

NOTA TÉCNICA

METODOLOGÍA PARA GENERAR  
INDICADORES DE ACTIVIDAD  
EN INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA\*

JUAN CARLOS CARO

Cámara Chilena de la Construcción A.G.

BYRON IDROVO

Cámara Chilena de la Construcción A.G.

*This article depicts an alternative methodology for measuring the investment activity in Chile's infrastructure and housing sectors. The methodology is based on the Stock & Watson index (1989), which defines activity indicators as "an unobservable underlying state". We use the Kalman Filter as an estimation method. Then, by applying the Chow & Lin methodology (1971), we interpolate the disaggregated investment annual series of the National Accounts System. The result is new quarterly investment data for both sectors which can be used in future research.*

*JEL:* C51, C32

*Keywords:* Construcción, Filtro de Kalman, Infraestructura, Vivienda

## 1. INTRODUCCIÓN

La evidencia teórica y empírica reconoce que el comportamiento del sector construcción es un indicador adelantando de la actividad agregada (ver Piguillem, 2004a), siendo relevante disponer de información sistematizada del mismo. Ello resulta de utilidad tanto para los agentes económicos como para el análisis de política pública. Actualmente en Chile existen dos fuentes principales que proveen información para el sector construcción. La primera corresponde a

\* Los autores agradecen los valiosos comentarios realizados por dos árbitros anónimos y los editores de Cuadernos de Economía y del equipo de la Gerencia de Estudios de la Cámara Chilena de la Construcción. Cualquier error es responsabilidad de los autores. Investigadores interesados en obtener acceso a los datos para fines exclusivamente académicos deben comunicarse directamente con los autores del estudio.

Email: jcaro@cchc.cl, bidrovo@cchc.cl

las series del valor agregado del sector e inversión materializada en construcción, generadas por el Banco Central de Chile (BCCh), y la segunda al Indicador Mensual de Actividad de la Construcción (IMACON), elaborado por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC).

Además, a nivel desagregado, el BCCh reporta la inversión en construcción según las características físicas del bien producido, entre Obras de Edificación y Obras de Ingeniería. Sin embargo, esta también puede desagregarse según el uso final de los bienes, entre vivienda e infraestructura. Esta división es económicamente más coherente para comprender los ciclos de la construcción, dado que cada subsector reacciona a diferentes componentes de la demanda interna. La actividad de vivienda se ve afectada mayoritariamente por fluctuaciones en el consumo privado (su demanda directa), en tanto que el sector de infraestructura es más sensible a la Inversión y el Gasto Público, dado que son los principales demandantes de obras de ese tipo.

Cabe destacar que hasta la compilación de referencia de Cuentas Nacionales (CC.NN) del año 2003, era posible encontrar información separada para el nivel de la inversión en vivienda e infraestructura, sin embargo dichas series fueron discontinuadas. Por otra parte, aunque se dispone de un grupo de indicadores parciales de ambos subsectores, su información no es interpretable en términos de magnitud agregada, especialmente si hay señales mixtas y no existen índices sistematizados que den cuenta de la actividad en cada uno de los subsectores. En este trabajo se postula una técnica simple para incorporar nuevos indicadores sintéticos de actividad en el análisis sectorial, basados en la información disponible. Al momento del estudio, no hay literatura disponible que prepare indicadores sectoriales para la inversión en vivienda y las obras de infraestructura por separado, por tanto el presente estudio constituye un primer intento de desagregación formal de la actividad sectorial según el uso final de bienes producidos.

Basado en los modelos estructurales de series de tiempo propuestos por Stock y Watson (1989), aquí se estiman los índices de actividad a partir de estadísticas sectoriales actualmente disponibles tales como: las solicitudes de permisos de edificación facturación de contratistas generales<sup>1</sup>, empleo sectorial y flujos de inversión en construcción de los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La estrategia de estimación consiste en una aplicación directa del Filtro de Kalman (Kalman, 1962), lo cual permite identificar series que recogen características comunes de los indicadores parciales asociados a los rubros vivienda e infraestructura, respectivamente.

La utilidad de los indicadores generados abarca diversos ámbitos. El indicador de actividad en vivienda puede ser un insumo importante para la formulación de políticas públicas sectoriales, ya que representa un indicador del desarrollo social del país. En efecto, la inversión en vivienda representa el mayor activo de un hogar, siendo una aproximación más permanente del bienestar social

<sup>1</sup> Agrupación de empresas constructoras asociadas a la CChC que se dedican a la ejecución de obras.

(respecto del PIB per cápita, por ejemplo). Asimismo, la inversión en infraestructura puede ser un indicador anticipado del crecimiento y la productividad del país. Adicionalmente, al utilizar estos indicadores para desagregar las series trimestrales de Cuentas Nacionales en materia de inversión, es posible mejorar la información con la cual se alimentan los modelos de equilibrio macroeconómico del BCCh. Otra aplicación posible, por ejemplo, es utilizar la información para un mejor seguimiento cuantitativo de los recursos públicos invertidos en infraestructura y vivienda.

El documento se estructura de la siguiente forma: la Sección 2 describe brevemente la carencia de información y las nuevas series de datos que aporta este estudio. La Sección 3 describe la metodología usada para generar las series. La Sección 4 entrega los resultados, en tanto que las conclusiones se presentan en la Sección 5.

## 2. LOS COMPONENTES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN

El sector construcción, entendido como la inversión en construcción ejecutada en el país, es una actividad transversal de la economía y precede el comportamiento de los otros sectores productivos. La construcción puede clasificarse según las características físicas de la obra (función de producción) o por el uso final de ésta (bienes producidos), siendo la segunda más relevante al momento de realizar análisis macroeconómico. Como se mencionó anteriormente, la división funcional de la construcción por tipo de bien, entre vivienda e infraestructura, se debe a que se encuentran correlacionados con distintos componentes de la demanda interna.

Actualmente la información sistematizada del sector construcción puede encontrarse en la base estadística del BCCh, si se desean los niveles efectivos (en términos de valor), o en la CChC, si se desean indicadores de actividad sectorial (como el IMACON, por ejemplo).

CUADRO 1  
COMPOSICIÓN DE LA INVERSIÓN  
SEGÚN CUENTAS NACIONALES HASTA 2002

| Formación Bruta de Capital Fijo             |
|---|
| i) Construcción y Otras Obras (GC)          |
| i.1) Edificación Habitacional (EH)          |
| i.2) Edificación no Habitacional (EHN)      |
| i.3) Obras de Ingeniería y Otras Obras (OI) |
| ii) Maquinaria y Equipos                    |

Fuente: Banco Central de Chile.

Las series de datos de Cuentas Nacionales relativa a la inversión en construcción<sup>2</sup> que reporta el BCCh es una estimación que se obtiene en base a técnicas estadísticas, basándose en indicadores parciales que capturan información relevante acerca del comportamiento de ésta. Dicha información proviene de encuestas a empresas, catastros de inversiones, declaraciones en el sistema tributario y otras fuentes. El cálculo se realiza de tal forma que se cumpla con la identidad contable fundamental (oferta agregada igual a demanda agregada).

CUADRO 2  
CLASIFICACIÓN DE LA INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN

| Por tipo de obra         | Por uso final            |
|--------------------------|--------------------------|
| Edificación (EH+EHN)     | Vivienda (EH)            |
| Obras de Ingeniería (OI) | Infraestructura (OI+EHN) |

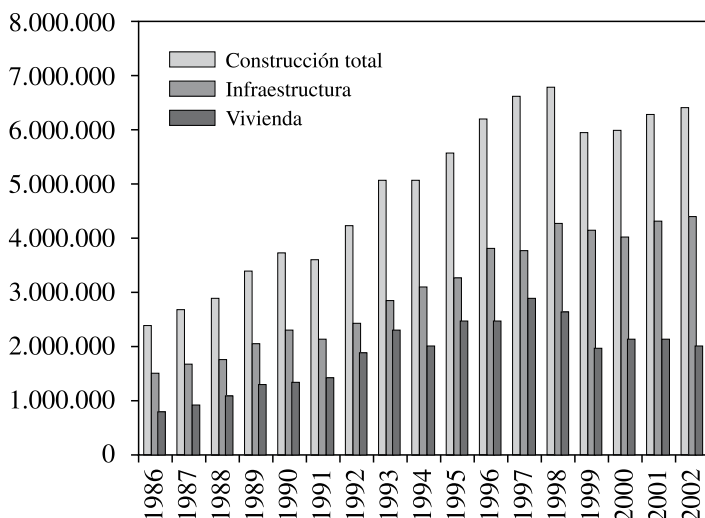
Fuente: BCCh y elaboración propia.

Hasta el año 2003 la información de Inversión en Construcción y Otras Obras (que equivale al gasto efectivo en construcción) se dividía en tres categorías como se ve en el Cuadro 1. La primera de ellas, Edificación Habitacional, representa la inversión en el sector vivienda, en tanto que las dos siguientes, Edificación No Habitacional y Obras de Ingeniería, pueden asociarse a la inversión en infraestructura productiva, ya sea de orden comercial o industrial. A contar del año 2003, debido a la actualización de la matriz insumo producto con la cual el Banco Central de Chile computa estos valores, los componentes i.1) y i.2) comenzaron a reportarse de manera conjunta bajo el título Edificación, por lo cual no es posible identificar las categorías de vivienda e infraestructura en forma aislada.

Por otra parte, el IMACON, que refleja la actividad del sector de la construcción con frecuencia mensual, se compone de varias series que comparten una tendencia subyacente que representa apropiadamente la inversión en construcción de manera agregada. Sin embargo, el IMACON no distingue entre la actividad de infraestructura y la construcción de viviendas, sino que trata toda la inversión en construcción como una sola fuente. Además, cabe destacar que dado el set de variables disponibles utilizadas para su construcción, este indicador representa mejor la actividad del subsector vivienda por sobre la infraestructura, como se puede ver en el Cuadro 3. No obstante, cabe señalar que las series de nivel de inversión reportadas por CC.NN. entregan información acerca de la variación del stock de capital en infraestructura o vivienda, representado como el valor de los bienes finales, en tanto que el IMACON es un indicador de actividad que se aproxima más bien al valor bruto de la producción, por cuanto, aunque en tendencia ambas series suelen aproximarse, sus tasas de crecimientos poseen ciertas diferencias.

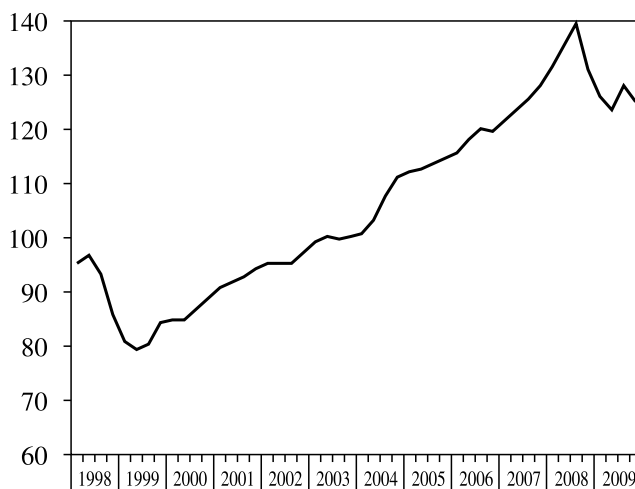
<sup>2</sup> Entiéndase como el ítem Construcción y Otras Obras que se desprende de la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF).

**FIGURA 1**  
**INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN POR COMPONENTES**  
 (Clasificación hasta 2002)  
 Millones de pesos de 2003



Fuente: BCCh.

**FIGURA 2**  
**IMACON EN NIVEL (BASE 2003=100)**  
**Y EN VARIACIÓN ANUAL (EN %)**  
 (1998-2009)



Fuente: Gerencia de Estudios, CChC.

CUADRO 3  
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LA VARIACIÓN ANUAL

|                 | IMACON | Infraestructura | Vivienda |
|-----------------|--------|-----------------|----------|
| IMACON          | 1      |                 |          |
| Infraestructura | 0,52   | 1               |          |
| Vivienda        | 0,85   | 0,24            | 1        |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Infraestructura y vivienda medidos en frecuencia anual según lo reportado en CC.NN.

Por otra parte, se dispone actualmente de un set de variables que entregan información parcial sobre el comportamiento del sector y que se correlacionan positivamente. Así, cuando período a período estas señales registran aumentos, es posible aseverar una mejoría del desempeño de los subcomponentes (vivienda o infraestructura), sin embargo no es posible contar con una medición objetiva de esta. Lo anterior es análogo cuando todos los indicadores parciales tienden a contraerse. El problema ocurre cuando éstos muestran señales mixtas. Por ejemplo, en el caso del sector vivienda, supongamos que las actuales obras de edificación habitacional contemplan un alto nivel de contratación de mano de obra y además de un favorable desempeño de la actividad de contratistas generales; no obstante, si las expectativas de demanda por vivienda no son del todo alentadoras, entonces las solicitudes de permisos de edificación habitacional podrían exhibir una caída en el mismo período en que los restantes indicadores parecen optimistas. Bajo este escenario, no es directo interpretar cuál sería el desempeño resultante del sector vivienda, ya que ello depende de las magnitudes en que varían los indicadores parciales y la incidencia con que éstos operen en la actividad sectorial. Esta es la razón por la cual se hace necesario desarrollar índices de actividad sectorial que agreguen la dinámica de los indicadores parciales antes mencionados.

El objetivo de este trabajo es obtener el símil de la información actualmente disponible del sector construcción para cada uno de sus subcomponentes. Es decir, desarrollar indicadores de actividad para vivienda e infraestructura, basados en una estructura de series de tiempo similar a la del IMACON. Para hacer esto, es necesario tomar toda la información disponible —contenida en indicadores parciales representativos de cada subsector que se pretende medir— y realizar los supuestos de identificación necesarios que permitan generar dichas series, bajo técnicas estadísticas, como se explica en la siguiente sección.

Aunque la metodología utilizada no difiere sustancialmente de aquella formulada para elaborar el IMACON (ver Piguillem, 2004b), la disponibilidad reciente de nuevas fuentes de información, como es el volumen de inversión aprobada en el SEIA, y la desagregación del empleo sectorial en obras de edificación y vivienda, respectivamente, es lo que ha permitido contar con un mayor set de datos para estimar estos indicadores que permiten entender la asimetría de los ciclos de actividad dentro el sector.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología de estimación de los índices de actividad del sector vivienda (o inmobiliario habitacional) e infraestructura está basada en la derivación del Filtro de Kalman (Kalman, 1962) de modelos de series de tiempo estructurados de la forma estado-espacio (State-Space, SS). Este es un método estadístico de estimación recursiva de un set de ecuaciones simultáneas.

En econometría los modelos representados de la forma SS han sido comúnmente utilizados para la estimación de variables económicas no observadas. La idea esencial de este tipo de modelos descansa en la hipótesis de que existe un estado subyacente de actividad, el cual es retroalimentado con información observable (o más bien señales del sector) en cada momento del tiempo. A fines de la década de los ochenta, Stock y Watson (1988, 1989), acuñaron el término de actividad subyacente para explicar que, independiente de la definición técnica para medir la actividad económica, era posible estimar un indicador (estado subyacente) que diera cuenta del motor que impulsa la economía. Para ello, estos autores utilizaron algunos indicadores sectoriales como señales preponderantes de la economía, tales como: el comercio, la producción industrial y el empleo agregado, cuyos pesos relativos en la actividad agregada fueron ajustados por máxima verosimilitud, basado en el método del Filtro de Kalman. En este sentido, el indicador de actividad descrito por Stock y Watson contiene toda la información relativa al sistema, *i.e.*, considera las características comunes (comovimientos) de las tres variables observables y representativas del desempeño económico de Estados Unidos.

Siguiendo de cerca este enfoque metodológico, se asume que los índices de actividad inmobiliaria e infraestructura constituyen una agregación de un grupo de indicadores sectoriales. Los indicadores disponibles para el sector vivienda son: índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación habitacional (CCGGH)<sup>3</sup>; empleo del sector de la construcción, subgrupo edificación (LEDIF)<sup>4</sup>; y las solicitudes de permisos de edificación habitacional (PERHABIT). En segundo lugar, el desempeño del sector infraestructura es capturado a través de las siguientes variables: índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación no habitacional (CCGGNH); empleo del sector construcción, subgrupo obras de ingeniería (LOBR); un índice de inversión en infraestructura generado a partir de los proyectos aprobados por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (IINF)<sup>5</sup>; y las solicitudes de permisos de edificación no habitacional (PERNOHABIT).

La representación SS para la estimación del índice de actividad inmobiliaria (INACIN) e infraestructura (INACINF) consiste en una colección de ecuaciones

<sup>3</sup> Este índice es una simple normalización del volumen efectivo de facturación de las empresas en el rubro.

<sup>4</sup> información provista por el INE.

<sup>5</sup> Para información sobre este índice ver Apéndice.

matemáticas agrupadas en dos sistemas: las ecuaciones de *medida*, que capturan el mecanismo de transmisión entre la actividad subyacente y los indicadores parciales (o más bien señales de actividad); y el otro sistema corresponde a los *estados* que gobiernan el proceso estocástico de la actividad subyacente en cada momento del tiempo.

Ecuaciones de medida:

$$(1) \quad \begin{aligned} \Delta y_{1t}^\tau &= \beta_1^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{1t}^\tau \\ \Delta y_{2t}^\tau &= \beta_2^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{2t}^\tau \\ \Delta y_{3t}^\tau &= \begin{cases} \beta_3^\tau \Delta x_t^\tau + \beta_{31}^\tau \Delta x_{t-1}^\tau + \beta_{32}^\tau \Delta x_{t-2}^\tau \\ + \beta_{33}^\tau \Delta x_{t-3}^\tau + \varepsilon_{3t}^\tau & \text{si } \tau = \text{I}, y_{3t}^\tau = \text{LEDIF} \\ \beta_3^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{3t}^\tau & \text{si } \tau = \text{INF} \end{cases} \\ \Delta y_{4t}^\tau &= \begin{cases} \beta_4^\tau \Delta x_t^\tau + \beta_{41}^\tau \Delta x_{t-1}^\tau + \beta_{42}^\tau \Delta x_{t-2}^\tau \\ + \beta_{43}^\tau \Delta x_{t-3}^\tau + \varepsilon_{4t}^\tau & \text{si } \tau = \text{INF}, y_{4t}^\tau = \text{LOBR} \\ \beta_4^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{4t}^\tau & \text{si } \tau = \text{I} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{3t}^\tau \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_i^\tau}) \quad \text{con } i = 1, 2, 3, 4$$

donde  $\Delta y_{it}^\tau = \Delta Y_{it}^\tau - \Delta \bar{Y}_{it}^\tau$ , siendo  $\{\Delta Y_{it}^\tau\}_{i=1}^3$  el conjunto de indicadores representativos de la actividad subsectorial  $\tau$  (con  $\tau$  igual a I si los indicadores referidos corresponden al sector Inmobiliario e INF si provienen de la infraestructura). En tanto,  $\Delta x_{it}^\tau = \Delta X_{it}^\tau - \delta^\tau$ , donde  $\Delta X_{it}^\tau$  es la actividad subyacente o una especie de tendencia estocástica compartida por las variables (observables) en el instante  $t$ ; y  $\delta^\tau$  es la constante de la ecuación de estado, descrita más adelante. Por su parte,  $\{\beta_i^\tau\}_{i=1}^3$  son los ponderadores asociados a las características comunes del sistema en cada momento del tiempo.

Adicionalmente, con el propósito de incorporar las rigideces del empleo frente a los ciclos económicos (debido a los costos de despidos, por ejemplo), se permitió un rezago de mayor extensión para el componente del error del empleo con relación a las restantes variables del modelo<sup>6</sup>. Por último,  $\{\varepsilon_i^\tau\}_{i=1}^3$  representa las medidas de error del sistema de ecuaciones, las mismas que capturan las características no comunes de los indicadores parciales.

<sup>6</sup> Piguillem (2004b) y Tejada (2006).



Ecuaciones de estado:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \Delta x_t^\tau &= \lambda_1^\tau \Delta x_{t-1}^\tau + \lambda_2^\tau \Delta x_{t-2}^\tau + \kappa_t^\tau \\
 \varepsilon_{1t}^\tau &= \pi_{11}^\tau \varepsilon_{1t-1}^\tau + \pi_{12}^\tau \varepsilon_{1t-2}^\tau + \eta_{1t}^\tau \\
 \varepsilon_{2t}^\tau &= \pi_{21}^\tau \varepsilon_{2t-1}^\tau + \pi_{22}^\tau \varepsilon_{2t-2}^\tau + \eta_{2t}^\tau \\
 \varepsilon_{3t}^\tau &= \pi_{31}^\tau \varepsilon_{3t-1}^\tau + \pi_{32}^\tau \varepsilon_{3t-2}^\tau + \eta_{3t}^\tau \\
 \varepsilon_{4t}^\tau &= \begin{cases} \pi_{41}^\tau \varepsilon_{4t-1}^\tau + \pi_{42}^\tau \varepsilon_{4t-2}^\tau + \eta_{4t}^\tau & \text{si } \tau = \text{INF} \\ 0 & \text{si } \tau = \text{I} \end{cases} \\
 \kappa_t^\tau &\sim \text{N}(0, \sigma_\kappa^\tau = 1) \\
 \eta_{jt}^\tau &\sim \text{N}(0, \sigma_{\eta_j}^\tau) \quad \text{con } j = 1, 2, 3, 4
 \end{aligned}$$

La primera ecuación define la ley de movimiento de la variable de estado ( $X_t^\tau$ ). Esta variable contiene la información más relevante del sistema en cada momento del tiempo, acompañada de una estructura de serie de tiempo parsimoniosa. Por otra parte  $\{\lambda_i^\tau\}_{i=1}^2$  es el coeficiente de transición de la variable de estado período a período. Las restantes ecuaciones corresponden a una estructura de media móvil en los residuos de las ecuaciones de medida.

El ajuste estadístico de los modelos SS mediante el Filtro de Kalman presenta algunas consideraciones relevantes. En primera instancia, un típico problema en la aproximación de variables no observables es el de identificación<sup>7</sup>. Para solucionar este inconveniente, se normalizaron todas las variables del modelo SS (indicadores subsectoriales  $\tau$  y variable de estado  $X_t^\tau$ ) y se impone que la varianza de la variable de estado sea igual a uno, al igual que en Stock y Watson. Al normalizar la varianza del estado se logra eliminar un parámetro a estimar y por tanto es posible identificar el modelo completo para su estimación.

Sin embargo, dado que en el modelo la varianza de la variable de estado queda fija, es necesario re-escalar los índices para obtener un estimador consistente de la varianza de los mismos. Para ello, es posible formular el siguiente índice auxiliar (INDEaux):

$$(3) \quad INDEaux_t^\tau = \sum_{k=1}^3 \left( \frac{1}{\sigma_{Y_{kt}}^\tau} \right) Y_{kt}^\tau$$

Este indicador formulado a partir de las variables observables, permite ajustar las variables de estado por la volatilidad conjunta del set de información

<sup>7</sup> Harvey (1989); Melo *et al.* (2003). Es posible demostrar que, la ausencia de restricciones en la estimación del modelo SS, arroja infinitas variables de estado (o indicadores subyacentes).

disponible. Otra alternativa posible para realizar este ajuste es utilizar una serie de información relevante como el IMACON<sup>8</sup>.

Otra consideración importante es que la solución anterior al problema de identificación impide la estimación directa del parámetro de la constante de la ecuación de estado. Para ello Kim y Nelson (1999) presentan una alternativa de estimación de dicho parámetro a través del estado estacionario del Filtro de Kalman, el cual se define a continuación:

$$(4) \quad \hat{\delta}^\tau = \left[ (I - (I - KH)F)^{-1} K \right]^\tau$$

donde,  $\hat{\delta}$  es el intercepto de la ecuación de estado;  $I$  es una matriz de identidad;  $K$  (ganancia de Kalman) mide la importancia de la nueva información de  $\Delta x_t^\tau$  contenida en el error de estimación;  $H$  es la matriz de coeficientes de las ecuaciones de medida; y  $F$  es la matriz de coeficientes de las ecuaciones de estado, todo esto estimado por máxima verosimilitud (ver Apéndice). De esta forma, los índices de actividad en infraestructura y vivienda son capturados mediante el siguiente proceso iterativo:

$$(5) \quad X_{t|t}^\tau = X_{t|t-1}^\tau + \Delta x_{t|t}^\tau + \hat{\delta}^\tau \quad \text{con } t > 0$$

Finalmente, los índices de actividad inmobiliaria (I) e infraestructura (INF) ajustados por el parámetro de intercepto ( $\hat{\delta}$ ) y por la volatilidad del indicador auxiliar (INDEaux) son:

$$(6) \quad \text{Indice}_{t|t}^I = X_{t|t}^I \left( \frac{\sigma_{\text{INDEaux}^I}}{\sigma_{X^I}} \right)$$

$$(7) \quad \text{Indice}_{t|t}^{\text{INF}} = X_{t|t}^{\text{INF}} \left( \frac{\sigma_{\text{INDEaux}^{\text{INF}}}}{\sigma_{X^{\text{INF}}}} \right)$$

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Identificación de los indicadores parciales

La medición objetiva del desempeño de la actividad en infraestructura y vivienda, requiere de indicadores parciales altamente vinculados con tales rubros al interior del sector construcción, pudiéndose diferenciar parcialmente el rol que juega cada uno de ellos en la dinámica sectorial. En línea con lo

<sup>8</sup> En efecto Stock y Watson realizan el mismo ajuste utilizando el indicador de actividad mensual de Estados Unidos.

indicado en la sección anterior, la actividad en infraestructura es aproximada por los siguientes subindicadores: los montos de inversión de los proyectos de infraestructura aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); el índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación no habitacional, diseñado por la Gerencia de Estudios de la CChC; los permisos de edificación no habitacional, medidos en m<sup>2</sup> publicados por el INE; y el nivel de empleo en obras civiles, también provisto por el INE. Por su parte, la actividad en vivienda es parcialmente capturada por los siguientes indicadores: el nivel de empleo en edificación<sup>9</sup>, medido en miles de trabajadores y publicado por el INE; las solicitudes de permisos de edificación habitacional, medido en m<sup>2</sup> también publicado por el INE; finalmente, se tiene el índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación habitacional, elaborado por la Gerencia de Estudios de la CChC.

CUADRO 4  
CORRELACIONES SIMPLES ENTRE LOS INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR INFRAESTRUCTURA

|            | CCGGNH | LOBR | PERNOHABIT | IINF |
|------------|--------|------|------------|------|
| CCGGNH     | 1,00   |      |            |      |
| LOBR       | 0,34   | 1,00 |            |      |
| PERNOHABIT | 0,47   | 0,22 | 1,00       |      |
| IINF       | 0,30   | 0,08 | 0,08       | 1,00 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Basado en la variación anual de las series.

CUADRO 5  
CORRELACIONES SIMPLES ENTRE LOS INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR VIVIENDA

|          | CCGGH | LEDIF | PERHABIT |
|----------|-------|-------|----------|
| CCGGH    | 1,00  |       |          |
| LEDIF    | 0,54  | 1,00  |          |
| PERHABIT | 0,17  | 0,18  | 1,00     |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Basado en la variación anual de las series.

<sup>9</sup> Esta afirmación proviene del hecho que, teóricamente el empleo sectorial concerniente a la edificación está mayormente vinculado, en media y varianza, con el subsector de vivienda debido su mayor uso intensivo a lo largo de la obra.

Para la estimación de los índices de actividad en vivienda e infraestructura se realizaron ciertos ajustes estadísticos de sus indicadores parciales. Se tomaron promedios móviles trimestrales a todos los sub-indicadores disponibles (excepto para el empleo sectorial tanto en obras civiles como en edificación, ya que éste viene expresado por el INE en promedios móviles de tres meses), con el fin de de homogeneizar la estructura muestral de los datos. Sin embargo, desde una perspectiva mensual, ello reduce la volatilidad de las series, previo a la estimación de los índices, mejorando la calidad del ajuste. Adicionalmente, al ampliar el rango mediante este promedio móvil se permite que los indicadores que son adelantados al ciclo, como la obtención de permisos, puedan actuar de manera coincidente en el indicador de actividad medido en términos trimestrales. Lo anterior sugiere que un permiso habitacional entregado en un mes genera gasto en construcción antes de tres meses. En el caso de los permisos ambientales, se ajustó un promedio móvil de doce meses, antes de desestacionalizar y trimestralizar la serie, para considerar el periodo de ingeniería de detalle de los proyectos (lo cual se explica con detalle en el Apéndice).

Por otra parte, las estimaciones de los modelos estructurales de series de tiempo están basados en las series corregidas por efectos estacionales y calendario, por tanto las series también fueron ajustadas por dichos efectos. La ventana muestral de los datos relacionados con la vivienda corresponde a enero de 1997 hasta junio de 2008, y la base de datos del sector infraestructura inicia en enero de 1994 y concluye en junio de 2008.

Por otra parte, la especificación de los modelos propuestos en la Sección 3 supone que los indicadores parciales aquí propuestos cumplen ciertas condiciones: (i) son representativos de la actividad en vivienda e infraestructura, (ii) son indicadores coincidentes, es decir, se mueven simultáneamente con la actividad, y (iii); además plantea la conjetura de que todos los indicadores parciales presentan raíz unitaria. Así, en vista de que los primeros supuestos ya fueron discutidos, queda analizar el orden de integración de las series parciales.

De los Cuadros 6 y 7 se deduce que las series son integradas de primer orden, o más bien no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria al 5% de nivel de significancia<sup>10</sup>. A partir de este resultado, es posible plantearnos la hipótesis de que las respectivas series comparten tendencias estocásticas comunes que las vinculan. Una manera habitual de probar tal hipótesis es identificar el número de vectores cointegradores que relacionan a los indicadores parciales del sector vivienda e infraestructura, respectivamente. En efecto, si se consideran  $p$  variables para la elaboración de cada índice sectorial, y además se calculan  $q$  vectores de cointegración, entonces se tiene que el número de tendencias estocásticas resultantes es  $p - q$  (Engel, 1989). En el caso que nos atañe tenemos tres variables para vivienda y cuatro para infraestructura, por lo tanto, la posibilidad de que obtengamos una

<sup>10</sup> Las conclusiones derivadas del test de ADF tanto para los indicadores parciales de vivienda como infraestructura, no fueron distintas de las obtenidas al aplicar la prueba de Phillips-Perron.

tendencia estocástica para cada rubro es que, para el primer caso, encontremos dos vectores de cointegración, mientras que para el segundo serían tres vectores de cointegración.

CUADRO 6  
PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR VIVIENDA

| Variable | Rezago | Niveles             |                     | Primeras diferencias |
|----------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|
|          |        | Sin tendencia       | Con tendencia       | Sin tendencia        |
| CCGGH    | 4      | -1,3621<br>(0,5996) | -0,5909<br>(0,9780) | -4,5568<br>(0,0002)* |
| LHABIT   | 8      | -1,1638<br>(0,6892) | -2,0353<br>(0,5771) | -4,0572<br>(0,0015)* |
| PERHABIT | 6      | -1,8544<br>(0,3532) | -1,9109<br>(0,6441) | -6,6742<br>(0,0000)* |

Fuente: Elaboración propia.

Notas: La elección de rezagos se han basado en el criterio de Schwarz; \* indica valores significativos al 1% de nivel de significancia. Todas las estimaciones incluyen intercepto; p-value entre paréntesis.

CUADRO 7  
PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR VIVIENDA

| Variable   | Rezago <sup>a</sup> | Niveles             |                     | Primeras diferencias |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|            |                     | Sin tendencia       | Con tendencia       | Sin tendencia        |
| CCGGNH     | 5                   | -1,0715<br>(0,7259) | -2,7672<br>(0,2121) | -3,3721<br>(0,0136)* |
| LINF       | 3                   | -1,0227<br>(0,7441) | -2,4105<br>(0,3725) | -5,0939<br>(0,0000)* |
| IINF       | 3                   | -0,3295<br>(0,9163) | -2,4105<br>(0,3725) | -5,0939<br>(0,0000)* |
| PERNOHABIT | 3                   | -2,0861<br>(0,2506) | -2,5453<br>(0,3062) | -4,4143<br>(0,0004)* |

Fuente: Elaboración propia.

a. La elección de rezagos se han basado en el criterio de Schwarz; \* indica valores significativos al 1% de nivel de significancia. Todas las estimaciones incluyen intercepto; p-value entre paréntesis.

CUADRO 8  
PRUEBA DE COINTEGRACIÓN INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR VIVIENDA

Muestra (ajustada): 1996:06 2009:12

Series: CCGGH LHABIT PERHABIT

Rezagos incluidos (en primeras diferencias): de 1 a 4

| Hipótesis<br>N° de CE(s) | Raíz<br>característica | Max-raíz<br>estadístico | Valor crítico<br>al 5% | Prob. <sup>b</sup> |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| Ninguno                  | 0,0901                 | 14,7268                 | 17,7973                | 0,1366             |
| A lo más 1               | 0,0115                 | 1,8257                  | 11,2248                | 0,9408             |
| A lo más 2               | 0,0003                 | 0,0524                  | 4,1299                 | 0,8512             |

Fuente: Elaboración propia.

a. Denota rechazo de la hipótesis al 95% de confianza.

b. MacKinnon-Haug-Michelis (1999) *p*-value; el test de máximo valor característico indica que no hay cointegración al 95% de confianza.

CUADRO 9  
PRUEBA DE COINTEGRACIÓN INDICADORES PARCIALES  
DEL SECTOR INFRAESTRUCTURA

Muestra (ajustada): 1998:01 2009:12

Series: CCGGNH PERMISOSNH IINF LINF

Rezagos incluidos (en primeras diferencias): de 1 a 4

| Hipótesis<br>N° de CE(s) | Raíz<br>característica | Max-raíz<br>estadístico | Valor crítico<br>al 5% | Prob. <sup>b</sup> |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|
| Ninguno                  | 0,1426                 | 35,6774                 | 40,1749                | 0,1320             |
| A lo más 1               | 0,0718                 | 14,2982                 | 24,2760                | 0,5124             |
| A lo más 2               | 0,0246                 | 3,9482                  | 12,3209                | 0,7183             |
| A lo más 3               | 0,0035                 | 0,4848                  | 4,1299                 | 0,5494             |

Fuente: Elaboración propia.

a. Denota rechazo de la hipótesis al 95% de confianza.

b. MacKinnon-Haug-Michelis (1999) *p*-values; el test de máximo valor característico indica que no hay cointegración al 95% de confianza.

Como se desprende de los Cuadros 8 y 9, las pruebas de Máximo Valor Característico señalan que los indicadores parciales de vivienda e infraestructura no presentan ninguna relación de largo plazo. Este hallazgo de ausencia de cointegración entre los indicadores parciales de cada subsector es similar al resultado obtenido por Stock y Watson en la elaboración de su célebre índice de actividad económica para Estados Unidos. Para solucionar este inconveniente, dichos autores optaron por trabajar con las series en primeras

diferencias, ya que éstas no eran estacionarias. En esta línea, se decidió aplicar el filtro de Kalman con los indicadores parciales de la construcción, también, en primeras diferencias. Así, pese a que no fue posible identificar relaciones de largo plazo entre las observaciones disponibles, a partir de las correlaciones es posible afirmar que las variables comparten un ciclo común. En este sentido suponemos que todos los indicadores parciales se encuentran influenciados por el desempeño de la actividad sectorial que pretendemos medir (vivienda e infraestructura, respectivamente).

Procedemos a medir el estado subyacente (o actividad sectorial) que vincula la dinámica de los respectivos indicadores parciales, mediante la estimación de los modelos propuestos en la Sección 3.

#### 4.2 Estimación de los índices de actividad de vivienda e infraestructura

El Cuadro 10 resume los resultados de los parámetros de los modelos utilizados para el cálculo de los índices de actividad de los sectores vivienda e infraestructura. Aquí es posible notar que la mayoría de los parámetros resultaron significativos y con los signos esperados, por lo que la especificación propuesta parece relativamente razonable para ambos subsectores.

Finalmente, utilizando estos parámetros estimados y aplicando el Filtro de Kalman, se obtuvo los índices de actividad en obras de vivienda e infraestructura, respectivamente, los cuales por construcción están expresados en promedios móviles de tres meses. Las Figuras 3 y 4 presentan la evolución de tales índices y de sus indicadores parciales con frecuencia trimestral.

Los índices resultantes muestran un comportamiento bastante razonable con la evolución de sus respectivos componentes parciales. De esta forma, los índices de actividad en obras de vivienda e infraestructura constituyen un promedio ponderado de sus respectivos subindicadores sectoriales. Dicho de otra forma, tales índices son la agregación de las características (o señales) comunes del set de información disponible para cada rubro de la construcción.

Es importante recordar que los índices de vivienda e infraestructura no deben ser interpretados como medidas contables de valor agregado de Cuentas Nacionales —como es el caso del PIB o la inversión, por ejemplo— sino como indicadores latentes de actividad sectorial que se aproximan más al valor bruto de la construcción que al valor agregado propiamente tal.

Como era de esperar según la relación teórica, los ciclos y la tendencia del INACIN e INACINF son sustancialmente diferentes. Durante el período de la crisis asiática, la producción de viviendas cayó sustancialmente y en adelante pareció tomar un ritmo menos dinámico respecto de la década de los noventa, lo cual podría atribuirse a variaciones importantes en el stock acumulado previo y postcrisis, y en menor medida a una posible desaceleración en la demanda habitacional. Lo anterior también explica por qué la caída de la inversión en vivienda ocurre con al menos un año y medio de rezago a la contracción del consumo.

CUADRO 10  
RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL MODELO

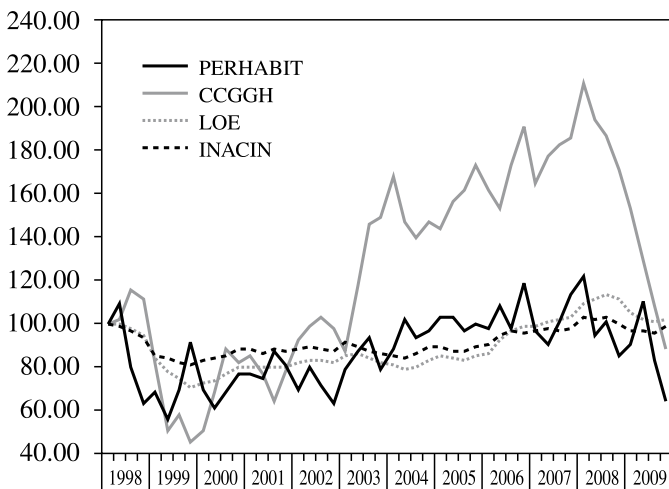
| Modelo de infraestructura |         |                |               | Modelo de vivienda  |         |                |               |
|---------------------------|---------|----------------|---------------|---------------------|---------|----------------|---------------|
| Parámetro                 | Valor   | Error estándar | Estadístico t | Parámetro           | Valor   | Error estándar | Estadístico t |
| $\lambda_1^{INF}$         | -0,0176 | 0,1971         | -0,0893       | $\lambda_1^I$       | -0,6488 | 0,2165         | -29,973       |
| $\lambda_2^{INF}$         | -0,0001 | 0,0017         | -0,0588       | $\lambda_2^I$       | 0,1271  | 0,1828         | 0,6953        |
| $\pi_{11}^{INF}$          | -0,0370 | 0,0830         | -0,4458       | $\pi_{11}^I$        | 0,1488  | 0,0786         | 18,941        |
| $\pi_{12}^{INF}$          | 0,2136  | 0,0845         | 25,278        | $\pi_{12}^I$        | 0,0720  | 0,0788         | 0,9133        |
| $\pi_{21}^{INF}$          | 0,1809  | 0,0820         | 22,061        | $\pi_{21}^I$        | 0,7969  | 0,1021         | 78,090        |
| $\pi_{22}^{INF}$          | 0,1756  | 0,0863         | 20,348        | $\pi_{22}^I$        | -0,1588 | 0,0407         | -39,048       |
| $\pi_{31}^{INF}$          | 0,0168  | 0,0828         | 0,2029        | $\pi_{31}^I$        | 0,1802  | 0,1268         | 14,206        |
| $\pi_{32}^{INF}$          | 0,0949  | 0,0851         | 11,152        | $\pi_{32}^I$        | 0,5288  | 0,1073         | 49,274        |
| $\pi_{41}^{INF}$          | 0,8602  | 0,5127         | 16,778        | $\sigma_{\eta_1}^I$ | 0,9401  | 0,1046         | 89,843        |
| $\pi_{42}^{INF}$          | -0,1850 | 0,2205         | -0,8390       | $\sigma_{\eta_2}^I$ | 0,3887  | 0,0612         | 63,536        |
| $\sigma_{\eta_1}^{INF}$   | 0,9107  | 0,1107         | 82,267        | $\sigma_{\eta_3}^I$ | 0,2174  | 0,0524         | 41,451        |
| $\sigma_{\eta_2}^{INF}$   | 0,9153  | 0,1079         | 84,829        | $\beta_1^I$         | -0,1026 | 0,0533         | -19,226       |
| $\sigma_{\eta_3}^{INF}$   | 0,9839  | 0,1160         | 84,819        | $\beta_2^I$         | 0,3477  | 0,0677         | 51,356        |
| $\sigma_{\eta_4}^{INF}$   | 0,0694  | 0,2022         | 0,3432        | $\beta_3^I$         | 0,4118  | 0,0851         | 48,362        |
| $\beta_1^{INF}$           | 0,2328  | 0,0976         | 23,852        | $\beta_{31}^I$      | 0,8321  | 0,0911         | 91,294        |
| $\beta_2^{INF}$           | -0,0006 | 0,0879         | -0,0068       | $\beta_{32}^I$      | 0,7082  | 0,1620         | 43,730        |
| $\beta_3^{INF}$           | 0,0077  | 0,0902         | 0,0854        | $\beta_{33}^I$      | 0,2584  | 0,1190         | 21,723        |
| $\beta_4^{INF}$           | 0,8478  | 0,2048         | 41,396        | $\delta^I$          | 0,0142  |                |               |
| $\beta_{41}^{INF}$        | 0,1930  | 0,3176         | 0,6077        |                     |         |                |               |
| $\beta_{42}^{INF}$        | 0,0907  | 0,2339         | 0,3878        |                     |         |                |               |
| $\beta_{43}^{INF}$        | -0,3281 | 0,1701         | -19,289       |                     |         |                |               |
| $\delta^{INF}$            | 0,0607  |                |               |                     |         |                |               |
| Log Likelihood            |         |                | -262,1782     | Log Likelihood      |         |                | -164,5853     |

Fuente: Elaboración propia.

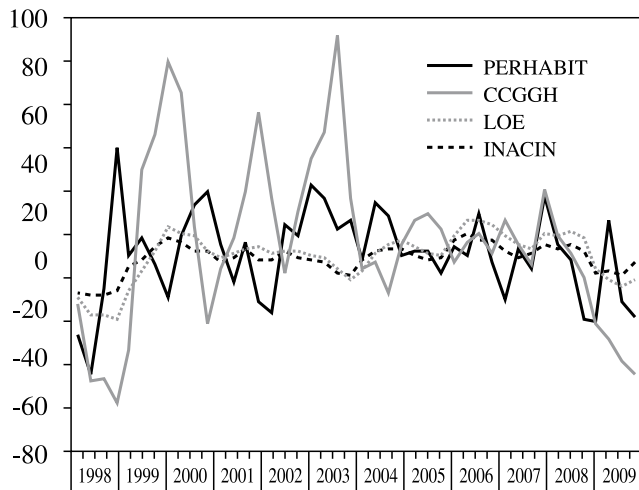


FIGURA 3  
 ÍNDICE DE ACTIVIDAD INMOBILIARIA (INACIN)  
 Y SUS COMPONENTES PARCIALES (1998-2009)

A. En nivel (Base 1998=100)



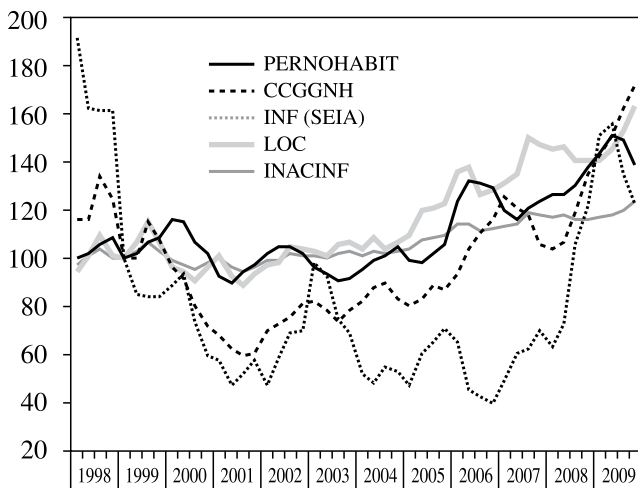
B. En variación anual (%)



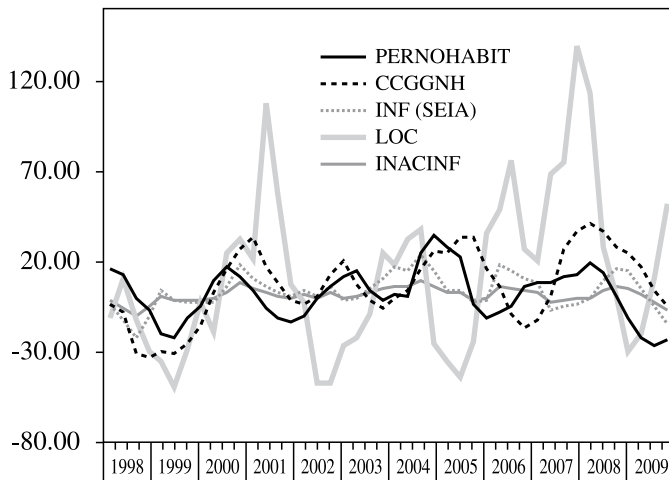
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4  
 ÍNDICE DE ACTIVIDAD EN INFRAESTRUCTURA (INACINF)  
 Y SUS COMPONENTES PARCIALES (1997-2008)  
 En niveles (Base 1997=100)

A. En nivel (Base 1999=100)



B. En variación anual (%)



Fuente: Elaboración propia.

En tanto, el INACINF muestra que la actividad de infraestructura tuvo una caída menos marcada durante la crisis financiera de 1999, debido principalmente a la significativa inversión en concesiones de obras públicas respecto de los montos anuales invertidos desde 1993, año en que se iniciaron las prácticas de concesiones. Seguidamente, durante el período postcrisis el INACINF muestra una pronta recuperación —alcanzando los niveles experimentados en el período pre-crisis— en relación con lo observado en la actividad del sector vivienda. Esto último es consistente con los movimientos de la inversión en una economía pequeña y abierta, en especial aquella relacionada con los planes de inversión de las empresas. A contar del año 2004 y parte del 2005 el indicador vuelve a mostrar un ritmo dinámico y con mucha más fuerza en los últimos dos años. Lo anterior se atribuye principalmente a proyectos privados de mayor envergadura, especialmente en proyectos de Energía, Minería e Inmobiliario no Habitacional (*malls* y casinos)<sup>11</sup>.

#### 4.3 Estimación e interpolación de las series de cuentas nacionales en vivienda e infraestructura.

Un posible uso de los indicadores de actividad sub-sectorial (además de ser una señal de actividad en sí mismo) es utilizarlos para aumentar la frecuencia de series anuales relacionadas, como las series de inversión de Cuentas Nacionales. Sin embargo, como se indicó anteriormente, las cifras se encontraban desagregadas sólo hasta el año 2002, por lo cual primero será necesario desagregar el componente de Edificación, para poder obtener estimaciones de ambos componentes y así trimestralizar.

La estimación de los valores anuales de cada componente entre 2003 y 2007 se realizó de la siguiente manera. Primero, se utilizaron las variaciones anuales del INACINF e INACIN sobre los componentes de Obras de infraestructura y Edificación habitacional respectivamente, asumiendo que ambas series se comportan de igual manera en el tiempo. Una vez obtenidos esos datos, se computó el error respecto del valor total de la inversión anual y se distribuyó dicho error utilizando las ponderaciones estimadas de cada componente a partir de los datos inicialmente calculados. Los resultados se encuentran en el Cuadro 12. Se aprecia un importante incremento de la actividad de edificación no habitacional lo que es consistente con el fuerte volumen de proyectos ejecutados en dicha área en los últimos años, en tanto que la edificación habitacional creció a un ritmo más moderado.

Una vez obtenidos los datos anuales, el proceso de trimestralización es bastante simple. De acuerdo al trabajo de Chow y Lin (1971) es posible establecer una relación lineal entre las series trimestrales no observadas ( $y$ ) —las cuales se desea obtener— y otras series relevantes ( $X$ ), que son los indicadores en este caso. Asimismo, los datos anuales ( $Y$ ) son una combinación lineal de los datos trimestrales, por tanto debe cumplirse la siguiente ecuación:

$$(8) \quad Y = B' y = B' X\beta + B' \mu$$

<sup>11</sup> Según la información de proyectos ingresados al SEIA.

CUADRO 11  
INFORMACIÓN DE CUENTAS NACIONALES RESPECTO DE LA INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN

|                                  | 1996      | 1997      | 1998      | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Inversión en construcción        | 6.219.607 | 6.26.710  | 6.796.821 | 5.952.035 | 6.001.978 | 6.272.845 | 6.410.909 |
| Edificación no habitacional (1)  | 1.452.440 | 1.310.848 | 1.251.125 | 1.311.597 | 1.218.927 | 1.329.821 | 1.255.886 |
| Obras Civiles (2)                | 2.356.654 | 2.470.405 | 3.026.307 | 2.842.456 | 2.790.434 | 3.001.830 | 3.158.417 |
| Edificación habitacional (3)     | 2.486.760 | 2.901.992 | 2.654.985 | 1.965.956 | 2.141.191 | 2.120.537 | 1.996.607 |
| Obras de infraestructura (1+2)   | 3.809.094 | 3.781.252 | 4.277.432 | 4.154.053 | 4.009.362 | 4.331.652 | 4.414.303 |
| Participación O. infraestructura | 61%       | 57%       | 63%       | 70%       | 67%       | 69%       | 69%       |

Fuente: Banco Central de Chile.

CUADRO 12  
ESTIMACIONES DE LOS COMPONENTES DE LA INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN  
A PARTIR DE LOS ÍNDICES DE ACTIVIDAD SECTORIAL

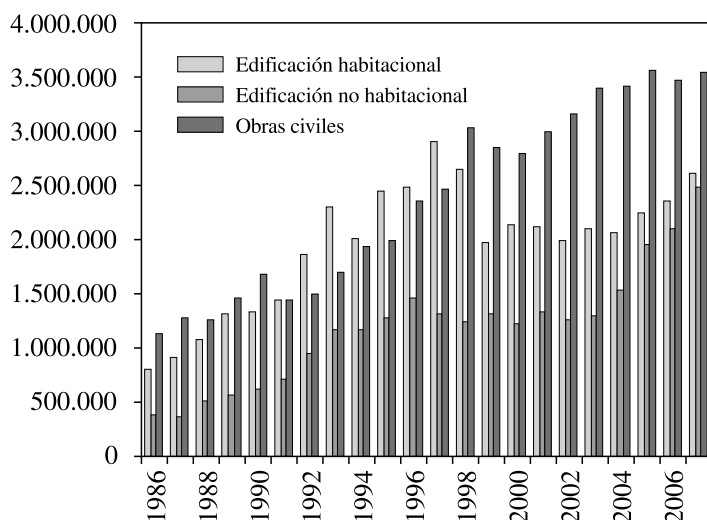
|  | 2003      | 2004      | 2005      | 2006      | 2007      |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Inversión en construcción                    | 6.790.742 | 7.019.323 | 7.769.619 | 7.926.053 | 8.634.776 |
| Edificación no habitacional (1) <sup>a</sup> | 1.292.337 | 1.537.050 | 1.952.461 | 2.101.136 | 2.479.624 |
| Obras civiles (2)                            | 3.389.295 | 3.413.351 | 3.570.416 | 3.466.962 | 3.545.498 |
| Edificación habitacional (3) <sup>a</sup>    | 2.109.110 | 2.068.922 | 2.246.742 | 2.357.955 | 2.609.654 |
| Obras de infraestructura (1+2) <sup>a</sup>  | 4.681.632 | 4.950.401 | 5.522.877 | 5.568.098 | 6.025.122 |
| Participación O. infraestructura             | 69%       | 71%       | 71%       | 70%       | 70%       |

Fuente: Elaboración propia a partir de CC.NN.

a. Estimaciones a partir de las variaciones anuales de los índices (INACINF e INACIN), ajustados mediante sus participaciones relativas para cuadrar el valor total.

La matriz  $B$  define la forma de agregación (suma, promedio, stock, etcétera), mientras que la matriz  $\beta$  indica el vínculo entre las series trimestrales no observadas y la información observada. A partir de la ecuación anterior es posible determinar el estimador de  $\beta$  a partir de una estimación por mínimos cuadrados ordinarios. Una vez realizada la estimación, es directo que el estimador de las series no observadas será de la forma  $\hat{y} = X\hat{\beta}$ . Luego de obtener los resultados, nuevamente se encontrará una discrepancia entre la suma de los componentes y el valor trimestral total (construcción total) ya que en el modelo se impuso una congruencia temporal pero no intertemporal<sup>12</sup>, por ello será necesario distribuir el error nuevamente a partir de las ponderaciones estimadas de cada componente.

FIGURA 5  
DESAGREGACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INVERSIÓN  
A PARTIR DE LOS ÍNDICES (2003 EN ADELANTE)  
Millones de pesos de 2003



Fuente: BCCh.

Es importante destacar que la calidad de esta estimación está sujeta a la relevancia de los índices, es decir, a su capacidad de representar de manera arbitrariamente cercana el comportamiento de las series originales, y de la actividad del sector en general. En este caso particular, se observa que los errores de estimación carecen de un comportamiento sistemático y su volatilidad es baja<sup>13</sup>, lo cual es un primer test sobre la calidad de los indicadores.

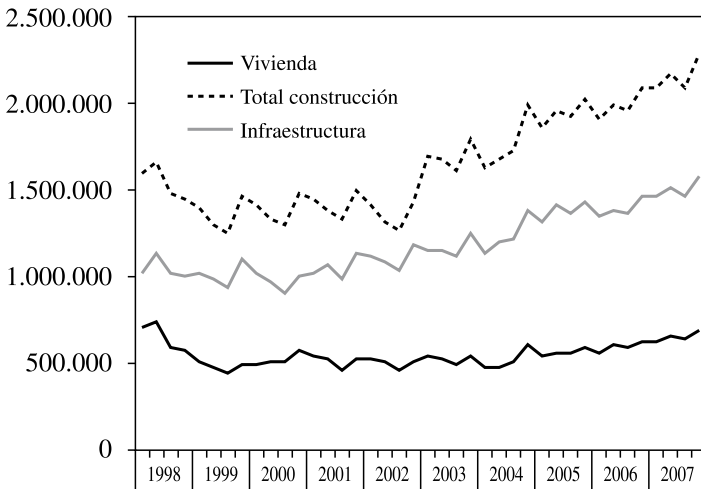
<sup>12</sup> Es posible incorporar restricciones inter-temporales en la estimación, sin embargo, no es el objetivo de este trabajo.

<sup>13</sup> La media del error de trimestralización para el periodo 1998-2007 es  $-1\%$  y la desviación estándar es de  $5\%$ . Notar que este error representa la discrepancia entre las variaciones periodo a periodo de cada componente respecto a la variación de la inversión total.

5. CONCLUSIONES

Actualmente se dispone de información sistematizada para medir la actividad de la construcción, pero no así para sus componentes (infraestructura y vivienda). Por otra parte, existe un set de información disponible que se relaciona con cada uno de los componentes, la interpretación de ellos en su conjunto puede ser ambigua, en especial si hay señales mixtas. El propósito de este trabajo fue desarrollar dos indicadores INACIN e INACINF, que identifiquen el ritmo de actividad de la construcción en vivienda e infraestructura, respectivamente. El comportamiento de los índices de actividad obtenidos dependen básicamente de la correlación existente entre las respectivas series utilizadas para su construcción, y de la adecuada selección del modelo que las relaciona entre sí, tomando en cuenta aspectos como la temporalidad de las series y su relación con la actividad sectorial que se pretende medir.

FIGURA 6  
 SERIES DE INVERSIÓN EN FRECUENCIA TRIMESTRAL  
 USANDO EL MÉTODO DE CHOW Y LIN  
 (Millones de pesos de 2003)



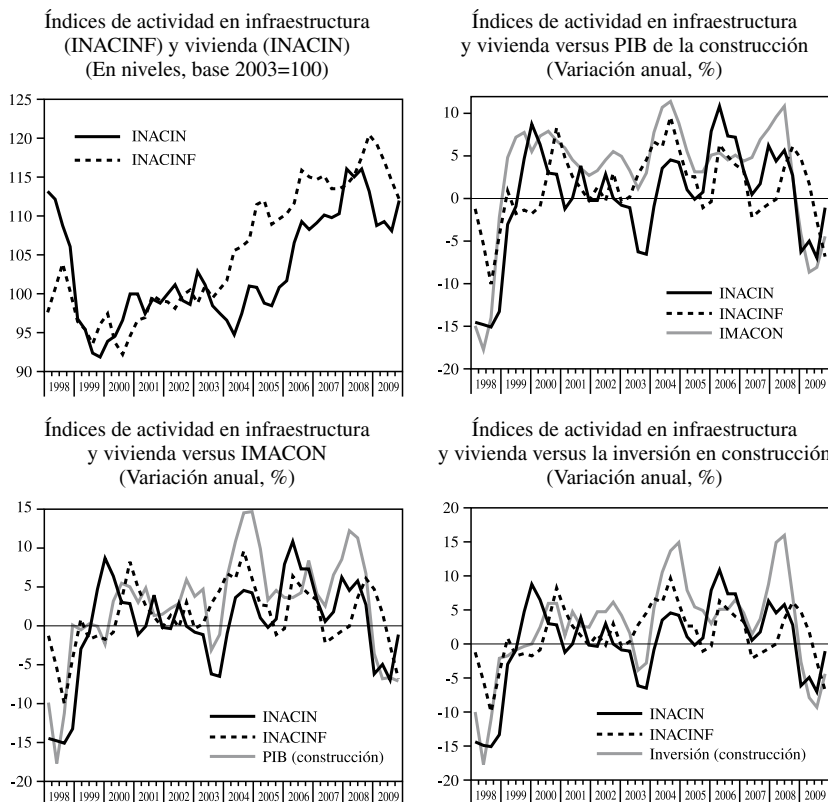
Fuente: BCCh.

Para el cálculo de los índices el presente trabajo utilizó un modelo estructural de series de tiempo basado en el enfoque metodológico de Stock y Watson (1989), el mismo que resulta de una derivación del filtro de Kalman. En efecto, los índices resultantes muestran un comportamiento razonable con la evolución de sus respectivos componentes parciales (permisos de edificación, facturación de contratistas generales, empleo sectorial, entre otros). Tales índices son la agregación de las características (o señales) comunes del set de información disponible para cada rubro de la construcción.

De los resultados se confirma la hipótesis inicial: los componentes de la construcción se comportan de manera muy disímil. Mientras la vivienda tiene un ritmo menos volátil, consistente con el consumo, la infraestructura tiene cambios de mayor magnitud. Además ambas series reflejan arbitrariamente bien el comportamiento de la economía posterior a la crisis asiática.

Es importante notar que la volatilidad de los indicadores y la tendencia se obtienen de las propiedades estadísticas de los subindicadores, por lo cual, las diferencias observadas entre INACIN e INACINF son sensibles a la calidad de la información disponible. Una importante limitación a considerar es que sólo se dispone de un set limitado indicadores parciales para cada rubro de la construcción, los cuales podrían no ser suficientes para capturar el verdadero desempeño de la actividad sectorial.

FIGURA 7  
INACIN E INACINF  
(Base 2003 = 100)



Fuente: Elaboración propia.



CUADRO 13  
CORRELACIONES SIMPLES ENTRE LOS INDICADORES SECTORIALES  
Y CUENTAS NACIONALES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN

|               | INACIN | PIB (c) | IMACON | Inversión (c) | INACINF |
|---------------|--------|---------|--------|---------------|---------|
| INACIN        | 1,00   |         |        |               |         |
| PIB (c)       | 0,73   | 1,00    |        |               |         |
| IMACON        | 0,82   | 0,88    | 1,00   |               |         |
| Inversión (c) | 0,75   | 0,97    | 0,90   | 1,00          |         |
| INACINF       | 0,48   | 0,61    | 0,55   | 0,59          | 1,00    |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: (c) indica del sector construcción, basado en la variación anual de las series.

Al margen de lo anterior, el desarrollo de estos índices de actividad representan un importante avance en materia de información tanto para la toma de decisiones a nivel privado como para el desarrollo de políticas públicas. Disponer de un indicador que aproxima la inversión habitacional puede ser interpretado como una señal del bienestar de los hogares en el largo plazo, dado que es su mayor activo. En dicho aspecto podemos observar que, en lo más reciente, mientras la actividad de infraestructura ha crecido de manera importante, reflejando el crecimiento económico del país, la actividad de vivienda se ha encontrado más rezagada.

Además, los indicadores pueden ser utilizados para aumentar el set de información disponible para el desarrollo de modelos macroeconómicos sectoriales. En este documento se mostró que, utilizando la técnica de interpolación de series de Chow y Lin, es posible generar series trimestrales de la inversión en construcción por componentes, a partir de sus referentes anuales. Dicha información puede ser posteriormente utilizada para estimar y ajustar modelos de equilibrio general de frecuencia trimestral con un mayor énfasis sectorial.

## REFERENCIAS

- Chow, G. y A. Lin (1971), "Best Linear Unbiased Interpolation, Distribution and Extrapolation of Time Series by Related Series", *The Review of Economics and Statistics*, 53(4): 372-75.
- Engle, R. F. y C.W.J Granger (1989), "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55: 251-276.
- Kalman, R.E. (1962), "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems", *Journal of Basic Engineering*, 82:34-45.
- Harvey, A. C. (1989), *Forecasting Structural Times Series and the Kalman Filter*, Cambridge University Press.
- Hamilton, J. (1994), "State Space Models", en Engle R.F. y D.L McFadden (eds.) *Handbook of Econometrics*, Vol. IV. North-Holland, Amsterdam, Capítulo 50.

- Kim, Ch.J. y Ch. Nelson (1999), *State Space Model with Regime Switching*. The MIT Press. Cambridge, MA.
- MacKinnon J.G, A. Haug y L. Michelis (1999), "Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration", *Journal of Applied Econometrics*, 14(5):563-577.
- Melo, L. F., F. Nieto y M. Ramos (2003), "A Leading Index for the Colombian Economic Activity," Borradores de Economía, 243, Banco de la República de Colombia.
- Piguillem, F. (2004a), "Los Ciclos Agregados y Los Ciclos de la Construcción", Cámara Chilena de la Construcción, Documento de Trabajo No. 18.
- Piguillem, F. (2004b), "Un Indicador Mensual de Actividad de la Construcción", Cámara Chilena de la Construcción, Documento de Trabajo No. 20.
- Stock, J. y M. Watson (1988), "A Probability Model of the Coincident Economic Indicators", National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 2772.
- Stock, J. y Watson M. (1989), "New Indexes of Coincident and Leading Economic Indicators", National Bureau of Economic Research Macroeconomic Annuals, 351-394.
- Tejada, M. (2006), "Índice Mensual de Actividad de la Construcción: Un Estimador en Frecuencias Mixtas", Cámara Chilena de la Construcción, Documento de Trabajo No. 34.



$$R = 0$$

$$\tilde{\alpha}'_t = [\kappa_t \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \eta_{1t} \quad 0 \quad \eta_{2t} \quad 0 \quad \eta_{3t} \quad 0]$$

A2. *Matrices del modelo del sector infraestructura ( $\tau = INF$ )*

$$Y'_t = [\Delta y_{1t}^{INF} \quad \Delta y_{2t}^{INF} \quad \Delta y_{3t}^{INF} \quad \Delta y_{4t}^{INF}]$$

$$X'_t = \begin{bmatrix} \Delta x_t^{INF} & \Delta x_t^{INF} & \Delta x_{t-1}^{INF} & \Delta x_{t-2}^{INF} & \Delta x_{t-3}^{INF} \\ \varepsilon_{1t}^{INF} & \varepsilon_{1t-1}^{INF} & \varepsilon_{2t}^{INF} & \varepsilon_{2t-1}^{INF} & \varepsilon_{3t}^{INF} & \varepsilon_{3t-1}^{INF} & \varepsilon_{4t}^{INF} & \varepsilon_{4t-1}^{INF} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} \lambda_1^{INF} & \lambda_2^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{11}^{INF} & \pi_{12}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{21}^{INF} & \pi_{22}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{31}^{INF} & \pi_{32}^{INF} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{41}^{INF} & \pi_{42}^{INF} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} \beta_1^{INF} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_2^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_3^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_4^{INF} & \beta_{41}^{INF} & \beta_{42}^{INF} & \beta_{43}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{pmatrix} (\sigma_{\kappa}^{INF} = 1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta 1}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta 2}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta 3}^{INF} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta 4}^{INF} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

R = 0

$$\tilde{\alpha}'_t = [\kappa_t \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad \eta_{1t} \quad 0 \quad \eta_{2t} \quad 0 \quad \eta_{3t} \quad 0 \quad \eta_{4t} \quad 0]$$

A3. *Estimación por máxima verosimilitud*

Sobre la base de los modelos planteados matricialmente en este Apéndice, la función de verosimilitud logarítmica para la estimación de los parámetros contenidos en las matrices F y H es:

$$\ln L(\theta) = -\frac{NT}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \ln |\eta_{t/t-1}| + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \ln f'_{t/t-1} (\eta)^{-1} f_{t/t-1}$$

donde  $f'_{t/t-1} = \varepsilon'_{t/t-1} = Y_t - H_t X_{t/t-1}$  y  $\eta_{t/t-1} = H_t P_{t/t-1} H'_t + R$  corresponden al error de predicción y a la variabilidad del error de predicción en el instante  $t$  condicional al set de información disponible en  $t-1$ . Por su parte,  $P_{t/t-1}$  es la matriz de covarianza de los índices subyacentes que deseamos medir ( $X_{t/t-1}$ );  $R_t$  es la matriz de covarianza del componente de error de las ecuaciones de medida ( $\varepsilon_t$ ). La estimación de la función de verosimilitud consiste en una aplicación del Filtro de Kalman, el mismo que itera desde  $t = 1$  hasta  $T$  el siguiente sistema:

$$\text{Etapa de Predicción} = \begin{cases} X_{t/t-1} = FX_{t-1/t-1} \\ P_{t/t-1} = FP_{t-1/t-1}F' + G \end{cases}$$

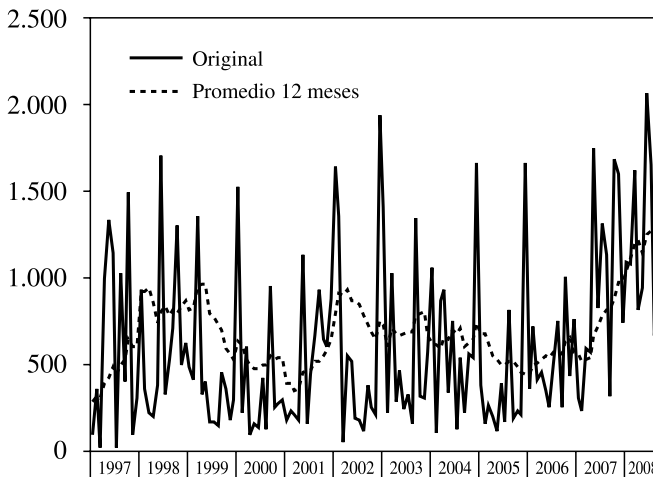
$$\text{Etapa de Aprendizaje} = \begin{cases} X_{t/t} = X_{t/t-1} + GK_t (Y_{t-\mu} + H_t X_{t/t-1}) \\ P_{t/t} = P_{t/t-1} + GKH_t P_{t/t-1} \end{cases}$$

donde  $GK_t = P_{t/t-1} H_t' (H_t P_{t/t-1} H_t' + R_t)$  es la ganancia de Kalman y  $G_t = \kappa_t \kappa_t'$  es la matriz de covarianza del término de error de la ley de movimiento de la variable subyacente en las ecuaciones de estado. Finalmente, los parámetros para obtener los valores iniciales de los vectores  $X_{0/0}$  y  $P_{0/0}$  fueron todos igualados a 0,5. Los resultados no variaron significativamente cuando se utilizaron otros puntos de partida para los parámetros de los modelos aquí propuestos.

## B. Índice de infraestructura de proyectos aprobados en el seia

Para construir el índice IINF, se tomó como base la suma mensual de los montos de inversión aprobados en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, excluyendo aquellos que corresponden al sector Vivienda, Equipamiento u Otros. La Figura B1 muestra la evolución de los montos aprobados y el promedio móvil anual respectivo.

FIGURA B1  
FLUJO DE PROYECTOS APROBADOS DEL SEIA  
EN INFRAESTRUCTURA  
(MM US\$)



Fuente: Elaboración propia en base a SEIA.

Dado que para comenzar a desarrollarse, los proyectos requieren la aprobación ambiental, ello implica que hay ciertas fases, como la ingeniería de detalle, que deben realizarse previamente antes de que comiencen a ejecutarse las obras, y por tanto a evidenciarse actividad de infraestructura. Según

información de la Corporación de Bienes de Capital (CBC), este proceso tarda entre nueve meses a un año. Es por lo anterior que la serie correspondiente al IINF esta trabajada como el promedio en doce meses, además de aplicar un promedio trimestral para asegurar la consistencia con las demás series, de tal forma que los índices INACIN e INACINF reflejen la actividad promedio de los últimos tres meses.