesario reconsiderar las metodologías usadas para estimar el tráfico en estos proyectos. Así mismo, se deben ajustar las estrategias de gestión socio-ambiental que actualmente se implementan en la ejecución de los proyectos de APP de manera que se puedan alcanzar los ingresos esperados de estas concesiones sin que esto signifique mayor esfuerzo en la gestión de recursos de la nación que incrementen la presión fiscal en el marco de mediano plazo y estresen aún más el cupo de las APP bajo el cual se posibilita la financiación de nuevos proyectos de infraestructura.

En proyectos de iniciativa privada (IP), la diferencia entre el tráfico observado y proyectado en los últimos ocho años es del 60 %, lo que ha generado una reducción del ingreso esperado de aproximadamente 4,6 COP billones. Aunque el riesgo comercial recae sobre el privado y existen mecanismos de cobertura como subcuentas especiales, esta discrepancia debilita el equilibrio económico de los contratos. Esto podría llevar al país a litigios costosos por la solicitud de liquidación anticipada de estos proyectos por parte de los privados, como estrategia para evitar la pérdida de valor al finalizar el contrato.

Por último, si en Colombia quisiese hablarse de una nueva generación de concesiones viales, realmente esta deberá caracterizarse por su fuerte orientación a la gestión y mitigación eficiente de los riesgos. De lo contrario, el mecanismo de APP en Colombia dejará de utilizarse para la financiación de proyectos de Infraestructura ya que la distribución de los riesgos a la parte que mejor lo pueda gestionar no se estaría cumpliendo, y no existiría diferencia apreciable entre los riesgos que asume la nación a través de contratos de obra pública y los riesgos que se encuentra asumiendo a través de esta mecanismo de concesión; que por cierto de no tomar acción frente a ellos de manera inmediata, en referencia a los riesgos de los proyectos 4G y 5G, harán que en pocos años para la nación sea insostenible su cobertura como ya se ha descrito en el capítulo 3 del presente estudio.

6. Referencias

- Bloomfield, P. (2006). The challenging business of long-term public-private partnerships: Reflections on local experience. *Public Administration Review*, 66(3), 400-411. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2006.00597.x>
- Casady, C. B., & Parra, J. D. (2021) Structural impediments to policy learning: Lessons from Colombia's road concession programs. *International Journal of Public Administration*, 44(3), 1-13. DOI 10.1080/01900692.2020.1724142
- Casas Lugo, R. (2023, 21 de noviembre). Gobierno presentó el plan maestro de transporte intermodal para los próximos 30 años. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/asi-es-el-plan-maestro-de-transporte-intermodal-del-gobierno-nacional-3752911>
- Castleman, S. R. (2011). U.S. transportation provision: Does “Pure Privatization” offer a potential solution to government failure and the limitations of public-private partnerships? *Public Administration Review*, 7(16), s. pp. DOI 10.1111/j.1540-6210.2011.02443.x
- Castro Castaño, M. O. (2015). *Mecanismo de incentivo en negocios de concesiones viales en Colombia a través de la valoración de opciones reales* [tesis de maestría, Universidad EAFIT, Medellín]. <https://repository.eafit.edu.co/items/57c27a66-5642-40e4-b366-9c8f47616ea0>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-a). *Concesión* <http://www.ani.gov.co/glosario/concesion>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-b). *¿Qué son las APP?* https://www.ani.gov.co/sites/default/files/u785/3_que_son_las_app_.pdf
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-c). *¿Qué es una asociación público-privada?* <https://www.ani.gov.co/que-es-una-asociacion-publico-privada-app>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-d). *Proyectos ANI – Modo carretero*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-carretero>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-e). *Proyectos ANI – Modo aeroportuario*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-aeroportuario>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-f). *Proyectos ANI – Modo fluvial*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-fluvial>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-g). *Proyectos ANI – Modo portuario*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-portuario>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-h). *Proyectos ANI – Modo férreo*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-ferreo>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-i). *Proyectos ANI – Proyectos en estructuración*. <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-proyectos-en-estructuracion>
- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (s. f.-j). *Vigencia futura*. <https://www.ani.gov.co/glosario/vigencia-futura>

- Colombia, Agencia Nacional de Infraestructura, ANI. (2014, 6 de marzo). *Plan maestro de transporte intermodal, PMTI*. <https://www.ani.gov.co/proyecto/general/cuarta-generacion-de-concesiones-1068>
- Colombia, Consejo Superior de Política Fiscal, Confis. (2022, 14 de julio). *Solicitud ampliación cupo APP – Sector Hacienda*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER-200508%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased
- Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2014, 4 de octubre). Capítulo 3: “Estructuración”, en *Guía de asociaciones público privadas*. Bogotá: DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Participacin%20privada%20en%20proyectos%20de%20infraestructu/Guia%20de%20APP%20%20Capitulo%203.pdf>
- Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP. (s. f.-a). *Qué es el Conpes*. <https://www.dnp.gov.co/atencion-al-ciudadano/Paginas/que-es-el-conpes.aspx>
- Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP. (s. f.-b). *Participación privada en proyectos de infraestructura. Definición APP*. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-prospectiva-desarrollonacional/programa-participacion-privada-infraestructura/Paginas/definicion-app.aspx#:~:text=%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8B%E2%80%8BLas,la%20Ley%201582%20de%202012.
- Colombia, Departamento Nacional de Planeación, DNP. (s. f.-c). *Participación privada en proyectos de infraestructura. Normativa y política pública*. https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-prospectiva-desarrollonacional/programa-participacion-privada-infraestructura/Paginas/marco-normativo-app.aspx
- Colombia, Dirección General de Crédito Público y Tesoro Nacional, DGCPTN. (2019). *Resolución 4859 de 2019*, “Por la cual se establecen las metodologías para la valoración de obligaciones contingentes y el cálculo de los aportes a la actualización por concepto de las obligaciones contingentes adquiridas por contratos estatales”. <https://vlex.com.co/vid/resolucion-numero-4859-2019-831522309>
- Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022, 4 de agosto). *Circular externa 021. Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER-200679%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased
- Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (s. f.-a). *Normatividad*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/EntidadesFinancieras/pages_app/normatividad
- Colombia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (s. f.-b). *El Consejo Superior de Política Fiscal – Confis*. https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/EntidadesFinancieras/pages_EntidadesFinancieras/confis

- Colombia, Ministerio de Transporte. (s. f.). *Plan maestro de transporte intermodal, PMTI*. Bogotá: Ministerio de Transporte.
<https://www.infraestructura.org.co/nuevapagweb/descargas/PMTI.pdf>
- Costa, Á., Oliveira Cruz, C., Miranda Sarmiento, J., & Faria e Sousa, V. (2022). Impact of alternative concession models on the economic efficiency of road concessions. *Case Studies on Transport Policy*, 10(2), 1026-1033. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.03.016>
- Comisión Europea. (s. f.). *Concesiones. Definición de concesión*. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/15428/attachments/1/translations/es/renditions/native>
- Gálvez Sabogal, J. F. (2018). Metodología para la distribución de riesgos en proyectos de concesiones viales de quinta generación en Colombia. *Sotavento MBA*, 32, 44-56. <https://doi.org/10.18601/01233734.n32.04>
- Goyenechea Hidalgo, M. (2016). *Mecanismos de financiamiento en concesiones de infraestructura pública*. Santiago de Chile: Fundación Nodo Ventiuno. DOI 10.13140/RG.2.2.36633.31849
- Hilmarrsson, H. (2010). Public-private partnerships and energy sector investments in emerging market economies: Can the risk mitigation instruments offered by international financial institutions help private investors from small states? *Icelandic Review of Politics & Administration*, 4(2), s. pp. DOI 10.13177/irpa.a.2008.4.2.1
- Hodge, G. A., & Greve, C. (2007). Private partnerships: an international performance review. *Public Administration Review*, 67(3), 545-558. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2007.00736.x>
- Jove Wilches, F., Argoty Burbano, J. L., & Contreras Sierra, E. E. (2022). Vehicular traffic characterization in two road concessions in Northern Colombia during the period 2010 to 2019. *Webology*, 19(6), s. pp. [https://www.webology.org/data-cms/articles/20221229110911amWEBOLOGY%2019%20\(6\)%20-%20103.pdf](https://www.webology.org/data-cms/articles/20221229110911amWEBOLOGY%2019%20(6)%20-%20103.pdf)
- Kerf, M., Gray, R. D., Irwin, T., Levesque, C., Taylor, R. R., & Klein, M. (1998). *Concessions for infrastructure. A guide to their design and award*. Washington, DC: World Bank Technical Paper n.º 399. https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sites/ppp.worldbank.org/files/ppp_testdumb/documents/concessions_fulltoolkit.pdf
- Ling Yng, F. Y., & Phuong Hoang, V. T. (2010). Political, economic, and legal risks faced in international projects: Case study of Vietnam. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 136(3), 156-164. DOI 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000015
- Mahanama, T., Shirvani, A., & Rachev, S. (2021). A natural disasters index. *Environmental Economics and Policy Studies*, 24, 263-284. <https://doi.org/10.1007/s10018-021-00321-x>
- Mejía, L. F., & Delgado Rojas, M. E. (2020, mayo). *Impacto macroeconómico y social de la inversión*. Bogotá: Fedesarrollo. <https://www.fedesarrollo.org.co/infraestructura-transporte-comunicaciones-y-servicios-publicos/c3abb5b9-ccd5-478e-bb00-0905f40ad677>
- Nizkorodov, E. (2020). Evaluating risk allocation and project impacts of sustainability-oriented water public-private partnerships in Southern California: a comparative case analysis. *World Development*, 140, s. pp. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105232>

- Nwangwu, G. (2022). Overcoming failure in the design and implementation of public-private partnership projects: Lessons from the Lekki toll road concession. *The Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 13(2), 167-197. <https://www.ajol.info/index.php/jsdlp/article/view/243199>
- Oliveira Cruz, C., & Cunha Marques, R. (2013). Risk-sharing in highway concessions: Contractual diversity in Portugal. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 139(2), s. pp. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000131](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000131)
- Pérez Negrete, H. (2007). Historia y análisis de las concesiones viales. *Diálogos de Saberes*, 27, 215-227. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/12656?show=full>
- Tan, J., & Zhao, J. Z. (2019). The rise of public-private partnerships in China: an effective financing approach for infrastructure investment? *Public Administration Review*, 79(4), 514-518. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/puar.13046>
- United Kingdom, UK Office of Government Commerce, OGC. (2024). *The five case model*. OGC. <https://fivecasemodel.co.uk/overview/>

7. Apéndices

Apéndice 1. Modelo o Escenario 1

Apéndice 2. Modelo o Escenario 2

Apéndice 3. Modelo o Escenario 3

Apéndice 4. Modelo o Escenario 4