

# INVERSIÓN REQUERIDA PARA INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

NOVIEMBRE DE 2014

TITO YEPES

Investigador Asociado de Fedesarrollo



**INVERSIÓN  
REQUERIDA  
PARA  
INFRAESTRUCTURA  
EN  
COLOMBIA**

**NOVIEMBRE DE 2014**

**TITO YEPES**

Investigador Asociado de Fedesarrollo

*Inversión requerida para infraestructura en Colombia*

Autor: Tito Yepes

Argos, CCI, Fedesarrollo, Medellín, 2014

ISBN: 978-958-57705-1-5

Formato: 19 x 19 cm. Páginas: 40. Tiraje: 3.000

## INVERSIÓN REQUERIDA PARA INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

La publicación de este libro es una contribución de Argos a la difusión de conocimiento para el desarrollo de la infraestructura en Colombia. Fue editado por esta empresa bajo la presidencia de Jorge Mario Velásquez.

**Editado por:**

Argos, Cámara Colombiana de la Infraestructura y Fedesarrollo

**Coordinación de la edición:**

Verónica Echeverry Alvarán

**Textos e investigación:**

Tito Yepes

**Edición y diseño:**

Tragaluz editores

**Fotografías:**

Argos, Juan David Melo

**Revisión de estilo:**

Claudia Cadena Silva

**Impresión:**

Litografía Francisco Jaramillo V.

**Registro ISBN:** 978-958-57705-1-5

Primera edición, noviembre de 2014, Medellín, Colombia

Impreso en Medellín, Colombia

© 2014, de la edición: Argos

© 2014, del texto: Fedesarrollo

Queda prohibida la reproducción total o fragmentaria de su contenido, sin autorización escrita de los editores.

El contenido de los artículos es responsabilidad de su autor y no comprometen a otras personas, entidades o a sus representantes.

Distribución gratuita.

# CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	4
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	7
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>II. INVERSIÓN REQUERIDA EN INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL</b> .....	12
<b>A. Estimación de las brechas de dotaciones de infraestructura</b> .....	13
Estimación de la brecha actual .....	14
Mantenimiento .....	18
Expansión urbana .....	21
Metas de Infraestructura Urbana (MIU) .....	22
<b>B. Brechas de dotaciones de infraestructura</b> .....	24
<b>C. Resultados municipales</b> .....	27
<b>III. INVERSIÓN REQUERIDA EN INFRAESTRUCTURA NACIONAL</b> .....	30
<b>A. Metodología</b> .....	32
Panel dinámico con efectos fijos .....	32
<b>B. Resultados nacionales</b> .....	33
<b>CONCLUSIONES</b> .....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	39

# Prólogo

Cuando se hace referencia al enorme reto que tiene Colombia en materia de infraestructura es muy común que el debate se centre en los problemas de calidad y cantidad de nuestra red vial nacional, nuestros puertos y aeropuertos. Sin dejar de lado que en efecto tenemos un déficit importante en esta materia, los retos en infraestructura van mucho más allá, y probablemente la mejor forma de presentar el desafío es entendiendo que la problemática urbana es distinta a la nacional y a la rural.

Por esta razón, el estudio titulado *Inversión requerida para infraestructura en Colombia*, realizado por Fedesarrollo y patrocinado por Cementos Argos, es de toda la relevancia para el sector y con seguridad se convertirá rápidamente en documento obligado de consulta en materia de política pública sectorial porque cuantifica, por primera vez, las necesidades de inversión anual en infraestructura urbana que se requieren para mejorar el funcionamiento actual del sistema de ciudades del país.

Dichos requerimientos se estiman para los sectores de transporte, salud, educación y cultura y recreación. Los cálculos acá planteados se hicieron para un horizonte de tiempo de una década, teniendo en consideración el crecimiento poblacional de las ciudades, y como criterio de priorización de la inversión se propone aquella que contribuya a la provisión de los servicios básicos. Contar con estas estimaciones facilitará el proceso de asignación y priorización del gasto, con el fin de que las ciudades se acerquen a una provisión más adecuada de servicios para atender sus necesidades.

De acuerdo con los resultados del estudio, “en el período 2010-2035 se necesitará invertir en promedio 214 mil pesos anuales per cápita en los municipios pequeños, 263 mil pesos anuales per cápita en los medianos y 267 mil pesos anuales per cápita en los municipios grandes. [...] Al desagregar por sectores, los rubros que mayor inversión requieren son transporte, vivienda y educación”.

Las cifras aquí indicadas confirman que los esfuerzos de inversión son importantes, sobre todo si se tiene en cuenta que Colombia es un país descentralizado y que no todos sus municipios y ciudades tienen capacidades institucionales y de ejecución homogéneas. Seguramente, los gobiernos locales deberán incluir en su proceso de planeación y en sus planes de inversión mecanismos de participación privada con el fin de optimizar la asignación de recursos y aumentar las fuentes de las que disponen para atender todas las necesidades de la población. De igual manera, no se debe dejar de lado la importancia de contar con un arreglo institucional eficiente que facilite la coordinación entre los gobiernos regionales y el gobierno nacional. Lo anterior con el fin de garantizar que las decisiones de gasto en materia de infraestructura urbana se tomen según criterios sostenibles que deriven en infraestructura de buena calidad y acorde con las necesidades de cada ciudad.

Como reflexión final vale la pena hacer explícito que el país requiere una política pública en infraestructura urbana. El buen momento por el que pasa la economía colombiana confirma no solo el potencial de nuestro aparato productivo, sino que nos enfrenta a la realidad de una clase media que crece, que cuenta con mayores ingresos y que incide en forma directa en el crecimiento de las ciudades. Por esto invito a hacer una lectura cuidadosa de esta investigación, confiado en que es un primer insumo para que en diez años podamos todos disfrutar de ciudades más desarrolladas y sostenibles.

**JUAN MARTÍN CAICEDO FERRER**



# Agradecimientos

La estimación de las necesidades de inversión para infraestructura es una secuencia de estudios que inició con un documento de trabajo en el Banco Mundial en el año 2003, en conjunto con Marianne Fay, e impulsado por Antonio Estache. Desde entonces se han realizado diferentes versiones para todos los países del mundo y algunos específicos para África y América Latina, así como para países individuales.

En Colombia, con Leonardo Villar, Juan Mauricio Ramírez y Juliana Aguilar, estimamos el detalle para los sectores de transporte en el Cuaderno número 46 de Fedesarrollo. El trabajo fue financiado por la Cámara Colombiana de la Infraestructura y la Financiera del Desarrollo, Findeter. Los liderazgos de Juan Martín Caicedo y Luis Fernando Arboleda han sido determinantes para que podamos avanzar. Todas esas versiones son de infraestructura nacional.

En este libro se presenta por primera vez una estimación de las necesidades de inversión subnacional, que complementa las nacionales y que se presentan de nuevo aquí para tener una visión completa.

La versión subnacional fue promovida por José Alejandro Bayona, director de la Unidad de Desarrollo Urbano del Departamento Nacional de Planeación en el contexto de la Misión de Ciudades liderada por Carolina Barco. Allí el autor aportó un documento que, además de las necesidades de inversión que se presentan aquí, discute su financiamiento. UN Habitat financió ese estudio.

Esta versión profundiza en múltiples aspectos de sectores de infraestructura urbana que fueron identificados gracias a la interacción con los expertos de la Misión de Ciudades. También gracias al muy productivo diálogo con los equipos de Cementos Argos liderados por Juanita Quintana. Cementos Argos proveyó la financiación complementaria, además de los recursos y el apoyo editorial para hacer esta publicación.

Sebastián Martínez y Juliana Aguilar, de Fedesarrollo, desarrollaron la determinante labor de asistentes de investigación. Claudia Cadena aportó la edición y revisión de estilo. Marcela Pombo, secretaria general de Fedesarrollo, y su equipo, los hilos operativos.

A todas las personas que han participado en las discusiones que llevan a estos conceptos y resultados les agradezco enormemente su paciencia y enseñanzas. Por supuesto, los resultados y sus interpretaciones son de mi entera responsabilidad. No comprometen a otras personas, entidades o a sus representantes; tampoco comprometen la posición institucional de Fedesarrollo.



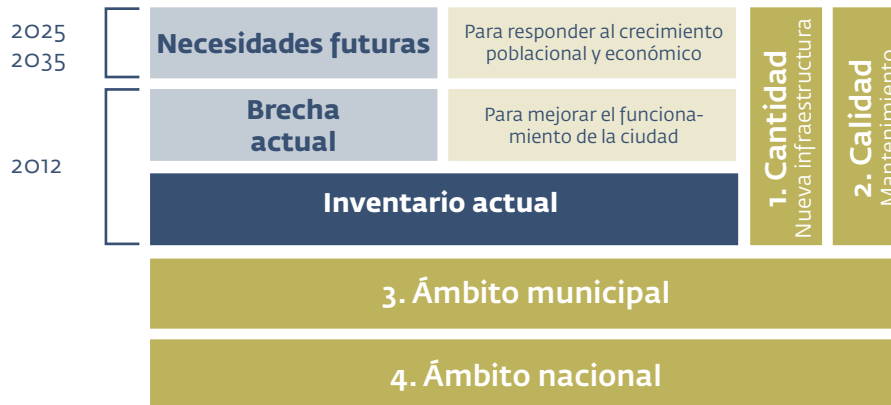
# I.

# Introducción

Conocer los requerimientos de infraestructura de un país tiene implicaciones importantes en las decisiones de inversión y administración que se tomen en esta materia, así como en la industria de la construcción y sus sectores de apoyo. Partir de este conocimiento permite tomar decisiones estratégicas para cerrar la brecha y garantizar el largo plazo en los sectores de infraestructura más importantes. Se trata de decisiones de política pública que se traducen en inversiones estratégicas en los sectores de apoyo en toda la cadena de valor. Sin embargo en Colombia, pero también globalmente, se desconocen las exigencias de inversión y de mantenimiento de la infraestructura.

Este documento presenta los requerimientos de inversión para cerrar la brecha que tiene el país respecto de las dotaciones que debería tener si se compara globalmente. También los necesarios para mantener la infraestructura existente y aquella que se construya en la próxima década. Los requerimientos se estiman en dos niveles del ordenamiento territorial: en el nacional, que se refiere a la infraestructura que se provee como un sistema para todo el país, y en el urbano, que tiene que ver con la de uso local. Cuando es posible, se revisan también dos dimensiones –cantidad y calidad– y en diferentes sectores que varían según el ámbito territorial analizado (ver Figura 1).

**Figura 1**  
Componentes de necesidades de inversión



Fuente: Elaborado para este estudio.

El análisis de los requerimientos de inversión en infraestructura municipal parte del sistema de ciudades colombianas definido por la Misión Sistema de Ciudades, dirigida esta por el Departamento Nacional de Planeación. Este sistema de ciudades, que busca aprovechar los beneficios de la urbanización y las aglomeraciones urbanas, se definió a partir de un criterio de funcionalidad entre ciudades estimado con base en la conmutación laboral entre municipios geográficamente contiguos a un nodo como núcleo central. Se establecieron 18 aglomeraciones compuestas por 113 municipios, además de 16 ciudades uninodales, ocho capitales de departamento con menos de 100.000 habitantes y 14 municipios con menos de 100.000, pero con importancia funcional subregional. El total de municipios es de 151.

Las decisiones de priorización de inversiones y las fallas en la provisión en el pasado han dejado un rezago de servicios básicos en las ciudades que debilita el aprovechamiento de sus ventajas y debe ser atendido. Esto no podrá hacerse en un solo año: para cerrar esta brecha se propone un horizonte de diez años.

Una vez cerrada la brecha, las necesidades futuras corresponden a las unidades de infraestructura necesarias para mantener los niveles de provisión alcanzados ante el crecimiento demográfico. El nivel óptimo de provisión de infraestructura se determina de acuerdo

con la población de un país o una ciudad y sus dinámicas. Por esto, para asegurar un nivel de provisión constante –ya sea de servicios básicos, de transporte o de generación de energía–, se debe garantizar una inversión que responda a esas dinámicas.

Por otro lado, las decisiones sobre expansión o redensificación de las ciudades afectan la inversión que debería hacerse regularmente. Por ejemplo, en algunos casos es necesario aumentar el número de vías ante la expansión urbana, y en otros incrementar la capacidad del alcantarillado o de acueducto ante la densificación en altura. También puede ser necesario construir nuevos puentes, sistemas de transporte masivo o nuevos puertos. Este ejercicio no contempla ese tipo de proyectos dada su naturaleza discrecional; esto es, cuando la decisión de construirlos se toma en cualquier momento en un período que puede ser mayor a una década. Se trata de determinaciones que se van consolidando poco a poco y cuya decisión de construir es tomada a discreción de las administraciones de turno. No es que sean menos importantes, sino que es imposible proyectarlas de manera consistente para 151 municipios. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que ese tipo de proyectos pueden representar un porcentaje importante de la agenda de inversiones y, por lo tanto, pueden desplazar inversiones consideradas aquí por las limitaciones presupuestales y el alto

costo de ese tipo de proyectos. En este caso, el atraso no se solucionaría, aun si se invierte el monto de recursos aquí propuesto.

Tanto la infraestructura construida como la que se planea construir requiere de un componente de mantenimiento para asegurar su calidad y la provisión óptima del servicio. Se trata de la discusión entre infraestructura como servicio o como construcción. Para la mayoría de los sectores estudiados, el programa de mantenimiento comprende un

porcentaje de inversión equivalente a la depreciación promedio que la afecta. En el caso del sector vías el programa de mantenimiento es más exigente: la propuesta es mejorar el estado de la red vial en diez años, interviniéndola según su estado inicial.

El documento profundiza en la metodología utilizada y en los valores de infraestructura actual; en las unidades requeridas para cerrar la brecha y en las unidades necesarias para responder al crecimiento económico y de la población.



Corredor de Las Palmeras, Meta, Colombia.

# II.

## Inversión requerida en infraestructura municipal

Este capítulo analiza el reto de mejorar la provisión de bienes y servicios públicos en los municipios del Sistema de Ciudades definidos por la Misión de Ciudades del DNP. Se estima que se requerirá una inversión anual del 1,56% del PIB del país.

La Revisión de la Urbanización para Colombia del Banco Mundial muestra que aun cuando no se debe buscar que la distribución de la actividad económica sea uniforme en todo el territorio (la concentración le permite beneficiarse de economías de aglomeración), las políticas sí deben buscar igualar el acceso a un paquete de servicios básicos en todo el territorio. A los hogares se los debe incentivar a migrar por las razones correctas: hacia las ciudades más productivas y no huyendo a cualquier destino por la falta de acceso a servicios básicos como agua potable o saneamiento básico. En esta línea, Lall, Lozano y Yepes (2012) concluyen que equiparar el acceso a los bienes básicos es uno de los retos para la consolidación del sistema de ciudades del país.

---

## A • ESTIMACIÓN DE LAS BRECHAS DE DOTACIONES DE INFRAESTRUCTURA

---

La brecha en provisión de infraestructura, como se mencionó, se divide en dos componentes: cantidad, que corresponde al cierre de la brecha cuantitativa, y calidad, que tiene que ver con lo que se necesita para mantener en buen estado la infraestructura construida y por construir. Las unidades requeridas para cerrar la brecha también se dividen en dos: la que se requiere para ocuparse de la brecha actual y la necesaria para mantener los niveles de provisión ante el crecimiento demográfico. Considerando la depreciación natural a la que está sujeta la infraestructura, se propone un programa de mantenimiento para cada sector.

La metodología de cálculo de la brecha actual y futura, y del programa de mantenimiento, son específicos para cada sector analizado debido a las diferencias en características y disponibilidad de datos entre ellos. Las metodologías que se utilizaron para este documento –se encuentran consignadas en la Tabla 1 y se explican en mayor detalle en la siguiente sección– tienen una aproximación de arriba hacia abajo y no de abajo hacia arriba. Es decir, buscan estimar las necesidades partiendo de lo

**Tabla 1**  
Metodología por sectores en el ámbito urbano

Sector	Brecha actual	Brecha futura	Mantenimiento
<b>Servicios básicos</b> (Acueducto, alcantarillado, basuras)	Frontera estocástica	Crecimiento demográfico	Tasa de depreciación
<b>Vivienda</b> (VIS-VIP)	Frontera estocástica		N/A
<b>Equipamientos</b> (Hospitales, centros educativos, culturales, recreativos)	Metas		Tasa de depreciación
<b>Malla vial</b> (Arteriales, intermedias, locales)	Metas	Expansión de la ciudad	Programa de mantenimiento de vías

Fuente: Tabla elaborada para este estudio.

global hacia lo particular, y no desde una revisión de las necesidades particulares en cada municipio.

## Estimación de la brecha actual

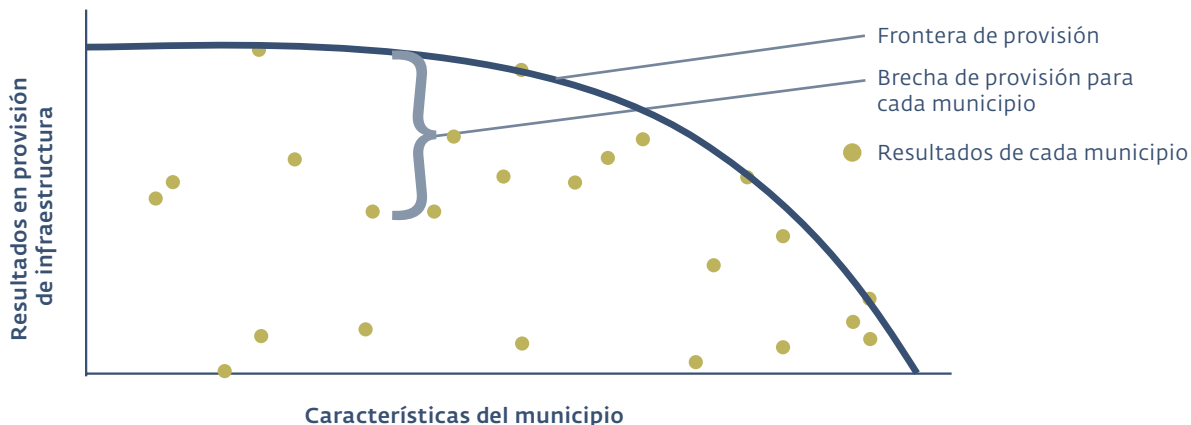
### FRONTERA DE EFICIENCIA

Más infraestructura no necesariamente mejora la situación de un municipio, por esto se debe encontrar el nivel eficiente de la provisión. Éste debe tener en cuenta las diferencias en las características de la ciudad, que hacen que la demanda, la disponibilidad de recursos para infraestructura y la eficiencia en la ejecución de los recursos varíen.

El análisis de la frontera de eficiencia permite estimar la cantidad máxima de producto que puede obtenerse a partir de una canasta de insumos. La cantidad sobre la línea de frontera marca la cota superior de eficiencia o mejores prácticas para obtener un nivel de producto. En otras palabras, es una meta ideal de grado de producción para el nivel de insumos. La eficiencia se mide como el porcentaje de diferencia entre el producto que logra una empresa –municipio en este caso– sobre lo que debería haber alcanzado para un determinado nivel de insumos. La medida de eficiencia es entonces relativa de cada municipio respecto del conjunto de municipios. Por ejemplo, la brecha de provisión en infraestructura para un

## Gráfico 1

### Frontera de la provisión de infraestructura



Fuente: Gráfico elaborado para este estudio.

municipio cualquiera, como el que se resalta en azul en el Gráfico 1, es la distancia hasta la frontera.

Para los efectos de este documento, los insumos son las características de las ciudades y los productos son las densidades de infraestructura. Así entonces, con el fin de establecer el nivel óptimo de infraestructura que debería tener un municipio dadas sus características, se aplica un análisis de frontera de

eficiencia<sup>1</sup>. El nivel óptimo que debería tener un municipio, de nuevo, surge de sus características: puede tener una eficiencia del 100% si es que tiene una mayor densidad de una particular infraestructura frente al conjunto de municipios. Esto no necesariamente implica una cobertura del 100% de su población (en acueducto, por ejemplo).

<sup>1</sup> El cálculo se hace con la técnica de frontera estocástica.



De acuerdo con Fay y Yepes (2003), la densidad de provisión de infraestructura, desde una perspectiva macro, está en función de la demanda que las firmas y los hogares hacen del servicio. A escala nacional, esta demanda puede aproximarse a partir del ingreso per cápita, de la participación de la agricultura y de la industria en el PIB y de algunas variables demográficas. A escala municipal, la demanda –o los insumos para la función de frontera de eficiencia– puede aproximarse a partir del PIB per cápita para capturar las diferencias en el nivel de actividad; de la población total y del crecimiento poblacional, que mide las diferencias de escala; de la participación del empleo en el comercio y en la industria, para medir diferencias en la estructura económica; y de la densidad poblacional, que mide disimilitudes en el tamaño del territorio del municipio en relación con su población.

El análisis adopta para todos los municipios la siguiente función de producción de infraestructura:

$$y_{it} = x_{it} \beta + (v_{it} - u_{it})$$

Donde  $y_{it}$  es la densidad de provisión de cada uno de los sectores de infraestructura de los  $N$  municipios

$i = 1, \dots, N$  en el período  $t = 1, \dots, T$ . Las variables  $x_{it}$  son las características de cada municipio que determinan la demanda por el nivel de  $y_{it}$ ,  $\beta$  es el vector de parámetros desconocidos a estimar,  $v_{it} \sim N(0, \sigma^2 v)$  (i.i.d.) es una variable aleatoria que refleja los choques al proceso de producción, y  $u_{it}$  es una variable aleatoria no negativa que refleja las ineficiencias técnicas en la producción. Se asumen  $v_i$  y  $u_{it}$  independientemente. Por lo general se asume que  $u_{it} \sim N(0, \sigma^2 u)$  (i.i.d.).

A partir de esta especificación puede obtenerse una medida de cuánto debería ser el nivel de producción de infraestructura y qué tanto se aleja de la producción de cada municipio particular. En este caso, la frontera está dada por  $E[y_{it} | u_{it} = 0, x_{it}]$  y una medida de eficiencia para la firma  $i$  es:

$$\frac{E[y_{it} | u_{it}, x_{it}]}{E[y_{it} | u_{it} = 0, x_{it}]}$$

Es decir, la frontera de eficiencia permite capturar las diferencias que no obedecen a choques aleatorios.

Si bien sería óptimo que cada una de las ciudades lograra el 100% de eficiencia en la provisión de bienes públicos de infraestructura, es una meta que no

se cumple en todos los municipios. Hay diversas razones que impiden el logro de un nivel igual de resultados para todos los municipios. Algunas son directamente fallas de eficiencia, pero hay otras que no dependen de las decisiones buenas o malas de los administradores locales, como por ejemplo diferencias de tamaño de los municipios o la región del país donde se encuentren. Por esta razón, y para proponer metas más acordes con la realidad local, se hacen estimaciones dentro del conjunto de municipios de las aglomeraciones propuestas por la Misión de Ciudades. El planteamiento es que los municipios tengan como meta el nivel del municipio con la mayor eficiencia del aglomerado. En una segunda etapa, los municipios con la mayor eficiencia de cada aglomerado tendrán como meta lo logrado por el mejor entre ellos.

El análisis con metas por etapas, utilizando los aglomerados del Sistema de Ciudades como grupos de comparación, se aprovecha de la institucionalidad implícita en la provisión de servicios básicos producto de la contigüidad de las ciudades. El objetivo es que la eficiencia en la provisión aumente de manera transicional en cada aglomerado. Es decir, las ciudades con mayor eficiencia podrían apoyar a aquellos con menor eficiencia en el logro de sus metas, mientras que ellos mismos se encargan de alcanzar las metas propias.

## META PARA LA MALLA VIAL LOCAL

Aquí se presenta el análisis conjunto de la malla vial local de los municipios del país. Se trata de una aproximación novedosa para estimar los requerimientos de inversión utilizando sistemas de información geográficos. Los datos para determinar el inventario de vías en los municipios provienen de OpenStreetMap, un proyecto de libre cooperación que recopila la red vial de los países. En el caso de las ciudades analizadas, la red se dividió en tres grupos según la desagregación disponible en ese proyecto: vías arteriales, compuesto por vías principales y troncales; vías intermedias, compuesto por la red secundaria de las ciudades; y vías terciarias, compuesto por las vías terciarias, las residenciales y de servicio<sup>2</sup>.

Para estimar la eficiencia relativa en provisión de la malla vial municipal en los municipios de menos de 1.000.000 de habitantes –los medianos y los pequeños– y construir la meta se utilizó la proporción de kilómetros de la red intermedia sobre el total de kilómetros de la malla vial<sup>3</sup>. Para las ciudades medianas

2 Para mayor información sobre el proyecto y la desagregación de vías, visite: [http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map\\_Features#Roads](http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_Features#Roads).

3 En algunos casos, las vías arteriales en las ciudades de menos de 1.000.000 de habitantes corresponden a las vías departamentales que atraviesan el casco urbano, razón por la cual se usaron las vías intermedias como numerador en la relación entre vías principales sobre malla vial.

y pequeñas es del 12%, el promedio entre todos los municipios. Aquellas ciudades que se encuentren por encima de este nivel no requieren, según esta propuesta de cálculo, transformar las vías residenciales en vías secundarias.

La meta para las ciudades grandes se estima a partir de los registros por país de las vías troncales y residenciales. Estas ciudades deberían tener una relación de kilómetros de vías troncales y residenciales igual al promedio de Argentina, Brasil, Chile y Perú (ver Tabla 2). Se eligieron estos países porque solo fue posible acceder a los datos de las vías en la escala país.

Sin embargo, la relación entre vías troncales y residenciales puede ser muy baja porque, si bien se incluyen grandes ciudades con una relación alta entre vías troncales y residenciales, también se incluyen ciudades pequeñas e intermedias para las que la relación puede ser incluso cero (porque no tienen vías troncales). Una extensión de este trabajo sería hacer el mismo ejercicio para esos países. Aunque los datos de vías están disponibles, hay que recolectar información geográfica de límites urbanos que sí tenemos para Colombia.

**Tabla 2**  
Relación de kilómetros de vías troncales y residenciales en países latinoamericanos

	Perú	Argentina	Brasil	Chile	Promedio
<b>Troncales / Residenciales</b>	2%	25%	4%	5%	9%

Fuente: Tabla elaborada para este estudio con base en OpenStreetMap.org.

## Mantenimiento

Las necesidades de inversión en infraestructura incluyen un componente de mantenimiento para asegurar la calidad de esa infraestructura –actual y adicional–, de modo que se brinden a cabalidad los servicios esperados. El objetivo no solo es construir la infraestructura, sino que

preste un servicio estable. La inversión anual requerida para el mantenimiento de la infraestructura del municipio corresponde a la depreciación anual o a la pérdida de valor o utilidad de la infraestructura. La Tabla 3 muestra las tasas de depreciación utilizadas para estimar

los recursos que se deberían invertir en cada uno de los siguientes sectores para asegurar su óptimo estado: agua, saneamiento básico, basuras, electricidad, déficit habitacional, bibliotecas, colegios y hospitales. El cálculo de la depreciación se hizo dividiendo el 100% del valor de la infraestructura en sus años de vida útil, suponiendo que al final de ese período sea necesario construirlas nuevamente.

La siguiente ecuación muestra cómo se determina el costo del programa de mantenimiento para los sectores

mencionados. Nótese que en cada período se debe ampliar el inventario con las unidades adicionadas por cierre de brecha o para responder al crecimiento poblacional. Esto recoge un concepto muy importante de la inversión en infraestructura. Cada vez que se aumentan los activos, se gana por los efectos que esas inversiones ocasionan pero se adquieren pasivos de mantenimiento que ocuparán los presupuestos del futuro. Invertir lo máximo no es la solución óptima.

$$\text{Costo Mantenimiento}_{\text{Actual}} = \text{Stock}_{\text{Actual}} * \text{Tasa Depreciación} * \text{Costo Infraestructura}$$

**Tabla 3**  
Tasa de depreciación de infraestructura urbana

Sector	Tasa anual de depreciación	Años de vida útil de la infraestructura
<b>Agua</b>	2.8%	36
<b>Saneamiento básico</b>	2.8%	36
<b>Basuras</b>	4%	25
<b>Electricidad</b>	2.8%	36
<b>Déficit habitacional</b>	4%	25
<b>Bibliotecas</b>	4%	25
<b>Colegios</b>	4%	25
<b>Hospitales</b>	4%	25

Fuente: Tabla elaborada para este estudio con base en Fay y Yepes, 2003.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO VIAL

Para el sostenimiento vial se propone un programa de mantenimiento y rehabilitación que tiene en cuenta la calidad del inventario actual de las vías como punto de partida. El programa propone que se haga la renovación completa de la malla vial en diez años, haciendo mantenimiento rutinario a las vías en buen estado, mantenimiento preventivo a las vías en estado regular y rehabilitación a las vías en mal estado. Aun cuando lo ideal sería rehabilitar en un solo período todas las vías que se encuentran en mal estado, hacerlo supone una carga que supera el presupuesto y la capacidad de las entidades territoriales. Por esta

razón, el programa de mantenimiento que se propone sugiere un ciclo de diez años que al final espera obtener un conjunto renovado de vías. Ésta es una versión simplificada. En la realidad algunas vías de mayor tráfico requieren ciclos más cortos y otras de menor tráfico unos más largos. No hacer el mantenimiento adecuado y a tiempo es motivo de mayores requerimientos de inversión en el largo plazo porque el inventario pasa en su conjunto a requerir intervenciones más costosas. Los niveles de mantenimiento de bajo costo tienen como objetivo retrasar las inversiones de mayor costo. El costo de mantenimiento de un kilómetro de malla vial puede estimarse con la siguiente ecuación:

$$P_{mant} = K_R \cdot (R - M/2) + K_P \cdot P + K_H \cdot (H + M/10)$$

Donde:

- $P_{mant}$  es el costo del mantenimiento de las vías por kilómetro
- $K_R$  es el costo habitual del mantenimiento rutinario
- $R$  es el porcentaje de vías que necesita mantenimiento rutinario
- $M$  es el porcentaje de vías que se encuentra en mal estado
- $K_P$  es el costo habitual del mantenimiento rutinario

- $P$  es el porcentaje de vías que necesita mantenimiento preventivo
- $K_H$  es el costo habitual de rehabilitación de vías
- $H$  es el porcentaje de vías que necesita rehabilitación

El promedio de depreciación de las vías se obtiene dividiendo el precio de mantenimiento por kilómetro de vía,  $P_{mant}$ , por el costo de construir un kilómetro de vía nueva.

Para estimar el costo de mantenimiento en cada municipio es necesario tener información detallada de la malla vial. Dado que en Colombia no se dispone de esta información –no para todos los municipios del análisis–, se imputa la tasa de depreciación de la malla vial de Bogotá estimada con base en los datos del 2013 del Instituto de Desarrollo Urbano (Tabla 4). Se calcula que las vías municipales se deprecian un 7% cada año.

**Tabla 4**  
Estado de vías, Bogotá

Estado	Porcentaje
<b>Bueno</b>	38%
<b>Regular</b>	20%
<b>Malo</b>	42%

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano  
[http://www.idu.gov.co/web/guest/malla\\_inventario](http://www.idu.gov.co/web/guest/malla_inventario).

## Expansión urbana

Finalmente hay un componente de unidades de infraestructura requeridas para mantener los niveles de provisión ante el crecimiento poblacional. En vista de que todos los sectores de provisión se encuentran en función del número de habitantes de la ciudad, las unidades adicionales están en función del número de personas adicionales que habitan la ciudad.

Sin embargo, no solo es importante el número de personas adicionales que vivirán en la ciudad, sino también el lugar donde se ubicarán, porque la localización de la infraestructura afecta los costos de provisión y éstos, a su vez, las necesidades de inversión en infraestructura. De acuerdo con la Ley de Ordenamiento Territorial (Ley 338 de 1997), el suelo de las ciudades debe clasificarse en alguno de los siguientes cuatro tratamientos urbanísticos según la estrategia con la que se busque desarrollarlo: consolidación, renovación, conservación y desarrollo. La consolidación tiene que ver con los sectores catalogados como de desarrollo incompleto y que requieren acciones de habilitación de los espacios para uso público y equipamiento comunal; la renovación tiene que ver con los sectores ubicados en el suelo urbano que requieren modificaciones sustanciales en el uso de la tierra y de las construcciones; la conservación, por su parte, se encarga de proteger las zonas catalogadas como de conservación arquitectónica y urbanística, y el desarrollo, el último tratamiento, es aplicable a los inmuebles urbanizables –no urbanizados– ubicados en el suelo urbano y de expansión urbana. Cuando la nueva población se asienta en suelo de consolidación o renovación, la ciudad se densifica; si lo hace en suelo de desarrollo, tiende a expandirse.

Siempre que la infraestructura disponible no se sature por exceso de demanda, es menos costoso proveer infraestructura en suelo de tratamiento de consolidación o de renovación<sup>4</sup>, porque se puede aprovechar la provisión de un conjunto de sectores. En un escenario donde aún no hay saturación de todos los servicios de interés –desde acueducto hasta vías, pasando por parques y colegios– y las redes estructurales de acueducto ya están disponibles, el costo de una conexión de una vivienda adicional es menor que en las zonas donde además de proveer la conexión es necesario extender las redes matrices. Incluso cuando es necesario expandir la capacidad de las redes matrices en el suelo de tratamiento de consolidación o de renovación, proveer el paquete completo de servicios domiciliarios en estas áreas es menos costoso, porque si bien es necesario reconstruir las redes de acueducto, no es necesario invertir en redes eléctricas o en sistemas pluviales. Además, en estos lugares no hace falta hacer una inversión sustancial en nuevas vías, sino en mantenimiento.

---

4 El Artículo 20 del Decreto 879 de 1998, que reglamenta las disposiciones relativas al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial, crea cuatro categorías de acuerdo con las cuales los municipios deben clasificar el tratamiento urbanístico del suelo: desarrollo, consolidación, renovación, conservación y mejoramiento integral.

Para incluir este factor en las estimaciones, se asume que la mitad de la nueva población se situará en suelo de consolidación y renovación, y la otra mitad en suelo de desarrollo. Además, se presupone que el suelo de desarrollo se ocupará con la misma densidad vial de la ciudad consolidada, de forma tal que los costos extras de la expansión se explicarán por la malla vial adicional que debe proveerse para mantener esa densidad. En las áreas de expansión urbana hay otros equipamientos que deberían proveerse, pero para simplificar el debate solo consideramos las vías.

## Metas de Infraestructura Urbana (MIU)

A pesar de las bondades de las metodologías anteriores, las metas de las ciudades grandes, que usualmente tienen los indicadores de densidad de infraestructura más altos, pueden ser muy bajas. Para proponer metas de infraestructura urbana que comparen la realidad de estas ciudades con estándares internacionales o con ciudades similares, se proponen unas Metas de Infraestructura Urbana (MIU) para cumplir hasta el 2035. Ésta es una apuesta normativa que tiene como objetivo promover la discusión sobre la

visión que tienen las ciudades sobre el punto al que quieren llegar en provisión de bienes públicos en su conjunto.

Para los sectores de provisión de agua potable, saneamiento básico y recolección de basuras (ASA) se propone alcanzar la cobertura universal (estas ciudades están muy cerca de lograr esta meta). Como se explicó, en el caso del sector vías se espera alcanzar el promedio de la relación entre kilómetros de vías troncales y residenciales de las ciudades de países latinoamericanos.

Para hospitales, colegios y bibliotecas se toman los estándares de dotación

establecidos para Bogotá por el estudio de la Universidad de los Andes (2009) sobre estándares urbanísticos. Según el estudio, debería de tener diez hospitales y cuarenta colegios por cada 100.000 habitantes. Se toma la meta de diez bibliotecas por cada 100.000 habitantes con base en el estándar de equipamientos de cultura establecido por ese documento. Se propone como meta reducir en dos tercios el déficit actual en cada uno de estos tres frentes. En vivienda se mira únicamente el déficit cuantitativo y se propone reducirlo en dos tercios. La Tabla 5 presenta el conjunto de las metas.

**Tabla 5**  
Metas de Infraestructura Urbana (MIU) a 2035, ciudades grandes

Sector	Metas a 2035
<b>ASA</b>	Cobertura del 100%
<b>Vías</b>	Alcanzar la relación vías troncales/vías residenciales del promedio de países latinoamericanos
<b>Vivienda</b>	Reducir en 2/3 el déficit actual
<b>Hospitales</b>	Reducir en 2/3 el déficit actual, suponiendo que debería tener 10 hospitales por 100.000 habitantes
<b>Colegios</b>	Reducir en 2/3 el déficit actual, suponiendo que debería tener 40 colegios por 100.000 habitantes
<b>Bibliotecas</b>	Reducir en 2/3 el déficit actual, suponiendo que debería tener 10 bibliotecas por 100.000 habitantes

Fuente: Tabla elaborada para este estudio. Estándares de hospitales, colegios y bibliotecas con base en la Universidad de los Andes (2009).



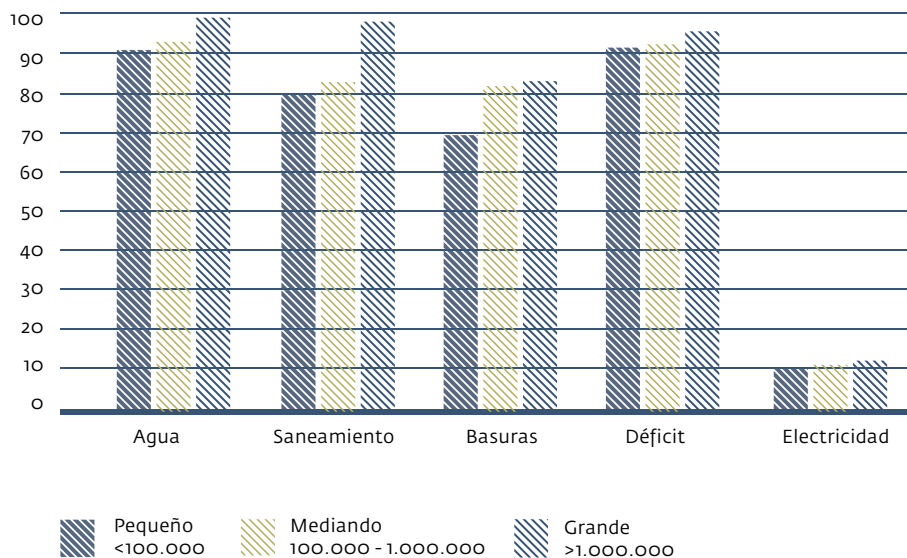
## BRECHAS DE DOTACIONES DE INFRAESTRUCTURA

La provisión de servicios públicos en los municipios pertenecientes al Sistema de Ciudades presenta ciertas diferencias cuando se analizan según su población. Como se puede observar en el **Gráfico 2**, el acceso a agua y a electricidad es similar en los tres tamaños de ciudades. En saneamiento básico, las ciudades pequeñas y medianas tienen niveles similares de acceso y se observa una marcada

diferencia frente a las ciudades más grandes, mientras que en servicio de recolección de basuras los municipios medianos y grandes tienen un acceso similar, y la diferencia se marca frente a los municipios más pequeños de la muestra. En términos de déficit habitacional, el indicador es mayor en las ciudades más grandes y decrece a medida que se reduce el tamaño del municipio.

La densidad de establecimientos educativos o culturales es mayor en las ciudades pequeñas que en las medianas y grandes, pero sucede lo contrario con

**GRÁFICO 2**  
Tasas de acceso a servicios básicos y déficit habitacional



Fuente: Gráfico elaborado para este estudio. Agua, saneamiento básico y déficit de vivienda con base en el Censo 2005. Electricidad y aseo con base en SU1, datos de 2011.

las dotaciones de hospitales y de recreación. Como es de esperarse, el número de kilómetros de vías es considerablemente más alto en las ciudades más grandes, producto de la mayor área ocupada. Aunque la tendencia se mantiene cuando se analiza la densidad de kilómetros de vías, cuando se mide como el número de kilómetros sobre el área del casco urbano las diferencias se reducen notoriamente.

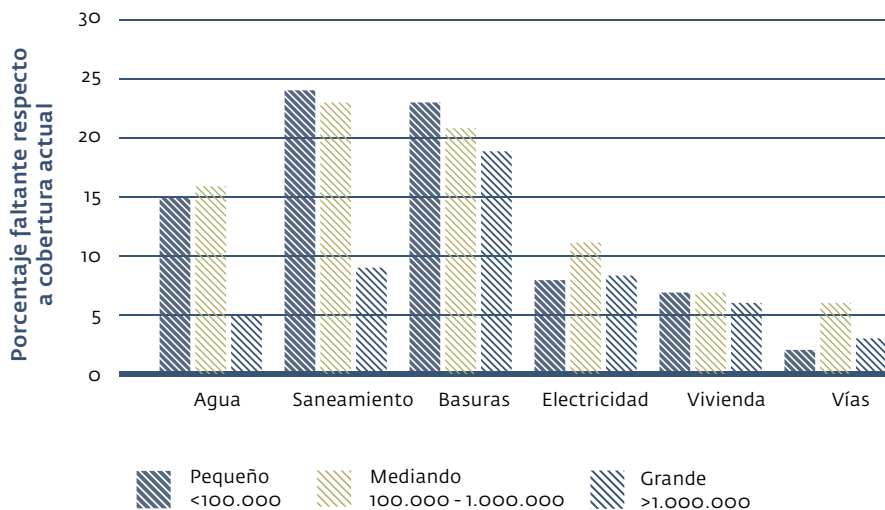
Las estimaciones de la eficiencia de provisión de infraestructura muestran que, en promedio, las ciudades tienen una brecha que oscila entre un 2% y un 24%. La brecha es mayor en los municipios pequeños y medianos y en

saneamiento básico, basuras y agua potable. El Gráfico 3 muestra la brecha de provisión de los sectores medida como el aumento porcentual de las dotaciones actuales que necesita el municipio para alcanzar al de mayor grado de eficiencia en el grupo de municipios del mismo tamaño y aglomerado urbano.

Estas brechas de eficiencia se traducen en el número de unidades requeridas para cerrar la brecha de provisión<sup>5</sup>. La Tabla 7 presenta el detalle del número

5 Estos valores no contienen el número de unidades que se requieren para mantener los niveles de provisión frente al crecimiento de la población.

**Gráfico 3**  
Brechas de eficiencia en la provisión de infraestructura



Fuente: Gráfico elaborado para este estudio. Agua, saneamiento básico y déficit de vivienda con base en el Censo 2005. Electricidad y aseo con base en el Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, datos de 2011.

**Tabla 6**  
Dotación de infraestructura urbana

Tamaño	Función	Metas a 2035					
		Educativos	Universidades	Hospitales	Culturales	Recreación	Vías
<b>Pequeño</b> <b>&lt;100.000</b>	<b>Nivel</b>	17	2	2	1	4	70
	<b>Densidad</b>	48.6	3.5	7.9	2	14.2	17
<b>Mediano</b> <b>100.000</b> <b>-1.000.000</b>	<b>Nivel</b>	166	12	18	9	30	678
	<b>Densidad</b>	66	4.9	7.4	3.5	12.1	25
<b>Grande</b> <b>&gt;1.000.000</b>	<b>Nivel</b>	2285	204	187	194	347	7.570
	<b>Densidad</b>	68.7	5.6	6.8	5.6	10.8	38

Fuente: Tabla elaborada para este estudio con base en DANE-Censo General 2005. \*Nivel: número de equipamientos promedio para los municipios en el rango poblacional

\*\*Densidad: número de equipamientos por cada 100.000 habitantes

de unidades actuales y requeridas de los diferentes sectores de infraestructura en los municipios.

Los requerimientos de unidades muestran que en las ciudades medianas se necesita un mayor número de conexiones de agua y saneamiento básico que en las pequeñas y en las grandes. En los sectores de electricidad y recolección de basuras, los requerimientos de unidades son mayores para las ciudades grandes, seguidas por las medianas; las pequeñas muestran menores requerimientos de inversión netos en estos dos sectores. En términos de déficit cuantitativo, se

estima que para cerrar la brecha se deben adicionar 40 mil unidades en las ciudades pequeñas, 131 mil en las medianas y 147 mil en las grandes.

Se estima que en las ciudades medianas se deben construir más kilómetros de vías que en las ciudades pequeñas y grandes. Es necesario resaltar que debido a la metodología de medición utilizada para calcular el número de vías en las ciudades, puede resultar un error de medición en las ciudades más pequeñas por el bajo registro de vías para ese tamaño de ciudad.

**Tabla 7**  
**Unidades actuales y adicionales requeridas para cerrar la brecha en el ámbito urbano**

Tamaño	Agua*		Saneamiento*		Basuras*		Electricidad*		Déficit cuantitativo*		Vías (Km)	
	Actual	Extras	Actual	Extras	Actual	Extras	Actual	Extras	Actual	Extras	Actual	Extras
<b>Pequeño</b> <b>&lt;100.000</b>	620	38	551	37	391	37	583	37	604	40	6.446	257
<b>Mediano</b> <b>100.000 -</b> <b>1.000.000</b>	2.884	93	2.565	170	2.292	240	2.890	170	2.777	131	35.956	2.485
<b>Grande</b> <b>&gt;1.000.000</b>	3.298	4	3.276	73	1.991	496	3.137	212	2.919	147	30.282	515

Fuente: Tabla elaborada para este estudio. Agua, saneamiento básico y déficit de vivienda con base en el Censo 2005. Electricidad y aseo con base en el Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, datos de 2011. \*Datos en miles.

## C. RESULTADOS MUNICIPALES

En el período 2010-2035 se necesitará invertir en promedio 214 mil pesos anuales per cápita en los municipios pequeños, 263 mil pesos anuales per cápita en los medianos y 267 mil pesos anuales per cápita en los municipios grandes. El total de la infraestructura requerida para las ciudades del sistema de ciudades en este período está compuesto por la infraestructura destinada a cerrar la brecha de eficiencia y a responder al crecimiento poblacional. Al valorarla a los precios

unitarios de la **Tabla 8**, y adicionar los costos anuales del mantenimiento del inventario de infraestructura, se obtienen los requerimientos de inversión en infraestructura municipal.

Al comparar los requerimientos de inversión en infraestructura entre tamaños de municipios, surgen diferencias importantes. En los municipios pequeños obedecen principalmente a la construcción de colegios mientras que en los medianos muestran un mayor requerimiento relativo en transporte.

La **Tabla 9** presenta los requerimientos en miles de pesos per cápita. Las inversiones incluyen tanto las dotaciones que permiten hacer uso de la infraestructura, como las construcciones. En dotaciones se incluye, por ejemplo, libros, en el caso de las bibliotecas, camillas en el de los hospitales, y tableros y pupitres en el caso de los colegios. Sin embargo, no se incluyen los servicios de transporte en el caso de

las vías y tampoco el equipo de rodaje como buses o camiones. Las necesidades de inversión en vivienda solo comprenden la inversión que provendría de los recursos públicos, esto es, un 15% del valor total de las inversiones. Es decir, la parte de los recursos que responde a los déficit de la población vulnerable. No se incluye la vivienda que es provista y financiada por el sector privado.

**Tabla 8**  
Costos unitarios infraestructura urbana

Tipo de infraestructura	Detalle	Precio unitario
<b>Servicios básicos</b>	Acueducto	\$279.000
	Alcantarillado	\$279.000
	Basuras	\$465.000
	Electricidad	\$372.000
<b>Vivienda</b>	VIS-VIP	\$41.850.000
<b>Equipamientos</b>	Culturales	\$1.860.000.000
	Hospitales	\$3.720.000.000
	Educativos	\$2.790.000.000
	Sistemas de drenaje pluvial	\$817.200.000
<b>Malla vial</b>	Vías arteriales	\$908.000.000
	Vías intermedias	\$748.000.000
	Vías locales	\$728.000.000

Fuente: Yepes (2008), Instituto de Desarrollo Urbano, Sistema de Información Hospitalaria, Ministerio de Educación, FONADE.

**Tabla 9**  
**Requerimientos de inversión anual**  
**per cápita urbana (Miles de pesos)**

Sector	Requerimientos de inversión 2010-2035		
	Pequeñas	Medianas	Grandes
<b>ASA</b>	37.9	42.8	59.2
<b>Transporte</b>	78.6	102.5	82.7
<b>Vivienda</b>	18	16.2	18.2
<b>Salud</b>	11.7	11.7	9.8
<b>Educación</b>	58.3	80.1	89.5
<b>Equipamiento</b>	3	1	1
<b>Alcantarillado pluvial</b>	6.5	8.3	6.7
<b>Total</b>	<b>214</b>	<b>262.6</b>	<b>267.1</b>

Fuente: Tabla elaborada para este estudio.

# III.

## Inversión requerida en infraestructura nacional

Túnel en la doble calzada Cisneros-Loboguerrero, Valle del Cauca, Colombia.

En este capítulo se analizan los sectores que sirven al país como sistema y no a uno o unos municipios en particular. Estos sectores son: red vial nacional –vías primarias, secundarias y terciarias–, que sirve para comunicar a los municipios entre sí y a éstos con los puertos; las vías férreas, la generación de energía y las cárceles. Para calcular la brecha –con excepción del sector cárceles– se estima un modelo econométrico de panel dinámico con efectos fijos usando una base de cerca de 130 países con datos cada cinco años de 1960 a 2010. Este modelo buscar tener los coeficientes que relacionan las características de cada país con la densidad de

infraestructura que han alcanzado. La característica dinámica del modelo permite recoger los cambios de los países en el tiempo. Permite, entonces, identificar cuáles serán los requerimientos de infraestructura del país dada la proyección de las características que el país tendrá en el período de la proyección. Esta metodología, como la anterior, determina los requerimientos desde lo general hacia lo particular (ver las metodologías utilizadas en la **Tabla 10**).

**Tabla 10**  
Metodología por sectores a escala nacional

Nivel	Sector	Brecha actual	Brecha futura	Mantenimiento
Nacional	Vías	N/A	Datos panel con efectos fijos	Programa de mantenimiento de vías
	Energía			N/A
	Cárceles	Metas	N/A	Tasa de depreciación
	Férreo	N/A	Datos panel con efectos fijos	N/A

Fuente: Tabla elaborada para este estudio.



## A. METODOLOGÍA

### Panel dinámico con efectos fijos

Para determinar las brechas de provisión de infraestructura a escala nacional se utiliza la metodología de datos panel con efectos fijos. Fay y Yepes (2003) proponen entender la densidad en la provisión de infraestructura como la demanda de las firmas y los hogares de los servicios que ésta provee. El modelo de demanda sigue la siguiente ecuación:

$$\frac{I}{P} = F\left(\frac{Y}{P}; \frac{q_i}{w}; Y_{AG}; Y_{IND}; A\right)$$

Donde:

- $I/P$  es la provisión de infraestructura per cápita
- $Y/P$  es el ingreso per cápita
- $q_i/w$  es el precio real de provisión de la infraestructura
- $Y_{AG}$  y  $Y_{IND}$  corresponden a la participación de la agricultura y de la industria en el PIB

- $A$  es una variable que representa el nivel tecnológico.

Empíricamente, este modelo de comportamiento puede estimarse como el siguiente modelo lineal:

$$I_{i,t}^j = \alpha_0 + \alpha_1 I_{i,t-1}^j + \alpha_2 Y_{i,t} + \alpha_3 A_{i,t} + \alpha_4 M_{i,t} + \alpha_5 D_i + \alpha_6 D_t + \epsilon_{i,t}$$

Donde:

- $I_{i,t}^j$  es la provisión de infraestructura en el sector  $j$ , la región  $i$  y el tiempo  $t$
- $Y_{i,t}$  corresponde al PIB per cápita
- $A_{i,t}$  es la proporción del valor agregado de la agricultura en el PIB, medido como proporción de la fuerza laboral en el sector agrícola
- $M_{i,t}$  es la proporción del valor agregado de la manufactura en el PIB, medido como proporción de la fuerza laboral en ese sector
- $D_i$  es una variable dicótoma de país
- $D_t$  es una variable dicótoma de tiempo.

La inclusión de la variable dicótoma de país  $D_i$  busca capturar el precio de provisión de infraestructura, así como su nivel tecnológico, variables que no se encuentran disponibles en las bases de datos pero que se sabe varían de país a país. Por lo tanto, tener una variable que

es diferente para cada país es una aproximación adecuada.

El modelo estima el peso que tiene cada variable sobre la densidad de los inventarios de infraestructura, de manera que al contar con los valores proyectados de las variables independientes es posible prever la demanda futura de infraestructura. Fay y Yepes (2003) explican en mayor detalle la proyección de estas variables.

Este enfoque tiene algunas limitaciones econométricas. Por un lado, se asume que existe un mercado competitivo para la provisión de infraestructura; por otro, supone que la oferta de infraestructura responde a la demanda. Aunque estos dos supuestos son fuertes, solucionarlos genera una dimensión muy grande a ser estudiada en el contexto de la demanda de infraestructura.

Como en las estimaciones relativas al ámbito municipal, en el nivel nacional el mantenimiento es un componente clave de los requerimientos de inversión. Para calcular este componente se utiliza una tasa de depreciación del 4% en el sector de energía y vías férreas y del 3.4% en vías. La tasa de depreciación de vías pavimentadas se obtiene dividiendo el costo de mantenimiento por el costo de reconstruir las vías. Se utilizan datos sobre costos aplicados a la red nacional pavimentada a cargo de Invías. El programa de mantenimiento es el mismo que se expuso para vías municipales.

La metodología de aplicar la tasa de depreciación para calcular el costo de mantenimiento se utiliza para los sectores de cobertura nacional: generación de energía, red férrea y red vial principal.

---

## B. RESULTADOS NACIONALES

---

Los requerimientos de inversión en infraestructura nacional fueron incluidos para los sectores de capacidad de generación eléctrica, vías pavimentadas, red férrea y cárceles.

- En capacidad de generación eléctrica Colombia cuenta con el planeamiento adecuado para suplir las necesidades actuales y futuras de su población de acuerdo con el plan de expansión de la UPME. Aquí estimamos que la ejecución de ese plan de aumento de capacidad instalada en el periodo de proyección requerirá una inversión de 1.062 millones de pesos anuales (Tabla 11). Esto teniendo en cuenta el plan de expansión de referencia 2013-2027 y un costo unitario de instalación de 2.500 dólares por kW que presenta la UPME en su informe sobre el Registro de Proyectos de Generación.

**Tabla 11**  
Inventario y requerimientos de capacidad de generación de energía

MW actuales	MW anuales adicionales en el plan de expansión
14.500	221 MW

Fuente: Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2013-2027.

• En vías férreas el aumento requerido se estima en 500 kilómetros (ver resultados en la Tabla 12). No es un aumento muy significativo, pero corresponde a lo que consideramos el real potencial que puede funcionar sosteniblemente en Colombia.

**Tabla 12**  
Inventario y requerimientos de red férrea nacional

Km actuales	1.223
Km adicionales 2010 - 2020	500

Fuente: Tabla elaborada para este estudio con base en Indicadores de desarrollo del Banco Mundial.

• En el sector de vías se prevé que la proporción de la red vial nacional pavimentada debe pasar del 10% al 50% hacia el año 2020 (Tabla 13). Esto implica una inversión en infraestructura de 3.800 kilómetros al año. Los kilómetros que requieren las vías primarias y secundarias se obtienen imputando la relación de éstas del año 2012.

**Tabla 13**  
Inventario y requerimientos de red pavimentada nacional

Actual (Km)	Unidades requeridas (Km) 2010 - 2020	
12.000	3.800	
	Red primaria	Red secundaria
	1.263	2.537

Fuente: Yepes et ál. (2013).

Unidades a intervenir como parte de las autopistas de cuarta generación:

**8.170 km**

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura.

- La inversión necesaria para cerrar la brecha en cárceles se obtiene comparando los resultados actuales con una meta de 2.63 metros cuadrados por recluso. En el sistema carcelario colombiano de hoy hay 120.032 reclusos y una dotación de 76.066 metros cuadrados (Tabla 14). Es decir, la brecha es cercana a los 115 mil metros cuadrados, equivalentes a casi diez cárceles de tamaño medio. En este sector no se hace una proyección de población carcelaria, pero se incluye debido al importante atraso de inversión.

**Tabla 14**  
Inventario y requerimientos de cárceles

Unidades actuales	17
Unidades requeridas	10

Tabla elaborada para este estudio con base en datos del INPEC e información de prensa.



Intersección Vial Los Fundadores, Manizales, Colombia.

## Conclusiones

Para cerrar la brecha del país en infraestructura, respecto del nivel de dotaciones que debería tener dado su desarrollo, Colombia necesita invertir anualmente, durante la próxima década, un 5.39% del PIB. Esos recursos también permitirán construir la infraestructura requerida para responder al incremento adicional de la demanda derivado del crecimiento económico y de la población que se observará durante ese período, de forma que el atraso no vuelva a aumentar. Además de los requerimientos para cerrar la brecha y responder a la expansión vegetativa,

esa inversión contempla los recursos que exige el mantenimiento de la infraestructura y la garantía del servicio. Las estimaciones incluyen tanto la infraestructura provista desde el ámbito nacional, como aquella que se debe construir y mantener a escala urbana. La infraestructura nacional requerirá un 3.84% del PIB y la infraestructura urbana un 1.56% del PIB (ver *Tabla 15*). En estas cifras están incluidos los recursos específicos para la infraestructura de transporte nacional a los que se refiere el estudio de Yepes *et ál.* (2013).

**Tabla 15**  
Inversión anual en infraestructura como porcentaje del PIB

	Pequeñas	Medianas	Grandes	Municipal	Nacional
Cierre de brecha	0.03%	0.12%	0.11%	0.26%	1.09%
Metas de infraestructura urbana	0%	0%	0.05%	0.05%	
Mantenimiento	0.07%	0.38%	0.36%	0.81%	1.30%
Expansión	0.04%	0.20%	0.19%	0.43%	1.45%
<b>TOTAL</b>	<b>0.14%</b>	<b>0.70%</b>	<b>0.71%</b>	<b>1.56%</b>	<b>3.84%</b>

Fuente: Tabla elaborada para este estudio.

Las ciudades en su conjunto deben invertir cerca del 1.56% del PIB para satisfacer los requerimientos de infraestructura. Las ciudades medianas y grandes son las que mayor inversión anual requieren: cada grupo necesita cerca de un 0.7%; las ciudades pequeñas, por su parte, solo un 0.14%. Este valor corresponde a casi un billón de pesos en el caso de las ciudades pequeñas, y a

cerca de 4.9 billones en el de las ciudades medianas y grandes. El total ascendería así a 10.89 billones de pesos anuales (Tabla 16). Al desagregar por sectores, los rubros que mayor inversión requieren son transporte, vivienda y educación; equipamientos e infraestructura de salud son los que relativamente menos recursos requerirían.

**Tabla 16**  
Requerimientos anuales de inversión municipal

	Billones de pesos de 2012				Porcentaje del PIB			
	Pequeñas	Medianas	Grandes	TOTAL	Pequeñas	Medianas	Grandes	TOTAL
ASA	0.12	0.60	0.80	1.51	0.02%	0.09%	0.12%	0.22%
Transporte	0.24	1.43	1.11	2.79	0.04%	0.21%	0.16%	0.41%
Vivienda	0.37	1.50	1.63	3.51	0.05%	0.22%	0.24%	0.51%
Salud	0.04	0.16	0.13	0.33	0.01%	0.02%	0.02%	0.05%
Educación	0.18	1.12	1.20	2.50	0.03%	0.16%	0.18%	0.36%
Equipamiento	0.01	0.01	0.01	0.04	0%	0%	0%	0.01%
Alcantarillado pluvial	0.02	0.12	0.09	0.23	0%	0.02%	0.01%	0.03%
<b>TOTAL</b>	<b>0.98</b>	<b>4.94</b>	<b>4.98</b>	<b>10.90</b>	<b>0.14%</b>	<b>0.70%</b>	<b>0.71%</b>	<b>1.56%</b>

Fuente: Tabla elaborada para este estudio.

La inversión nacional requerida para infraestructura asciende a un 3,84% del PIB, equivalente a 26.33 billones de pesos. Los sectores en los que se desagrega esta inversión son los de transporte, generación de energía y cárceles. El sector que mayor inversión requiere es el de transporte, con 3.55% del PIB (24.39 billones),

y se divide en vías pavimentadas y no pavimentadas, y en red férrea. Dados los planes de inversión de infraestructura en generación de energía, a este rubro se deberá destinar 1.92 billones de pesos anuales, incluyendo mantenimiento e inversión (Tabla 17).

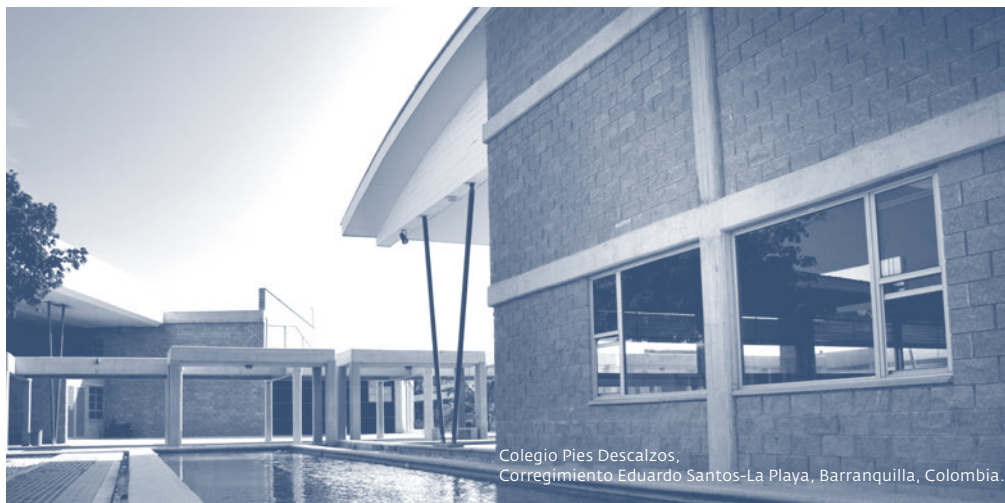
**Tabla 17**  
Requerimientos anuales de inversión nacional

	Billones de pesos*	% del PIB*
<b>Transporte</b>	24.39	3.55%
<b>Equipamientos</b>	0.02	0%
<b>Generación de energía</b>	1.92	0.28%
<b>Total</b>	<b>26.33</b>	<b>3.84%</b>

Fuente: Yepes et ál. (2013).

## Bibliografía

- Fay, Marianne y Tito Yepes. (2003). “Investing in Infrastructure: What is Needed from 2000 to 2010?”. *Policy Research Working Paper Series 3102*, Banco Mundial.
- Lall, Somik, Nancy Lozano y Tito Yepes (2012). “Amplifying the gains from urbanization”, Capítulo 2, en: *Colombia Urbanization Review*. Editado por Taimur Samad, Nancy Lozano y Alexandra Panman. Banco Mundial.
- Ochoa Rubio, Tomás (2002). *Centrales hidroeléctricas*. Bogotá: Ediciones Gran Colombia.
- Unidad de Planeación Minero Energética (2014). *Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2013-2027*. Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- Unidad de Planeación Minero Energética (2014). *Registro de Proyectos de Generación*. Actualización de marzo 15. Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- Universidad de los Andes (2009). *Manual de estándares urbanísticos de Colombia*.
- Yepes, Tito, Juan Mauricio Ramírez, Leonardo Villar y Juliana Aguilar (2013). “Infraestructura de transporte en Colombia”. *Cuadernos de Fedesarrollo*. No. 46, julio de 2013. Disponible en: <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Infraestructura-de-transporte-en-Colombia-Cuaderno-46-WEB.pdf>
- Yepes, Tito (2008). *Investment Needs for Infrastructure in Developing Countries 2008-15*. Banco Mundial. Mimeo.



Colegio Pies Descalzos,  
Corregimiento Eduardo Santos-La Playa, Barranquilla, Colombia.