ISSN 1680-9025

SERIE

RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA

La discriminación de costos y beneficios en la evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura y otros métodos complementarios

Ricardo J. Sánchez

NACIONES UNIDAS

CEPAL

BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

SERIE

183

RECURSOS NATURALES
E INFRAESTRUCTURA

La discriminación de costos y beneficios en la evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura y otros métodos complementarios

Ricardo J. Sánchez

NACIONES UNIDAS

CEPAL

BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA

El presente documento es el resultado de un proyecto conjunto entre la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) y la Vicepresidencia de Infraestructura del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) en apoyo a la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA).

La elaboración del informe y la investigación fueron coordinadas por Ricardo J. Sánchez, Oficial Superior de Asuntos Económicos, de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, y se nutrió de las contribuciones realizadas por Enrique Doering, Mauro Gutiérrez, Jorge Rivera, Horacio Roura, Patricio Rozas Balbontín y Gordon Wilmsmeier. Se agradecen los valiosos aportes de Héctor Maldonado a varias secciones del documento y los comentarios y contribuciones de Azhar Jaimurzina, Jefa de la Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Los estudios fueron realizados entre los años 2008 y 2010; sin embargo, dada la importancia que el tema aún reviste para el desarrollo de la región, ambas instituciones han considerado pertinente su publicación y difusión en un ámbito mucho mayor que el originalmente planeado.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las instituciones.

Publicación de las Naciones Unidas
ISSN: 1680-9025 (versión electrónica)
ISSN: 1680-9017 (versión impresa)
LC/TS.2017/124
Distribución: Limitada
Copyright © Naciones Unidas, diciembre de 2017. Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.17-00859

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones@cepal.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen 7

Presentación 9

I. Análisis costo beneficio y su aplicación a proyectos transnacionales de infraestructura 17
A. La creciente importancia de los proyectos transnacionales de infraestructura 17
B. Definición de los proyectos transnacionales de infraestructura 17
C. El problema metodológico de la aplicación del ACB a los PTIs 18
D. El marco analítico de aplicación del ACB a los PTIs 18
1. Opciones analíticas 18
2. Identificación y valoración de los beneficios de un proyecto transnacional de infraestructura 19
3. Distribución de los efectos de un proyecto transnacional de infraestructura 20

II. Aplicación práctica de la evaluación ACB social a un PTI 23
A. Descripción del proyecto en estudio 23
B. Decisiones metodológicas 24
1. Enfoque del análisis. Un *rapid appraisal* 24
2. Proyecto analizado 25
C. Costos y beneficios considerados en el estudio 25
D. Metodología y herramienta informática utilizada en el estudio 25
E. Definición de alternativas relevantes 26
F. Pasos metodológicos 26
G. Evaluación del proyecto 27
H. Estimación de la distribución de los beneficios netos del proyecto 28
1. Distribución de los beneficios netos del transporte de pasajeros 28
2. Distribución de los beneficios netos del transporte de carga 29
I. Evaluación del proyecto para cada país, considerando los beneficios netos atribuidos 31

III. Conceptualización de la evaluación de impacto de sustentabilidad (EIS) aplicadas a PTIs 35
A. Riesgos en la realización de un PTI en un eje emergente 39
B. Marco y práctica de evaluación 41

C. Herramientas de evaluación 42
1. Indicadores 42
D. Alternativas y medidas de acompañamiento 43

IV. Reflexiones sobre efectos de la inversión en IP sobre el desarrollo y el crecimiento 45
A. Propuesta de modelo relativo a los efectos de la inversión en IP sobre el desarrollo y el crecimiento 49
1. Esquema general para el análisis 49
2. Variables: factores condicionantes 50
3. Variables: competitividad y crecimiento 54
4. Variables: equidad 55
5. Variables: infraestructura pública y telecomunicaciones 60
6. Variables: energía 65
B. Modelo de efectos de IP sobre variables socio-económicas 65
1. Efectos sobre la producción 67
2. Efectos sobre la equidad 70
C. Sostenibilidad 77
D. Aplicación teórica del modelo 78

Comentarios finales 81

Bibliografía 89

Serie Recursos Naturales e Infraestructura: números publicados 91

Cuadros

Cuadro 1 VAN Total del proyecto y según origen de los beneficios netos, para cada actor 27
Cuadro 2 Valor actual de los beneficios netos derivados de las mejoras en el transporte de pasajeros 28
Cuadro 3 Valor actual de los beneficios netos (VABN) del proyecto 29
Cuadro 4 Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible al Estado Plurinacional de Bolivia 30
Cuadro 5 Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible a Brasil 31
Cuadro 6 Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible a Brasil 31
Cuadro 7 Determinación del VAN del Proyecto en el Caso Base 32
Cuadro 8 Determinación del Porcentaje de Inversión que Equipara los VAN de cada País 32
Cuadro 9 Cálculo del VAN del Proyecto según diferentes escenarios, para el Estado Plurinacional de Bolivia y para Brasil 32
Cuadro 10 FC1: Factores socio-demográficos, población 52
Cuadro 11 FC2: Factores socio-demográficos: producción 53
Cuadro 12 FC3: Factores geofísicos y territoriales 54
Cuadro 13 Variables de producción 54
Cuadro 14 Variables de educación 56
Cuadro 15 Variables de acceso a la salud 57
Cuadro 16 Variables de vivienda 58
Cuadro 17 Variables de transporte 59
Cuadro 18 Variables de agua potable y saneamiento 60
Cuadro 19 Variables de Telecomunicaciones 61
Cuadro 20 Variables de Infraestructura Pública 62
Cuadro 21 Variables Infraestructura urbana 64
Cuadro 22 Variables de energía 65

Gráficos

Gráfico 1 VAN del Proyecto, por País, según el porcentaje de inversión 33

Recuadros

Recuadro 1 Nota 63

Diagramas

Diagrama 1 Alcances de evaluación de proyectos usando EIS en el tiempo 37
Diagrama 2 Infraestructura en espacios transnacionales de corredores emergentes 38
Diagrama 3 Actividades económicas perdidas por aplazamiento del proyecto 41
Diagrama 4 Efectos IP 50

Mapas

Mapa 1 Eje Interoceánico Central, Grupo 4: conexión Santa Cruz-Cuiabá 24

Resumen

La infraestructura económica es parte esencial del desarrollo económico y social de los países, tanto al interior de los mismos como para la integración física regional. La evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura, que involucran a dos o más países, plantea requerimientos técnicos que es preciso revisar, para dotar a los tomadores de decisiones de las herramientas más apropiadas para lograr una evaluación de mejor calidad, que ayude a optimizar la asignación de los recursos y promueva una mayor integración regional.

Este estudio ha evaluado varias metodologías de análisis aplicables a la evaluación de proyectos transnacionales de inversión que resultan de interés común para dos o más países, pero que suelen estar mayoritariamente insertos en el territorio de uno de ellos.

La pregunta disparadora de este trabajo fue cómo evaluar proyectos multinacionales de modo tal que nos permita conocer los beneficios para cada una de las partes involucradas. La literatura revisada propone realizar esa asignación evaluando el proyecto desde el punto de vista de cada país involucrado, y llega a resultados que son conceptualmente sólidos y —con algunas salvedades— operativamente aplicables. En consecuencia, es posible afirmar que los proyectos transnacionales de infraestructura pueden ser evaluados con la metodología de análisis costo beneficio social.

Junto con ello, el estudio arriba a otra conclusión también importante, y es que si bien la metodología de análisis costo beneficio social es útil y es posible salvar las limitaciones que tiene, las otras metodologías revisadas actúan en complemento y, en consecuencia, este trabajo aporta un menú de opciones para resolver la pregunta principal de la investigación.

Presentación

En este trabajo se busca responder a la siguiente pregunta: ¿es posible evaluar proyectos multinacionales de una manera que se puedan encontrar los beneficios para cada una de las partes involucradas?

A tales efectos, el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), acordaron evaluar tanto el estado del arte en la aplicación y elaboración de la "Evaluación Social de Proyectos", que usa el Análisis Costo Beneficio, como de diversas herramientas complementarias a dicho instrumento que recientemente han sido diseñadas con el propósito de adaptarlo y enriquecerlo para los efectos de evaluar los Proyectos Transnacionales de Infraestructura (PTI).[1] El objetivo perseguido se completa con la intención de que la evaluación de proyectos, en los casos de interés, permita identificar costos y beneficios económicos de una obra o conjunto de obras de carácter transnacional para cada uno de los países involucrados, de manera de conocer su participación en nuevas infraestructuras de integración, en términos de costos y beneficios económicos.

El telón de fondo que se despliega tras el grupo de estudios conformado lo constituyen las dificultades que surgen en el proceso de evaluación de las grandes obras de infraestructura que surgen como proyectos transnacionales, tratándose típicamente de aquellos proyectos de carácter binacional o que involucran a tres o más países. La experiencia señala que la evaluación social de proyectos ha sido un instrumento idóneo para medir y conocer el costo de las obras, pero que requiere de mejoras cuando se pretende discriminar los beneficios entre los países involucrados en su ejecución.

Las dificultades relacionadas con la discriminación de los beneficios se manifiestan con mayor fuerza cuando, a priori, una obra de infraestructura tiene beneficios claramente diferenciados entre los países vecinos, resultando más favorecido uno o más países, o incluso territorios específicos, respecto de las externalidades que se generan en los demás países involucrados o territorios del país donde se

[1] Vale la pena mencionar en este sentido, el esfuerzo que se viene haciendo en el marco de IIRSA/COSIPLAN con la aplicación de la metodología de Evaluación Ambiental y Social con Enfoque Estratégico (EASE-IIRSA) que incorpora los asuntos ambientales y sociales en la evaluación de los proyectos.

produce la ejecución del proyecto. Esta diferencia en las externalidades —positivas y negativas— debe ser considerada en la evaluación de PTI´s.

Evidentemente, la identificación de costos y beneficios en un programa de evaluación de obras de infraestructura con beneficiarios supranacionales tiene también una implicancia fuerte en las decisiones de financiamiento de tales obras. Una mejor evaluación de los efectos directos e indirectos de la ejecución de PTI´s contribuiría a una mejor definición de la estructura de financiamiento, de tal manera que no fuera sólo el país donde se determine localizar la obra de infraestructura el que aportara los recursos necesarios para su concreción.

En la perspectiva planteada, los proyectos de integración física de infraestructura, son un gran candidato para la aplicación de una visión reformulada y novedosa de la evaluación social de proyectos.

De acuerdo al estado del arte y de las prácticas asociadas a la aplicación de la evaluación social de proyectos, como instrumento de planificación, es necesario promover un mayor conocimiento y desarrollo de nuevas metodologías y técnicas de evaluación, debido al creciente interés de los gobiernos de la región por este tipo de obras de infraestructura y por algunas dificultades que implica en este ámbito la aplicación de la evaluación social de proyectos, en su concepción tradicional.

El nuevo enfoque buscado para solucionar el problema es una aproximación al tema desde lo conceptual y también desde lo aplicado; las similitudes y diferencias que se encuentren pueden ser muy útiles a la hora de avanzar en ambos campos, siendo común en diferentes áreas de conocimiento que quienes abordan un problema desde lo teórico–conceptual no tienen mucha relación con lo que hacen los *practitioners*, y viceversa.

El enfoque tradicional de la evaluación social de proyectos constituye una poderosa herramienta de evaluación de costos y beneficios totales, y sin duda ha sido perfeccionada en el tiempo para alcanzar, cada vez mejor, tales objetivos. La utilización moderna de la teoría de opciones está en el mismo camino, perfeccionando la evaluación social de proyectos, y sorteando –cuando es posible– los obstáculos que aún reconoce la metodología tradicional. Sin embargo, no está claramente respondida la pregunta acerca de si es posible usar la misma herramienta para discriminar beneficios cuando se trata de un proyecto transnacional de infraestructura, o si los intentos por aplicarla podrían constituir un forzamiento inadecuado de la misma.

En el mismo sentido, la evaluación tradicional de proyectos podría tener algunas limitaciones conceptuales y metodológicas para resolver el problema planteado por no ser tan evidente cuál es "la sociedad" respecto a la cual la evaluación es hecha, y que permite al evaluador definir el punto de vista apto para identificar los beneficios y costos relevantes. Asimismo, en un caso transnacional ¿podría "crearse" a los fines evaluativos una "sociedad supranacional" que sustituya a aquella? Y en tal caso, ¿cuántos supuestos deberían ser formulados para "crear" tal sociedad supranacional imaginaria como una herramienta para la evaluación?

Las consideraciones hechas respecto a posibles limitaciones del enfoque tradicional de la evaluación social de proyectos, derivan en la necesidad de estudiar a fondo su potencialidad, como así también analizar qué otras herramientas brinda la teoría económica a los efectos de perfeccionar la evaluación de proyectos complejos. El mayor problema de no contar con herramientas adecuadas involucra, asimismo, otros inconvenientes que dificultan la adopción de decisiones, tales como el exceso de optimismo, el facilismo, y la falta de verificación de supuestos fundamentales que podría estar asociada a una ligera o incorrecta evaluación de proyectos de infraestructura.

Por tales motivos, el objetivo del presente estudio es contribuir a la construcción de una metodología y técnicas de evaluación de proyectos supranacionales, que permitan especialmente discriminar beneficios y costos económicos entre los países, de manera clara y objetiva. Después de eso, y posiblemente como una consecuencia a analizar oportunamente, podría asociarse la distribución de la carga financiera entre los países titulares del proyecto.

A los fines expuestos, se conformó inicialmente un grupo de investigación con las Profesoras Claudia Botteon y Coloma Ferrá, de la Universidad Nacional de Cuyo (Argentina), Jorge Rivera de la

Universidad de Chile, Horacio G. Roura, de la Universidad del CEMA (Argentina), Javier Gutierrez de la Universidad Complutense de Madrid (España), Patricio Rozas Balbontín y Gordon Wilmsmeier de la DRNI-CEPAL, a quienes posteriormente se agregaron Enrique Doering de Argentina, y Mauro Gutierrez, de Perú. El proyecto estuvo bajo la dirección de Ricardo J. Sánchez, DRNI-CEPAL, Naciones Unidas.

Para mayores detalles puede también consultarse el documento preparatorio de Kogan, Sánchez y Wulff (2007): Técnicas de evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura, con discriminación de costos y beneficios.

El objetivo principal del grupo de trabajo, y de la presente publicación es responder a la siguiente pregunta: ¿es posible contar con una metodología de evaluación de proyectos de infraestructura, de carácter transnacional, que permita discriminar los costos y los beneficios del proyecto entre los países participantes de manera transparente, replicable y objetiva?

Al inicio de las tareas, se tenían pocas certezas respecto a la posibilidad de contestar positivamente la pregunta, debido a que también se pretende que las metodologías a aplicar cumplan con una relación de costo-efectividad para el cumplimiento del objetivo. Vale decir, que la aplicación de la metodología para la evaluación tenga un costo razonable en relación al valor del proyecto.

Con el desarrollo de la faena, el equipo fue reconociendo las fortalezas y debilidades de cada una de las alternativas propuestas, descartando algunas debido a los altos costos de implementación, a la vez que se iban reconociendo las limitaciones de los diferentes métodos.

Sin embargo, finalmente se pudo avanzar hacia una respuesta positiva, que resulta muy clara en el caso de proyectos viales, tal como se podrá apreciar en el desarrollo del documento. En efecto, aplicando la evaluación fundamentada en el Análisis Costo Beneficio (ACB) Social, sobre la base de un ejemplo concreto de la iniciativa IIRSA/COSIPLAN (al momento de realizar el estudio, se eligió un caso que resultaba apropiado, cual era la carretera Concepción–San Matías, perteneciente a la conexión Cuiabá-Santa Cruz del Eje Interoceánico Central), fue posible contestar la pregunta —con algunas limitaciones— arribando a un mapa de beneficios objetivamente discriminados entre los dos países intervinientes.

La conclusión a la que se arribó es que para ninguno de los dos países era conveniente afrontar el total de la inversión, una vez discriminados los beneficios. En el desarrollo del documento la aplicación de esta técnica y sus resultados puede apreciarse en los Capítulos I y II, que resultan del trabajo de los colegas Horacio G. Roura y Enrique Doering.

Después que los beneficios se asignaron a cada país, la inversión total resultaba elevada para el flujo de beneficios (económicos) que el país puede captar. De tal forma, el proyecto es conveniente para el país A si financia hasta el 87% de la inversión (valuada a sus propios precios sociales) y, para el país B, si financia hasta el 40% de la inversión (de acuerdo a sus propios precios sociales).

Con dicha conclusión, se vislumbra un espacio de negociación para ambos países, el que se extiende entre el 60% y el 87% de la inversión, para el primer país, y el 13% al 40% de la inversión, para el segundo (en cada caso, leído como porcentaje de la inversión valuada a precios sociales locales). El espacio de negociación es representado gráficamente de modo tal de facilitar la comprensión de los actores y sus correspondientes tratativas.

Por su parte, a los fines de cumplir con el requerimiento de costo-efectividad de la metodología, se utiliza una aproximación en la perspectiva del *rapid appraisal*[2]: usar una metodología conceptualmente sólida pero aplicada de manera "esquemática", a fin de lograr resultados rápidos (aunque "robustos") con un relativamente bajo requerimiento de información. En la práctica esto significa tres cosas:

- Privilegiar un modelo de simulación del proyecto que tenga relativamente bajos requerimientos de información,

[2] Asimismo, la metodología pudo aplicarse haciendo uso de un software muy popular en la evaluación de proyectos viales, el RED.

- Concentrar el análisis en aquellos beneficios, costos e inversiones más fácilmente identificables, medibles y valorables. Esto se aplica sobre todo al caso de los beneficios, pues los costos –al menos los directos– son relativamente más fáciles de calcular.
- Establecer "condiciones límite" que permitan la toma de decisiones, aunque no necesariamente ofrezcan un valor preciso.

En resumen, el trabajo demostrará aceptablemente que —apelando a técnicas y una base teórica complementaria—, el ACB Social tradicional puede aplicarse en PTIs, no sólo para determinar la bondad del proyecto sino también para asignar los costos y beneficios del mismo entre los diferentes países involucrados.

Sin embargo, aunque la aplicación práctica de ese marco teórico es factible, no está exenta de dificultades conceptuales y prácticas:

- La aplicación del método es intensiva en el uso de datos. Se requiere disponer de datos no sólo de tránsito, sino también de comercio exterior y del entorno social y económico. Estos datos no siempre existen, son accesibles o son confiables, por lo que el "número" al cual finalmente se arribe —el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto para cada país— debe ser tomado con precaución. Por ello, el análisis posterior, sensibilizando el impacto de los diferentes supuestos, es crítico.
- El marco conceptual de discriminación de beneficios entre países deja fuera ciertos efectos, que requieren de otros análisis para su asignación a los diferentes países. El marco analítico para la discriminación entre países se focaliza en los ahorros de costos del transporte de pasajeros y del transporte de carga, y de los efectos derivados en el comercio internacional. Otros efectos del proyecto, relativos, por ejemplo, a los beneficios que puede traer el mismo al mejorar la accesibilidad a la oferta educativa o de salud, o los costos por mayor contaminación debido al mayor tránsito, no son considerados de manera directa. Esto no significa que no se puedan incluir, incluso en el modelo "rápido" que utilizamos, pero sí que deben identificarse, medirse y valorarse para incluirlos en la evaluación del proyecto, y determinarse un criterio de discriminación de dichos efectos entre los países involucrados[3].
- Una aproximación "rápida" es posible y útil. Si bien los proyectos transnacionales de infraestructura requieren habitualmente elevadas inversiones, en el orden de la centena de millones de dólares, lo cual harían factible realizar minuciosos estudios de pre-inversión (que son "caros", pero que sólo implican una mínima fracción de los costos de inversión del proyecto), la realidad latinoamericana es que la financiación de la pre-inversión es siempre difícil.

Sin embargo, de la misma experiencia de investigación, y de las conclusiones de la aplicación del ACB Social ampliado, se reafirma la necesidad de mejorar la aproximación tradicional, a los efectos de perfeccionar el planteo del problema y las características técnicas de las metodologías de evaluación. Básicamente, se busca:

- ampliar la comprensión de los fenómenos relacionados a los proyectos,
- favorecer el análisis integral de los mismos,
- destacar la necesidad de abordar la evaluación como un proceso —ex-ante y ex-post—, como así también de analizar y proponer medidas de acompañamiento,

[3] Lo que queremos señalar aquí es que la metodología del análisis costo beneficio social permite perfectamente la incorporación de otros efectos aparte de los ahorros de costos y tiempo. Sin embargo, los planteos analíticos para discriminar los beneficios netos de un proyecto transnacional entre los diferentes países involucrados no consideran directamente los efectos diferentes a ahorros en costo y tiempo. El modelo RED, o cualquier otro, permite incorporar efectos sociales, ambientales, etc., pero su discriminación entre países debe hacerse de manera específica en cada caso.

- involucrar el máximo posible de las externalidades ligadas a los proyectos, como así también el más amplio espectro de efectos, tanto directos como indirectos, ya que en todos los casos es usual que el ACB los tienda a limitar,
- reconocer que los procesos económicos y sociales relacionados con los proyectos de infraestructura tienen características dinámicas que también deben ser incorporadas a la evaluación, sabiendo que la evaluación tradicional tiende a tomar en cuenta prioritariamente las estáticas.

Para atender las necesidades recién descriptas, importantes contribuciones son hechas en los Capítulos III y IV. El primero de ellos es sobre la Evaluación de Impacto de Sustentabilidad aplicada para la evaluación de PTIs, responsabilidad de Gordon Wilmsmeier; el Capítulo IV, por su parte, representa un importantísimo avance teórico para responder a la pregunta ¿Cómo mejorar la evaluación de proyectos de infraestructura?, y estuvo a cargo de Mauro Gutiérrez, Jorge Rivera y Patricio Rozas Balbontín.

El Capítulo III se refiere a la aplicación de *Sustainability Impact Assessment* (SIA) a la evaluación de PTIs. Su aproximación consiste en que las evaluaciones integradas o de sustentabilidad son aptas para analizar en detalle los efectos de proyectos de infraestructura, políticas y planes de desarrollo, decisiones de desarrollo o de política importantes o instrumentos de política. Pero, por otra parte, el SIA permite no solamente evaluar el impacto de un proyecto en un cierto momento: es principalmente un proceso permanente que se extiende hasta la terminación del proyecto. El núcleo de la metodología SIA es el *Causal Chain Analysis* (CCA), que identifica los efectos y causas, y los vínculos intermedios entre el proyecto de infraestructura (escenario) y su impacto potencial en términos económicos, sociales y medio ambientales. Una de las características fundamentales de la aplicación del SIA, es que puede funcionar como un paraguas que integra el uso de otras metodologías de evaluación, como las analizadas en el presente documento, con la finalidad de lograr un análisis más profundo.

Otro de los aspectos más destacables del SIA, en la dimensión del tiempo, es que incluye el análisis y desarrollo de medidas de acompañamiento que facilitan el seguimiento y ajuste del proyecto para mitigar los impactos negativos del mismo. Una ventaja de este análisis es de acentuar los impactos significativos de un proyecto en su relación local, regional e internacional.

El modelo del Capítulo IV vincula un conjunto de variables socio–económicas con aquellas que son propias de la infraestructura pública. A partir de las relaciones que se presentan, se pueden identificar efectos primarios y secundarios que la infraestructura tiene sobre estas componentes, cuestión que es de utilidad para determinar algunas externalidades conocidas en la literatura. Por medio de un adecuado sistema de precios, las externalidades pueden ser valoradas, por lo que finalmente este esquema puede ser de utilidad para evaluar proyectos de infraestructura de cualquier índole, dado que permite internalizar adecuadamente las externalidades que la infraestructura implica, al mismo tiempo que involucra las características dinámicas y estáticas de los proyectos.

El trabajo de investigación realizado, incluyó la recolección de la información necesaria para la aplicación de las distintas alternativas metodológicas. La información se recogió de fuentes institucionales nacionales (en los países) y también internacionales, siendo la CEPAL una de las principales fuentes consultadas. Dentro de los países, por su parte, se recurrió a las autoridades, incluyendo aquellas relacionadas con la iniciativa sub-regional IIRSA/COSIPLAN, pero también se ejecutaron varias misiones en terreno, recorriendo las trazas de las obras a evaluar en los dos países, y contactando a gobiernos y sectores civiles locales.

Una de las conclusiones importantes a destacar respecto a la información relevante para los análisis evaluativos es que existía una mayor cantidad de datos que la esperada inicialmente. Sin embargo, la información se transformó en un problema para la aplicación de las metodologías desarrolladas en el presente documento, tal como se apreciará a lo largo de los capítulos. Dicho problema, alrededor de la información, principalmente se puede ver bajo dos aspectos:

- disponibilidad o acceso a la información existente: aunque en general se logró alcanzar los datos básicos, en algunos casos el acceso a información fue impedido —bajo diversas

excusas—, especialmente cuando se trataba de aquella más avanzada o con mayor nivel de detalle;

- la calidad de la información, en cuanto a homogeneidad de los criterios de recolección y su sostenimiento en el tiempo. De tal modo, se torna difícil encontrar series de tiempo con la suficiente calidad y extensión, tal como se requieren para la aplicación de las técnicas de evaluación, al tratar de profundizar los efectos analizados (directos e indirectos), como así también la amplitud de las externalidades consideradas.

En consecuencia, aunque excede el alcance de este trabajo de investigación, el mejoramiento de los sistemas estadísticos en los países —con respecto a las variables necesarias para ejecutar acciones de evaluación de proyectos más complejos que lo habitual— es una de las tareas a plantearse hacia el futuro. Tal desafío tiene validez, tanto para cada uno de los países, como para el esfuerzo a nivel regional o sub-regional. Típicamente, debería ser la iniciativa IIRSA/COSIPLAN quien asumiera el reto del mejoramiento de los sistemas de información para la evaluación de proyectos transnacionales, en la medida que sea requerida una mayor profundización de los criterios evaluativos (mayor profundidad en la consideración de externalidades, ampliación del tipo de efectos atendidos, el avance hacia el análisis dinámico de dichos efectos, etc.).

Asimismo, es preciso destacar la necesidad de plantear las formas institucionales que asumirá la aplicación de las técnicas de evaluación de proyectos transnacionales, toda vez que –hasta el presente–, no es requerida la interacción entre los representantes de los países intervinientes en el proceso de evaluación, sino que cada país ejecuta sus propias evaluaciones.

Sin embargo, va de suyo que la intención de desarrollar y aplicar metodologías de evaluación de proyectos con discriminación de costos y beneficios implica –en sí misma– la necesidad y la conveniencia de interacción entre los organismos de evaluación de los países que se relacionan con los proyectos a evaluar.

Como se verá en los Capítulos I y II del presente documento, la técnica básica para discriminar beneficios y costos —que luego será ampliada y mejorada con los demás métodos asociados— permite lograr resultados objetivos, replicables y transparentes. Sin embargo, no es posible pensar en la aplicación abstracta de estas técnicas y de sus resultados. Por ejemplo, en el caso práctico analizado en este documento, los resultados obtenidos conforman un mapa de posibilidades que abren un espacio de negociación entre los países, que requiere una institucionalización que deberá ser estudiada para su puesta en práctica.

Finalmente, el proceso de investigación realizado, permitió lograr un avance sustancial en los objetivos planteados, principalmente por haber podido responder afirmativamente la pregunta originalmente formulada, aunque con algunas limitaciones. Las metodologías analizadas y practicadas durante la investigación[4] permiten alentar la existencia de una caja de herramientas para la evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura con discriminación objetiva, transparente y replicable de sus beneficios y costos. Ello, debido a que todos los enfoques analizados son convergentes y complementarios.

Las metodologías analizadas, dependiendo de la disponibilidad de información efectiva, permiten una profundización de la evaluación y de la inclusión de efectos directos, indirectos y una mayor gama de externalidades, al mismo tiempo que habilitan la posibilidad de incluir efectos estáticos, pero también dinámicos. Asimismo admiten la inclusión de la dimensión del tiempo, con lo cual la evaluación puede pasar de ser un hecho puntual a convertirse en un proceso de evaluación estratégica, y de acompañamiento (seguimiento y control), a través de medidas que alientan el reforzamiento de los efectos positivos como la mitigación o anulación de los efectos negativos.

[4] Aplicada a proyectos viales.

El trabajo de investigación, aquí presentado, deja abiertos varios aspectos que será necesario indagar en el futuro, especialmente las siguientes:

- la ampliación de las metodologías de evaluación a otras ramas de la infraestructura,
- analizar su aplicación hacia el financiamiento de las obras o la prorrata de los costos,
- la institucionalización de su puesta en práctica,
- la situación y el perfeccionamiento de los sistemas nacionales de inversión pública de los países para afrontar los desafíos de las metodologías presentadas,
- las formas regionales o subregionales de relación a estos efectos,
- el refinamiento de los sistemas estadísticos, especialmente los relacionados a la infraestructura
- las acciones de capacitación y progreso de las habilidades requeridas para la plena utilización de las metodologías desarrolladas.

I. Análisis costo beneficio y su aplicación a proyectos transnacionales de infraestructura

A. La creciente importancia de los proyectos transnacionales de infraestructura

Los avances tecnológicos y la creciente intercomunicación entre los países favorecen la identificación, definición y eventual ejecución de proyectos transnacionales de infraestructura (PTIs). Los países buscan vincularse con sus vecinos y con otros más remotos, influidos, también, por la creciente tendencia a buscar alianzas para negociar en la liza internacional (en particular, en temas comerciales).

A nuevos fenómenos surgen nuevos desafíos. Uno de los principales es conocer cómo se distribuyen los beneficios y costos de un PTI *entre* los diferentes países que lo emprenden o que reciben sus efectos. Y, por supuesto, entender plenamente *cuáles* son esos efectos. Este capítulo resume las propuestas teóricas de solución de esa pregunta.

B. Definición de los proyectos transnacionales de infraestructura

Los proyectos *transnacionales* de infraestructura son aquellas obras de infraestructura —comunicaciones, transporte, energía— que, de manera directa o indirecta, son impulsados y compartidos por más de un país, sea por compartir un mismo recurso, sea por conectar dos sistemas nacionales, sea porque uno de los países recibe efectos del proyecto, aunque el mismo esté ubicado en otro país.

C. El problema metodológico de la aplicación del ACB a los PTIs

El problema metodológico que introduce un PTI al tradicional análisis costo beneficio social[5] de los proyectos es el siguiente: implícito en la aplicación del ACB está el hecho de que antes de aplicarlo debe definirse la perspectiva del análisis. Es decir, debemos hacer explícito cuál punto de vista (es decir, desde el punto de vista de cuál de los actores involucrados en el proyecto) se hará la identificación, medición y –principalmente– valoración de los beneficios y costos que se utilizarán para el análisis. En particular, deberemos definir si lo evaluamos desde la óptica de los inversores (evaluación financiera o privada) o desde la sociedad en su conjunto (evaluación económica, social o societal). Ahora bien, la evaluación económica o social "tradicional" la efectuamos, en la práctica, desde una perspectiva nacional. Es decir, la "Sociedad" sobre la cual buscamos determinar los efectos del proyecto es la sociedad nacional. En proyectos de "fronteras adentro", este supuesto no afecta el análisis. Pero cuando el proyecto es un PTI la situación cambia: ¿desde la óptica de cuál de los países involucrados analizaremos el proyecto?.

D. El marco analítico de aplicación del ACB a los PTIs

1. Opciones analíticas

Para responder a la pregunta anterior tenemos dos opciones. La primera es aplicar el mismo razonamiento que se utiliza para pasar de la evaluación privada o financiera a la evaluación económica o social. Si en la primera buscamos identificar, medir y valorar las inversiones, costos y beneficios relevantes *para el inversor*, en la última buscamos aquellos que son relevantes *para toda la sociedad*, pues la idea es determinar si *a la sociedad* (que engloba al inversor privado y a otros agentes que eventualmente también se ven involucrados por el proyecto) le conviene o no el proyecto. Llevado este razonamiento a los proyectos transnacionales de infraestructura, como éstos generan efectos que **exceden a cada sociedad nacional**, deberíamos evaluarlos desde el enfoque de la **sociedad supranacional** que alberga a las diferentes sociedades involucradas en el proyecto.

Sin embargo, este enfoque genera varios problemas conceptuales y metodológicos: a) cómo definir a esa sociedad "supranacional"; b) cómo calcular los precios sociales relevantes para la misma, y c) el hecho de que efectos importantes para cada país se "perderían" en el cómputo pues al considerar una sociedad que agrupa a los países involucrados esos efectos se transformarían en meras transferencias entre actores "nacionales", y por lo tanto no deberían ser consideradas en el análisis[6].

La segunda opción es evaluar el proyecto desde el punto de vista de *cada sociedad nacional involucrada.* Esto significa que consideramos a las sociedades como actores involucrados en el proyecto, y buscamos definir qué aporta el mismo a cada uno de ellos. Esta es la opción utilizada en la poca literatura referida al tema, y la que usaremos en este trabajo.

En el desarrollo del presente estudio planteamos, entonces, que la aplicación del análisis costo-beneficio social "tradicional", desde el punto de vista de cada sociedad involucrada, es suficiente para resolver a la pregunta acerca de la distribución de costos y beneficios entre aquéllas.

[5] Entendemos por análisis costo beneficio social aquél que identifica y valora los costos y beneficios de un proyecto no desde la perspectiva del inversor privado o de otro agente económico, sino desde la perspectiva de toda la sociedad. También se conoce como ACB económico o societal.

[6] Vg., si el proyecto que comparten los países A y B lo ejecuta una empresa constructora de B, las utilidades que esa empresa gire desde A hacia B son relevantes para A, pues significan un egreso de divisas, y como tal lo consideraría la evaluación social realizada desde la perspectiva de A. Sin embargo, desde una perspectiva transnacional ese movimiento de divisas es una mera transferencia entre A y B, y por lo tanto no es relevante para el análisis.

2. Identificación y valoración de los beneficios de un proyecto transnacional de infraestructura

¿Cómo se aplica, entonces, el ACB a un proyecto transnacional de infraestructura? En este apartado resumiremos la escasa bibliografía sobre el tema, representada por Ferrá y Botteon, 2001 y 2002 y por Jenkins y Kuo, 2007. Ambos grupos de autores buscan una metodología que permita no sólo determinar la bondad del proyecto sino, sobre todo, "[…] la *alocación* [entre los países involucrados] de [los] beneficios económicos surgidos de la reducción de los costos logísticos [que genera el proyecto]." (Jenkins y Kuo, 2007: 2).

El razonamiento de ambos grupos de autores es similar, siendo en ambos casos analizados proyectos pertenecientes al sector transporte. Los beneficios de este tipo de proyectos se originan, básicamente, por la reducción de los costos logísticos, tanto para los pasajeros como para la carga[7]. Dicha reducción de costos está dada por el ahorro de tiempo y el ahorro de costos de mantenimiento de los vehículos y de consumo de combustible. Ferrá y Botteon toman en cuenta también el peaje.

Identificación de los efectos

Los efectos directos propios del transporte de pasajeros son los relacionados con el traslado de personas: ahorro del costo generalizado de viaje (CGV – tiempo y costos de operación de los vehículos), ahorro del costo de accidentes, aumento de los costos totales de operación por mayores viajes y entrada (salida) de divisas, si en el proyecto se cobra peaje y el inversor es nacional (extranjero) y los pasajeros son extranjeros (nacionales). Los efectos indirectos son los generados en las vías de transporte alternativas, que verán reducido su tránsito al aumentar el atractivo de la vía donde se realiza el proyecto.

A su vez, los efectos directos del proyecto en el transporte de carga son los siguientes: el ahorro de costos logísticos generado por el proyecto reduce la diferencia entre el precio FOB y el precio CIF, lo cual a su vez altera los precios internos del país exportador y del país importador y provoca "cambios en el consumo y la producción y divisas disponibles por el comercio" (Ferrá y Botteon, 2001: 3). El país exportador capta el aumento del precio FOB –en el supuesto de que el mercado de transporte sea competitivo– y aumenta sus exportaciones. Capta así como beneficio un mayor ingreso de divisas equivalente al ahorro de costos de transporte.

El impacto en el país importador difiere según el tipo de bien transado. Si el mismo es un transable regional (es decir, que sólo se comercia entre los países involucrados), el país importador recibe un beneficio por menor egreso de divisas, ya que el ahorro de costos de transporte se traduce en un menor precio CIF. Si el bien fuera un transable internacional (se comercia no sólo entre los países involucrados en el proyecto en análisis, sino también con terceros países), el país importador sólo cambia la composición de las importaciones, por origen, y no capta los beneficios del proyecto (la baja de costos que el proyecto impulsa no es suficiente para reducir el precio CIF).

Valoración de los Efectos

Los efectos mencionados anteriormente podemos valorarlos de la siguiente forma:

- Transporte de pasajeros:
  - Pasajeros actuales: ahorro de los CGV por la cantidad de viajes (cada pasajero equivale a un viaje).
  - Pasajeros adicionales: CGV promedio sin y con proyecto por la cantidad de viajes.
  - Ahorro de accidentes: Costo promedio por tipo de accidentes multiplicado por la reducción en la cantidad de accidentes.
  - Ahorro de externalidades negativas por viaje.

[7] También aparecen externalidades y efectos secundarios (en mercados de bienes sustitutos y complementarios al del proyecto) e indirectos.

- Transporte de carga:
  - País Exportador
  - Transables regionales o internacionales: Ingreso de divisas por mayores exportaciones: ahorro de los CGV por la cantidad de viajes de carga
  - País Importador
  - Transables internacionales: el proyecto no genera ningún efecto.
  - Transables regionales: ahorro de los CGV por la cantidad de viajes de carga.

3. Distribución de los efectos de un proyecto transnacional de infraestructura

Metodología de la distribución de los efectos

La identificación, cuantificación y valoración de los efectos del proyecto, señalada en los puntos anteriores, apunta a determinar si el mismo es conveniente o no –en términos de generación de riqueza social– para quien capta esos efectos. Tal como lo expusimos, el análisis no toma en cuenta la distribución de efectos entre cada país.

Avancemos ahora hacia la metodología para determinar esa distribución. Cabe aclarar, como ya señalamos, que la casuística es amplia. Por eso nos limitaremos a una aproximación "simple", en concordancia con el enfoque que utilizamos para la aplicación práctica. Una versión más compleja puede obtenerse en la bibliografía citada, en particular Ferrá y Botteon (2002). Así, para el país i tenemos:

- Transporte de pasajeros:
  - Pasajeros actuales: ahorro de los CGV por la cantidad de viajes correspondientes al país i.
  - Pasajeros adicionales: CGV promedio sin y con proyecto por la cantidad de viajes correspondientes al país i.
  - Ahorro de accidentes: Costo promedio por tipo de accidentes multiplicado por la reducción en la cantidad de accidentes sufridos por nacionales del país i.
  - Ahorro de externalidades negativas por viaje, correspondientes al país i.
  - Ingreso (egreso) por divisas por pago de peaje: Cantidad de viajes de extranjeros (nacionales) por el valor del peaje, en divisas, al tipo de cambio social.
- Transporte de carga:
  - Bienes no transables: Los beneficios los capta cada país.
  - Bienes transables internacionalmente: Los beneficios los capta el país exportador.
  - Bienes transables regionalmente: Los beneficios los capta el país exportador y el importador en función de las elasticidades de exportaciones e importaciones de cada uno de ellos.

La atribución de los beneficios entre los países involucrados puede hacerse según la siguiente fórmula[8]:

Fórmula 1

$$\lambda_m = \Delta P_{CIF} \Big/ \Delta COV = \frac{\varepsilon_x^S}{\varepsilon_x^S - \eta_m^D}$$

[8] Desarrollada por Jenkins y Kuo (2006), página 10 y siguientes.

Donde,

λ_m es "la proporción de los beneficios totales recibidos por los consumidores de bienes importados en el país importador" (Jenkins y Kuo, 2006: 10, traducción propia).

ΔP_{CIF} es la variación del precio CIF generada por el cambio en los costos de operación vehicular y logísticos

ΔCOV es la variación de los costos de operación vehicular y logísticos

ε^S_x es la elasticidad precio de las exportaciones en el país exportador y

η^D_m es la elasticidad precio de las importaciones en el país importador.

A su vez, las elasticidades dependen de las elasticidades de bienes importables y exportables en cada país, y de las respectivas cantidades de bienes transables ofrecidas y demandadas en el mercado interno[9].

Expliquemos un poco el sentido de λ_m. Como señalamos más arriba, en el caso de los bienes que se transan regionalmente los precios de exportación y de importación se reducen en la proporción en que disminuyen los COV. Eso genera tanto un aumento de exportaciones en el país exportador como de importaciones en el importador, tal como se muestra en el artículo en referencia.

Los beneficios que deriva el país exportador son, como ya se mencionó, dobles: por un lado, el incremento en las divisas percibidas, al aumentar el precio FOB, valuadas al tipo de cambio social. Por otro, el aumento en las exportaciones, con el consiguiente ingreso adicional de divisas, también valuadas al tipo de cambio social.

En el caso del país importador, los beneficios surgen del ahorro de divisas que genera la baja del precio CIF, valuadas a su propio tipo de cambio social, pero compensado con el aumento de las importaciones derivado de la baja del precio CIF. Si las importaciones son muy sensibles al efecto precio, la reducción motivada por el proyecto generará un aumento significativo de las importaciones. Cuantos mayores sean las importaciones incrementales respecto a las existentes en la situación sin proyecto, el efecto (negativo para la riqueza nacional) de la salida de divisas generada por esas importaciones más compensará al efecto positivo de la baja del precio internacional y el consiguiente aumento en el consumo.

Distribución de los efectos: cooperación y conflicto

La posibilidad de discriminar beneficios entre los países involucrados en el proyecto no debe ocultar que también es necesario distribuir los costos. Más precisamente, la necesidad de discriminar cuál de los países capta los beneficios se genera en la necesidad de tener un mecanismo de asignación de los costos, en particular de la inversión inicial.

Ahora bien, la existencia de una metodología de asignación resuelve sólo parcialmente el problema. En efecto, permite decir qué beneficios y en qué porcentaje recaen en cada país, pero al no incluir la referencia a costos e inversiones *no nos dice cuál es el valor total del proyecto para cada país*. Esto no es trivial, pues puede suceder que el proyecto sea socialmente rentable para uno de los países, y no lo sea para el otro, dependiendo de qué porcentaje de la inversión debe pagar.

En efecto, el proyecto resulta conveniente para el país i si su valor actual neto es positivo, es decir, si la sumatoria de sus beneficios netos, actualizados a hoy a la tasa de descuento relevante, son superiores a la inversión:

$$VAN^i = \sum_{t=1}^{n} \frac{BN^i_t}{(1+k_i)} + I^i > 0$$

[9] Veáse Jenkins y Kuo (2006): páginas 11 y 12.

adonde VAN : Valor actual neto.

BN : Beneficios netos.

I : Inversión

k : Tasa de descuento

Sin embargo, mientras el valor actual de los beneficios netos del país i ($VABN^i$) sea positivo, el VAN^i puede ser positivo tanto porque supera a la inversión *total* del proyecto como porque es mayor que la inversión que negoció realizar con el otro país involucrado. En otras palabras, dado un valor I de inversión total en el proyecto, éste puede generar para el país i un VAN positivo absoluto ($VABN^i > I_{Total}$) o relativo ($VABN^i > I^i$, donde $I^i < I_{Total}$).

Claramente, la distribución de los beneficios entre los países allana el camino a la negociación, **pero no evita la posibilidad de conflictos de interés**.

II. Aplicación práctica de la evaluación ACB social a un PTI

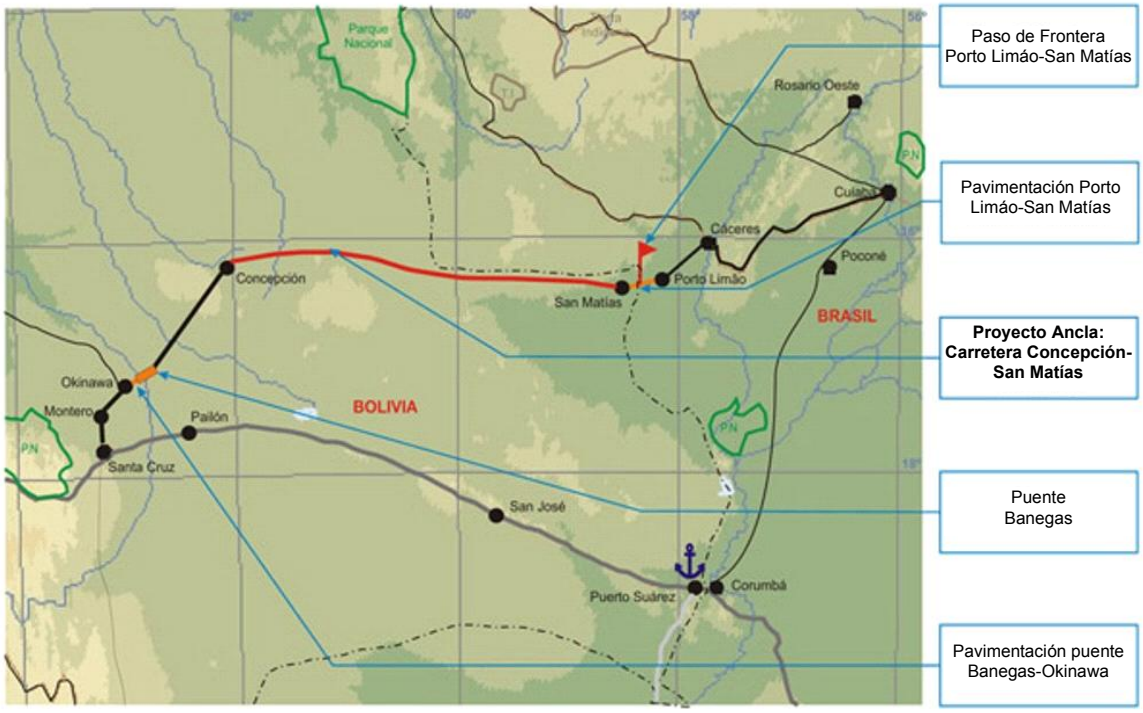
En el presente capítulo aplicaremos el marco analítico desarrollado en el capítulo anterior, para la distribución de beneficios entre países en proyectos transnacionales de infraestructura (PTIs), y lo aplicaremos a un caso real. Como sucede con el análisis costo beneficio (ACB) social, aplicado a proyectos "tradicionales" —es decir, que no son PTIs— el pasaje del modelo teórico a su aplicación práctica no es sencillo, y obliga a tomar decisiones metodológicas y a realizar supuestos que deben ser discutidos.

El objetivo principal del trabajo no ha sido evaluar el proyecto que se tomó como ejemplo, sino **probar que es posible utilizar el ACB social para discriminar beneficios entre los países involucrados**. Es decir, estamos probando la metodología más que buscando un resultado "real". En ese sentido, nos hemos tomado algunas libertades que no corresponderían en un trabajo de evaluación propiamente dicho pues se trata meramente de un ejercicio teórico.

A. Descripción del proyecto en estudio

El proyecto real en el que se aplicó la metodología del ACB social es la carretera Concepción–San Matías, que pertenece a la conexión Cuiabá– Santa Cruz, el Grupo 4 de proyectos que conforman el Eje Interoceánico Central (EIOC), según la identificación de ejes y proyectos de vinculación multinacional realizado por la Iniciativa de Integración Regional Sudamericana, IIRSA/COSIPLAN (IIRSA/COSIPLAN, 2006). Es preciso aclarar que se trabajó con las condiciones, valores y definiciones de la cartera, al momento de realizar los estudios. Aquellas podrían haber cambiado en los años posteriores. Dicha carretera era el "proyecto ancla" del grupo, razón por la cual lo seleccionamos como caso de aplicación.

Mapa 1
Eje Interoceánico Central, Grupo 4: conexión Santa Cruz-Cuiabá



Fuente: www.IIRSA/COSIPLAN.org.
Nota: Los límites y los nombres que figuran en este mapa no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

B. Decisiones metodológicas

1. Enfoque del análisis. Un *rapid appraisal*

En este caso evaluaremos el proyecto *desde el punto de vista de cada sociedad nacional*. Sin embargo, esta perspectiva unificadora no oculta el hecho de que en cada sociedad nacional actúan diferentes actores, y que esa diversidad, sumada a la variedad de fuentes de posibles beneficios y costos, da origen a una casuística muy amplia, que ha sido desarrollada con gran detalle por otros autores (en particular, por Ferrá y Botteon, 2001). Esto genera problemas de requerimientos de datos y de dificultades para hacer operativo el marco conceptual.

A fin de simplificar la aplicación de la metodología, optamos por una aproximación en la perspectiva del *rapid appraisal*: usar una metodología conceptualmente sólida pero aplicada de manera relativamente "esquemática", a fin de lograr resultados rápidos (aunque "robustos") con un relativamente bajo requerimiento de información. En la práctica esto significa tres cosas:

- Privilegiar un modelo de simulación del proyecto que tenga relativamente bajos requerimientos de información,
- Concentrar el análisis en aquellos beneficios, costos e inversiones más fácilmente identificables, medibles y valorables. Esto se aplica sobre todo al caso de los beneficios, pues los costos —al menos los directos— son relativamente más fáciles de calcular.
- Establecer "condiciones límite" que permitan la toma de decisiones, aunque no necesariamente ofrezcan un valor preciso.

El objetivo principal fue, así, mostrar una aplicación de la metodología que ofreciera un producto útil y económico para la toma de decisiones, aún a costa de cierta esquematicidad en el tratamiento.

En este tipo de proyectos, los costos *directos* (es decir, los relacionados con la construcción y el mantenimiento de las obras) son habitualmente conocidos y están sujetos a baja variabilidad. Por ello, las dificultades metodológicas y prácticas se concentran en la identificación, medición y valoración de los *beneficios*[10].

2. Proyecto analizado

Como señalamos arriba, el Grupo 4 se compone de cinco proyectos diferentes. Para simplificar el análisis y la recolección de datos, y aplicando el concepto de separabilidad de proyectos, nos hemos concentrado en un proyecto en particular: la carretera Santa Cruz-San Matías. Esta decisión la hemos tomado por dos razones: i) es el proyecto más importante del Grupo, y ii) es el que —por esa razón— requiere mayor inversión: USD 256 millones, lo que representa más del 86% del total de la inversión del Grupo. El análisis que sigue se aplica, entonces, a este proyecto.

C. Costos y beneficios considerados en el estudio

Dada la complejidad de medir y valorar algunos de los beneficios y costos reseñados arriba, para esta primera versión de la evaluación nos limitamos a incluir a los beneficios y costos asociados al transporte de pasajeros y al transporte de carga, más los costos de inversión y mantenimiento. Específicamente, en el modelo utilizado medimos y valoramos los siguientes efectos:

- Transporte de pasajeros:
  - Ahorro de tiempo;
  - Ahorro en los costos de mantenimiento y operación de los vehículos y
  - Ahorro de costos de accidentes.
- Transporte de carga:
  - Beneficios del comercio internacional derivados del ahorro de costos logísticos, según lo detallado en el capítulo I.

No hemos considerado las externalidades y otros efectos, los cuales pueden —sin embargo— calcularse exógenamente y agregarse a nuestros resultados.

D. Metodología y herramienta informática utilizada en el estudio

La evaluación del proyecto la realizamos utilizando la metodología de análisis costo - beneficio, en sus versiones privada y social. Para ello utilizamos la aplicación informática RED versión 3.2 del Banco Mundial (BM). Esta aplicación está especialmente diseñada para la evaluación de caminos que tengan las características del que estamos analizando en este estudio.

Para alimentar el modelo que subyacen en el RED hemos empleado información obtenida durante el trabajo de campo realizado en la zona del proyecto. También utilizamos datos provenientes de la base de datos ROCKS del Banco Mundial, calibrada con valores para América Latina y el Caribe, actualizada al año 2006.

[10] Obviamente, también hay un conjunto de externalidades y costos indirectos que suelen ser difíciles de medir y de valorar.

E. Definición de alternativas relevantes

Las alternativas estudiadas son las siguientes:

- Situación base: Sólo realización de tareas de mantenimiento sobre la traza actual (perfilado con reposición de grava una vez por año).
- Primera alternativa: Realización de un regraveling (enripiado y perfilado) cada 120 días, más obras complementarias de drenaje y alteo.
- Segunda alternativa: Tratamiento asfáltico estándar que incluye una serie de inversiones más importantes, tales como realizar la obra básica y drenajes adecuados que imposibilitarían la interrupción de la vía en el periodo estival y cuyo monto de inversión fue ajustado al presupuesto de IIRSA/COSIPLAN para el tramo analizado[11].
- Tercera alternativa: Obra con concreto asfáltico, apta para tránsito de carga pesada internacional, cuya inversión fue estimada en base a datos internacionales que manejan Chile y Argentina.

F. Pasos metodológicos

El análisis que efectuamos, una vez que contamos con las herramientas conceptuales, el modelo informático y los datos, consistió en lo siguiente:

Paso 1: Determinación del VAN del proyecto desde el punto de vista privado. Corrimos en el modelo RED los datos de tránsito por tipo de vehículo, costo de operación, inversiones, etcétera, a precios de mercado. Este cálculo es "ficticio", en el sentido de que no es estrictamente el que realizaría un inversor si este proyecto se tomara como estrictamente privado, sino que es una evaluación de las inversiones, costos y beneficios a precios de mercado internacional. El VAN obtenido refleja la rentabilidad que obtendría —por encima de su tasa de descuento— un inversor privado que hiciera todas las inversiones de la obra y que pudiera captar, vía flete u otro mecanismo financiero, los ahorros de costos y de tiempo que perciben los vehículos pasantes. El objetivo de este cálculo fue tener una valoración "neutra" del proyecto que —con las salvedades ya señaladas— sirviera como punto de comparación de los análisis posteriores.

Paso 2: Determinación del VAN del proyecto desde el punto de vista de cada país. Volvimos a correr la aplicación RED, esta vez con los precios sociales —expresados en dólares, e incluyendo la tasa de descuento— de cada país involucrado: Bolivia (Est. Plur. de) y Brasil. El VAN obtenido refleja los beneficios netos que el país obtendría si el proyecto se realizara en su territorio y si captara todos los beneficios.

Paso 3: Discriminación de los beneficios netos entre países. Aplicando la metodología reseñada en la parte analítica, discriminamos los beneficios netos entre ambos países, en moneda de cada país. Para ello, aparte de utilizar precios sociales,

- Analizamos datos de comercio, para determinar el porcentaje de bienes transables regional e internacionalmente que pasan por la zona del proyecto.
- Hicimos supuestos sobre el tránsito nuevo que generará el proyecto
- Hicimos supuestos sobre las elasticidades necesarias para calcular el indicador λ de Jenkins-Kuo
- Determinamos el porcentaje de vehículos bolivianos y brasileños, de todos los tipos, que pasan por la zona del proyecto.

[11] Esta alternativa es la que tomamos para los análisis posteriores.

Paso 4: *Análisis de los resultados*. En función de los pasos anteriores, establecimos algunas conclusiones que pueden guiar el proceso de decisión, incluyendo un "mapa" de las opciones posibles abiertas a cada país, en función de los valores que podrían tomar las variables clave (básicamente, el indicador λ de Jenkins-Kuo).

G. Evaluación del proyecto

Los resultados, para el caso de la Alternativa 2, que es sobre la cual centraremos el análisis por ser la más cercana al proyecto original, son los siguientes:

Cuadro 1
VAN Total del proyecto y según origen de los beneficios netos, para cada actor
(Alternativa 2)

Indicador	Inversor neutro (USD miles corrientes)	Bolivia (Est. Plur. de) (USD miles a precios sociales)	Brasil (USD miles a precios sociales)
Valor actual neto	54 162	25 232	101 314
Valor actual beneficios netos	252 137	203 281	259 581
Tráfico de pasajeros	140 277	97 415	137 468
Tráfico normal	103 382	71 360	101 390
VOC [a]	60 893	49 821	45 086
Tiempo	42 489	21 540	56 303
Tráfico generado	33 313	22 500	32 504
VOC	19 586	15 433	14 167
Tiempo	13 727	7 067	18 337
Seguridad vial	3 582	3 554	3 575
Tráfico de carga	111 860	105 866	122 113
Tráfico normal	84 593	79 461	92 559
VOC	84 381	79 171	91 650
Tiempo	0,212	0,290	0,909
Tráfico generado	25 800	24 911	28 080
VOC	25 736	24 820	27 805
Tiempo	0,065	0,091	0,274
Seguridad vial	1 466	1 494	1 474
Otros efectos	0,000	0,000	0,000
Costos de mantenimiento	6 590	6 059	5 385
Inversión inicial	-204 565	-184 108	-163 652

Fuente: Aplicación RED.
a VOC = Vehicle operating cost.

Advertimos que:

- El proyecto sería rentable para cada país, y para el inversor neutro, si cada uno de estos actores captara todos los beneficios del mismo.
- Las fuentes de valor del proyecto son tanto el ahorro para el transporte de pasajeros como las ventajas del comercio que derivan en los ahorros que se generan en el transporte de carga.
- Como la fuente de valor del proyecto es el ahorro de costos, el mismo resulta más atractivo para Brasil que para Bolivia (Est. Plur. de) porque los costos involucrados son más altos en aquel.

H. Estimación de la distribución de los beneficios netos del proyecto

1. Distribución de los beneficios netos del transporte de pasajeros

La discriminación de esos beneficios es directa. Basta determinar qué porcentaje del tránsito pasante es de nacionalidad boliviana y qué porcentaje brasileña[12]. Hecho esto, asignamos esos porcentajes a los beneficios netos derivados del ahorro de costos y de tiempo del transporte de pasajeros a cada país, *en moneda y a precios sociales de cada uno*. El resultado se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2
Valor actual de los beneficios netos derivados de las mejoras en el transporte de pasajeros
(Alternativa 2)

Concepto	Bolivia (Est. Plur. de) *(USD miles)*[a]	Brasil *(USD miles)*
Efecto total	97 415	137 468
Tráfico normal	71 360	101 390
Tráfico generado por habilitación tramo	22 500	32 504
Ahorro de accidentes	3 554	3 575
% Vehículos pasantes de cada país	70%	30%
VABN Transporte de pasajeros	68 191	41 240

Fuente: Programa RED – Corridas para Bolivia (Est. Plur. de) y Brasil.
[a] Calculado utilizando precios sociales de cada país.

En resumen, el valor actual de los beneficios netos generados por el proyecto asciende a más de **$68 millones de dólares para Bolivia (Est. Plur. de)** y a más de **$41 millones de dólares para Brasil**, calculados ambos valores a los precios sociales y a la tasa social de descuento específica de cada uno de los países.

[12] Para simplificar no consideramos el tránsito nacional de terceros países.

2. Distribución de los beneficios netos del transporte de carga

El primer paso para la discriminación de beneficios derivados del transporte de carga es analizar qué bienes transitan por el proyecto. Según datos del Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (Est. Plur. de), por la aduana de San Matías —y por el proyecto— circulan mercaderías transables por valor total de USD 16 millones, de los cuales USD 15 millones (94%) corresponden a exportaciones y USD 1 millón (6%) a importaciones. Suponemos, en base a comparar el movimiento de camiones estimado por la Asociación Boliviana de Carreteras con la estimación de cuántos camiones se requerirían para transportar el comercio internacional, que el 10% del tránsito pasante corresponde a comercio local (es decir, interno a Bolivia), y el resto, por lo tanto, a comercio internacional.

La discriminación de los efectos según el tipo de carga es la siguiente:

- Exportaciones: 85% del tránsito
  - Transables internacionales 59%
  - Transables regionales 41%
- Importaciones: 5% del tránsito
  - Transables internacionales 94%
  - Transables regionales 6%
- Comercio local: 10% del tránsito

En el cuadro 3 mostramos el efecto total generado por el tránsito de carga, medido en dólares a precios sociales bolivianos, si Bolivia captara todos los beneficios netos (Columna 1). Este beneficio neto total está discriminado por sus componentes (tráfico normal, generado y seguridad vial).

Cuadro 3
Valor actual de los beneficios netos (VABN) del proyecto
(Miles de USD, en precios sociales bolivianos)

Tránsito de carga	(1) Efecto total	(2) X 85%	(3) X int 59%	(4) X reg 41%	(5) M 5%	(6) M int 94%	(7) M reg 6%	(8) Comercio local 10%
Tráfico normal	79 461	67 224	39 662	27 562	4 291	4 033	0,257	7 946
Tráfico generado	24 911	21 075	12 434	8 641	1 345	1 264	0,081	2 491
Seguridad vial	1 494	1 264	0,746	0,518	0,081	0,076	0,005	0,149
Totales	105 866	89 563	52 842	36 721	5 717	5 374	0,343	10 587

Fuente: Programa RED.

Cada celda del cuadro 3 se obtiene multiplicando el porcentaje de tránsito por el valor total del efecto correspondiente. Por ejemplo, VA Beneficios netos tráfico normal de exportaciones de transables internacionales = $79.461 x 85% x 59% = $39.662.

El siguiente paso es determinar cuáles de los efectos corresponden a Bolivia, y cuáles a Brasil, en función del marco teórico y de los supuestos señalados. Dicha discriminación la hacemos en el cuadro 4.

Cuadro 4
Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible al Estado Plurinacional de Bolivia
(Miles de USD, precios sociales bolivianos)

Tránsito de carga	(1) Efecto total	(2) X 85%	(3) X int 59%	(4) X reg 41%	(5) M 5%	(6) M int 94%	(7) M reg 6%	(8) Comercio local 10%
Tráfico normal	79 461	67 224	39 662	27 562	4 291	4 033	0,257	7 946
Tráfico generado	24 911	21 075	12 434	8 641	1 345	1 264	0,081	2 491
Seguridad vial	1 494	1 264	0,746	0,518	0,081	0,076	0,005	0,149
Totales	105 866	89 563	52 842	36 721	5 717	5 374	0,343	10 587
Distribuidor comercio transables internacionales			100%	para Bolivia			100% para Brasil	
Distribuidor comercio transables regionales (A de Jenkins)				*37%*	*para Brasil*			*17%* *para Bolivia*
Distribuidor comercio local								Para Bolivia 100%
Bolivia (Est. Plur. de)	86 621	75 976	52 842	23 134	0,058	0,000	0,058	10 587

Fuente: Programa RED.

El valor actual de todos los beneficios netos (VABN) generados por el transporte de carga es de USD 105,866, valorizado a precios sociales de Bolivia, y sería el total de beneficios que captaría dicho país si el proyecto fuera "interno". Sin embargo, comparte esos beneficios con Brasil, de la siguiente manera:

- VABN Exportaciones de transables internacionales (col 3): USD 52,842
  - Estos beneficios los capta en su totalidad Bolivia, de modo que el ponderador es 100%. Por lo tanto, computamos **USD 52,842**
- VABN Exportaciones de transables regionales (col 4): USD 36,721
  - Estos beneficios los capta Bolivia, en la fracción $(1-\lambda_{Brasil})$, al que estimamos en λ_{Brasil}= 37%, de modo que computamos **USD 23,134**
- VABN Importaciones de transables internacionales (col 6): USD 5.374
  - Estos beneficios los capta totalmente Brasil, como país exportador, de modo que computamos para Bolivia **USD 0**
- VABN Importaciones de transables regionales (col 7): USD 0,343
  - Estos beneficios los capta Bolivia en función de su λ. Estimamos $\lambda_{Bolivia}$ = 17%, de modo que computamos **USD 0,58**
- VABN Comercio local (col 8): USD 10,587
  - Estos beneficios los capta totalmente Bolivia, de modo que computamos el total **USD 10,587**
- Total de VABN captados por Bolivia **USD 86,621**

En consecuencia, del VABN total que genera el proyecto el 82% lo apropia Bolivia, *si consideramos los supuestos establecidos*.

Por complemento, el 18% restante del VABN total los capta Brasil. Esta proporción representa USD 19,245 *en precios sociales bolivianos*. Aplicando la relación entre los precios sociales de ambos países (115%), se obtiene el valor del VABN que capta Brasil, expresado en precios sociales brasileños (cuadro 5).

Cuadro 5
Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible a Brasil
(Miles de USD, conversión de precios sociales bolivianos a precios sociales brasileños)

Tránsito de carga	(1) Efecto total	(2) X 85%	(3) X int 59%	(4) X reg 41%	(5) M 5%	(6) M int 94%	(7) M reg 6%	(8) Comercio local 10%
Bolivia (Est. Plur. de) (a precios sociales bolivianos)	86 621	75 976	52 842	23 134	0,058	0,000	0,058	10 587
Basil (a precios sociales bolivianos)	19 245	13 587	0,000	13 587	5 658	5 374	0,285	0,000
	115% conversor de precios sociales bolivianos a brasileños							
Brasil	22 199	15 672	0,000	15 672	6 527	6 198	0,328	0,000

Fuente: Programa RED.

Como mostramos en el cuadro anterior, la relación de los precios sociales brasileños a los bolivianos es 115%, de modo que el VABN del transporte de carga que Brasil capta queda en USD 22,199 miles, valorado en *precios sociales brasileños*. La discriminación de ese valor la detallamos en el cuadro 6.

Cuadro 6
Determinación del VABN del Transporte de Cargas atribuible a Brasil
(Miles de USD, precios sociales brasileños)

Tránsito de carga	(1) Efecto total	(2) X 85%	(3) X int 59%	(4) X reg 41%	(5) M 5%	(6) M int 94%	(7) M reg 6%	(8) Comercio local 10%
Tráfico normal	16 826	11 879	0,000	11 879	4 947	4 698	0,249	0,000
Tráfico generado	5 105	3 604	0,000	3 604	1 501	1 425	0,076	0,000
Seguridad vial	0,268	0,189	0,000	0,189	0,079	0,075	0,004	0,000
Totales	22 199	15 672	0,000	15 672	6 527	6 198	0,328	0,000

Fuente: Programa RED.

I. Evaluación del proyecto para cada país, considerando los beneficios netos atribuidos

El valor actual neto que el proyecto generaría para cada país depende de la inversión que haga cada uno, neta de los ahorros de costos de mantenimiento[13]. Como posible caso base supusimos que el 75% de la inversión lo hará Bolivia, y el 25% Brasil. El resultado lo mostramos en el cuadro 7. Con esa proporción de inversión, el proyecto es rentable para ambos países, aunque más atractivo para Brasil.

[13] Como señalamos, el RED calcula los flujos —y por lo tanto, los indicadores— incrementales de cada alternativa respecto a la situación base optimizada (SBO). En nuestro trabajo cualquiera de las tres alternativas genera menores costos de mantenimiento que la SBO, por lo que dicho rubro tiene valor positivo en el cálculo del VAN incremental.

Cuadro 7
Determinación del VAN del Proyecto en el Caso Base
(Miles de USD, precios sociales de cada país)

Valor Actual	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil
VABN Transporte de pasajeros	68 191	41 240
VABN Transporte de carga	81 960	27 574
Total VABN	150 151	68 815
Inversión - Costos Mantenimiento	133 537	-39 567
Inversión total	-178 050	-158 267
% Inversión	75%	25%
VAN	16 614	29 248

Fuente: Programa RED.

Si la distribución de la inversión fuera 74% para Bolivia y 26% para Brasil, como mostramos en el Cuadro 8, ambos países recibirían, al final de la vida del proyecto, una ganancia neta de USD 22,6 millones (expresada en moneda del momento inicial, de cada país).

Cuadro 8
Determinación del Porcentaje de Inversión que Equipara los VAN de cada País
(Miles de USD, precios sociales de cada país)

Valor Actual	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil
VABN Transporte de pasajeros	68 191	41 240
VABN Transporte de carga	86 621	22 199
Total VABN	154 812	63 439
Inversión - Costos Mantenimiento	-132 162	-40 789
Inversión total	-178 050	-158 267
% Inversión	74	26
VAN	22 650	22 650

Fuente: Programa RED.

Podemos también definir escenarios "de límite": i) toda la inversión financiada por Bolivia; ii) toda la inversión financiada por Brasil; iii) inversión máxima para que el VAN de Bolivia sea nulo, y iv) inversión máxima para que el VAN de Brasil sea nulo. En cada uno mostramos el valor actual de los beneficios netos según los calculamos en el punto anterior, con la inversión correspondiente. Los resultados aparecen en el cuadro 9.

Cuadro 9
Cálculo del VAN del Proyecto según diferentes escenarios, para el Estado Plurinacional de Bolivia y para Brasil
(Miles de USD, precios sociales de cada país)

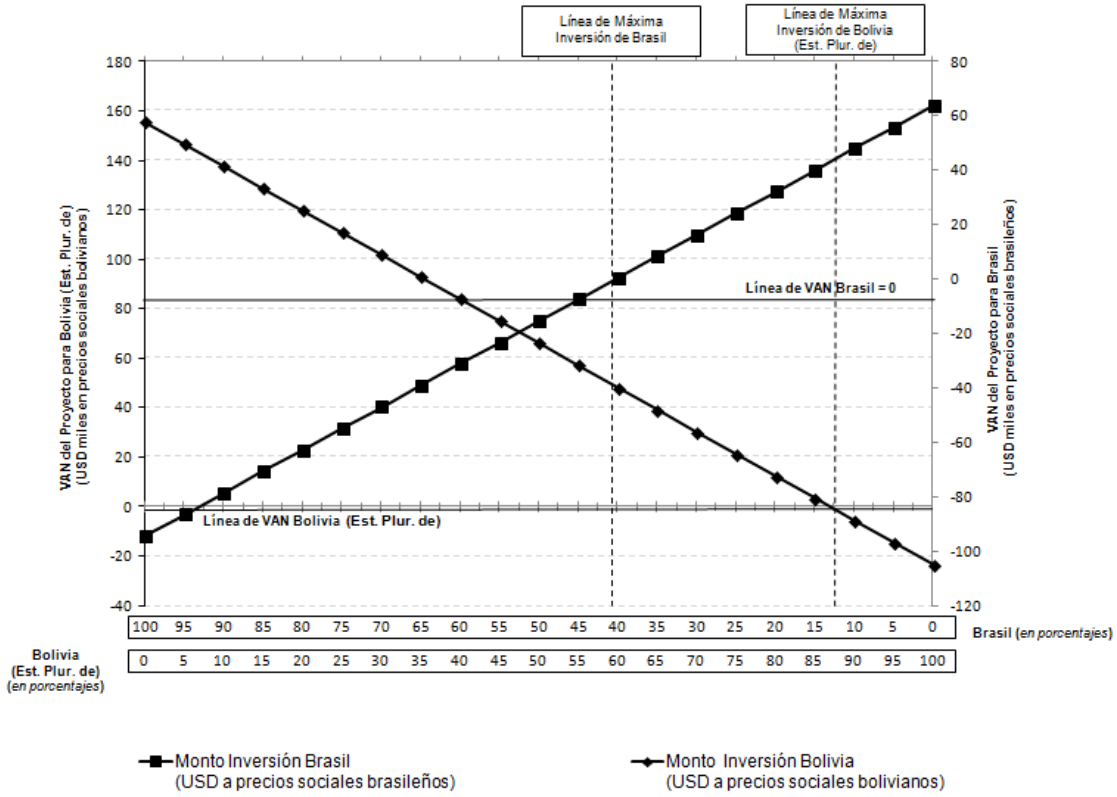
	Toda la inversión de Bolivia (Est. Plur. de)		Toda la inversión de Brasil		Bolivia con VAN = 0		Brasil con VAN = 0	
Valor actual	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil	Bolivia (Est. Plur. de)	Brasil
VABN Transporte de pasajeros	68 191	41 240	68 191	41 240	68 191	41 240	68 191	41 240
VABN Transporte de Carga	86 621	22 199	86 621	22 199	86 621	22 199	86 621	22 199
Total VABN	154 812	63 439	154 812	63 439	154 812	63 439	154 812	63 439
Inversión-Costos Mantenim.	-178 050	0,000	0,000	-158 267	-154 812	-20 656	-106 681	-63 439
Inversión total	-178 050	-158 267	-178 050	-158 267	-178 050	-158 267	-178 050	-158 267
% Inversión	100	0	0	100	87	13	60	40
VAN	-23 238	63 439	154 812	-94 828	0,000	42 783	48 131	0,000

Fuente: Programa RED.

Para ninguno de los dos países es conveniente afrontar el *total* de la inversión, *una vez discriminados los beneficios*[14]. Una vez que los beneficios se asignan a cada país, la inversión total resulta elevada para el flujo de beneficios (económicos) que el país puede captar. Así, el proyecto es conveniente para Bolivia si financia *hasta* el 87% de la inversión (valuada a sus *propios precios sociales*) y para Brasil si financia hasta el 40% de la inversión (valuada a los *precios sociales brasileños*).

De este modo, el *espacio de negociación* para ambos países se extiende entre el 60% y el 87% de la inversión, para Bolivia, y el 13% - 40% de la inversión, para Brasil (en cada caso, leído como porcentaje de la inversión valuada a precios sociales locales)[15]. Esta situación la reflejamos en el Gráfico 1:

Gráfico 1
VAN del Proyecto, por País, según el porcentaje de inversión
(En USD miles a precios sociales de cada país)



Fuente: Programa RED.

El VAN es bastante sensible a λ. Aproximadamente, una variación de 10% en la estimación del indicador varía en 10% el VAN. La sensibilidad aumenta en los valores extremos. Esto nos lleva a la indicación de que conviene invertir recursos en mejorar la estimación de las elasticidades de los productos exportables e importables. Sin embargo, para la rentabilidad total (el VAN) del proyecto es más relevante el porcentaje de inversión que cada país financia que el valor de λ. Esto es importante desde el punto de vista de la negociación, ya que – acordado un nivel de inversión aceptable para ambos países, aún cuando la diferencia entre el $\lambda_{observado}$ y λ_{real} fuera amplia cada país se beneficiaría todavía por el proyecto.

[14] En el primer análisis que realizamos el proyecto era rentable para los dos países si captaban el total de los beneficios (Cfr. Cuadro 1).
[15] Estos valores se pueden llevar fácilmente a precios "neutros", facilitando la negociación al trabajar sobre valores únicos.

III. Conceptualización de la evaluación de impacto de sustentabilidad (EIS) aplicadas a PTIs

El desarrollo del presente capítulo forma parte de un esfuerzo mayor, y se busca contribuir a la definición estratégica de los proyectos transnacionales de infraestructura (PTI); tiene como meta desarrollar metodologías para la evaluación de proyectos de integración en una región en desarrollo. El objetivo principal es desarrollar y aplicar una metodología consensuada entre los actores que ayuda a identificar y evaluar los factibles impactos de escala, sean de índole económica, social o medioambiental prevenientes de un cambio en la política o la implementación de una medida o proyecto.

El desafío es entender las interfases, interdependencias e interrelaciones que influyen sobre los costos y beneficios de un proyecto.

La integración regional en América del Sur ocurre a través de infraestructura y conlleva el gran desafío de lograr efectos positivos de forma social, económica y medio ambiental al corto y largo plazo. En el fondo, se percibe al desarrollo de infraestructura con una meta de lograr avances en el desarrollo de la región, aumentar la competitividad dentro y hacia fuera, y crear cohesión, en una región tan diversa.

No cabe duda que este desafío es amplio. Se debe reflexionar sobre cuáles son las condiciones para que el proyecto de integración regional a través de infraestructura logre sus metas. Además, se puede decir claramente que simplemente realizar un proyecto de infraestructura no garantiza una mejor integración, y unos efectos, que en su suma sean positivos. En el caso de los proyectos transnacionales de infraestructura, en una región que no cuenta con un marco político común, especialmente la distribución de beneficios y costos es un tema decisivo.

En la evaluación de un PTI, y en su realización, los tomadores de decisiones enfrentan grupos complejos de desafíos, con objetivos que son a veces contradictorios. En las iniciativas como la IIRSA/COSIPLAN se ha reconocido que los PTIs pueden y deberían contribuir al desarrollo en formas que encajan con los principios de integración y un desarrollo sustentable. Los PTIs pueden generar grandes oportunidades para el desarrollo económico y social (ej. creación de nuevos mercados, puestos de trabajo, mejor interacción fronteriza). Sin embargo, también podrían tener impactos negativos para el medio ambiente (ej. ausencia de medidas de mitigación de efectos medio ambientales por aumentos de tráfico), o impactos sociales (ej. falta de aprobación del proyecto por parte de la sociedad local, especialmente si el marco regulatorio no está preparado de forma adecuada. El desafío es, en consecuencia, maximizar los

impactos positivos y minimizar los negativos, para lo cual un proceso de evaluación continuo, y no uno puntual, es requerido.

Debido a este punto de partida de los proyectos de infraestructura transnacional surge la necesidad de buscar una herramienta para evaluar proyectos de forma holística.

La mencionada herramienta, debería tener la capacidad de:

- explorar las interrelaciones entre los proyectos de infraestructura, la integración regional y el desarrollo
- interrelacionar los efectos económicos, sociales y medio ambientales
- informar al sector político, a través de los gobiernos
- informar a las instituciones de financiamiento e inversionistas
- desarrollar medidas y potencialmente políticas adecuadas de acompañamiento
- garantizar transparencia en los procesos de integración
- y entender la interdependencia de proyectos en corredores, denominados ejes en la iniciativa IIRSA/COSIPLAN.

Tal acercamiento a primera vista parece complejo. En el actual capítulo, se presenta y explica la Evaluación de Impacto de Sustentabilidad (**EIS**), aplicada a proyectos transnacionales de infraestructura como parte de **un proceso de evaluación**. Se entiende que la aplicación de esta forma de evaluación contribuirá a una reflexión crítica de los proyectos con el resultado de ampliar la visión de la evaluación más allá del proyecto físico y para también identificar potenciales y medidas para maximizar el impacto positivo del proyecto y minimizar los impactos negativos.

La metodología propuesta se basa en experiencias en la aplicación del *Trade SIA* (*Sustainability Impact Assessment*), y el presente capítulo se propone adaptar y desarrollar la metodología existente para la aplicación a proyectos de infraestructura en el contexto de la integración y facilitación del comercio regional.

Las EIS son una forma de evaluación estratégica que sirven para analizar en detalle los efectos de proyectos de infraestructura, políticas y planes de desarrollo, decisiones de desarrollo o instrumentos de política.[16]

La diferencia del EIS, en comparación a otros conceptos tradicionales, es que adopta un acercamiento integrado que cubre los impactos económicos, medio ambientales y sociales. En forma adicional a la identificación de los impactos potenciales, el EIS evalúa *Trade-off* inmediatos y de largo plazo, y las medidas de acompañamiento que permitan fortalecer los impactos positivos y permiten mitigar los negativos.[17]

El EIS no establece una herramienta en particular para evaluar los impactos potenciales económicos, medio ambientales y sociales. El EIS permite aplicar metodologías cuali y cuantitativas, dependiendo del tipo de análisis, la tipología de los impactos y el nivel de análisis. Respecto a la modelación, a veces se ha trabajado con Equilibrio General Computado (CGE), cuando la información cuantitativa fue suficiente.[18]

El *cornerstone* de la metodología es el *Causal Chain Analysis* (CCA), el cual identifica los efectos y causas, y los vínculos intermedios entre el proyecto de infraestructura y sus impactos potenciales en términos económicos, sociales y medio ambientales.

[16] Dalal-Clayton, B. and Fieke Krikhaar, 2007.
[17] George y Kirkpatrick, 2004.
[18] Böhringer y Löschel, 2004.

La evaluación de los impactos de los PTIs en el modelo está basada en el criterio de "eficiencia y efectividad". El nivel de eficiencia está reflejado por la actuación de los indicadores de sustentabilidad. Es importante reconocer que el sistema está influido por varias dimensiones, y por la oferta y demanda.

Una pregunta clave es el nivel en el cual los precios reflejan los costos "verdaderos" y la distribución territorial en el contexto transnacional. Mientras los costos ambientales y sociales, como también los costos de manutención de la infraestructura no sean asignados, dichos costos constituyen externalidades.

Tradicionalmente se evaluó el impacto de un proyecto solamente en el espacio de su jurisdicción (nivel regional o nacional): los impactos positivos y los negativos más allá de las fronteras quedaron como una caja negra.

En la realización de PTI es importante aplicar nuevas perspectivas en la evaluación porque todos los proyectos (vínculos) individuales forman parte de una red. Sin embargo, el análisis de los proyectos individuales es necesario. Dicha evaluación se puede realizar con los instrumentos de evaluación conocidos como ABC.

Junto con la visión integrada y holística se debe avanzar hacia la inclusión de la dimensión del tiempo en la evaluación. Las metodologías tradicionales miden el impacto en un cierto punto en el tiempo (véase figura abajo) pero no ofrecen un seguimiento de la evolución de los impactos durante el ciclo de vida del proyecto.

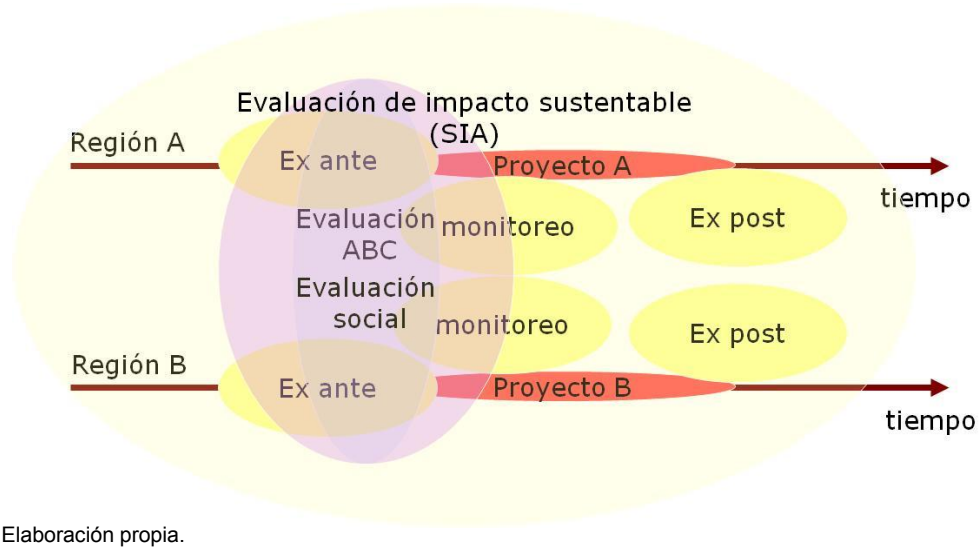
La evaluación social trabaja sobre la base de un análisis de indicadores históricos para evaluar y estimar los impactos del proyecto. Y además este análisis se basa en indicadores más allá de los económicos tomando en cuenta los sociales.

En comparación a los anteriores la evaluación del impacto sustentable (EIS) actúa como un "paraguas", reuniendo y utilizando los resultados de las evaluaciones ABC y Social. La característica de integración es uno de los puntos fuertes del EIS, porque significa una evolución gradual en la metodología y permite utilizar el conocimiento existente.

Sin embargo, el gran avance en la aplicación del EIS surge por la integración de metodologías la inserción del las tres pilares de sustentabilidad y muy importante es la única evaluación que toma en cuenta el marco regulatorio y político en los diferentes niveles (de lo local a lo internacional).

Además, el EIS desarrolla indicadores que permiten un monitoreo de los impactos durante la vida útil del proyecto y cuales permiten el análisis ex post de los impactos logrados.

Diagrama 1
Alcances de evaluación de proyectos usando EIS en el tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Reflejando la meta de integración, se propone que la evaluación debería ser realizada a tres niveles separados. Además del nivel de proyecto, en el cual las metodologías son conocidas, la evaluación debería ser realizada a nivel del eje o grupo de proyectos y a nivel político.

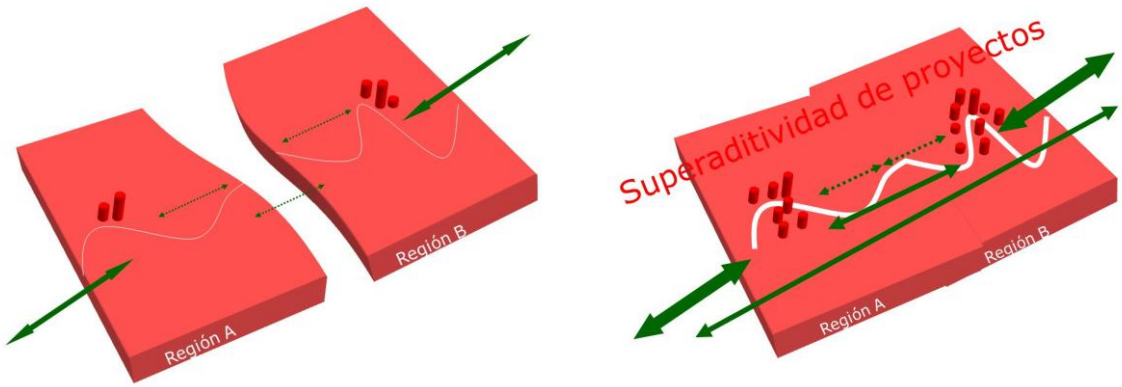
Debido a que los proyectos transnacionales tienen la función de aumentar la cohesión a nivel internacional, es importante analizar los proyectos de forma contextual. Conjuntamente, se deben examinar todos los impactos directos e indirectos para que los beneficios individuales del proyecto puedan ser analizados en combinación con los beneficios globales –la super-aditividad de proyectos– y la contribución a integración regional.

En el Diagrama 2 más abajo se muestra la situación, en un espacio transnacional, de un corredor emergente sin proyecto. En tal situación el desarrollo de las actividades se dirige principalmente hacia los nacionales. La ausencia de infraestructura (ej. transporte, cruce fronterizo, etc.) resulta en más elevados costos de transacción (ej. tiempo, transporte, información). La actividad económica es difusa, la movilidad de factores está restringida y los flujos de transito escasos.

Diagrama 2
Infraestructura en espacios transnacionales de corredores emergentes

A. Sin Proyecto

B. Realización proyectos con visión integrada y compartida



Fuente: Elaboración propia.

Bajo el concepto de un "corredor transnacional" es importante mostrar la importancia del desarrollo de proyectos de forma simultánea. El desarrollo unilateral del proyecto transnacional no permite captar los beneficios de tránsito y el desarrollo de actividad económica transnacional. Por ende, el desarrollo unilateral contribuye solamente al desarrollo hacia el interior, pero no hacia la integración transnacional. En consecuencia, se mantendrá la situación actual de integración sin cambios.

En el caso que se logre el desarrollo simultáneo de los proyectos, se pasa el punto que permite la aglomeración y el intercambio de factores que contribuye a un mayor desarrollo económico además esto sea resultado de la reducción de los costos de transacción. Además se crearán nuevas oportunidades por un mayor acceso a nuevos mercados. En conclusión, la superaditividad de proyectos establecerá un mejor potencial de desarrollo.

La discusión anterior muestra la importancia de coordinación en los PTIs y la necesidad de incluir esta dimensión en la evaluación de proyectos. La simultaneidad y el desarrollo del proyecto transnacional, como actividad concertada de dos países, dependen de forma significativa de los procesos de toma de decisiones.

En su proceso, el EIS en infraestructura trata de:

- Evaluar de forma profunda los cambios potenciales por la realización del proyecto de infraestructura en el desarrollo económico, social y medio ambiental en cada área geográfica potencialmente afectada;
- Proveer información para clarificar los *trade-offs* que surgen tanto de la infraestructura y las limitaciones económicas, etc., como también de la necesidad de políticas complementarias;
- Construir un proceso de consultas entre las entidades públicas, las instituciones involucradas y la sociedad civil;
- Mejorar el diálogo institucional y político en temas de integración regional y desarrollo sustentable;
- Dar luz acerca de cómo el proceso de integración regional (ej. IIRSA/COSIPLAN) puede contribuir a un desarrollo sustentable en la región;
- Proponer medidas de monitoreo ex-post a la realización del proyecto.

A diferencia de las metodologías más establecidas, en el EIS se considera un enfoque técnico y uno político. En primer lugar, el enfoque técnico es una herramienta para pronosticar, analizar y mitigar impactos económicos, sociales y medio ambientales potencialmente negativos, y reforzar los impactos positivos, y provee el modelo racional para la toma de decisiones.

En segundo lugar, el enfoque político permite respetar y visualizar la complejidad de los modelos de toma de decisiones, contextos institucionales y la red de los *stakeholders* involucrados. A diferencia del enfoque técnico, no está orientado a la evaluación de impactos, sino hacia el mejoramiento del proceso de toma de decisiones y el desarrollo o modificación de políticas para una difusión más equitativa de los beneficios en todos los países involucrados en el proyecto. La contextualización del marco político, en relación a los proyectos de infraestructura, toma en cuenta la gran variedad de opiniones —de los diferentes *stakeholders*— como también los marcos políticos diferentes en los países participantes.

Para la evaluación de PTIs, dicha dualidad permite evaluar los mecanismos que pueden contribuir a una difusión de beneficios más equitativa. La inclusión del enfoque político permite incluir el desarrollo de políticas adecuadas para maximizar los efectos positivos del proyecto. El enfoque político también apoya hacia la integración regional por la surgente necesidad de integrar políticas a nivel regional.

A. Riesgos en la realización de un PTI en un eje emergente

Las expectativas que entregará un proyecto como el que se está analizando son altas por parte de los gobiernos nacionales. Sin embargo hay un alto diferencial en la percepción de importancia del PTI en cada uno de los países. Solamente las metas principales a nivel de sector están definidas. El aporte a regiones menos desarrolladas y actores económicos pequeños, en cambio, no está definido. Resulta que la visión no está compartida en los diferentes niveles políticos. Por la falta de comunicación y coordinación a nivel país está ausente la integración del proyecto y la estimación del impacto en las actividades políticos locales y regionales. A nivel alto (nacional) no se reflexiona sobre los impactos en sistemas sociales a nivel local, por ejemplo, los derechos de tierra y los impactos en la adquisición de tierras para la obra y manejo de potenciales ingresos.

Por tales motivos, se deberían analizar las actividades necesarias para crear una coherencia de estrategias en los diferentes niveles territoriales y políticos para temas como:

- Medidas como manejo de recursos naturales y explotación, prevención de riesgos naturales, y prevención de riesgo de seguridad están ausentes.
- Definición explícita del desarrollo regional anticipado.
- La ausencia de coherencia en las visiones conlleva un riesgo significativo de aplazamiento del proyecto y pérdida de beneficios por la falta de integración del proyecto en el contexto local, regional incluyendo las dimensiones económicas, sociales y medio ambientales.

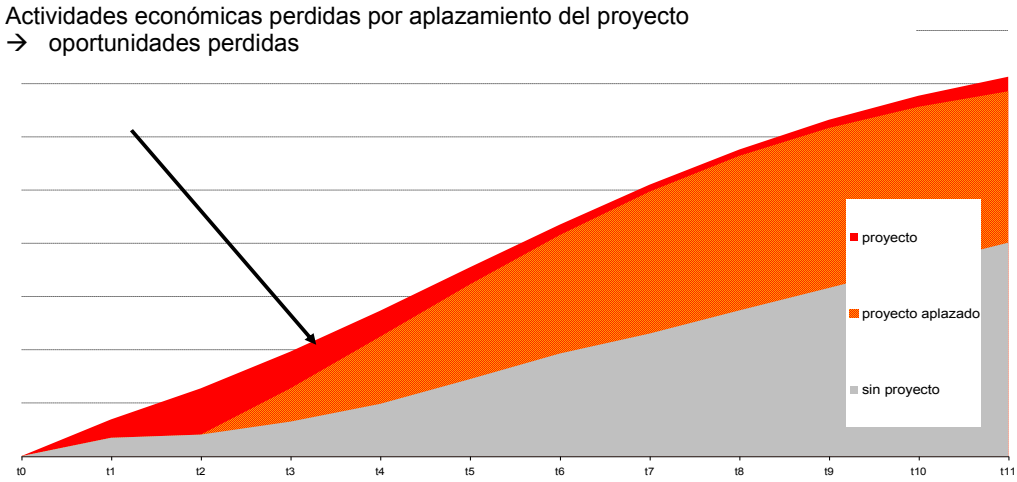
Tal riesgo se vislumbra, por ejemplo, en la actividad perdida por el aplazamiento de actividades económicas en las siguientes figuras, o sea el impacto de no tomar en cuenta las realidades locales de un proyecto y sus consecuencias en demoras y aplazamientos del inicio efectivo de las tareas. El espacio en gris muestra el aumento de la actividad económica sin proyecto. Si se realiza el proyecto como estaba previsto, la actividad económica aumenta la suma del área bajo las curvas roja, rojo-amarilla y gris. Si el proyecto se aplaza, por conflictos o diferentes motivos de origen local, la actividad económica solamente crece el volumen presentado bajo la curva en tono más claro. El volumen presentado en en tono más oscuro es igual a la actividad perdida en relación a la situación prevista. La comparación de las dos figuras muestra la diferencia si el proyecto se aplaza, por ejemplo, dos años más, que tiene como resultado un mayor impacto.

En conclusión, la evaluación debe tomar en cuenta el costo de oportunidades perdidas por ineficiencias en la realización de los proyectos. Las causas de tal aplazamiento pueden tener orígenes múltiples. En el contexto del análisis del eje emergente, el riesgo mayor surge de la falta de coherencia en la visión dentro de los países, pero también transnacionalmente.

Los costos de atraso de la terminación de la obra en la región de estudio, pueden originarse en los siguientes factores:

- Entorno ecológico, ejemplo: efectos sobre parques naturales.
- Derechos de tierra, ejemplo: adquisiciones de los terrenos.
- Incertidumbre política.
- Incoherencia entre las visiones de las entidades locales y nacionales e ausencia de un objetivo político definido a nivel nacional, regional y supranacional.
- Argumentación débil.
- Datos e información dispersa, falta de conocimiento de la totalidad de la información disponible.
- Duplicidad de datos generados por diferentes organismos.
- Falta de conocimiento sobre integración, qué es la IIRSA/COSIPLAN, cuáles son las ventajas de integración, etc.
- Visiones y percepciones (muy) limitados de los *stakeholders.*
- Ausencia de visión estratégica e integrada.
- Prejuicios tradicionales e históricos pocos fundamentados.

Diagrama 3
Actividades económicas perdidas por aplazamiento del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

B. Marco y práctica de evaluación

El EIS debe incluir procesos de consultas y participación con *stakeholders* y grupos interesados. Cuando tal tipo de consultas no es practicado, suelen existir consecuencias no deseadas que muy probablemente se hubieran evitado involucrando a todos los grupos en el proceso de toma de decisiones, a nivel de consulta.

La amplitud del ámbito y la complejidad de los problemas interconectados que se plantean en la realización de proyectos, hace que muchas veces las repercusiones sean múltiples, o incluso encontrados los objetivos. Por ejemplo, la construcción de una carretera conectando dos regiones puede crear oportunidades positivas para el crecimiento económico, para el medio ambiente y para el progreso social, pero también puede tener repercusiones negativas, en particular cuando el marco regulatorio y político interno de cada país no es el adecuado, o es insuficiente, o no se aplica.

Una evaluación amplia tipo EIS, ayuda a poner en claro todos los efectos, no solamente los relacionados con el proyecto de infraestructura. En este contexto, el EIS tiene dos finalidades principales: una **política**, pues apoya el desarrollo sostenible en la realización del proyecto, y otra **técnica**, pues se maximizan los beneficios del proyecto y se identifican los posibles cambios que el proyecto implicará para el crecimiento económico, el desarrollo social y el medio ambiente.

También se pueden examinar no sólo los efectos potenciales en el ámbito bilateral del proyecto, sino también las posibles repercusiones para terceros países.

La práctica de la evaluación tiene unos cuatro pasos:

- Diagnóstico (*Screening*),
- *Scoping*,
- Evaluación, y
- Preparación de las medidas de acompañamiento

La aplicación del EIS para proyectos de infraestructura requiere un planteamiento metodológico claro, que se desarrolla en un equilibrio entre elementos complementarios.

Evaluaciones económicas, medioambientales y sociales; por medio de una detallada investigación de antecedentes y de objetivos, el EIS proporciona una orientación bien fundada sobre los cambios que el acuerdo es susceptible de causar en los tres pilares del desarrollo sostenible.

Un proceso de consultas y de divulgación; basado en el principio de la transparencia, que garantiza la adquisición de otras valiosas aportaciones por medio de una discusión seria con una amplia serie de interesados. Este proceso también compromete a la sociedad civil, a las organizaciones internacionales y a los gobiernos de terceros países

Ambos elementos, evaluación y proceso, son igualmente esenciales y deben apoyarse mutuamente. Externamente, el proceso emplea consultores independientes que realizan las evaluaciones y dirigen el proceso de las consultas.

El marco metodológico incluye los siguientes principios claves las cuales se deben respetar durante la evaluación: Integración, sustentabilidad, especificación, responsabilidad, participación, reiteración y flexibilidad.

C. Herramientas de evaluación

El *Causal Chain Analysis* (CCA) examina los caminos causa-efecto de los impactos económicos, sociales y medio ambientales hasta las raíces de las causas. La solución de una causa inmediata más probable puede no resolver el problema, por eso afrontar la causa raíz puede resolver más que un problema.

El propósito principal del CCA es identificar los vínculos causa-efecto entre un proyecto de infraestructura y sus impactos potenciales. El concepto de CCA ha sido usado bajo diferentes nombres y en contextos varios en décadas anteriores.[19] Ha sido reconocido como muy útil en la identificación y análisis de efectos múltiples dentro de sistemas grandes y complejos.

En general, el CCA debería ser acompañado y complementado por otras herramientas de evaluación como el análisis ABC Social y otros. En primer lugar, el CCA trata de distinguir los enlaces causa-efecto significativos. Para lograr esta meta se deben formular criterios de significado, los cuales son usados para desechar los efectos menos relevantes.

El análisis se realiza siguiendo la secuencia lógica de causa a efecto. Sin embargo, la inversión de la secuencia (efecto – causa) puede ser utilizado para un chequeo cruzado con el fin de asegurar que los impactos proyectados sean explicados suficientemente.

La estructura determinada de la cadena causal presenta el modelo conceptual del proyecto y los sistemas socioeconómicos y medio ambientales por cuales se transmitan los impactos. El CCA no requiere una modelación formal estadística, aunque esto puede ser adecuado en ciertas instancias. En la mayoría de los casos, el uso de una combinación de información cuantitativa y cualitativa existente, consultas, y análisis de expertos, parece suficiente, particularmente en fases iniciales de EIS.

Para la modelación cuantitativa se puede incorporar las siguientes metodologías:

- CGE (Computable General Equilibrium), ACB, Modelos econométricos, input-output o gravedad,
- Para los casos en los cuales es necesario trabajar con una mayor preponderancia cualitativa, se puede usar la metodología Delphi o Foresight.

1. Indicadores

Los indicadores y medidas juegan un rol central en el CCA, como también en otros aspectos de evaluaciones integradas. Existen diferentes categorías de indicadores:

Indicadores de estrategia: definen los elementos del proyecto que tienen ser evaluados;

Indicadores de impacto de metas: son los indicadores principales de impactos que deben ser evaluados;

[19] La literatura describe este análisis como análisis de redes (network análisis) y análisis de causa y efecto en los años 70 y 80.

Indicadores de la cadena causal: vínculos causales intermedios cuales conectan los indicadores de estratégica con los indicadores de impacto de metas.

El desarrollo de indicadores requiere una especificación cuidadosa de metas, de los componentes principales de las estrategias y de los vínculos principales e intermediarios de la cadena causal. Es importante que los indicadores reflejen la estrategia y el contexto hasta un cierto nivel. La selección de las medidas apropiadas para encajar con estos indicadores siempre está influenciada por la disponibilidad de datos.

La metodología de EIS identifica nueve temas o indicadores esenciales, los cuales pueden ser usados como lista de chequeo: Estos son:

- Impactos económicos: ingresos reales, formación de capital fijo, empleo;
- Impactos sociales: pobreza, salud, educación y equidad;
- Impactos medio ambientales: biodiversidad, calidad medio ambiental, y reservas de recursos naturales

Junto con ellos, se deben considerar los impactos sobre el desarrollo sustentable:

- Capacidades institucionales para implementar estrategias de desarrollo sustentable.

En los proyectos de integración regional muchos proyectos individuales interactúan con otros y el resultado del desarrollo global de un *eje*, de tal manera que los impactos de un proyecto dependen de las actividades realizadas en otro. Además, la combinación global de tales efectos contribuye a un número de efectos *cross-cutting*. Para la evaluación y el análisis estructurado de los efectos de los proyectos de infraestructura y las medidas e instrumentos de política relacionados, se optó por una metodología probada en ámbitos de expertos. Estos pueden ser clasificados en cinco grupos: escala, tecnología, estructura, ubicación, y regulatorio.

- Efectos producto, relacionados con cambios en los servicios que se producen y ofrecen
- Efectos tecnológicos, relacionados con cambios en las tecnologías
- Efectos de escala, relacionados con la escala de productividad y eficiencia
- Efectos estructurales, relacionados con cambios estructurales en el transporte, tales como la composición de la industria o cambios en el nivel de producción de valor agregado
- Efectos regulatorios, relacionados con impactos en las regulaciones económicas, ambientales o sociales.

Junto con ello, se complementan los temas esenciales por el uso de indicadores de segundo grado, que identifican impactos específicos y crean la base para el subsiguiente monitoreo. Los indicadores pueden ser definidos de manera diferente para cada estudio, para realmente enfocarse en los impactos identificados.

D. Alternativas y medidas de acompañamiento

Un proceso EIS también recomienda la comparación con proyectos alternativos, como también los componentes individuales del proyecto, y las medidas alternativas relacionadas a un componente específico del proyecto. Tal comparación de las alternativas puede ser realizada de forma agregada o desagregada. El análisis ABC es un ejemplo de una herramienta que permite generar una medida singular para los impactos del proyecto previsto para un plazo largo.[20] En esta relación la mezcla del EIS y dicha metodología puede ser muy beneficiosa.

[20] Kirkpatrick y Weiss (1996).

La otra opción puede ser el análisis de criterios múltiples. La forma de organizar este análisis varía bastante y puede resultar en una complejidad alta. Pero también se usa la metodología para presentar el impacto **global**, negativo o positivo, para cada alternativa del proyecto. En ambos casos, no se produce un valor único para presentar la totalidad los impactos. La meta es simplificar los impactos de una forma que permita facilitar las consultas y la toma de decisiones.

En muchos casos el monitoreo, la evaluación y la revisión ex post son inadecuados, debido a las siguientes razones:

- Provisión difusa cuando se aprobaron las medidas relacionadas;
- Comprensión insuficiente de las cadenas causales, que complican la evaluación ex post;
- Proceso de evaluación no transparente, resultados atrasados y no integrados en el proceso de toma de decisiones.

Si el proceso de evaluación está suficientemente sólido, al mismo tiempo es posible mantener los costos del monitoreo ex post a un nivel aceptable, siempre y cuando esté asegurado que:

- El monitoreo está reducido a los impactos y puntos clave de la cadena causal.
- El nivel de monitoreo es configurado según la importancia del proyecto, y el significado de sus resultados.

La evaluación ex post está reducida a un grupo de ejemplos. En este caso es necesario de adaptar las metodologías existentes para que sean aptas de evaluar más allá del nivel de proyecto. En el fondo, deben permitir un análisis estratégico, el cual, después la identificación de diferentes impactos y la evaluación del grado de impacto de los proyectos de infraestructura, debe proveer medidas para reforzar efectos benéficos y reducir o evitar efectos adversos. Tales estrategias incluyen:

- Desarrollar respuestas políticas nacionales
- Crear capacidad institucional
- Negociar asistencia técnica.

La integración de las políticas (por ejemplo, de transporte) juega un rol importante porque la eficacia y eficiencia de las políticas existentes influye de forma importante en los resultados globales del proyecto.

IV. Reflexiones sobre efectos de la inversión en IP sobre el desarrollo y el crecimiento

Uno de los principales problemas de la evaluación del impacto de los proyectos de infraestructura sobre el crecimiento económico es su dificultad metodológica para incorporar en la determinación de costos y beneficios las denominadas "externalidades" y, muy especialmente, sus efectos retroalimentadores sobre la relación entre inversión y crecimiento, en virtud de su carácter endógeno. Más específicamente, el déficit al que se alude consiste en la dificultad que exhibe la metodología tradicional para incorporar en la evaluación de los proyectos de infraestructura el impacto sobre la relación entre inversión y crecimiento económico que tienen diversos factores socio-económicos, ambientales e institucionales presentes en el entorno espacial de su aplicabilidad. Estos factores no sólo pueden condicionar el nivel y el ritmo del crecimiento económico en dicho entorno espacial, sino, además, pueden ser parte constitutiva del crecimiento y actuar indirectamente sobre la demanda de mayores servicios de infraestructura.

Esta dificultad de la metodología convencional de la evaluación de proyectos de inversión se origina en la naturaleza unidireccional de las relaciones de causalidad que postula entre el crecimiento y sus determinantes, principalmente la inversión, haciendo caso omiso del carácter multidireccional que posee la mayoría de los fenómenos económicos.

Esta forma de definir las relaciones de causalidad asociadas con el crecimiento económico ha derivado en que la metodología aplicada a la evaluación de los proyectos tienda a obviar la incidencia de las variables socioeconómicas, ambientales e institucionales, que terminan siendo encapsuladas en los factores residuales de la ecuación básica y conceptuadas, en el mejor de los casos, con el término latino de *caeteris paribus*.

Una de las consecuencias más importantes de este déficit radica en que la metodología aplicada en el área de infraestructura puede subestimar significativamente el impacto efectivo de un proyecto de inversión sobre el crecimiento en un entorno espacial determinado, lo que incluso puede inducir decisiones erradas respecto a la viabilidad del proyecto.

En la literatura económica especializada existe un amplio consenso sobre el impacto directo en los ámbitos sociales y económicos de la inversión pública en vialidad (en adelante IPV), que se reducen a tres efectos esenciales: i) la disminución de los costos de transporte; ii) la generación de instancias de

comunicación entre actores sociales que interactúan en el territorio definido como espacio de articulación social, económica, política y cultural; y iii) localización de actividades, viviendas y usos del suelo.

Probablemente, el impacto sobre los costos de transporte es el efecto directo más conocido de la IPV sobre los sectores productivos de la economía. De hecho, la IPV puede ser considerada como un insumo tecnológico, en cuya calidad puede modificar la productividad total de los factores y los costos variables de las firmas. Por esta razón, la IPV puede tener una incidencia directa sobre la oferta de productos, ya sea porque implica aumentar las existencias o, simplemente, porque amplía la variedad de bienes en el mercado. De esta manera, es posible suponer la ocurrencia de efectos directos de la IPV sobre los precios de los bienes, el empleo y el bienestar de las personas.

Por otra parte, la IPV facilita las instancias de comunicación, debido a que reduce los costos de la movilidad y traslado de las personas, ya sea por motivos de ocio, productivos, educativos o para acceder a otros servicios. De esta manera se generan más instancias para el diálogo y el desarrollo de nuevas experiencias, o bien, la posibilidad de acceder a servicios de utilidad pública que ex ante eran restringidos por sus altos costos en tiempo y recursos.

Finalmente, en relación con la localización de actividades, la IPV facilita el asentamiento humano y la localización de sectores productivos. De esta manera, se modifica endógenamente el uso del suelo, con sus consiguientes implicancias sociales.

Probablemente, los beneficios mencionados constituyan en sí mismos razones suficientes para su consideración en el diseño de programas de desarrollo y de los planes de inversión en |infraestructura, con el propósito de mejorar el bienestar de la población. Sin embargo, aunque se disponga de una aproximación adecuada de las externalidades positivas que la IPV genera, debe tenerse presente que la cuantificación de la razón costo/beneficio asociado es, de todas formas, un problema muy complejo.

En efecto, en muchos casos tanto la demanda por infraestructura como los beneficios que ésta puede generar sobre el crecimiento y la calidad de vida de las personas, son indeterminados o no se pueden explicar por los datos históricos disponibles. En el caso de la infraestructura, una característica fundamental de la demanda es que ella se *autogenera* (o *autoinduce*) a partir de la su existencia, modificándose de esta manera los patrones históricos observados.

Usualmente el cambio endógeno en los patrones de demanda no sólo depende de la infraestructura *per se*, sino de la *escala* en que la IPV es provista. Por ejemplo, si se introducen mejoras a una carretera que conecta dos ciudades, podría ocurrir que esto implique la relocalización de actividades en ambas ciudades, estimulándose de esta manera la generación de una mayor demanda de carácter endógeno. Evidentemente, esta relocalización podría depender de la escala del proyecto, dado que los ahorros en tiempos de viaje dependen, en definitiva, del nivel final de las facilidades construidas.

Además, la IPV tiene una característica adicional que no está presente necesariamente en otros bienes públicos, cual es la presencia de retornos crecientes a escala. Por lo general, esto suele significar altos costos fijos y bajos costos marginales (comparados estos con los costos iniciales), lo que se traduce, a su vez, en costos medios decrecientes.

Para ilustrar lo anterior, consideremos la construcción de una carretera: una vez instaladas las facilidades iniciales (alto costo fijo), el costo variable de un kilómetro adicional es muy bajo en relación a los costos hundidos del proyecto inicial. Por esta razón, la pretensión de aprovechar las economías de escala puede incentivar una sobreprovisión de infraestructura, razón por la cual la planificación de la misma se hace más compleja.

En la práctica, es frecuente que las economías de escala en la provisión de infraestructura vial no son aprovechadas por el productor de la misma, generalmente el Estado. Algunas razones para ello son, por un lado, que los costos marginales son altos en términos absolutos, quedando por tanto fuera del presupuesto iniciativas que a priori resultarían razonables con presupuestos más elevados. Por otro lado, la demanda observada puede no justificar la construcción de mejores estándares, dado que la evaluación de proyectos que se ha realizado no considera los componentes endógenos ya mencionados.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que la creación de infraestructura genera pasivos contingentes, básicamente porque la conservación y mantenimiento de la misma será una necesidad en el mediano plazo (si se observan las partidas presupuestarias de la Dirección de Vialidad de Chile, los mayores montos son precisamente para los ítems mencionados), cuestión que, a su vez, incide negativamente en las inversiones. Este es un tema muy importante a considerar cada vez que se desee planificar infraestructura a gran escala, pues estos pasivos contingentes implican comprometer recursos que son crecientes con las inversiones realizadas, recursos que obviamente compiten con los otros ítems de presupuesto estatal.

Como se ha esbozado, el desaprovechamiento de las economías de escala mencionadas obedece principalmente a razones presupuestarias de corto plazo, aunque el *sobrecosto* que implica puede alcanzar grandes dimensiones en el mediano plazo, cuestión que en última instancia está vinculada a la planificación estratégica de la IPV.

Precisamente algunas constantes en casi todos los países de la región son la inadecuada planificación de la infraestructura y el enorme déficit de facilidades. En la medida que se debe responder con frecuencia a la ocurrencia de problemas que deben ser resueltos en lo inmediato, los Estados desarrollan inversiones que brindan soluciones temporales con una vida útil menor a los proyectos inicialmente considerados. De esta manera, situaciones tales como la congestión de la infraestructura producido por la estimación inadecuada o no anticipada del crecimiento de la demanda, las expropiaciones necesarias para el desarrollo de la nueva infraestructura,[21] la incursión de nuevos costos iniciales de instalación,[22] la modificación de los patrones de viaje de grandes masas humanas ya asentadas, son, entre otras, fuentes de grandes costos sociales y privados, que generalmente no son anticipados por el planificador con metodologías tradicionales de evaluación de proyectos.

Se deduce de lo antes expuesto la necesidad de mejorar los procesos de planificación de la infraestructura, con vistas a tener en cuenta las externalidades ya mencionadas, pero sobre todo con el fin de tratar de anticipar los costos futuros que podrían emerger en el sistema, que adecuadamente tratados podrían reorientar el desarrollo de cada entorno espacial y las inversiones requeridas para tal efecto.

No es superfluo señalar que la planificación de la infraestructura debe sustentarse en una adecuada cuantificación de los beneficios que la infraestructura conlleva, lo que constituye precisamente uno de los objetivos de este documento.

El método de análisis de evaluación de proyectos de infraestructura acá propuesto considera la existencia de ciertas relaciones de *endogeneidad* entre un grupo relevante de variables socioeconómicas y de inversión en infraestructura, que debidamente cuantificadas, pueden dar cuenta de efectos complementarios (valoración de externalidades) usualmente no consideradas en las evaluaciones sociales tradicionales, pero que pueden tener un alto impacto en la valoración de los proyectos.

Ejemplo de lo anterior es el hecho conocido que la infraestructura genera condiciones favorables para la localización de actividades productivas en la zona de incumbencia y ex post presenta efectos positivos en la producción y el empleo de dicha zona. Estos efectos adicionales, tanto en la producción y el empleo, generalmente no se incorporan en las evaluaciones de proyectos de infraestructura por la inexistencia de antecedentes históricos que hubiesen permitido anticipar tal cambio en la oferta de bienes.

De esta manera, en términos generales, en los esquemas tradicionales de evaluación de proyectos de infraestructura, su estimación de efectos considera diversos ítems de beneficio que están definidos sólo sobre las actividades **actuales** (como ahorros en el costo de transporte y otros) y no sobre las que **potencialmente** se podrían desarrollar como consecuencia de la nueva infraestructura.

[21] Una vez que una obra de infraestructura es desarrollada, el valor de las franjas de terreno suelen incrementarse notoriamente. De este modo, si no se planifica adecuadamente, la realización de una obra temporal o de corto plazo, puede inducir la revalorización de terrenos que posteriormente deben ser expropiados, lo que se traduce en mayores costos que deben asumir los proyectos posteriores de infraestructura.

[22] Como se ha señalado, los costos iniciales suelen ser significativamente altos.

Con el fin de estimar los efectos implícitos ya mencionados, la metodología que se propone en este documento considera la existencia de vínculos de causalidad entre todas las variables socio-económicas correspondientes al entorno espacial en cuestión, de manera tal que el efecto buscado se deriva de las estimaciones de ecuaciones simultáneas que relacionan las variables de interés, donde, en el lado derecho de las ecuaciones —variables explicativas— se consideran los antecedentes de infraestructura.

Un ejemplo para ilustrar el punto anterior, lo constituye la relación entre educación, infraestructura vial y productividad. En primer lugar, la habilitación de infraestructura vial o, en su defecto, la introducción de mejoras a la infraestructura vial existente puede aumentar el rendimiento escolar en la medida que disminuye los costos de transporte desde el lugar de residencia de los alumnos hacia el colegio y, por tanto, mejora el acceso y la cobertura de la prestación de los servicios educacionales. A la vez, estas mismas mejoras en la disponibilidad de infraestructura vial inciden directa y positivamente sobre la productividad de las firmas, debido a que reduce los costos de transporte, disminuyendo los costos totales de producción e incrementando la eficiencia, productividad y competitividad de las firmas. En el mediano y largo plazo, la mayor educación de la población residente en el entorno espacial debería traducirse en la disponibilidad de fuerza de trabajo más calificada, lo que debiera implicar nuevos incrementos de productividad de la fuerza laboral y una mayor competitividad de las firmas.

En general, en los esquemas tradicionales de evaluación de proyectos sólo el segundo efecto es calculado. Nuestra propuesta consiste, en el caso de este ejemplo, agregar a la estimación del ahorro de los costos de transporte, el efecto producido en educación (capital humano) ya mencionado y a la retroalimentación de la educación sobre la productividad, el efecto de la infraestructura en productividad tiene una doble incidencia que no había sido tomada en cuenta cuando sólo se consideraba el efecto vía ahorro de costos de transporte.

El ejemplo anterior se puede generalizar si se considera que la introducción de mejoras en las condiciones de conectividad pueden generar mejores y mayores accesos a servicios de salud, de entretenimiento y puntos focales de información, todo lo cual redunda en efectos secundarios sobre la productividad. Dado estos efectos generan, a su vez, mejores condiciones de trabajo en cuanto a salarios y oferta, que pueden tener incidencia en otras variables, como el rendimiento escolar, indicadores de salubridad, entre otros.

Como se ha indicado, este círculo virtuoso no se estima en la metodología tradicional de la evaluación de proyectos. Algunas de las razones que se han dado para explicar lo anterior son las siguientes: (i) el requisito de disponer mucha información socioeconómica y de inversión de infraestructura (*stock* de capital social) de la zona en la que potencialmente se desarrollaría la infraestructura o zonas de características similares, que normalmente no está disponible, y (ii), la complejidad de las estimaciones econométricas, que pueden llegar a ser muy técnicas y de contenido demasiado específico, no siendo el tratamiento econométrico del fenómeno de la simultaneidad y la forma en que se pueden especificar este tipo de modelos una materia de conocimiento común entre ingenieros y especialistas en evaluación de proyectos.

En forma complementaria, un tercer condicionante se relaciona con el hecho concreto de definir cuáles son las variables socioeconómicas de interés, esto dentro de la amplia gama de variables susceptibles de ser consideradas y de definir concretamente el tipo de modelo más adecuado a considerar para este efecto. En el presente documento, definimos una estrategia concreta para sistematizar el tipo de información que podría ser relevante para efectuar las estimaciones indicadas y además se especifica, una forma funcional para el sistema de ecuaciones a considerar.

La principal desventaja del esquema mencionado, viene del hecho que la cantidad y calidad de información requerida es muy abultada, razón por la cual se haría impracticable en su totalidad; sin embargo, de todas formas se pueden obtener resultados parciales a partir de la estimación de algunas de las relaciones consideradas. Bajo este supuesto de información parcial, los resultados que se obtengan pueden representar sólo un piso para los efectos deseados. Sin embargo, este piso podría en principio, marcar la diferencia para decidir realizar o no un proyecto, o para cuantificar beneficios que ex post

permitan discriminar de mejor forma la proporción de costos que corresponde a cada país cuando se trata de proyectos multinacionales.

Sobre esta última materia, en relación con la cuantificación de los costos y beneficios de proyectos de infraestructura multinacionales, debe indicarse que si las estrategias de evaluación de proyectos no toman en cuenta los beneficios inducidos de manera indirecta por los desarrollos de infraestructura, podría suceder que la repartición de tales costos a partir de los beneficios ya computados en forma tradicional sea injusta, pues estos efectos podrían tener un sesgo contra aquellos países de menor tamaño o con economías menos desarrolladas. Para ilustrar el punto anterior, imaginemos dos países, uno de los cuales es muy pequeño en relación al otro, e imaginemos que se desea hacer una carretera que está 50% en cada uno. Imaginemos además que se ha cuantificado el efecto de la infraestructura sobre el PIB de cada economía y que este valor es digamos a% para el país pequeño y b% para el grande; supongamos además que a > b, es decir, que el efecto es mayor para el país pequeño que para el grande. ¿Es acaso cierto que cada país pequeño debe aportar más que el país grande (o tal vez lo mismo) para el financiamiento de la infraestructura? La respuesta es ***no necesariamente***, ya que a% del PIB del país pequeño podría corresponder, en términos absolutos, a un valor mucho menor que el b% de PIB extra que obtiene el país grande.

Ahora bien, como porcentaje de la infraestructura total de cada país, seguramente el 50% del proyecto que reside en el país pequeño es mucho mayor que aquel valor para el país grande y, seguramente, los subsecuentes ahorros en costos de transporte perfectamente podrían ser mayores para el país pequeño que para el grande (simplemente porque la cantidad extra de infraestructura que se agrega al país pequeño es, porcentualmente, mucho mayor que aquella que se adiciona al otro país). Por esta última razón, sólo apelando al esquema basado en costos de transporte, el país pequeño debería financiar un porcentaje que seguramente es mayor que si consideramos el efecto neto de los dos impactos ya mencionados.

El **contexto** global del análisis que sigue lo constituye el estudio de Correa y Rozas (2005). En este documento los autores citados construyeron un esquema general de análisis de los fenómenos de multicausalidad y multidireccionalidad asociados a la relación entre inversión en infraestructura y desarrollo urbano mediante la inclusión de un amplio conjunto de externalidades y condicionantes que tienen incidencia ex post en su *performance*. En tal sentido, a partir del trabajo citado, el **objetivo central** de este informe es modelar formalmente (matemáticamente) las interrelaciones allí identificadas, con el fin de estimar posteriormente dichas especificaciones y cuantificar de esta manera los efectos deseados.

A. Propuesta de modelo relativo a los efectos de la inversión en IP sobre el desarrollo y el crecimiento

1. Esquema general para el análisis

En esta parte se realizará en breve análisis de las relaciones causa–efecto entre infraestructura y algunas variables socio-económicas relevantes, esto sobre la base del trabajo de Correa y Rozas ya citado. Esta labor es relevante para precisar el modelo matemático que se detalla en la parte siguiente, que en definitiva se deberá entender como una formalización del análisis general que presentaron dichos autores.

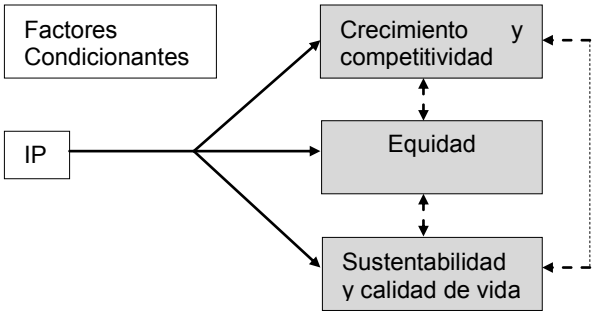
Básicamente, en la obra citada se plantea que los efectos de la infraestructura pública (en adelante IP) en variables socio-económicas debe ser considerado en un contexto multidimensional, donde además de efectos directos que se pudiesen identificar, se deben tener presente los eventuales efectos cruzados que podrían haber entre las variables mencionadas.

Además, con el fin de identificar y cuantificar estos efectos, se deben tener en cuenta lo que los autores denominan factores condicionantes, que en definitiva son variables que según sus características inciden en la cuantía y, eventualmente, en el signo de los efectos de la IP en las componentes ya identificadas.

El esquema planteado por estos autores se hace cargo de manera ordenada, sistemática y exhaustiva de los efectos de la IP en el desarrollo, entendido este en una acepción general sobre la base de lo que ellos llaman desarrollo urbano.

En términos simples, el siguiente diagrama resume el encadenamiento de variables y sus relaciones, identificando, en forma agregada, los efectos de la IP en el desarrollo económico.

Diagrama 4
Efectos IP



Fuente: Correa y Rozas (2006).

Siguiendo a Correa y Rozas, en el Diagrama 4 se ilustra el hecho que, en términos agregados, la IP tiene efectos sobre:

(a) *Competitividad* y crecimiento de la economía: se refiere al hecho que la IP tiene incidencia en la explotación de ventajas comparativas de la región o territorio, generación de ventajas competitivas, articulación de la región a SIPI (Sistema Integrado de Proyectos de Infraestructura), integración e internacionalización.

(b) *Equidad*: se refiere al hecho que la IP modifica la accesibilidad a los servicios, especialmente de los sectores de menor ingreso, vinculado esto a la cobertura (eficacia) y calidad (eficiencia) de estos hacia la población.

(c) *Sustentabilidad* y calidad de vida: se refiere a que la IP incide en el control de externalidades negativas generadas por la actividad productiva y/o normas deficientes, propendiendo así a mejorar las condiciones de vida de las personas.

En lo que sigue, los efectos recién indicados serán llamados **efectos primarios,** y las respectivas componentes de *competitividad*, *equidad* y *sustentabilidad* serán las **variables primarias**.

En el diagrama 4 se representa además el hecho que la cuantía, y signo, de los *efectos primarios* depende de los llamados **factores condicionantes**, que son definidos por el sustrato socio – económico, demográfico y político que facilita o no la concreción de las externalidades que la IP tiene sobre las variables primarias.

Finalmente, el diagrama 4 muestra que, para completar el análisis, se debe tener en cuenta el hecho que las *variables primarias* están a su vez interrelacionadas entre sí, provocándose sinergias entre las mismas. De esta manera, se puede entender la existencia de los llamados **efectos secundarios** de la IP sobre las variables de desarrollo ya mencionadas.

2. Variables: factores condicionantes

Según Correa y Rozas, los *factores condicionantes* que inciden en los efectos de la infraestructura pública sobre las componentes de las variables primarias, se pueden tipificar de la siguiente manera:

FC1: Factores sociodemográficos: población

Tamaño de la población residente
Perfil poblacional según composición etárea
Estructura de la población por género
Perfil poblacional según estructura familiar
Densidad poblacional
Natalidad
Mortalidad infantil
Mortalidad
Esperanza de vida
Migración neta

FC2: Factores socioeconómicos: producción

- Evolución de la Población Económicamente Activa (PEA)
- Evolución del empleo
- Evolución del desempleo
- Comportamiento de las remuneraciones
- Distribución del ingreso
- Pobreza

FC3: Factores geofísicos y territoriales

- Tamaño del espacio urbano
- Densidad
- Distribución del espacio territorial
- Segmentación
- Perfil geo-económico-productivo
- Localización en el territorio nacional
- Accesibilidad y conectividad
- Aspectos ambientales

Para efectos de *cuantificar* las variables a considerar en el análisis, se sigue directamente lo indicado por Correa y Rozas en el trabajo ya citado.

En todo lo que sigue, para una ciudad z, en el instante t, denotemos los factores condicionantes como:

FC_{zt}^{ij},

donde $i = 1,2,3$ denota el tipo de factor según lo siguiente:

$i=1$: factores socio-demográficos: población,

$i=2$: factores socio-demográficos: producción,

$i=3$: factores geofísicos y territoriales.

El índice j denota el indicador del respectivo factor (por ejemplo, si $i = 1$, entonces $j = 1$ denota la *variación absoluta de población residente durante el periodo considerado)*.

De esta manera, para cada una de las variables mencionadas, los siguientes cuadros resumen las variables y la nomenclatura que se utilizará en el desarrollo de este documento.

Cuadro 10
FC1: Factores socio-demográficos, población

Factor	Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Población	Tamaño de la población residente	Variación absoluta de población residente durante el período en estudio	FC^{11}
		Variación relativa de población residente durante el período en estudio	FC^{12}
		Tasa anual de variación promedio durante el período en estudio	FC^{13}
		Tasa quinquenal promedio de variación durante el período en estudio	FC^{14}
Perfil poblacional	Perfil poblacional según composición etárea	Participación porcentual de grupos etáreos en años específicos del período en estudio	FC^{15}
Perfil poblacional	Estructura de la población por género	Participación porcentual de población residente definida por género en años específicos del período en estudio	FC^{16}
Perfil poblacional	Perfil poblacional según estructura familiar	Distribución porcentual de población residente agrupada por unidad familiar básica en años específicos del período de estudio	FC^{17}
Densidad	Densidad poblacional	Número de habitantes por km2 de territorio urbano, período de estudio	FC^{18}
		Promedio de personas por hogar, período de estudio	FC^{19}
		Promedio de personas por dormitorio, período de estudio	FC^{110}
Natalidad	Tasa de natalidad	Número de nacidos vivos por cada 1000 habitantes, período de estudio	FC^{111}
Mortalidad	Mortalidad infantil	Número de defunciones de menores de un año en un determinado año por cada 1000 nacidos vivos en dicho año, período de estudio	FC^{112}
	Mortalidad	Número de defunciones por cada 1000 habitantes residentes, período de estudio	FC^{113}
Esperanza de vida	Esperanza de vida	Esperanza de vida al nacer, años seleccionados del período de estudio	FC^{114}
		Esperanza de vida de hombres al nacer, años seleccionados del período de estudio	FC^{115}
		Esperanza de vida de mujeres al nacer, años seleccionados del período de estudio	FC^{116}
Flujos migratorios	Migración neta	Tasa neta de migración (aumento o disminución por cada 1000 habitantes residentes, período de estudio	FC^{117}

Fuente: Rivera (2006).

Cuadro 11
FC2: Factores socio-demográficos: producción

Factor	Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Población Económicamente Activa (PEA)	Evolución de la PEA residente de la ciudad	Variación absoluta de PEA residente durante el período en estudio	FC^{21}
		Variación relativa de PEA residente durante el período en estudio	FC^{22}
		Tasa anual de variación promedio de PEA residente durante el período en estudio	FC^{23}
		PEA residente como porcentaje de la población total durante el período en estudio	FC^{24}
Empleo	Evolución del empleo	Variación absoluta de personas ocupadas durante el período en estudio	FC^{25}
		Variación relativa de personas ocupadas durante el período en estudio	FC^{26}
		Tasa anual promedio de variación de personas ocupadas durante el período en estudio	FC^{27}
		Personas ocupadas como porcentaje de la PEA de la ciudad durante el período en estudio	FC^{28}
		Personas ocupadas como porcentaje de la población total de la ciudad durante el período en estudio	FC^{29}
Desempleo	Evolución del desempleo	Número de desocupados (cesantes + personas que buscan trabajo por primera vez) en la ciudad durante el período en estudio	FC^{210}
		Tasa de desocupación en la ciudad durante el período en estudio	FC^{211}
Remuneraciones	Comportamiento de las remuneraciones	Índice de salarios mínimos durante el período en estudio	FC^{212}
		Remuneraciones medias en la ciudad por rama de actividad durante el período en estudio	FC^{213}
		Remuneraciones medias en la ciudad por grupo ocupacional durante el período en estudio	FC^{214}
Ingreso	Distribución del ingreso	Porcentaje del ingreso capturado por el decil más rico de la población residente en la ciudad durante el período en estudio	FC^{215}
		Porcentaje del ingreso capturado por los 5 deciles más pobres de la población residente de la ciudad durante el período en estudio	FC^{216}
		Porcentaje del ingreso capturado por el decil más pobre de la población residente de la ciudad durante el período en estudio	FC^{217}
		Relación de los porcentajes del ingreso capturados por los deciles más rico y más pobre de la población residente de la ciudad durante el período en estudio	FC^{218}
		Índice de Gini aplicado a la distribución del ingreso durante el período en estudio	FC^{219}
Pobreza	Evolución de la pobreza	Porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza durante el período en estudio	FC^{220}
		Porcentaje de la población en situación de indigencia durante el período en estudio	FC^{221}

Fuente: Rivera (2006).

Cuadro 12
FC3: Factores geofísicos y territoriales

Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Consumo de materiales para la producción y el mantenimiento del modelo urbano	FC^{31}
Consumo de energía en relación al modelo de movilidad	FC^{32}
Consumo de energía en relación a la tipología edificatoria	FC^{33}
Consumo de energía en relación a los servicios	FC^{34}
Consumo de agua en relación a las tipologías edificatorias	FC^{35}
Consumo de suelo y pérdida de suelo llano y fértil	FC^{36}
Pérdida de biodiversidad	FC^{37}
Pérdida de la capacidad de infiltración del agua. Aumento de la velocidad del agua de lluvia caída hasta llegar al mar	FC^{38}
Emisión de gases de efecto invernadero	FC^{39}
Emisión de contaminación atmosférica	FC^{310}
Complejidad	FC^{311}
Compacidad y proximidad entre los portadores de información	FC^{312}
Cohesión social	FC^{313}

Fuente: Rivera (2006).

3. Variables: competitividad y crecimiento

Respecto de las variables de **competitividad y crecimiento**, se considera el detalle presentado en el Diagrama 4 de Correa y Rozas, op.cit. Así, a partir de lo indicado, para una ciudad *z* en instante *t*, denotemos las **variables productivas** por *i=1*: *producción, i=2: consumo*, *i=3: estructura de empleo*, *i=4*: *inversión* e *i=5: empresas matrices*. Dado esto, denotemos por

$$VPRO_{zt}^{ji}$$

una componente *j* de la variable *i* considerada.

De esta manera, en el siguiente cuadro se resumen las variables a considerar.

Cuadro 13
Variables de producción

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Producción	Evolución del PIB del espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{11}$
	Variación absoluta y relativa del PIB del espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{12}$
	Tasa promedio anual de crecimiento del PIB del espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{13}$
	PIB del espacio urbano como % del PIB nacional durante el período en estudio.	$VPRO^{14}$
	PIB *per cápita* del espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{15}$
Consumo	Estructura de gasto de familias residentes en el espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{21}$
	Costo promedio diario de estadía en el espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{22}$

Cuadro 13 (conclusión)

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Estructura de empleo	Porcentaje de personas ocupadas en el espacio urbano desagregadas por actividad económica durante el período en estudio.	$VPRO^{31}$
	Porcentaje de personas ocupadas en el espacio urbano desagregadas por grupo ocupacional durante el período en estudio.	$VPRO^{32}$
Inversión	Inversión realizada en el espacio urbano en sectores de infraestructura, vivienda y servicios de utilidad pública durante el período en estudio.	$VPRO^{41}$
	Principales proyectos de inversión pública en obras de infraestructura realizados en el espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{42}$
	Principales proyectos de inversión privada en obras de infraestructura y servicios relacionados realizados en el espacio urbano durante el período en estudio.	$VPRO^{43}$
	Generación de atractivos turísticos y soporte de actividades relacionadas producidos durante el período en estudio.	$VPRO^{44}$
Empresas matrices	Número de empresas grandes y medianas con directorio y gerencia general localizados en la ciudad, años seleccionados del período en estudio.	$VPRO^{51}$
	Número de plantas de empresas grandes y medianas con directorio y gerencia general localizados en otra ciudad, años seleccionados del período en estudio.	$VPRO^{52}$

Fuente: Rivera (2006).

Complementariamente a lo anterior, se puede considerar una tipificación más detallada de la estructura productiva de la ciudad en cuestión, considerando antecedentes de *producción* y *factores* a nivel de firmas, con detalle de 3 o 4 dígitos CIIU[23]. Denotemos entonces por

$$PRODF_{fs}^{zt}$$

la **producción** de una firma *f* que participa del sector (industria) *s* (según los dígitos CIIU que se consideren), en la ciudad e instante considerado, y por

$$FACF_{fs}^{zt}$$

aquellas componentes de **factores productivos** (insumos) que dicha firma ocupa para producir la cantidad de producto ya indicada.

De esta manera, la producción de una industria *s* es simplemente la suma de $PROD_{fs}^{zt}$ sobre el índice *f* (análogo con los factores).

4. Variables: equidad

Respecto de las variables e indicadores de equidad, se considera lo detallado por Correa y Rozas, op.cit. Para estos efectos, la equidad puede ser considerada a partir de medidas sobre acceso servicios de *educación*, *salud, vivienda, servicios de transporte y saneamiento*.

En lo que sigue, para una ciudad *z* en instante *t*, denotemos por

$$EDUC_{zt}^{ij}$$

el respectivo indicador de *acceso a educación,* donde *i* corresponde a *población estudiantil* (*i=1*), *deserción escolar* (*i=2*), infraestructura educacional (*i=3*), infraestructura educacional complementaria

[23] Código Industrial Internacional Uniforme: es una estandarización que permite definir los códigos de las actividades económicas productivas. Ver http://unstats.un.org/unsd/cr/ctryreg/ctrydetail.asp?id=311

(*i=4*), mientras que *j* denota la respectiva variable dentro de los ítems mencionados (para *i =1*, entonces *j = 1* denota *población estudiantil total durante el período de análisis*).

De acuerdo a esta clasificación, notemos que las variables *i =1 y 2* dan cuenta de algunas características de la *demanda escolar*, mientras que el conjunto de variables *i = 3, 4* dan cuenta de *infraestructura escolar*.

El siguiente cuadro resume entonces lo indicado previamente.

Cuadro 14
Variables de educación

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Población estudiantil	Población estudiantil total durante el período en estudio.	$EDUC^{11}$
	Variación relativa de población estudiantil total durante el período en estudio.	$EDUC^{12}$
	Tasa anual promedio de variación de población estudiantil total durante el período en estudio.	$EDUC^{13}$
	Población estudiantil desagregada por nivel educacional durante el período en estudio.	$EDUC^{14}$
	Composición de población estudiantil total por tipo de entidad durante el período en estudio.	$EDUC^{15}$
	Composición de población estudiantil básica por tipo de entidad durante el período en estudio.	$EDUC^{16}$
	Composición de población estudiantil media por tipo de entidad durante el período en estudio.	$EDUC^{17}$
Deserción escolar	Deserción en educación básica durante el período en estudio.	$EDUC^{21}$
	Deserción en educación media durante el período en estudio.	$EDUC^{22}$
	Deserción en educación técnica durante el período en estudio.	$EDUC^{23}$
	Deserción en educación universitaria de pregrado durante el período en estudio.	$EDUC^{24}$
Infraestructura educacional	Cantidad de establecimientos de educación básica catastrados durante el período en estudio.	$EDUC^{31}$
	Cantidad de establecimientos de educación básica por tipo de entidad catastrados durante el período en estudio.	$EDUC^{32}$
	Cantidad de establecimientos de educación media catastrados durante el período en estudio.	$EDUC^{33}$
	Cantidad de establecimientos de educación media por tipo de entidad catastrados durante el período en estudio.	$EDUC^{34}$
	Cantidad de centros de formación técnica profesional registrados durante el período en estudio.	$EDUC^{35}$
	Cantidad de sedes universitarias registradas durante el período en estudio.	$EDUC^{36}$
	Cantidad de alumnos por sala en educación básica durante el período en estudio.	$EDUC^{37}$
	Cantidad de alumnos por sala en educación básica por tipo de entidad durante el período en estudio.	$EDUC^{38}$
	Cantidad de alumnos por sala en educación media durante el período en estudio.	$EDUC^{39}$
	Cantidad de alumnos por sala en educación media por tipo de entidad durante el período en estudio.	$EDUC^{310}$
Infraestructura educacional complementaria	Disponibilidad de laboratorios computacionales en establecimientos de educación básica durante el período en estudio.	$EDUC^{41}$
	Disponibilidad de laboratorios computacionales en establecimientos de educación media durante el período en estudio.	$EDUC^{42}$
	Acceso a internet en establecimientos de educación básica durante el período en estudio.	$EDUC^{43}$
	Acceso a internet en establecimientos de educación media durante el período en estudio.	$EDUC^{44}$

Fuente: Rivera (2006).

Complementario a lo anterior, consideremos un nuevo tipo de variable que dé cuenta del **desempeño escolar en la zona considerada**. Esta puede ser medido por medio de pruebas nacionales u otros que den cuenta de desempeño. Para la ciudad *z* en el instante *t*, denotemos esta medida agregada de desempeño por

$$DESESC_{zt}$$.

Un segundo grupo de variables que permite aproximar la idea de equidad se refiere a aquellas de acceso a la salud, y de indicadores globales de la misma a través de la población. Denotemos entonces por *i =1, 2, 3* el conjunto de variables: *i=1: infraestructura de salud*, *i=2: infraestructura complementaria de salud* e *i=3: indicadores de satisfacción de necesidades básicas de salud*. Sea entonces

$$SALUD_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub - ítem *j* dentro del respectivo ítem *i*, esto para la ciudad *z* en el instante *t* (ver cuadro correspondiente). El detalle de las variables es como sigue.

Cuadro 15
Variables de acceso a la salud

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Infraestructura de salud	Número de hospitales catastrados en años específicos durante el período en estudio.	$SALUD^{11}$
	Número de centros de atención primaria (consultorios) catastrados en años específicos durante el período en estudio.	$SALUD^{12}$
	Número de clínicas privadas catastradas en años específicos durante el período en estudio.	$SALUD^{13}$
	Número de centros médicos catastrados en años específicos durante el período en estudio.	$SALUD^{14}$
Infraestructura complementaria de salud	Número de camas disponibles en hospitales por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$SALUD^{21}$
	Número de camas disponibles en clínicas por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$SALUD^{22}$
	Inversión en equipos con tecnología de punta durante el período en estudio.	$SALUD^{23}$
Indicadores de satisfacción de necesidades básicas de salud	Acceso de población a Centros de Atención Primaria durante el período en estudio.	$SALUD^{31}$
	Mortalidad infantil durante el período en estudio.	$SALUD^{32}$
	Esperanza de vida por género durante el período en estudio.	$SALUD^{33}$
	Mortalidad por enfermedades infecciosas durante el período en estudio.	$SALUD^{34}$
	Número de médicos y paramédicos por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$SALUD^{35}$

Fuente: Rivera (2006).

Otro tipo de variables a considerar se relaciona con el acceso, disponibilidad y características de la vivienda en la zona considerada. Para esto, denotemos por *i =1, 2, 3, 4 l*os conjuntos de *variables infraestructura de vivienda*, *ocupación del territorio urbano, déficit habitacional* y *propiedad habitacional* respectivamente. Dado esto, sea

$$VIV_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub-ítem *j* dentro del respectivo ítem *i*, esto para la ciudad *z* en el instante *t* (ver cuadro correspondiente a vivienda). El cuadro siguiente resume las variables a considerar.

Cuadro 16
Variables de vivienda

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Infraestructura de vivienda	Cantidad de construcciones destinadas a vivienda por cada 1000 habitantes, catastradas durante el período en estudio.	VIV^{11}
	Cantidad de construcciones destinadas a vivienda por cada 1000 habitantes, por tipo, catastradas durante el período en estudio.	VIV^{12}
	Número de construcciones nuevas destinadas a vivienda por cada 1000 habitantes, construidas anualmente durante el período en estudio	VIV^{13}
	Número de construcciones nuevas destinadas a vivienda por cada 1000 habitantes, por tipo, construidas anualmente durante el período en estudio.	VIV^{14}
	Cantidad de metros cuadrados construidos, destinados a vivienda, por cada kilómetro cuadrado de espacio urbano, durante el período en estudio.	VIV^{15}
	Cantidad de metros cuadrados construidos, destinados a vivienda, por tipo, por cada kilómetro cuadrado de espacio urbano, durante el período en estudio.	VIV^{16}
Ocupación del territorio urbano	Territorio urbano ocupado habitacionalmente en años seleccionados del período en estudio	VIV^{21}
	Territorio urbano destinado a instalación de infraestructura privada en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{22}
	Territorio urbano destinado a edificios públicos en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{23}
	Territorio urbano destinado a parques y áreas verdes en años seleccionados del período de estudio.	VIV^{24}
	Territorio urbano destinado a protección de cauces y bordes costeros en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{25}
	Territorio urbano no destinado en años seleccionados durante el período en estudio.	VIV^{26}
Déficit habitacional	Número de familias por vivienda en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{31}
	Familias allegadas como porcentaje del total de familias residentes en la ciudad en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{32}
	Densidad de habitantes por dormitorio en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{33}
Propiedad habitacional	Familias propietarias de vivienda como porcentaje de familias residentes en la ciudad en años seleccionados del período en estudio.	VIV^{41}

Fuente: Rivera (2006).

En lo relativo a acceso a servicios de transporte, siguiendo el esquema de notación anterior, sea $i = 1, 2, 3$ el conjunto de variables *transporte de personas, transporte de bienes* e *indicadores de eficiencia* respectivamente. Dado esto, sea

$$TRANS_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub-ítem j dentro del respectivo ítem i, esto para la ciudad z en el instante t. D esta manera se tiene lo siguiente.

Cuadro 17
Variables de transporte

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Transporte de personas	Número de buses y taxibuses por cada 1000 habitantes de la ciudad durante el período en estudio.	$TRANS^{11}$
	Número de buses y taxibuses por cada 1000 habitantes durante el período en estudio, desagregado por sectores de la ciudad.	$TRANS^{12}$
	Número de taxis por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$TRANS^{13}$
	Número de taxis colectivos por cada 1000 habitantes de la ciudad durante el período en estudio.	$TRANS^{14}$
	Número de taxis colectivos por cada 1000 habitantes durante el período en estudio, desagregado por sectores de la ciudad.	$TRANS^{15}$
	Número de furgones escolares por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$TRANS^{16}$
	Número de autos particulares por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$TRANS^{17}$
	Tasa de motorización por hogar según nivel de ingreso familiar durante el período en estudio.	$TRANS^{18}$
	Disponibilidad de metrotren y/o de tren urbano.	$TRANS^{19}$
	Pasajeros transportados diariamente por metrotren (o tren urbano) como porcentaje de población residente durante el período en estudio.	$TRANS^{110}$
Transporte de bienes	Número de camiones por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$TRANS^{21}$
	Número de camionetas de reparto por cada 1000 habitantes durante el período en estudio.	$TRANS^{22}$
Indicadores de eficiencia	Número de accidentes de tránsito por cada 1000 vehículos durante el período en estudio.	$TRANS^{31}$
	Tiempo total promedio diario ocupado en viajes en transporte público durante el período en estudio.	$TRANS^{32}$
	Tiempo total promedio diario ocupado en viajes en transporte privado durante el período en estudio.	$TRANS^{33}$
	Distribución modal de viajes diarios en transporte público y transporte privado durante el período en estudio.	$TRANS^{34}$
	Porcentaje del ingreso familiar gastado mensualmente en transporte público.	$TRANS^{35}$
	Porcentaje del ingreso familiar gastado mensualmente en transporte privado.	$TRANS^{36}$
	Número de kilómetros de vías segregadas y exclusivas para buses del transporte público.	$TRANS^{37}$
	Distancia media de la vivienda respecto al lugar de trabajo.	$TRANS^{38}$
	Distancia media de caminata al medio de transporte público más cercano.	$TRANS^{39}$
	Estructura tarifaria del transporte público	$TRANS^{310}$

Fuente: Rivera (2006).

Finalmente, para medidas de acceso a servicios de saneamiento y agua potable,

sea i =1: cobertura de abastecimiento de agua potable, i =2: cobertura de conexión a red de servicios de saneamiento, i =3: cobertura de drenaje y encause de aguas lluvia e i = 4: subsidio al consumo de agua potable y de servicios sanitarios. Dado esto, denotemos por

$$AGUA_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub-ítem *j* dentro del respectivo ítem *i*, esto para la ciudad *z* en el instante *t.* Así, el cuadro siguiente resume lo indicado.

Cuadro 18
Variables de agua potable y saneamiento

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Cobertura de abastecimiento de agua potable	Cobertura de abastecimiento de agua potable durante el período en estudio.	$AGUA^{11}$
	Cobertura de abastecimiento de agua potable mediante conexión domiciliaria durante el período en estudio.	$AGUA^{12}$
	Cobertura de abastecimiento de agua potable mediante acceso fácil durante el período en estudio.	$AGUA^{13}$
Cobertura de conexión a red de servicios de saneamiento	Cobertura de conexión a red de alcantarillado durante el período en estudio.	$AGUA^{21}$
	Cobertura de servicios de saneamiento *in situ* durante el período en estudio.	$AGUA^{22}$
Cobertura de drenaje y encauce de aguas lluvia	Cobertura de drenaje y encauce de aguas lluvia durante el período en estudio.	$AGUA^{31}$
Subsidio al consumo de agua potable y de servicios sanitarios	Número anual de familias que acceden al subsidio al consumo de agua potable y de servicios sanitarios como porcentaje del número total de familias residentes durante el período en estudio.	$AGUA^{41}$
	Número anual de familias que acceden al subsidio al consumo de agua potable y de servicios sanitarios como porcentaje del número total de familias pobres residentes durante el período en estudio.	$AGUA^{42}$
	Monto anual total de subsidio al consumo de agua potable y de servicios sanitarios cada 1000 personas durante el período en estudio.	$AGUA^{43}$

Fuente: Rivera (2006).

5. Variables: infraestructura pública y telecomunicaciones

Para las variables de *telecomunicaciones*, se consideran definidas según Correa y Rozas. De esta manera, denotemos por

i=1: líneas telefónicas principales,

i =2: teléfonos residenciales,

i=3: teléfonos públicos,

i=4: teléfonos comerciales,

i=5: suscriptores de telefonía móvil

i=6: densidad telefónica

i=7: tráfico de telefonía fija

i=8: tráfico de telefonía móvil

i=9: acceso a Internet.

Dado esto, sea

$$TELECOM_{zt}^{ij}$$

la respectiva componente *j* de la variable *i* según el detalle que se indica en el cuadro siguiente.

Cuadro 19
Variables de Telecomunicaciones

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Líneas telefónicas principales	Cantidad de líneas telefónicas principales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{11}$
	Tasa anual de variación de cantidad de líneas telefónicas principales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{12}$
	Tasa promedio anual de crecimiento de líneas telefónicas principales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{13}$
Teléfonos residenciales	Cantidad de líneas telefónicas residenciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{21}$
	Tasa anual de variación de cantidad de líneas telefónicas residenciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{22}$
	Tasa promedio anual de crecimiento de líneas telefónicas residenciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{23}$
Teléfonos públicos	Cantidad de teléfonos públicos en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{31}$
	Tasa anual de variación de cantidad de teléfonos públicos en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{32}$
	Tasa promedio anual de crecimiento de teléfonos públicos en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{33}$
Teléfonos comerciales	Cantidad de líneas telefónicas comerciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{41}$
	Tasa anual de variación de cantidad de líneas telefónicas comerciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{42}$
	Tasa promedio anual de crecimiento de líneas telefónicas comerciales en funcionamiento en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{43}$
Suscriptores de telefonía móvil	Cantidad de suscriptores de telefonía móvil en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{51}$
	Tasa anual de variación de cantidad de suscriptores de telefonía móvil en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{52}$
	Tasa promedio anual de crecimiento de suscriptores de telefonía móvil en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{53}$
Densidad telefónica	Cantidad de líneas telefónicas principales por cada 100 habitantes.	$TELECOM^{61}$
	Cantidad de suscriptores de telefonía móvil por cada 100 habitantes.	$TELECOM^{62}$
Tráfico de telefonía fija	Tráfico de telefonía local originado en terminales fijas localizadas en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{71}$
	Tráfico de telefonía de larga distancia nacional (LDN) originado en terminales fijas localizadas en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{72}$
	Tráfico de larga distancia internacional (LDI) originado en terminales fijas localizadas en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{73}$
Tráfico de telefonía móvil	Tráfico de telefonía móvil a terminales fijas localizadas en la ciudad durante el período en estudio.	$TELECOM^{81}$
	Tráfico de telefonía móvil a terminales móviles durante el período en estudio.	$TELECOM^{82}$
Acceso a internet	Puntos de acceso a internet cada 1000 habitantes.	$TELECOM^{91}$

Fuente: Rivera (2006).

Para las variables de infraestructura pública *dura*, se considera el siguiente conjunto de variables:

i=1: infraestructura vial,

i =2: producción y distribución de agua potable,

i=3: red de alcantarillado,

i=4: tratamiento de aguas servidas,

i=5: redes de trasmisión y distribución eléctrica,

i=6: redes de trasmisión de telefonía fija,

i=7: redes de trasmisión de telefonía móvil,

i=8: terminales de medios de transporte.

Dado esto, sea

IP_{zt}^{ij}

el indicador del sub-ítem j dentro del respectivo ítem i, esto para la ciudad z en el instante t. De esta manera, las variables a considerar son las siguientes.

Cuadro 20
Variables de Infraestructura Pública

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Infraestructura vial	Evolución de la inversión en infraestructura vial en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{11}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en infraestructura vial en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{12}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en infraestructura vial en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{13}
	Inversión en infraestructura vial en la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{14}
Producción y distribución de agua potable	Evolución de la inversión en producción y distribución de agua potable en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{21}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en producción y distribución de agua potable en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{22}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en producción y distribución de agua potable en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{23}
	Inversión en producción y distribución de agua potable en la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{24}
Red de alcantarillado	Evolución de la inversión en instalación y conservación de redes de alcantarillado en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{31}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en instalación y conservación de redes de alcantarillado en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{32}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en instalación y conservación de redes de alcantarillado en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{33}
	Inversión en instalación y conservación de redes de alcantarillado en la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{34}
Tratamiento de aguas servidas	Evolución de la inversión en tratamiento de aguas servidas de la ciudad durante el período en estudio.	IP^{41}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en tratamiento de aguas servidas de la ciudad durante el período en estudio.	IP^{42}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en tratamiento de aguas servidas de la ciudad durante el período en estudio.	IP^{43}
	Inversión en tratamiento de aguas servidas de la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{44}

Cuadro 20 (conclusión)

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Redes de transmisión y distribución eléctrica	Evolución de la inversión en redes de transmisión y distribución eléctrica en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{51}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en redes de transmisión y distribución eléctrica en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{52}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en redes de transmisión y distribución eléctrica en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{53}
	Inversión en redes de transmisión y distribución eléctrica en la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{54}
Redes de transmisión de telefonía fija	Evolución de la inversión en redes de transmisión de telefonía fija en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{61}
	Variación absoluta y relativa de la inversión en redes de transmisión de telefonía fija en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{62}
	Tasa promedio anual de crecimiento de la inversión en redes de transmisión de telefonía fija en la ciudad durante el período en estudio.	IP^{63}
	Inversión en redes de transmisión de telefonía fija en la ciudad por cada 1000 habitantes residentes durante el período en estudio.	IP^{64}

Fuente: Rivera (2006).

Recuadro 1
NOTA

Sobre las variables de **infraestructura pública** que nos interesan (por ejemplo, **vialidad**), debemos distinguir entre **variables de stock** y **variables de flujo**. Las variables de stock se refieren a la cantidad física de la IP disponible en determinado momento; las variables de flujo corresponden a los cambios de stock. Por esta razón, una variable de flujo depende del cambio en sí de la IP existente, pero además de las inversiones que se hagan con vistas a generar nueva IP. Las variables de stock se definen, por ejemplo, como kilómetros de rutas, kilómetros de rutas pavimentadas, con doble tratamiento, ripiadas, de tierra.

También se puede hacer referencia a un estado de calidad, por ejemplo, *bueno*, *malo* o *regular*. Si se consideran diversos tipos según lo indicado, entonces dispone de diversas infraestructuras que debe considerar por separado.

Respecto de las variables de flujo, para considerar la depreciación de la infraestructura necesitamos asumir alguna dinámica de depreciación. Por otro lado, habida cuenta que la depreciación de la IP modifica el stock en forma negativa, es claro que las *inversiones* que se hagan lo modifican positivamente.

Considerando sólo la componente vial (*i=1*), para plantear una dinámica de stock supongamos que la depreciación depende la zona en cuestión y del periodo cuando se calcula. Denotemos el factor de depreciación por δ^1_{zt}. Por otro lado, dada una inversión en IP en la zona y momento considerado, digamos INV^1_{zt}, para "convertirla" en stock debemos considerar los precios de la IP vial promedio en dicha zona. En un instante *t*, denotemos este precio para la zona *z* como p^1_{zt}. De todo lo anterior, se tiene entonces que

$$IP^1_{zt} = IP^1_{z(t-1)} \cdot (1-\delta^1_{zt}) + \frac{INV^1_{zt}}{p^1_{zt}},$$

es decir, que el stock de IP en la zona *z* en el instante *t* es igual al stock del período anterior corregido por la depreciación, más la cantidad de IP que se genera con las inversiones realizadas en el presente periodo (siempre y cuando estas se materialicen en el mismo período, caso contrario se deben considerar las inversiones del periodo anterior que definen nueva IP para el periodo siguiente).

Con lo anterior, dados los precios y las tasas de depreciación ya indicadas, se dispondrá de una medida de stock de IP para la zona y momento considerados. De todas maneras, y en afán de simplicidad, se puede evitar lo anterior asumiendo que $\delta^1_{zt} = 1$ y que $p^1_{zt} = 1$, y por lo tanto identificar stock con flujo (como es usual).

Fuente: Rivera (2006).

En complemento a lo anterior, vamos a considerar un conjunto de variables de infraestructura urbana, que efectivamente pueden incidir en el desempeño de la economía. Para esto, se consideran los siguientes índices:

- *i=1*: avenidas (kilómetros)
- *i=2*: calles (kilómetros)
- *i=3*: relación de avenidas y calles
- *i=4*: acceso a la ciudad
- *i=5*: infraestructura complementaria y accesoria a las actividades de transporte.

Dado esto, sea

$$IPURB_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub-ítem *j* dentro del respectivo ítem *i*, esto para la ciudad *z* en el instante *t* (ver cuadro anterior). Lo anterior se detalla en el cuadro siguiente.

Cuadro 21
Variables Infraestructura urbana

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Avenidas	Extensión de avenidas en kilómetros lineales en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{11}$
	Kilómetros lineales de avenidas por cada 1000 habitantes en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{12}$
Calles	Extensión de calles pavimentadas en kilómetros lineales en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{21}$
	Extensión de calles no pavimentadas en kilómetros lineales en años seleccionados durante el período en estudio.	$IPURB^{22}$
	Kilómetros lineales de calles pavimentadas como porcentaje de kilómetros lineales de calles pavimentadas y no pavimentadas en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{23}$
	Kilómetros lineales de calles pavimentadas por 1000 habitantes en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{24}$
Relación de avenidas y calles	Kilómetros lineales de calles pavimentadas y no pavimentadas como porcentaje de kilómetros lineales de avenidas en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{31}$
	Kilómetros lineales de calles pavimentadas como porcentaje de kilómetros lineales de avenidas en años seleccionados del período en estudio.	$IPURB^{32}$
Acceso a la ciudad	Vías terrestres de acceso a la ciudad.	$IPURB^{41}$
	Aeropuertos.	$IPURB^{42}$
	Puertos.	$IPURB^{43}$
Infraestructura complementaria y accesoria a las actividades de transporte	Número de semáforos por kilómetro lineal de avenidas y calles en años específicos de período en estudio.	$IPURB^{51}$
	Número de estacionamientos subterráneos públicos por 1000 automóviles en años específicos de período en estudio.	$IPURB^{52}$
	Número de estacionamientos públicos en edificios por 1000 automóviles en años específicos de período en estudio.	$IPURB^{53}$
	Cantidad de terminales de buses interurbanos en años específicos de período en estudio.	$IPURB^{54}$
	Capacidad operacional de terminales de buses interurbanos en años específicos de período en estudio.	$IPURB^{55}$
	Cantidad de centros de acopio y distribución de carga.	$IPURB^{56}$
	Capacidad operacional de centros de acopio y distribución de carga.	$IPURB^{57}$

Fuente: Rivera (2006).

6. Variables: energía

Finalmente, se considera un conjunto de variables vinculadas al sector energía que, por un lado, pueden tener incidencia en los efectos de la infraestructura sobre las variables socio – económicas y, por otro lado, por sí mismas son medidas de desarrollo. En este sentido, siguiendo a Correa y Rozas, op. cit, dado *i=1: consumo energético* e *i=2: eficiencia energética*, denotemos por

$$ENERGIA_{zt}^{ij}$$

el indicador del sub-ítem j dentro del respectivo ítem i, esto para la ciudad z en el instante t. Dado esto se tiene lo siguiente.

Cuadro 22
Variables de energía

Variable	Indicador	Nombre del Indicador/Variable
Consumo energético	Evolución del consumo total de energía de los agentes económicos residentes en la ciudad durante del período en estudio desagregado por actividad.	$ENERGIA^{11}$
	Tasa promedio de crecimiento anual del consumo total de energía de los agentes económicos residentes en la ciudad durante el período de estudio desagregado por actividad.	$ENERGIA^{12}$
	Evolución del consumo final de energía de los habitantes residentes en la ciudad durante el período de estudio.	$ENERGIA^{13}$
	Tasa promedio de crecimiento anual de consumo final de energía de los habitantes residentes en la ciudad durante el período en estudio.	$ENERGIA^{14}$
	Consumo final *per cápita* de energía durante el período en estudio.	$ENERGIA^{15}$
	Consumo final de energía diferenciado por nivel de ingreso durante el período en estudio.	$ENERGIA^{16}$
Eficiencia energética	Pérdida de transmisión y distribución de energía eléctrica como porcentaje de la energía entregada a la red durante el período en estudio.	$ENERGIA^{21}$
	Intensidad de consumo final de energía en la ciudad durante el período en estudio.	$ENERGIA^{22}$
	Intensidad de consumo de energía eléctrica durante el período de estudio.	$ENERGIA^{23}$
	Evolución de la participación porcentual de productos energéticos en el consumo final de energía durante el período en estudio.	$ENERGIA^{24}$

Fuente: Rivera (2006).

B. Modelo de efectos de IP sobre variables socio-económicas

El análisis y modelación de los efectos de la IP sobre el desarrollo económico considera positivamente la existencia de un vínculo entre el stock (inversión) de infraestructura y los valores de las respectivas componentes de las variables primarias que hemos mencionado. En esta parte y sólo para ilustrar, denotaremos las variables primarias por VP_i, con *i=1* para *competitividad*, *i=2* para *equidad* e *i =3* para *sustentabilidad*.

Como hemos indicado, el vínculo anterior es afectado por las variables de estado (*condicionantes*) que determinan en última instancia el grado de la relación existente (cuantía del efecto). En términos generales, los *factores condicionantes* pueden incidir en la relación funcional anterior de tres formas:

(i) el efecto que estos tienen sobre la variable a explicar se puede dar a través de una modificación de la **forma funcional** del vínculo existente

(ii) por el hecho que los factores condicionantes pueden **alterar sólo el nivel** del efecto, sin modificar la forma funcional propiamente tal,

(iii) una combinación de las opciones anteriores.

El supuesto (i) y (iii) es muy complejo de modelar, pues realizar estimaciones econométricas suponiendo que las formas funcionales se modifican según el nivel de las variables es un problema casi imposible de tratar.

Por el contrario, un esquema más usual y razonable, consiste en asumir que los factores condicionantes actúan sólo modificando los valores de entrada de una relación funcional que vincula *IP* con *VP*[24]. De esta manera se habla de la **forma reducida** de la relación funcional, que es una expresión del tipo:

$$VP_i = f(IP, FC)$$

es decir, donde se considera que la cuantía de la *variable primaria, VP,* depende de las variables de infraestructura pública, *IP*, pero además de los valores de los factores condicionantes[25].

En complemento a lo anterior, por simplicidad y con el fin ulterior de estimar econométricamente los efectos considerados, es usual asumir que la forma funcional anterior es una donde las respectivas **elasticidades son constantes**. De esta manera, la relación anterior tendrá, genéricamente, la siguiente forma[26]

$$VP_i = \alpha \cdot IP^{\beta} \cdot FC^{\gamma} \qquad [*]$$

Lo anterior ilustra el hecho que un aumento de 1% en IP modifica en β % el nivel de la variable VP, y que un aumento de 1% en *FC* tiene un efecto de γ % en VP. Obviamente estos valores β y γ deben ser estimados a partir de los datos reales de las variables que se observan.

Una ventaja adicional de expresiones de la forma [*] es que pueden ser *linealizadas* para aplicar técnicas econométricas usuales con el fin de estimar los parámetros. En efecto, tomando logaritmo natural en [*] se tiene que

$$\ln(VP) = \ln(\alpha) + \beta \cdot \ln(IP) + \gamma \cdot \ln(FC),$$

es decir, que el logaritmo de *VP* dependería linealmente de los logaritmos de *IP* y *FC*. Considerando entonces que se opta por el esquema funcional anterior, para continuar con la modelación debemos considerar lo siguiente:

Los efectos que la IP tiene en las variables socioeconómicas de interés son tales que afectan simultáneamente a diversas componentes de las variables primarias consideradas, además de la propia variable que se está explicando.

Existen efectos endógenos entre las componentes secundarias (líneas punteadas de la Figura 1) que se deben considerar explícitamente en la modelación.

Se deben considerar la existencia de **efectos dinámicos** entre las variables. Si bien es cierto que la IP puede incidir contemporáneamente en las variables socioeconómicas, de todas formas los efectos más relevantes se verifican en el mediano o largo plazo.

A partir de lo anterior, el esquema de modelación más adecuado considera un modelo de *ecuaciones simultáneas*, con *efectos dinámicos*. La forma funcional de estas ecuaciones considera relaciones del tipo

---

[24] Teóricamente, cualquier función no lineal puede ser linealizada alrededor de un punto, a través de lo que se conoce como Expansión de Taylor. Más aún, esta técnica suele ser utilizada en la estimación econométrica de funciones no lineales.

[25] Y obviamente de otras variables que se pudiesen considerar. En particular, las otras componentes de las variables primarias, o bien rezagos de la misma variable que se trata de explicar.

[26] Dada la relación funcional $y = \alpha \cdot x^{\beta}$, la elasticidad x de y es igual a β.

$$\ln(VP_t) = \ln(\alpha) + \beta \cdot \ln(IP_t) + \gamma \cdot \ln(FC_t) + \sum_{r=1}^{N} \lambda_r \cdot \ln(IP_{t-r}) + \sum_{r=1}^{M} \mu_r \cdot \ln(FC_{t-r}) + \sum_{r=0}^{S} \nu_r \cdot \ln(VP_{t-r})$$

La expresión anterior sólo alude al hecho que la variable primaria (o algún componente de la variable primaria) *VP* puede depender de los componentes de la infraestructura pública, *IP*, de los factores condicionantes, *FC*, de los rezagos de estas, IP_{t-r} y FC_{t-r}, pero además de los otros componentes de las variables primarias y de los rezagos de estas, VP_{t-r}.

El tipo de relación anterior es tal que considera la existencia de un vínculo simultáneo entre las variables explicativas y los diversos componentes de las variables primarias que se estén considerando. Por ejemplo, se podría asumir que las variables relacionadas a la *salud pública* están relacionadas con las variables de *infraestructura*, *educación*, *telecomunicaciones*, etc., pero, a su vez, se puede considerar que las variables de *educación* dependen de aquellas de *infraestructura*, *telecomunicaciones* y *salud*. Luego, quedaría definida una relación circular entre las variables de salud y educación respecto de la infraestructura. De esta manera, para analizar el efecto de la *IP* sobre indicadores de salud, se debe considerar el efecto directo de los cambios en IP sobre el respectivo indicador de salud (**efecto de primer orden** o **efecto primario**), pero además se debe tomar en cuenta que la IP modifica los indicadores de educación que a su vez puede modificar el indicador de salud, lo que denominamos **efecto de segundo orden**.

Precisamente la modelación con ecuaciones simultáneas permite hacerse cargo de estos efectos primarios y secundarios, enriqueciendo de esta manera el análisis y determinación de los efectos que la IP podría tener sobre las variables socio-económicas de interés.

Dado todo lo indicado, el análisis que sigue se hace de manera secuencial para cada variable que se vaya incorporando, permitiendo de esta forma tener una justificación de por qué se consideran tales o cuales variables en el análisis. De esta manera, el análisis en detalle es como sigue.[27]

1. Efectos sobre la producción

Dado uno de los componentes *i=1: producción*, *i=2: consumo*, *i=3: estructura de empleo*, *i=4: inversión* e *i=5: empresas matrices*, consideremos un análisis específico para un componente *s* de alguna de ellas (ver Cuadro 13). Para un instante *t,* denotemos dicho componente por $VPRO_t^{is}$.

En lo que sigue, se realiza un *análisis paso a paso* para llegar finalmente a una expresión general que internaliza el efecto de la *IP* (y de las otras variables) en estos componentes.

Efecto de la infraestructura pública: este efecto proviene de dos fuentes. Por un lado, afecta directamente los costos de transporte, lo que mejora la movilidad de factores y productos, mientras que de manera indirecta incide en el capital humano de la zona y luego en la productividad de la mano de obra. Por esta razón, se asume que[28]

---

[27] En el análisis siguiente, se omite el índice z. Se deja activo sólo el índice t de período.

[28] En todo lo que sigue, adoptaremos la siguiente notación: dada una componente k de una variable primaria, entonces {k} denota el conjunto de todas las sub-variables vinculadas. Por esta razón, $\sum_{j \in \{k\}}^{`} a_j$ representa la suma de la variable a_j, considerando que el índice j toma todos los valores en el conjunto de variables primarias {k} correspondiente. Adicionalmente, asumiremos que en el coeficiente de las ecuaciones que se detallan a continuación se omite el índice is para cada uno de ellos. Por ejemplo, en la primara ecuación que se describe, en rigor deberíamos utilizar α_{kj}^{1is} en vez de α_{kj}^{1} para referirnos al coeficiente de las variables de infraestructura pública, IP. Se procede de esta manera por simplicidad en la notación. Recordar además que estamos omitiendo el índice de zona, z.

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj})$$

Otros componentes productivos: El componente *s* de la variable productiva puede a su vez depender de los otros componentes productivos. Por ejemplo, el nivel de producto total de la zona está vinculado con el componente de consumo en dicha zona (y viceversa). De esta manera, la relación anterior se completa considerando que

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj})$$

Efectos dinámicos de la producción: Los diversos componentes de las variables de producción usualmente están vinculadas entre sí por efectos dinámicos, es decir, los valores actuales de ciertos componentes pueden depender de valores pasados, tanto propios como de los otros componentes. Este es el caso, por ejemplo, de medidas de la producción agregada. Dado esto, la relación será de la forma

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) +$$

$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj})$$

En la expresión anterior, *NR1* es el número de rezagos a considerar (el cual se determina a partir de las estimaciones econométricas que se hagan). Es pertinente notar que en la expresión anterior, el último componente considera los rezagos de la misma variable *s* que se está explicando.

Variables asociadas al capital humano: la producción de una industria depende fuertemente de las características del capital humano de los trabajadores en la zona en cuestión. Este capital humano está a su vez condicionado por atributos de educación de la población y, además, por medidas agregadas de salud pública de la zona en cuestión. Eventualmente podrían incidir los rezagos de estas variables que inciden en el capital humano. Por esta razón, la ecuación anterior se completa de la siguiente manera

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) +$$

$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj})$$

En la expresión anterior, *NR2 y NR3* son el número de rezagos a considerar para efectos Educación y Salud respectivamente (valores endógenos que se determinan a partir de las estimaciones econométricas que se efectúen).

Saneamiento y movilidad: las variables de saneamiento tienen efecto en indicadores de salud y por ende afectan el capital humano. Las variables de transporte y movilidad afectan los costos de transporte y tiempos de viaje, de modo que inciden en la productividad y en el nivel de producción de las firmas. Análogamente, las características de la vivienda pueden incidir en la producción de las firmas, ya que están relacionadas con calidad de vida, que ex post pueden tener incidencia en el rendimiento de los trabajadores. Por estas razones, la relación anterior se completa de la siguiente manera:

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{7}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{8}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{9}\cdot\ln(AGUA_t^{kj})$$

Factores condicionantes: finalmente, la relación anterior debe ser corregida por todos los factores condicionantes, esto según lo ya indicado. Estos factores podrían a su vez actuar en forma rezagada, como contemporánea. Por lo tanto, la **relación final** a considerar es de la forma:

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{7}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{8}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{9}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{10}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) \qquad [SEC1]$$

Sobre lo anterior, es necesario indicar lo siguiente:

La relación anterior corresponde al componente (variable) *is (*correspondiente al item primario *i,* específicamente al sub item *s*). Por lo tanto, se requiere definir un **sistema de ecuaciones** ([SEC1]), con tantas ecuaciones como componentes productivos se consideren en el análisis.

Las incógnitas del problema son las componentes $\alpha_{is}, \alpha_j, \alpha_{kj}^{u}, \alpha_{rkj}^{v}$ del sistema de ecuaciones anterior. Estas deben ser estimadas econométricamente a partir de fuentes primarias de información.

La estructura de errores es propia de cada ecuación; se analiza caso a caso según las características de las variables que se estén modelando.

La **elección final de las variables dependerá** de la disponibilidad y calidad de la información así como del análisis económico y econométrico previo, por medio del cual se justifica fundadamente la opción considerada.

En el sistema de ecuaciones SEC1 anterior no se consideran variables de energía según lo descrito, pues estas se refieren más bien a medidas de uso y eficiencia, que a la oferta de la misma. De todas formas, estas pueden ser consideradas en el modelo sin mayor dificultad.

Si el análisis se desea a nivel de industria (firmas), entonces el sistema de ecuaciones [SEC1] anterior se puede reemplazar por el siguiente:

$$\ln(PRODF_t^{s}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{7}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{8}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{9}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{10}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) + \sum_{f\in\{s\}}\alpha_{f}^{11}\cdot FACF_t^{s}$$

donde la expresión $PRODF_t^{s}$ se refiere a la producción de una industria s en instante *t*, y $FACF_t^{s}$ a los factores agregados de dicha industria. Las otras variables son las ya descritas.

2. Efectos sobre la equidad

Para considerar los efectos en equidad, debemos distinguir dos grupos de variables. En primer lugar, aquellas *componentes de equidad* que se modifican por el mero acto de desarrollar infraestructura. En este caso, la cantidad de la variable está en proporción directa con el stock o inversión de IP. En segundo lugar, aquellas variables que se alteran producto de la dinámica que la IP genera, favoreciendo condiciones que indirectamente inciden en la cuantía de la variable socio – económica respectiva.

Por ejemplo, si una variable de equidad es *Kilómetros de carreteras pavimentadas por habitante*, entonces será del primer tipo. Por el contrario, si la variable es *nivel de escolaridad*, se espera que los desarrollos en infraestructura bajen los costos de transporte (y por ende mejoren las condiciones educativas), incidiendo positivamente en el enrolamiento escolar. Esta sería entonces del *segundo tipo* de las nombradas. En lo que sigue, se puede pensar sólo en **variables de equidad del segundo tipo**, es decir, de aquellas que se modifican endógenamente por los desarrollos de IP.

a) Efectos relacionados con la educación

De las *variables de educación* mencionadas en el cuadro 14, aquellas componentes de *EDUC* vinculadas a *población estudiantil* (*i=1*), *deserción escolar* (*i=2*) y adicionalmente, aquella de *desempeño escolar* (*DESEC*), definirán las variables a explicar. De esta manera, siguiendo con el esquema secuencial anterior, se considera lo siguiente.

Efecto de infraestructura escolar directa y telecomunicaciones: Se considera que los componentes de *población estudiantil* (*i=1*) y de *deserción escolar* (*i=2*) dependen de la infraestructura educacional (variables *i=3*) y de la infraestructura educacional complementaria (variables *i=4*) así como de la infraestructura vinculada a tecnologías de información (disponibilidad de Internet). Por lo tanto, se asume que dado *i=1, 2,* para cualquier $s \in \{i=1\}, s \in \{i=2\}$ (componente de las variables primarias 1 y 2) se tiene que

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^1 \cdot \ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^2 \cdot \ln(TELECOM_t^{kj})$$

Efecto de la calidad de vida: no es necesario argumentar demasiado para sustentar que algunas características de la vivienda (disponibilidad) y el acceso a la salud inciden en el rendimiento y desempeño escolar. De esta manera, se puede asumir que

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^1 \cdot \ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^2 \cdot \ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^3 \cdot \ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^4 \cdot \ln(SALUD_t^{kj})$$

Infraestructura y educación: Las condiciones de saneamiento y habitabilidad, además de la disponibilidad de ciertos componentes de infraestructura pública (vialidad, calles pavimentadas) inciden positivamente en el rendimiento escolar. Esto ya que, por un lado, mejoran las condiciones de vida de las personas tendiendo a una reducción generalizada de los costos de la educación y por otro lado, por que favorecen el capital humano y rendimiento de los proveedores del hogar. De esta manera, se asume que:

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^1 \cdot \ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^2 \cdot \ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^3 \cdot \ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^4 \cdot \ln(SALUD_t^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^5 \cdot \ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^6 \cdot \ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}} \beta_{kj}^7 \cdot \ln(IPURB_t^{kj})$$

Factores condicionantes: los tres tipos de factores condicionantes ya mencionados tienen incidencia en las características de la composición escolar, así como en el rendimiento de los educandos. Esto es directo de la definición misma de los *FC* que hemos presentado. Finalmente, estos factores pueden incidir ya sea en forma contemporánea o bien en forma de rezago. Por lo tanto, la relación anterior debe ser corregida considerando que

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj})$$

Efectos dinámicos: finalmente, se debe considerar las variables de educación, ya sea las que se explican, así como también las variables explicativas, debido a que pueden afectar dinámicamente el lado izquierdo de la ecuación, de modo que la **relación final** a considerar es de la forma:

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=1}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{9}\cdot\ln(ESC_{t-r}^{kj})$$

En la expresión anterior, NR2 es el número de rezagos que se determina óptimamente una vez que se hagan las estimaciones.[29]

Efectos ingreso y producción: El ingreso monetario de las personas y la calidad del empleo, inciden directamente en la escolaridad y desempeño de los educandos. Sobre esto hay evidencia concreta que justifica entonces la incorporación de las variables productivas. De esta manera, se tiene que:

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=1}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{9}\cdot\ln(ESC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{10}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) \qquad [SEC2]$$

Sobre lo anterior, es necesario mencionar que:

La relación anterior define un sistema de ecuaciones para los diversos componentes de las variables primarias de educación que hemos definido.

Las incógnitas del problema son las componentes β_{is}, β_{kj}^{h}, β_{rkj}^{u} del sistema anterior.

La estructura de errores es propia de cada ecuación; se analiza caso a caso según las características de la variable que se esté modelando.

La elección final de las variables explicativas dependerá de la disponibilidad y calidad de la información y por otro lado, del análisis económico y econométrico que justifique fundadamente su incorporación. En las ecuaciones mostradas se opta por incorporar, genéricamente, todas las variables de cada ítem primario.

En forma complementaria a lo desarrollado, se puede presentar una relación a estimar, donde se vinculen variables de desempeño escolar con las explicativas que hemos presentado. De esta manera, la ecuación que nos interesa es de la forma.

[29] Para ello puede recurrirse a técnicas econométricas convencionales que permiten testear distintos tamaños de rezago.

$$\ln(DESESC_t) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj})$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{4}\sum_{r=1}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{9}\cdot\ln(ESC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{10}\cdot\ln(PROD_t^{kj})$$

b) Efectos relacionados con la salud

Sobre las variables primarias de salud que hemos definido, en principio sólo aquellas vinculadas a *i=3 (indicadores de satisfacción de necesidades básicas de salud)* pueden depender exógenamente de las variables de infraestructura y de los otros componentes de salud que se consideran. Sin embargo, de todas formas sería relevante analizar si la oferta de infraestructura para la salud (número de clínicas, de camas, inversión en equipos, etc.) depende de otras variables exógenas (en particular, de la IP). Por esta razón, aun cuando el análisis se puede centrar en la componente *i=3* de los indicadores de salud, de todas formas se presenta un análisis general para cada una de los componentes primarios que se consideran.

Por ejemplo, las otras componentes de salud, *i=1: infraestructura de salud*, *i=2: infraestructura complementaria de salud*, pueden a su vez depender del ingreso y las variables productivas, simplemente porque la oferta de estos ítems es funcional a la eventual demanda de los mismos, la que a su vez depende de las características socio – económicas de la población. El detalle es como sigue.

Efecto de variables de educación en salud: es claro que una población más educada y con mejores accesos a los servicios de educación propenderá a tener mejores indicadores globales de salud pública. Por esta razón, para cada *i=1,2,3* y para cada ítem *s* en cada variable primaria, se asume que

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj})$$

Efecto Ingreso: la calidad de vida de las personas relaciona directamente con el ingreso familiar, el que a su vez está vinculado con los componentes productivos que hemos detallado. Por esta razón, se asume que

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj})$$

Efecto condiciones de vida: las condiciones de vivienda y disponibilidad de saneamiento y agua potable son algunos de los principales componentes que afectan indicadores de salud básicos y por ende las variables primarias que hemos presentado. Por lo tanto, se asume que

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj})$$

Mientras que el efecto del transporte (sobre todo ítem *i=1: transporte de personas*) y el uso de suelo (entendido como la disponibilidad de medios de transporte y telecomunicaciones adecuados) propende al mejor acceso a la información y movilidad de las personas, que en definitiva mejoran los índices de salubridad a medida que ayudan a la salud preventiva y en su caso, al transporte y atención oportuna de las personas. Por esta razón, se considera que

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{5}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{6}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj})$$

Efecto infraestructura pública: algunos componentes de la infraestructura pública (por ejemplo aquellas vinculadas a vialidad y disponibilidad de accesos y rutas pavimentadas en la ciudad) inciden en los indicadores de salud por la misma razón que las características del sistema de transporte: acceso oportuno a servicios de salud, menores costos generalizados para los servicios, etc. Por esta razón, se deben incluir las siguientes variables en el análisis:

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{5}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{6}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{7}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{8}\cdot\ln(IPURB_t^{kj})$$

Efecto de factores condicionantes: para cerrar este análisis de la salud, algunos componentes de los factores condicionantes pueden ser muy relevantes a la hora de cuantificar efectos de las otras variables en los indicadores globales de salud que estamos considerando. Tal es el caso, por ejemplo, de las variables de etariedad y densidad poblacional. Con el fin de presentar un análisis general al respecto, se consideran todas las variables *FC* que hemos detallado. Por esta razón, se tiene que

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{3s} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{5}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{6}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{7}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{8}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{9}\cdot\ln(FC_t^{kj})$$

Efectos dinámicos: eventualmente algunos de los indicadores de salud presentan alguna inercia en el tiempo, básicamente por que los logros en estas materias pueden ser acumulativos. Para respetar esta eventualidad, se puede asumir que un determinado indicador primario de salud puede depender de sus rezagos y de los otros componentes de salud, sean estos contemporáneos o rezagados. Por ejemplo, es relativamente claro que un indicador de morbilidad en alguna zona puede depender de la cantidad de camas disponibles y que estas a su vez puedan depender de la morbilidad en la zona. Esta última, a su vez, puede presentar comportamientos que dependen de su propia historia, debido a que algunas enfermedades pueden presentar patrones en función de cómo afectó a la población en periodos pasados. Por estas razones, se debe considerar la siguiente relación, **que define finalmente el sistema de ecuaciones que se considera en estas materias**:

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{5}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{6}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{7}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{8}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{9}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=1}^{NR}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{rkj}^{10}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) \qquad [SEC3]$$

donde *NR* es el número de rezagos que finalmente se consideran.

Sobre todo lo anterior, aplican los siguientes comentarios.

La relación anterior define un sistema de ecuaciones para los diversos componentes de las variables primarias de salud que hemos definido.

Las incógnitas del problema son los componentes $\gamma_{is}, \gamma_{kj}^{h}$ presentados en el sistema de ecuaciones anterior.

La estructura de errores es propia de cada ecuación; se analiza caso a caso según las características de las variables que se estén modelando.

La **elección final de las variables explicativas** dependerá de, por un lado, la disponibilidad de información y por otro lado, del análisis económico y econométrico que justifique fundadamente su incorporación. En las ecuaciones mostradas se opta por incorporar todas las variables de cada ítem primario.

c) Otras variables de equidad: transporte, saneamiento y vivienda

Siguiendo un esquema de análisis similar a lo hecho para salud y educación, para los ítems de transporte, saneamiento y vivienda, se puede argumentar lo siguiente:

Transporte: Los componentes del transporte vinculados a la oferta de servicios (i=1: transporte de personas, i=2: transporte de bienes) deberían depender positivamente de las variables de infraestructura (*IP* e *IPURB):* estas variables se vinculan al transporte, ya que la eficiencia y oferta de los servicios están condicionadas a los costos de proveerlo, que es donde incide la infraestructura pública. Adicionalmente, los indicadores de transporte deberían depender en forma ambigua de las variables de telecomunicaciones (TELECOM)[30] y a su vez, la demanda por servicios (que se vincula con las variables primarias *i=3: indicadores de eficiencia*) podría depender de efectos ingresos y de producción (PROD) y de componentes vinculadas a educación (demanda por servicios de transporte, EDUC). Existe demanda por servicios de transporte asociados a los indicadores de salud (SALUD) que hemos presentado. Finalmente, las características del uso del suelo, definidas en las variables de vivienda (VIV) afectan la movilidad y demanda por los servicios. De esta manera, se puede asumir una relación funcional de la forma:

$$\ln(TRANS_t^{is}) = \delta_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{5}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=1}^{NR}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{rkj}^{8}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{9}\cdot\ln(FC_t^{kj}) \qquad [SEC4]$$

Saneamiento y agua potable: Las variables de agua potable y saneamiento dependen básicamente de las características de ingreso y ocupación de las personas y por ende de las componentes de PROD. Adicionalmente, inciden en ellas, las características de educación de las personas (EDUC), pues aquellos más educados tienden a presentar mejores ingresos, lo que se traduce en mejores condiciones de vida. La oferta de infraestructura puede afectar estos componentes (IP, IPURB), pues el costo de proveer saneamiento y agua potable es menor para zonas donde es mejor el acceso geográfico. Es más complejo sostener que la disponibilidad de agua potable depende de la infraestructura de telecomunicaciones. Sobre componentes de salud, en rigor la relación es de saneamiento a salud y no al revés. La disponibilidad de agua potable puede ayudar a la disponibilidad de saneamiento y viceversa. Finalmente, las características del uso del suelo pueden afectar la oferta y demanda por servicios (*VIV*). Por lo indicado, se puede asumir entonces que:

$$\ln(AGUA_t^{is}) = \phi_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{4}\cdot\ln(IP_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{5}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{6}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{7}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{8}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) \qquad [SEC5]$$

Vivienda: Las variables uso de suelo y características de la vivienda dependen básicamente de las características de ingreso y ocupación de las personas y por ende de las componentes de *PROD*. Adicionalmente, inciden en ellas las variables de educación (*EDUC*), pues aquellos más educados tiene

[30] Podría ser ambiguo por las infraestructuras de telecomunicaciones podrían rivalizar con aquellas de transporte tradicional (se ahorra viajes), razón por la cual habría un efecto negativo en la oferta de servicios. El efecto positivo podría venir del hecho que las infraestructuras de telecomunicaciones hacen más eficiente estas labores, disminuyendo costos y por ende mejorando la oferta de servicios.

mejores ingresos. La oferta de infraestructura puede afectar estos componentes (IP, IPURB), pues el uso del suelo es condicional a las características de los medios de acceso y movilidad de las personas y bienes. Además, la localización de las actividades y de asentamientos humanos puede ser condicional a la oferta de servicios de salud en la zona (*SALUD*) y además, a las características generales de saneamiento y disponibilidad de agua potable (*AGUA*). Por estas razones, se asume que

$$\ln(VIV_t^{is}) = \mu_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{3}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{4}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{5}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{6}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{7}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) \qquad [SEC6]$$

d) Resumen, análisis de resultados

De todo lo anterior, queda definido un gran sistema de ecuaciones dado por:

SEC1: Sistema de ecuaciones 1. Componentes de producción

$$\ln(VPRO_t^{is}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{7}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{8}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{9}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{10}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj})$$

Ecuación 1: Producción a nivel de firmas

$$\ln(PRODF_t^{s}) = \alpha_{is} + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{1}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{2}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\},\,j\neq s}\alpha_{kj}^{3}\cdot\ln(VPRO_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{r=1}^{NR1}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{4}\cdot\ln(VPRO_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{r=0}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{5}\cdot\ln(EDUC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NR3}\sum_{j\in\{i\}}\alpha_{rkj}^{6}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{7}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{8}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{kj}^{9}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\alpha_{rkj}^{10}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) + \sum_{f\in\{s\}}\alpha_{f}^{11}\cdot FACF_t^{s}$$

SEC2: Sistema de ecuaciones 2. Componentes de educación

$$\ln(ESC_t^{is}) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{r=1}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{9}\cdot\ln(ESC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{10}\cdot\ln(PROD_t^{kj})$$

Ecuación 2: Rendimiento escolar

$$\ln(DESESC_t) = \beta_{is} + \sum_{k=3}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{1}\cdot\ln(ESC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{2}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{4}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{5}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=0}^{NRi}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{8}\cdot\ln(FC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{r=1}^{NR2}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{rkj}^{9}\cdot\ln(ESC_{t-r}^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\beta_{kj}^{10}\cdot\ln(PROD_t^{kj})$$

SEC3: Sistema de ecuaciones 3. Componentes de salud

$$\ln(SALUD_t^{is}) = \gamma_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{5}\cdot\ln(TRANS_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{6}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{7}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{8}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{kj}^{9}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=1}^{NR}\sum_{j\in\{k\}}\gamma_{rkj}^{10}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj})$$

SEC4: Sistema de ecuaciones 4. Componentes de transporte y movilidad

$$\ln(TRANS_t^{is}) = \delta_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{3}\cdot\ln(AGUA_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{4}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{9}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{5}\cdot\ln(TELECOM_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{6}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{7}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{r=1}^{NR}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{rkj}^{8}\cdot\ln(SALUD_{t-r}^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{9}\cdot\ln(FC_t^{kj})$$

SEC5: Sistema de ecuaciones 5. Componentes de agua potable y saneamiento

$$\ln(AGUA_t^{is}) = \phi_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\phi_{kj}^{3}\cdot\ln(VIV_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{4}\cdot\ln(IP_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{5}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{6}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{7}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\delta_{kj}^{8}\cdot\ln(AGUA_t^{kj})$$

SEC6: Sistema de ecuaciones 6. Componentes de vivienda y suelo

$$\ln(VIV_t^{is}) = \mu_{is} + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{1}\cdot\ln(EDUC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{2}\cdot\ln(PROD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{8}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{3}\cdot\ln(IP_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{5}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{4}\cdot\ln(IPURB_t^{kj}) +$$
$$\sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{5}\cdot\ln(SALUD_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{3}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{6}\cdot\ln(FC_t^{kj}) + \sum_{k=1}^{4}\sum_{j\in\{k\}}\mu_{kj}^{7}\cdot\ln(AGUA_t^{kj})$$

A partir de este sistema de ecuaciones se pueden estimar, en forma general, todos los efectos que el desarrollo de infraestructura tiene sobre los componentes socio-económicos considerados. Sobre este sistema, se tienen finalmente los siguientes comentarios:

1. La elección de las variables explicativas para cada ecuación (*lado derecho* de las expresiones) depende finalmente de las características de la variable que se explica (*lado izquierdo* de las relaciones), de forma tal que por medio de fundamentos económicos adecuados se opta por un conjunto determinado de variables, a fin de justificar las relaciones de bicausalidad señaladas a lo largo del documento.

2. La elección de variables depende obviamente de la cantidad y calidad de la información disponible. Dado esto, el análisis econométrico de los resultados será lo que en definitiva nos permitirá optar por el modelo a utilizar. Usualmente, dada la especificación funcional elegida, un análisis estadístico de los parámetros estimados a partir de información de campo, además de un análisis caso a caso para todas las ecuaciones, permite seleccionar aquellas variables que conforman finalmente la expresión funcional que se utilizará para estimar los efectos de la IP sobre la variable considerada.

3. En el sistema de ecuaciones [SEC1] a [SEC6] se debe considerar que algunas variables participan en varias ecuaciones simultáneamente. Para evitar problemas de dimensionalidad o de incorrecta especificación, existen una serie de test estadísticos y criterios probados, que se pueden aplicar con el fin de verificar la consistencia y estimabilidad del sistema resultante. Se entiende entonces que las variables que finalmente se escogen deben ser tales que cumplan con los requerimientos

correspondientes, cuestión que se pueden testear directamente a partir de los resultados de las estimaciones y los datos.

4. El modelo general que se ha presentado ha sido elaborado para una zona determinada, donde las variables dependen a su vez del tiempo. Para efectos de estimarlo, se sugiere considerar la técnica de paneles dinámicos, vía método generalizado de momentos. Esto último es básicamente para evitar problemas de endogeneidad en las variables y así obtener estimaciones más robustas y consistentes. De todas formas, la técnica de estimación es condicional a las características de los datos que finalmente se dispongan, por lo que técnicas de Vectores Autorregresivos son factibles de ser aplicadas.

C. Sostenibilidad

Aun cuando no existe un consenso completo que objetivamente permita definir la *sustentabilidad* de los sistemas urbanos, de todas formas podemos aproximarnos por medio de una definición comprensiva de la misma, que vincula la sustentabilidad de un sistema urbano con cuatro ítems de desarrollo: *(i) aspectos sociales*, *(ii) aspectos culturales*, *(iii) aspectos medio ambientales* y los *(iv) aspectos vinculados a la economía* (ver Correa y Rozas, op. cit).

Respecto de los puntos anteriores, la IP juega un papel muy importante toda vez que las externalidades positivas que ella genera inciden directamente en el acceso a bienes y servicios, en la productividad de las firmas, en la creación de trabajo y en general, en favorecer las condiciones de desarrollo de la sociedad.

Sin embargo, para que las externalidades ya mencionadas se concreten, en rigor se deben verificar ciertas *condiciones previas* que favorezcan la relación causa – efecto que hemos detallado. En primer lugar, la IP debe ser desarrollada en un *contexto planificado*, con visión de largo plazo, de forma tal, que los desarrollos considerados sean armónicos con los objetivos nacionales que se hayan acordado. De esta manera, se propende a una asignación eficiente de recursos escasos, que obviamente rivalizan con otras muchas necesidades insatisfechas de nuestras sociedades.

Por otro lado, previo (o tal vez en paralelo) a desarrollar grandes iniciativas de infraestructura pública, es necesario cubrir previamente algunas demandas sociales básicas, vinculadas a la existencia de una oferta adecuada de servicios de salud y educación y a programas de desarrollo en materia de empleo y producción. Ello debido a que la infraestructura es, a la vez, un insumo productivo y un insumo tecnológico, razón por la cual su desarrollo debe ser coherente con el desarrollo de infraestructura complementaria, con el fin de lograr una mayor sinergía.

No hay consenso sobre qué variables *cualitativas* y *cuantitativas* permiten definir el desarrollo sustentable. Esto claramente tiene incidencia sobre la forma en que se evalúan los proyectos de infraestructura. Precisamente los esquemas tradicionales de *análisis costo – beneficio* no permiten internalizar todos los efectos endógenos sobre las variables socioeconómicas que la IP acarrea, debido a que se concentran en los efectos directos de corto plazo, usualmente basados en la historia de la demanda.

En el análisis anterior Sección B, se ha puesto especial hincapié en los efectos **directos** e **indirectos** que la IP sobre el desarrollo urbano. Así, al modelar los efectos de la IP considerando las externalidades cruzadas que se dan entre los diversos componentes de las variables socio-económicas, se está poniendo especial énfasis en la forma en que la infraestructura altera dinámica y estructuralmente, algunas variables socioeconómicas relevantes para definir sustentabilidad. Así por ejemplo, al capturar simultáneamente el efecto directo de la IP sobre producción, y el efecto indirecto producido por las modificaciones en las variables de salud y educación, las que a su vez retroalimentan a la producción, se captura de manera integral los efectos de la IP en el sector productivo. Más aún, en este análisis se presume que a su vez los mismos componentes de producción pueden incidir en las variables de educación y salud (efecto ingreso), lo que cierra el círculo virtuoso sobre estas variables.

El análisis considerado en la Sección B representa, por tanto, un enfoque integrado de los efectos de la IP en el desarrollo social. De esta manera, se asegura de tomar en cuenta todos o al menos la mayoría de los efectos existentes, no favoreciendo a ningún sector en particular, sino más bien tratando

de mantener una visión integral de sus efectos. Este hecho obviamente se encuentra en línea con la búsqueda de condiciones para favorecer el desarrollo sustentable, razón por la cual se entiende que el enfoque aquí desarrollado se hace cargo de este componente de desarrollo.

D. Aplicación teórica del modelo

Con el fin de evaluar proyectos de infraestructura pública según el esquema desarrollado en la Sección B, necesariamente se deben cuantificar *monetariamente* los beneficios que se desprenden de las relaciones allí descritas.

Respecto de lo anterior, existen diversos esquemas que, dependiendo de la variable socioeconómica que se considere, permiten cuantificar el valor del beneficio. Por un lado, (i) para algunas variables socioeconómicas se debe definir un **sistema de precios** que se haga cargo de los cambios de dichas variables a partir de los desarrollos en infraestructura. Para otras variables, (ii) esta cuantificación es directa a partir de su propia definición y finalmente, para otras variables (iii) se debe pasar por algún modelo complementario que permita cuantificar los beneficios económicos.

Ejemplo de variables tipo (i) – sistemas de precios – son aquellas relacionadas con indicadores de salud. Por ejemplo, si efectivamente se identifica una elasticidad *IP – mortalidad infantil*, entonces la valorización monetaria de los efectos de la IP en esta variable pasa por definir un precio por cada niño que deja de fallecer. Este precio puede ser dado exógenamente o bien ser determinado a partir de una estimación del beneficio económico que cada persona implica para la sociedad.[31]

Algunas variables tipo (ii) – cuantificación directa – están relacionadas con componentes de producción. Efectivamente si se dispone de elasticidades *IP –producción,* entonces el efecto monetario de la IP sobre este componente está dada directamente por el valor comercial de la producción extra que se obtiene, producto de los desarrollos en infraestructura.

Como ejemplo de variables tipo (iii) – aquellos que requieren de un modelo auxiliar – encontramos a la educación. Si efectivamente se puede estimar una elasticidad *IP – escolaridad de la población*, entonces se dispone de los efectos que la IP tiene en la educación. Por otro lado, usando los resultados de una ecuación de Mincer[32] para la zona en cuestión, se tiene un mecanismo por medio del cual se determina el ingreso extra que las personas obtienen producto de esta mejor educación. Así, de la estimación de estos ingresos, se dispone de una medida monetaria de los efectos de la IP en aspectos educativos.

Con el fin de valorar los efectos de la IP, todas las variables del lado izquierdo (variables a explicar) que hemos identificado en la Sección B deben ser clasificadas en alguno de los ítems (i) – (iii) que hemos descrito. Por esta razón, se debe definir un sistema de precios adecuado para cada una de ellas. Dado esto, se procede a la cuantificación de los resultados.

¿Cuál es entonces el efecto en la **producción** de un **plan de inversiones** en infraestructura pública de $M?.

Para responder a la pregunta, notemos en primer lugar que el plan de inversiones mencionado no sólo afecta al *componente productivo* que nos interesa, sino que además afecta las variables de escolaridad, salud, vivienda, etc., esto según el resto de las ecuaciones que se han detallado en el Cap. IV, Sección B, N°2d "Resumen, análisis de resultados". Así, una vez estimado todo el sistema de ecuaciones SEC1 – SEC6 se dispondrá de los efectos globales que tal de inversión implica para la producción. De esta manera, los efectos en Salud se estiman usando el sistema (o la ecuación según sea el caso) SEC3, para educación el SEC2, etc. Dados estos efectos parciales, se vuelve a la correspondiente ecuación del sistema SEC1 para finalmente estimar el efecto deseado.

[31] Por ejemplo, el valor de una vida puede ser definido como el ingreso promedio descontado de toda una vida de trabajo. Aun cuando sea discutible, debatible y en apariencia, anti-ético, la esencia del problema se encuentra en cuantificar los beneficios del proyecto, por lo que necesariamente se debe acordar una valoración de cada vida.

[32] Ver http://www.econ.yale.edu/seminars/labor/lap03/lochner-030404.pdf#search=%22mincer%20equation%22

Ahora bien, tal como está planteado el sistema de ecuaciones SEC1 – SEC6, en el ejercicio anterior pueden ocurrir problemas de ***circularidad*** en las estimaciones. Esta *circularidad* viene del hecho que, por ejemplo, al hacer la inversión $M anterior, se modifica la salud y esta modifica ex post la componentes de producción. Pero a su vez, este componente de producción modifica la salud (Sistema SEC3) y luego, dado este efecto, se puede volver a modificar la producción, etc.

Hay dos caminos para evitar este problema de circularidad. Por un lado, escoger adecuadamente las variables que se consideran en las estimaciones, de modo que este problema pueda ser evitado ex ante los ejercicios de estimación. Esto es simple de implementar en la práctica, pues la escogencia de las variables es precisamente resorte del modelador.

El otro camino considera hacer un **análisis estático** de estos efectos. Se procede de la siguiente manera. Dado el monto de inversión en IP ($M), este representa un cierto porcentaje del actual nivel de infraestructura existente. Por lo tanto, ejecutada esta inversión, se tendría que la IP correspondiente crecería en, digamos, *d%*. Dado este incremento en el correspondiente componente de infraestructura pública (digamos IP^{km}, por ejemplo, vialidad), asumiendo que **todas las otras variables permanecen constantes**, se tiene que el efecto en el indicador de salud correspondiente (digamos, $SALUD^{is}$) está dado por el valor de la elasticidad correspondiente, multiplicada por el incremento porcentual anterior. Precisamente esta elasticidad es el coeficiente de la variable IP^{km} en la ecuación de salud correspondiente, digamos, $\hat{\alpha}^{is}_{km}$. Este coeficiente nos dice que un aumento de 1% en la variable de IP correspondiente implica un aumento (si el coeficiente es positivo) de $\hat{\alpha}^{is}_{km}$%. Luego, dado que el aumento en infraestructura fue d%, el efecto en el correspondiente indicador de salud es

$$d \cdot \hat{\alpha}^{is}_{km}\%$$

Por lo tanto, volviendo a la ecuación de producción, se tiene que la respectiva variable de salud aumentaría $d \cdot \hat{\alpha}^{is}_{km}\%$ y con ello el **efecto indirecto** en la respectiva variable de producción estaría dado por el producto del coeficiente de salud respectivo por el valor anterior. Este mismo análisis se puede aplicar para todos aquellos componentes de la ecuación de producción que están relacionadas con los componentes de inversión en infraestructura (por ejemplo, los componentes de educación). Luego, la sumatoria de todos estos efectos parciales define el efecto indirecto de la IP sobre la producción. El efecto directo de la IP sobre este componente es simplemente aquel que se obtiene de multiplicar este cambio porcentual en las inversiones en IP por el respectivo coeficiente de la ecuación de producción considerada. Luego, de todo lo anterior, se dispone de un mecanismo sencillo para cuantificar efectos directos e indirectos en las variables de interés.

Se insiste que los cambios directos se estiman de la ecuación que vincula la variable que se modifica (IP) con aquella sobre la cual deseamos cuantificar el efecto. Para medir los efectos indirectos se utilizan las otras ecuaciones y luego, dados estos, se *internalizan* en la ecuación de interés.

Así, de todo lo anterior, dado un **sistema de precios** para cada una de las variables socio – económicas de interés, se tiene que es posible valorizar monetariamente los efectos de un determinado plan de inversiones, considerado para esto los efectos primarios y secundarios que hemos detallado. Con esto, finalmente, se puede definir y estimar una evaluación con y sin proyecto, necesario para proceder con la evaluación.

En particular, para **evaluar proyectos multinacionales**, el esquema anterior aplica directamente, pues del análisis hecho se tiene que, una vez desarrollada la ingeniería de detalle del proyecto, los costos vinculados a cada país se pueden imputar directamente. Dado esto, la inversión resultante, ahora parcelada, se puede asumir como aquella atingente al país en cuestión. Esta se toma entonces como el equivalente a una inversión aislada en dicho país y se internaliza en el modelo ya estimado para el país (o zona considerada).

Este simple análisis de costo-beneficio **define un piso** para la cuantía de los efectos, pues no estaría considerando la existencia de otros beneficios producto de la existencia de infraestructura de conexión que favorece la integración y movilidad entre estos países. Sin embargo, de todas formas se hace cargo de manera más integral de los efectos directos e indirectos que hemos detallado, razón por la cual se considera un avance en esta línea.

Comentarios finales

Este estudio ha evaluado varias metodologías de análisis aplicables a la evaluación de proyectos transnacionales de inversión que resultan de interés común para dos o más países, pero que suelen estar mayoritariamente insertos en el territorio de uno de ellos.

Una de las conclusiones más importantes es que si bien la metodología de análisis costo beneficio social es útil y es posible salvar las limitaciones que tiene, las otras metodologías revisadas actúan en complemento y, en consecuencia, este trabajo aporta un menú de opciones para resolver la pregunta principal de la investigación.

La pregunta disparadora de este trabajo fue cómo evaluar proyectos multinacionales de modo tal que nos permita conocer los beneficios para cada una de las partes involucradas. La literatura revisada propone realizar esa asignación evaluando el proyecto desde el punto de vista de cada país involucrado, y llega a resultados que son conceptualmente sólidos y – con algunas salvedades – operativamente aplicables. En consecuencia, podemos afirmar que los proyectos transnacionales de infraestructura pueden ser evaluados con la metodología de análisis costo beneficio social.

La aplicación de este método, sin embargo, no está exenta de dificultades. Una de ellas es que hasta ahora, al menos en lo que hemos podido relevar, el abordaje conceptual a los PTIs se ha limitado a proyectos de transporte (Ferrá y Botteon, 2001 y Jenkins y Kuo, 2006) y de electricidad (Ferrá y Botteon, 2002). Resta explorar qué similitudes y diferencias requiere la aplicación del método a proyectos de otros sectores (vg., de generación de energía o de riego; de salud, etc.).

La segunda dificultad es poder discriminar qué beneficios recibe cada país, y cuánto valen para el mismo no asegura que el proyecto convenga a ambos países, ni que sea posible llegar a una decisión conjunta. El método sí permitiría, sin embargo, "mapear" todas las opciones posibles y dar a cada país involucrado los valores extremos entre los cuales negociar[33].

Finalmente, la tercera dificultad radica en la complejidad del análisis, y, sobre todo, en la disponibilidad de los datos. En efecto, la evaluación y discriminación de beneficios requiere de una

[33] Esto, mientras los países concuerden en los supuestos de identificación, valoración y proyección de beneficios y costos del proyecto.

cuidadosa casuística y la obtención de datos que no en todos los países están disponibles. Sin embargo, ésta es una limitación del método también cuando se aplica a proyecto *dentro* de un país, y la experiencia de su aplicación muestra que no es una dificultad insalvable.

El caso de estudio en el que se hizo una prueba experimental del ACB social fue un tramo carretero dentro de Bolivia. Como fue explicado en el capítulo, el objetivo no era la evaluación misma del proyecto de carretera (entre Santa Cruz y San Matías), sino probar que el análisis costo beneficio social tradicional puede aplicarse en estos casos no sólo para determinar la bondad del proyecto sino también para asignar los costos y beneficios del mismo entre los diferentes países involucrados. Como creemos haber mostrado, existe un marco teórico que permite efectuar tal discriminación.

La aplicación práctica de ese marco teórico es factible, pero no está exenta de dificultades conceptuales y prácticas:

- *La aplicación del método es intensiva en el uso de datos*. Se requiere disponer de datos no sólo de tránsito, sino también de comercio exterior y del entorno socioeconómico. Estos datos no siempre existen, son accesibles o son confiables, por lo que el "número" al cual finalmente se arribe —el VAN del proyecto para cada país— debe ser tomado con precaución. Por ello, el análisis posterior, sensibilizando el impacto de los diferentes supuestos, es crítico.

- *El marco conceptual de discriminación de beneficios entre países deja fuera ciertos efectos*, que requieren de otros análisis para su asignación a los diferentes países. Como vimos, el marco analítico para la discriminación entre países se focaliza en los ahorros de costos del transporte de pasajeros y del transporte de carga, y de los efectos derivados en el comercio internacional. Otros efectos del proyecto, relativos, por ejemplo, a los beneficios que puede traer el mismo al mejorar la accesibilidad a la oferta educativa o de salud, o los costos por mayor contaminación debido al mayor tránsito, no son considerados de manera directa. Esto no significa que no se puedan incluir, incluso en el modelo "rápido" que utilizamos, pero sí que deben identificarse, medirse y valorarse para incluirlos en la evaluación del proyecto, y determinarse un criterio de discriminación de dichos efectos entre los países involucrados[34].

- *Una aproximación "rápida" es posible y útil*. Si bien los proyectos transnacionales de infraestructura requieren habitualmente elevadas inversiones, en el orden de la centena de millones de dólares, lo cual harían factible realizar minuciosos estudios de preinversión (que son "caros", pero que sólo implican una mínima fracción de los costos de inversión del proyecto), la realidad latinoamericana es que la financiación de la preinversión es siempre difícil. En ese sentido, nuestro enfoque ha privilegiado una aproximación tipo *rapid appraisal*, es decir, una aproximación conceptual y metodológicamente consistente, pero con relativamente bajas necesidades de datos y privilegiando el uso de modelos "enlatados" de uso difundido. Las conclusiones a las que arribamos resultan – a nuestro juicio – suficientemente consistentes como para una evaluación razonable a nivel de perfil, y aportan datos interesantes para la toma de decisiones.

Por su parte, el planteo realizado en el capítulo III también resulta de alto interés. En efecto, explicita muy bien los beneficios que se obtendrían de realizar una evaluación integrada y armonizada de los PTIs, con particular énfasis en el proceso de la integración de América del Sur, el que, de acuerdo a la opinión del autor, requiere de herramientas de evaluación nuevas, situación que en su momento también se observó en la integración de la Unión Europea.

[34] Lo que queremos señalar aquí es que la metodología del análisis costo beneficio social permite perfectamente la incorporación de otros efectos aparte de los ahorros de costos y tiempo. Sin embargo, los planteos analíticos para discriminar los beneficios netos de un proyecto transnacional entre los diferentes países involucrados no consideran directamente los efectos diferentes a ahorros en costo y tiempo. El modelo RED, o cualquier otro, permite incorporar efectos sociales, ambientales, etc., pero su discriminación entre países debe hacerse de manera específica en cada caso.

La integración requiere más que solamente evaluaciones de proyecto. Aunque algunas de estas cosas se han realizado, la visión de la integración física de América del Sur y la realización de los ejes de integración requieren además evaluaciones estratégicas para analizar la coherencia de políticas, planes y programas.[35] La aplicación de evaluaciones estratégicas como el EIS, revelan la complejidad y la multitud de impactos y cadenas causales.

Las ventajas y objetivos del EIS en comparación a las metodologías tradicionales son:

- Analizar los proyectos transnacionales incluyendo la perspectiva del desarrollo sustentable;
- Informar a los gobiernos sobre los impactos potenciales económicos, sociales y medio ambientales;
- Proveer pautas para ayudar al diseño de medidas de acompañamiento, y enfocar la esfera de actividades más allá del proyecto de infraestructura en sí mismo (política nacional, regulación internacional, etc.), las cuales ayudan a maximizar los efectos positivos y pueden garantizar la distribución de dichos efectos de forma equitativa.

Por su parte, la implementación del EIS en los proyectos de infraestructura puede contribuir a:

- Avances significativos en la integración, no solamente a través de la construcción de infraestructura sino más allá, hacia una integración y armonización política.
- Maximización de los beneficios de los proyectos de infraestructura por una gestión mejor de forma medio ambiental, social y económica, en el largo plazo.

La EIS contribuye al análisis de costos y beneficios de proyectos de infraestructura en lo siguiente:

- Integrar metodologías cuantitativas y cualitativas existentes;
- Analizar los costos y beneficios del proyecto de infraestructura tomando en cuenta los tres pilares de sustentabilidad;
- Ofrecer una metodología para identificar y mitigar efectos negativos con anticipación;
- Dar un marco claro para un proceso de evaluación continua;
- Explorar las interrelaciones entre proyectos de infraestructura, integración regional y desarrollo;
- Informar a los actores políticos, a través de los gobiernos;
- Informar a las instituciones de financiamiento e inversionistas;
- Desarrollar políticas adecuadas de acompañamiento;
- Mejorar la transparencia en los procesos de integración;
- Entender la interdependencia de proyectos al interior de los ejes.

La aplicación de tal metodología no tiene como resultado una repuesta afirmativa a la pregunta de si el proyecto de infraestructura es bueno o malo, ya que no es ése el objetivo de su uso. Tampoco brinda un resultado cuantitativo único, sino que produce resultados cualitativos que describen los efectos previstos de la realización del proyecto de infraestructura sobre los tres pilares del desarrollo sustentable, y en un ámbito mucho más amplio que las otras metodologías conocidas.

Sin embargo, el EIS no es de aplicación exclusiva, sino que siempre debe acompañar y ser acompañado de otras metodologías de evaluación. La cuantificación de los impactos es importante, pero más allá de dicha cuantificación es importante entender los costos y beneficios y sus interrelaciones,

[35] Ver experiencias de la UE: Banister y Lichfield, (1995).

porque el proceso de comprender dichas interrelaciones permite entender la complejidad y el contexto, que es el contrario de ofrecer soluciones facilistas.

La participación del conocimiento local y participación de la sociedad civil permite entender mejor los diferentes niveles de impactos y es una complementación a los otros resultados.

La evaluación descrita en este capítulo no ha sido aplicada aún en su totalidad a proyectos de infraestructura transnacionales. Sin embargo, sí se ha reconocido el potencial de esta metodología en otros análisis y sectores.

Se debe tomar en cuenta el valor agregado de esta forma de evaluación estratégica especialmente para el desarrollo a largo plazo, y el potencial de la integración de las políticas como medidas de acompañamiento para aumentar los efectos positivos de un proyecto transnacional de infraestructura en el contexto del proceso de integración física Suramericana.

La EIS en ningún caso es un producto "terminado". Cada estudio contribuye el desarrollo de la metodología y agrega nuevas perspectivas como mejorar los procesos, especialmente los procesos de consultaciones de los actores. Durante el análisis de la aplicación de la EIS en un eje emergente en América del Sur se ha identificado un gran número de temas claves que resulta necesario pronunciar en el marco y proceso metodológico. Ello requiere, dentro la IIRSA/COSIPLAN, la interacción y cooperación de los países en el contexto IIRSA/COSIPLAN debe ser mejorada, para llevar la iniciativa más allá de una cartera de proyectos. Esto incluye un mayor involucramiento de otras áreas políticas en las discusiones, a saber comercio, medio ambiente y desarrollo. También se aconseja la participación de "*stakeholders*" en las regiones y a nivel local. Asimismo, se recomienda profundizar el camino iniciado dentro de la entidad, en el sentido de mejorar la diseminación de información, colección y inclusión de contribuciones: El conocimiento sobre la integración en la sociedad civil y el entendimiento de la visión a nivel regional y local por parte de los tomadores de decisiones es débil. Es aconsejable empujar la diseminación de información a nivel regional y local dentro de los países y de crear un intercambio bi-direccional de información.

El proceso de realizar EIS en el contexto de evluar PTIs conlleva la oportunidad de una discusión amplia más allá del proyecto inmediato bajo investigación. Es importante crear consensos sobre el concepto de integración y desarrollo sustentable en la región. La aplicación de EIS ofrece un mejor entendimiento y reconciliación de puntos de vista diferentes de los beneficios y costos como también la integración y los *trade-offs* en términos de inversión.

Finalmente, el sistema de ecuaciones que fue presentado en el capítulo IV presenta una alta utilidad y un potencial de desarrollo enorme. Dicho sistema permite notoriamente internalizar efectos primarios y secundarios de la infraestructura pública sobre algunas variables socio – económicas de interés. Tal como está planteado, este sistema resulta muy demandante en información, aun cuando de todas maneras se puede asumir que las ecuaciones que se plantean son funcionales a la disponibilidad y calidad de información.

La esencia del problema estudiado está en tratar de internalizar la mayor cantidad de efectos que la infraestructura tiene sobre las variables de desarrollo. Para esto, un modelo de ecuaciones simultáneas es el mejor esquema para tener en cuenta la existencia de relaciones endógenas entre tales variables de interés. Así, tal como se plantea en el cuerpo del texto, quedan identificados efectos de primer y segundo orden que la infraestructura tiene sobre las variables de interés. Los efectos de primer orden son aquellos que se derivan directamente la ecuación que vincula infraestructura con la variable socio – económica considerada. Los de segundo orden provienen de la *circularidad* implícita entre las variables, a partir de las ecuaciones que se han presentado.

El defecto de este tipo de modelos viene de la eventual existencia de circularidades que se pudiesen dar entre las ecuaciones y las variables. Para soslayar este problema, se procede de diversas maneras según lo mencionado en el cuerpo del texto. En particular, ignorar algunos efectos recursivos permite estimar cotas inferiores de los efectos que se estén considerando.

Adicional a lo anterior, una dificultad que se puede identificar en un esquema como el presentado, se relaciona con la gran demanda de información que implica la estimación de los modelos. Superado

esto, las técnicas econométricas correspondientes para proceder con la estimación son estándares en la literatura. De todas formas, aun cuando la calidad y cantidad de información no sea la ideal, se pueden seleccionar otras técnicas econométricas (tales como los vectores autorregresivos –Modelos VAR-, los cuales son también estimaciones de ecuaciones simultaneas) o heurísticas, para aproximar fundadamente los efectos considerados.

La evaluación de los efectos tratados, y la correspondiente valorización de las externalidades positivas que vinculan los desarrollos de infraestructura con las variables socioeconómicas, dependen en última instancia de un sistema de precios por definir. Este sistema de precios puede ser acordado ex ante por las partes involucradas o provenir de un análisis económico complementario que justifique una determinada opción. Dado esto, el tratamiento de infraestructura que comprometa a más de un país puede ser tratado directamente, en función de los beneficios que estos logren.

De lo anterior, la principal ventaja de un esquema como el aquí presentado, es que permite internalizar una serie de efectos de la infraestructura sobre algunas variables socioeconómicas relevantes, cuestión que ex post puede ser de gran utilidad para evaluar proyectos de infraestructura. Efectivamente una de las principales dificultades que existen para evaluar este tipo de proyectos es la gran complejidad del proceso de cuantificación de las externalidades que ellos generan, más aun considerando que sus efectos se relacionan, entre otros, con la incidencia que tienen sobre eventuales variables estructurales de la economía, cuyas cuantías y efectos monetarios se pueden apreciar, en algunos casos, sólo en el largo plazo (por ejemplo, incidencia en educación).

De esta manera, el esquema aquí desarrollado puede ser entendido como una herramienta complementaria al análisis costo-beneficio (ACB) para efectos de evaluar proyectos de infraestructura pública. Como se ha indicado, una de las principales falencias del ACB es que no permite un adecuado tratamiento para valorar las externalidades positivas que se dan producto de las relaciones de causalidad entre las variables aquí tratadas.

Finalmente es necesario señalar que el análisis aquí presentado es indicativo de un esquema general, donde lo esencial está en considerar que la infraestructura pública afecta las variables socio – económicas en múltiples dimensiones y que estos vínculos presentan *circularidades* por el hecho que la infraestructura puede afectar directamente a una variable, pero indirectamente, al modificar alguna de las variables explicativas de la misma.

De esta manera, condicional a la información existente, estos efectos se pueden modelar ya sea con otras formas funcionales diferentes a las aquí presentadas (por ejemplo, formas funcionales no lineales), o simplemente con otras variables, que el modelador y la autoridad consideran más adecuadas para el contexto particular en que se trabaje.

Los modelos estático y dinámico que hemos descrito brevemente en el capítulo anterior, se hacen cargo de identificar, sobre la base de la información disponible, un efecto positivo y *bi - causal* entre la inversión en infraestructura y el producto de la economía. La metodología de análisis considera la existencia de relación causa-efecto entre las variables de interés, la que puede o no considerar los efectos endógenos que hemos mencionado (el modelo estático no las considera, el modelo dinámico las toma en cuenta).

Para efectos de estimación econométrica de las relaciones anteriores, se asumen supuestos adecuados y usuales, de linealidad y de condiciones sobre el número de rezagos y variables explicativas de forma tal que métodos usuales puedan ser aplicados[36].

A partir de los resultados mostrados en el ejemplo anterior, es posible identificar el efecto que la infraestructura pública tiene sobre el producto de la economía, cuestión que por sí misma aporta a los beneficios implícitos de los proyectos. De hecho, los efectos positivos identificados corresponden sólo a un piso de valores, ya que la metodología presentada no se hace cargo, por ejemplo, de los otros ítems usuales de beneficio que se obtienen de un análisis ABC estándar (por ejemplo, beneficios por ahorro de

[36] Los aspectos técnicos de los modelos dinámicos tipo VAR pueden ser vistos en Johnston y Dinardo (2001).

tiempo, por ahorro de combustibles y por seguridad). Tampoco el análisis presentado se hace cargo de los efectos que la infraestructura podría tener en otros ítems relevantes, a saber, en productividad de las firmas, indicadores de salud pública, efectos en escolaridad, etc., sobre todos los cuales se presume deben haber externalidades derivadas de estas inversiones. Obviamente la cuantificación de las mismas se hace a partir de la estimación de un modelo como el anterior, habida cuenta de los datos.

Por lo tanto, el esquema anterior debe necesariamente ser complementado con un análisis ABC usual, para así disponer de un perfil más completo sobre los impactos socio-económicos de interés, cuestión que ex post nos permitiría, por ejemplo, asignar costos entre países en proporción a estos beneficios generalizados.

Se insiste que todo el proceso anterior se puede aplicar para considerar los efectos que la infraestructura pública pudiese tener sobre otras variables socio-económicas de interés (indicadores de salud, educación, productividad de las firmas, localización de actividades, seguridad, etc.). El método de análisis a seguir para tales casos es similar a lo ya mostrado y obviamente depende de la cantidad y calidad de datos disponible. De hecho, es perfectamente posible considerar cadenas de causalidad más complejas entre las variables de interés que aquella mostrada para PIB-Inversión, cuestión que se desprende en las correspondientes ecuaciones presentadas en las secciones iniciales del presente documento.

En términos concretos, la implementación y aplicación del método de evaluación social de proyectos según lo descrito en las secciones precedentes, tiene como fin la cuantificación de externalidades sociales inherentes al desarrollo de proyectos de infraestructura, las que usualmente no son consideradas en los análisis costo-beneficio tradicionales. A partir de esto, se pueden entonces mejorar los cálculos de las evaluaciones sociales de este tipo de proyectos, cuestión que finalmente redunda en las decisiones de políticas públicas en la materia.

El fundamento técnico que está detrás del análisis ya presentado sobre externalidades viene del hecho que la infraestructura pública tiene, en términos generales, un triple rol de (i) *catalizador*, de (ii) *facilitador* y eventualmente, de (iii) *generador* de nuevas oportunidades de intercambio económico y social, debido a que mejoran las condiciones de movilidad y accesibilidad de los agentes económicos, reduciendo los costos generales inherentes a la distancia espacial entre oferentes y demandantes de bienes y servicios, aspecto que a su vez es un *incentivo* para aumentar y permitir dichas transacciones.

El efecto multiplicador que la infraestructura pública tiene sobre la economía se manifiesta prácticamente sobre todas las actividades que desarrollan los individuos y las firmas, con consecuencias de corto y largo plazo sobre el desenvolvimiento de los mismos. Los efectos de corto plazo se relacionan, usualmente, con aquellos que son cuantificados en los análisis tradicionales de costo beneficio vinculados a las reducciones en los tiempos de viaje de los agentes económicos, que valorados en forma adecuada, permiten obtener una primera aproximación de beneficio social[37].

Sin embargo, adicional a lo anterior y con el fin de mejorar la evaluación de los proyectos, se hace necesario considerar efectos de *largo plazo* y de *carácter no local* que la infraestructura pudiese tener sobre la economía.

Respecto al *carácter no local*, la infraestructura pública no sólo tiene incidencia en la zona de influencia directa, sino que además, por el hecho que dicha zona forma parte de una comunidad mayor que está integrada por una red ya existente, dichos desarrollos locales tienen efectos en todas las otras zonas del país. Existen condiciones para las cuales este efecto no local puede ser muy relevante. Por ejemplo, cuando se trata de proyectos de conectividad multinacional, es claro que las zonas aledañas a aquella de incidencia directa podrían resultar muy beneficiadas, toda vez que se generan nuevas oportunidades de intercambio con otros países, los que ex ante eran vedados por la falta de conexión.

[37] Adicional a lo indicado, sabemos que existen diversos otros beneficios que se incorporan en el análisis de costo beneficio: ahorro de combustible, efectos sobre contaminación, etc. De todas formas, ellos siguen siendo de carácter local, y sólo considerados para la inmediatez del proyecto.

Los efectos de largo plazo que se han mencionado se relacionan, por ejemplo, con la incidencia que la infraestructura puede tener sobre el acceso a servicios básicos de la población: educación, salud, entretención, etc. Dado que, por ejemplo, la infraestructura pública facilita el acceso a servicios de educación y salud, se tienen mejoras futuras en capital humano y en índices de salubridad, los que a su vez inciden en la productividad de las firmas, y por ende en el bienestar económico general. Es claro que este tipo de efectos son de largo plazo; sin embargo, no por ello deja de ser relevante, ya que un cambio estructural en las condiciones de vida de las personas puede llegar a ser motor de desarrollo social en la medida que es un cambio sostenible y permanente.

Los efectos *no locales* y de *largo plazo* que se han mencionado están en la esencia las externalidades no cuantificadas que se han señalado. La magnitud de tales efectos dependerá obviamente de las *condiciones iniciales* que existen en el país donde se ejecute la inversión en comento.

En el documento de Correa y Rozas ya citado, se hace mención a la existencia de factores *condicionantes*, *intervinientes* y *determinantes* que favorecen o no los efectos de la infraestructura desde el punto de vista ya mencionado. Es claro que, entre otros, la *profundidad del mercado*, la *calidad de las instituciones* y del *capital humano*, la calidad y cantidad de la *infraestructura* existente y la *ubicación geográfica* de la zona en cuestión, son determinantes y condicionantes de la cuantía de los efectos de largo plazo y no locales que se han mencionado. En la medida que el sustrato social definido a partir de lo anterior sea *adecuado*, los efectos socio–económicos de nuevas infraestructuras podrían ser mayores que en zonas donde la calidad del capital humano y de las instituciones no sean las más adecuadas, ello se relaciona simplemente a la forma cómo se obtiene provecho a las oportunidades que se generan producto de las inversiones que se hacen.

El modelo VAR ya detallado persigue precisamente la identificación de los efectos *no locales* y de *largo plazo* que se han mencionado, ya que, por su propia naturaleza en cuanto a modelo, considera las interacciones (*endogeneidades*) entre todas las variables socio-económicas relevantes, que finalmente definen el efecto a considerar. Desde este punto de vista, la existencia de los factores condicionantes y determinantes (sustrato socio-económico) son sólo factores que modifican las elasticidades del modelo, no su naturaleza, debido a ello los coeficientes del modelo VAR pueden perfectamente depender de las características socio-económicas del país, tal como se ha detallado en la explicación funcional del modelo.

Desde un punto de vista práctico, es claro que la estimación de los modelos VAR requiere abundante información, tanto en cantidad como en variedad de antecedentes. Si efectivamente la información estuviese disponible, la determinación de los efectos sería directa a partir de la metodología ya descrita debido a que no sólo se dispone de un enfoque integrado y racional que se hace cargo de los efectos de largo plazo y no locales, sino que además se dispone de un esquema de requerimientos y usos de la información destinados a precisar la naturaleza de las ecuaciones que se han de evaluar (se identificaron efectos a considerar, las variables explicativas y aquellas que participan como factores condicionantes, facilitadores y determinantes de cada uno de los efectos que se tratan, además de especificar una forma funcional a tratar).

Por todo lo anterior, la metodología propuesta es robusta y concreta en cuanto a que propone finalmente un esquema novedoso para la cuantificación de efectos relevantes no considerados en los modelos usuales de evaluación de proyectos. De hecho, su potencial ha sido ilustrado con un análisis parcial de los efectos de la infraestructura sobre el PIB, tomando como ejemplo el caso chileno.

Bibliografía

Archondo-Callao, R. (2005): Modelo de Evaluación de Proyectos Viales HDM IV. Banco Mundial.

_____(2004) Modelo de Evaluación de Proyectos Viales RED 3,2. Banco Mundial.

Asociación Boliviana de Carreteras (ex SNC) (2004/05/06): Memoria de Gestión. 2004, Bolivia.

Atkinson, K. (2001): Manual de Conservación de Carreteras, (versión española) Asociación Técnica de Carreteras, España

Banister, David and N. Lichfield (1995) The Key Issues in Transport and Urban Development; Chapter in Banister, D. Transport and Urban Development; E & FN Spon, London, Uk

Boardway, R.W. (1974): "The Welfare Foundations of Cost-Benefit Analysis", The Economic Journal, Vol. 84, No. 336. December, pp. 926-939.

Böhringer, Christoph & Löschel, Andreas, 2004. "Measuring Sustainable Development: The Use of Computable General Equilibrium Models," ZEW Discussion Papers 04-14, ZEW - Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung / Center for European Economic Research.

Cadex (2006): "Memoria Foro Puerto Busch", Santa Cruz de La Sierra-Bolivia.

Cairncross, F. (2000): The Death of Distance, Harvard University Press.

Cartes Mena, F. (2006): "Avalicao de grandes projetos públicos". Brasilia-Brasil.

Contreras, E. (2004): Evaluación de Inversiones Públicas: Enfoques Alternativos y su Aplicabilidad para Latinoamérica. Serie Manuales, Número 37, CEPAL – ILPES, Santiago de Chile.

Correa, Germán y Patricio Rozas B. (2006): "Desarrollo urbano e inversiones en infraestructura: elementos para la toma de decisiones"; *Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 108*, LC/L.2522-P/E; CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Dalal-Clayton, B. and Fieke Krikhaar (2007): A New Sustainable Development Strategy: An Opportunity Not To Be MissedRMNO, June, Den Haag, The Netherlands

Doering, E.. (1996): "Evaluación de Proyectos Viales con HDM III. Modelación y Elaboración Plan Plurianual para Prov. de Catamarca", Catamarca (mimeo)

Ferrá, C (2005): Evaluación Socioeconómica de Proyectos (mimeo)

Ferrá, C. y C. Botteon (2001): "Metodología de Evaluación Socioeconómica de proyectos de Vías de Transporte Binacionales", Universidad Nacional de Cuyo.

Ferrá, C. y C. Botteon (2002): "Metodologías de Evaluación Socioeconómica de Proyectos Relacionados con un Sistema Interconectado de Energía entre dos Países", Universidad Nacional de Cuyo.

George, Clive; Kirkpatrick, Colin (2004): Trade and development: Assessing the impact of trade liberalisation on sustainable development. Journal of World Trade, Vol. 38, No. 3, 06.2004, p. 441-469.

Harberger, A. (1991): "Basic Needs versus Distributional Weights in Social Cost-Benefit Analysis".

Harberger, A. (1997): "Economic Project Evaluation, Part 1: Some Lessons for the 1990s", The Canadian Journal of Project Evaluation, Special Issue, 1997.

http://unstats.un.org/unsd/cr/ctryreg/ctrydetail.asp?id=311

http://www.econ.yale.edu/seminars/labor/lap03/lochner-030404.pdf#search=%22mincer%20equation%22

IIRSA/COSIPLAN (2003): "Visión de Negocios Eje Interoceánico", presentación en la Reunión de GTEs para los Ejes Interoceánico, MERCOSUR-Chile, Porto Alegre – Asunción – Jujuy – Antofagasta y Talcahuano – Concepción – Neuquén – Bahía Blanca. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 4 al 6 de noviembre de 2003.

IIRSA/COSIPLAN (2006): "Grupos del Eje Interoceánico", presentación en la reunión de Buenos Aires, 2006.

Instituto de la construcción y gerencia del perú (2005): Casos de Evaluación de Proyectos Viales con RED 3,2. Perú.

Jansson Molina, A. (2000): Formulación y Evaluación de proyectos de Inversión. Univ. Tecnológica Metropolitana de Chile. Chile.

Jenkins, G.P. and C-Y Kuo (2006): "Evaluation of the Benefits of Transnational Transportation Projects", Journal of Applied Economics, Volume IX, Number 1 (May 2006), 1-17.

Johnston, J. y Dinardo, J. (2001), Métodos de Econometría, Vicens Vives, Barcelona.

Keynes, J.M. (1919): The Economics Consequences of Peace. Internet Edition, The Gutenberg Project.

Kirkpatrick, Colin; Weiss, J. Edward (1996): Cost Benefit Analysis and Project Appraisal in Developing Countries. / Elgar Editors.

Kogan, Jorge H., Ricardo J. Sánchez y Francisco Wulff, coordinadores (2007): Técnicas de evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura, con discriminación de costos y beneficios; Documento de trabajo CAF/CEPAL; Santiago de Chile

Masciarelli, E. (2006): Economía, Producción y Transporte- Serie ingeniería. Edit Universitas. Córdoba 2006.

Oka, T. (2003): "Effectiveness and Limitations of Cost-benefit Analysis in Policy Appraisal", Government Auditing Review, Volume 10, March 2003.

Ortegón, E., J. A. Pacheco y H. G. Roura (2005): Manual de Evaluación de Proyectos. Serie Manuales, Número 34, CEPAL – ILPES, Santiago de Chile.

Páginas de Internet consultadas: www.desarroloo.gov.bo; www.snc.gov.bo; www.sepcamsc.gov.bo; www.brasil.gov.br; www.abc.gov.bo; www.mtc.gov.bo; www.embajadadebolivia.com.ar; www.mtc.gov.pe; www.consabolivia.com/economia; www.cambobra.com/; www.cadex,org.bo; www.worldbank.org/afr.

Pasqual, J. (1999): La Evaluación de Políticas y Proyectos: criterios de valoración económicos y sociales, Icaria, Antrazyt, Universitat Autònoma de Barcelona.

Prefectura de Santa Cruz (2006): Informes varios de Obras Viales de esa jurisdicción. Santa Cruz de La Sierra-Bolivia.

Price, A.D.F. (1995): Financing International Projects, International Construction Management Series, Nº 3, International Labour Office, Geneva.

Rivera J., (2006) "Un análisis de los efectos de la infraestructura pública sobre algunas variables socio-económicas e implicancias en la evaluación de proyectos".

Roura, H. G. (2006): "Diseño de un Modelo de Evaluación de Beneficios en Proyectos Multinacionales de Infraestructura. Módulo sobre la Aplicabilidad del Análisis Costo Beneficio Social. Informe Final", Informe de Consultoría para la Corporación Andina de Fomento, mimeo. Buenos Aires, Octubre de 2006.

Rozas B., Patricio y Ricardo J. Sanchez (2004): Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual; Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 75 LC/L.2182-P/E; CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Vialidad Nacional Argentina (1977): Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales. Ministerio de Economía, Argentina (1977).

World Bank (2006): Base de datos ROCKS Versión 2.3. Banco Mundial; Washington D.C.

NACIONES UNIDAS

CEPAL

Serie Recursos Naturales e Infraestructura

Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

183. La discriminación de costos y beneficios en la evaluación de proyectos transnacionales de infraestructura y otros métodos complementarios, Ricardo J Sánchez (LC/TS.2017/124), 2017.
182. El nexo entre el agua, la energía y la alimentación en Costa Rica: el caso de la cuenca alta del río Reventazón, Maureen Ballestero Vargas y Tania López Lee (LC/TS.2017/105), 2017.
181. La gobernanza de los recursos naturales y los conflictos en las industrias extractivas: el caso de Colombia, Eduardo Ramos Suárez, Cristina Muñoz Fernández, Gabriel Pérez, (LC/TS.2017/71), 2017.
180. América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible en agua y saneamiento: reformas recientes de las políticas sectoriales, Gustavo Ferro (LC/TS.2017/17), 2017.
179. El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe: Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias, Antonio Embid y Liber Martín (LC/TS.2017/16), 2017.
178. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe, Humberto Peña (LC/L.4169/Rev.1), 2016.
177. Políticas de logística y movilidad, antecedentes para una política integrada y sostenible de movilidad (volumen 1), Patricio Rozas Balbontín, Azhar Jaimurzina y Gabriel Pérez Salas (LC/L.4120), 2015.
176. Transporte marítimo y puertos: desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe, Ricardo J. Sánchez, Azhar Jaimurzina, Gordon Wilmsmeier, Gabriel Pérez Salas, Octavio Doerr y Francisca Pinto (LC/L.4119), 2015.
175. Geográfia del transporte de carga. Evolución y desafíos en un contexto global cambiante, Gordon Wilmsmeier (LC/L.4116), 2015.
174. Políticas de logística y movilidad, para el desarrollo sostenible y la integración regional, Azhar Jaimurzina, Gabriel Pérez Salas y Ricardo J. Sánchez (LC/L.4107), 2015.
173. La experiencia legislativa del decenio 2005-2015 en materia de aguas en América Latina, Antonio Embid y Liber Martín (LC/L.4064), 2015.
172. Violencia de género en el transporte público: una regulación pendiente, Patricio Rozas Balbontín y Liliana Salazar Arredondo (LC/L.4047), 2015.
171. Análisis, prevención y resolución de conflictos por el agua en América Latina y el Caribe, Liber Martín y Juan Bautista Justo (LC/L.3991), 2015.
170. Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado, Gustavo Ferro y Emilio J. Lentini (LC/L.3949), 2015.
169. Gobernanza del gas natural no convencional para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe, Andrés Arroyo y Andrea Perdriel (LC/L.3948), 2015.
168. Aspectos metodológicos para el tratamiento estadístico de la infraestructura en América Latina y el Caribe, Jeannette Lardé, Salvador Marconi y Julio Oleas (LC/L.3923), 2014.
167. Estado de implementación del Programa de Acción de Almaty en América del Sur, Gabriel Pérez-Salas, Ricardo J. Sánchez y Gordon Wilmsmeier (LC/L.3892), 2014.
166. Políticas e institucionalidad en materia de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe, Franz Rojas Ortuste (LC/L.3822), 2014.
165. Notas sobre la teoría de la empresa pública de servicios de infraestructura y su regulación, Patricio Rozas Balbontín y José Luis Bonifaz F. (LC/L.3793), 2014.

183

RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA

Series
CEPAL

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN
www.cepal.org