

Cámara Chilena de la Construcción A.G.
Gerencia de Estudios

N° 51

Enero 2009

Indicadores de Actividad para la Inversión en
Infraestructura y Vivienda

Juan Carlos Caro S. Byron Idrovo A.

La publicación de los Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de la Mesa Directiva de la Cámara Chilena de la Construcción A.G. Tanto el contenido de los Documentos de Trabajo como también el análisis y conclusiones que de ellos se deriven, son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente la opinión de la Cámara Chilena de la Construcción A.G. o sus directivos. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin autorización previa de la Cámara Chilena de la Construcción A.G.

Indicadores de Actividad para la Inversión en Infraestructura y Vivienda*

Juan Carlos Caro S.** Byron Idrovo A.***

12 de enero de 2009

Resumen

La estimación de los índices de actividad en vivienda e infraestructura supone que el set disponible de indicadores parciales (facturación de contratistas generales, permisos de edificación, empleo sectorial y flujos de inversión en construcción de los proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) constituyen —aunque parcialmente— señales del verdadero comportamiento de la actividad subsectorial; la misma que en principio es no medible (o subyacente). En este caso la metodología de estimación apropiada para la construcción de los índices de actividad antes mencionados es la derivación del Filtro de Kalman (1962), método comúnmente utilizado para estimar variables subyacentes que vinculen a las variables observadas de cada subsector de la construcción.

Clasificación JEL: C51, C32.

Palabras Clave: Construcción, Filtro de Kalman, Infraestructura, Vivienda.

*Se agradecen los valiosos comentarios del equipo de la Gerencia de Estudios de la Cámara Chilena de la Construcción A.G. Cualquier error es responsabilidad de los autores.

**Gerencia de Estudios, Cámara Chilena de la Construcción A.G. e-mail: jcaro@cchc.cl

***Gerencia de Estudios, Cámara Chilena de la Construcción A.G. e-mail: bidrovo@cchc.cl

1. Introducción

La evidencia teórica y empírica reconoce que el comportamiento del sector de la construcción es un indicador adelantando de la actividad agregada (ver Piguillem, 2004), y por tanto resulta relevante disponer de información sistematizada del mismo, lo cual resulta de utilidad tanto para los actores propios del rubro como para el análisis de política pública. Actualmente existen dos fuentes principales que proveen información para el sector construcción. La primera corresponde a las series del valor agregado del sector y la 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 de componentes del sector, el BCCh reporta la inversión en construcción desagregada según el tipo de construcción (características físicas de la obra), entre *edificación* y *obras de ingeniería*. Sin embargo dicha inversión también puede desagregarse según el uso final de bienes producidos en los subsectores de *Vivienda e Infraestructura*. Esta división es económicamente relevante para comprender la evolución de la construcción dado que cada subsector reacciona de manera diferente a la coyuntura macroeconómica, ello debido a la naturaleza propia de su negocio. 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 mandantes 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 y aunque a la fecha se disponen de un grupo de indicadores parciales del sector, 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 para el análisis sectorial, basados en la información actualmente disponible. Al momento del estudio, no hay literatura disponible que prepare indicadores sectoriales para el mercado inmobiliario 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 generales¹, 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 (1962), lo cual permite identificar series que recogen características comunes de los indicadores parciales asociados a los rubros vivienda e infraestructura, respectivamente.

El documento se divide de la siguiente forma: la sección II describe brevemente la disponibilidad actual de información y las nuevas series que aporta este estudio. La sección III describe la metodología usada para generar las series. La sección IV entrega los resultados, en tanto que las conclusiones se presentan en la sección V.

2. Los componentes del sector construcción

El sector de la 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, ya que el primer ajuste de la actividad frente a cambios en el ciclo económico se realiza tanto en el consumo como la inversión, afectando directamente la demanda del sector. La construcción puede clasificarse según las características físicas de la obra o por el uso final de ésta, siendo la segunda más relevante al momento de analizar el efecto que el entorno macroeconómico tiene sobre el sector. Como se mencionó anteriormente, la división funcional de la construcción entre Vivienda e Infraestructura atiende a que las características de los demandantes de dichos bienes son heterogéneas y por tanto se encuentran correlacionadas con distintos componentes de la demanda interna, por lo cual resulta una subclasificación útil para el análisis sectorial de los shocks macroeconómicos.

¹Agrupación de empresas constructoras asociadas a la CChC que se dedican a la ejecución de obras.

Tabla 1: Composición de la inversión según Cuentas Nacionales hasta 2002

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

Fuente: Banco Central de Chile.

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).

Tabla 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.

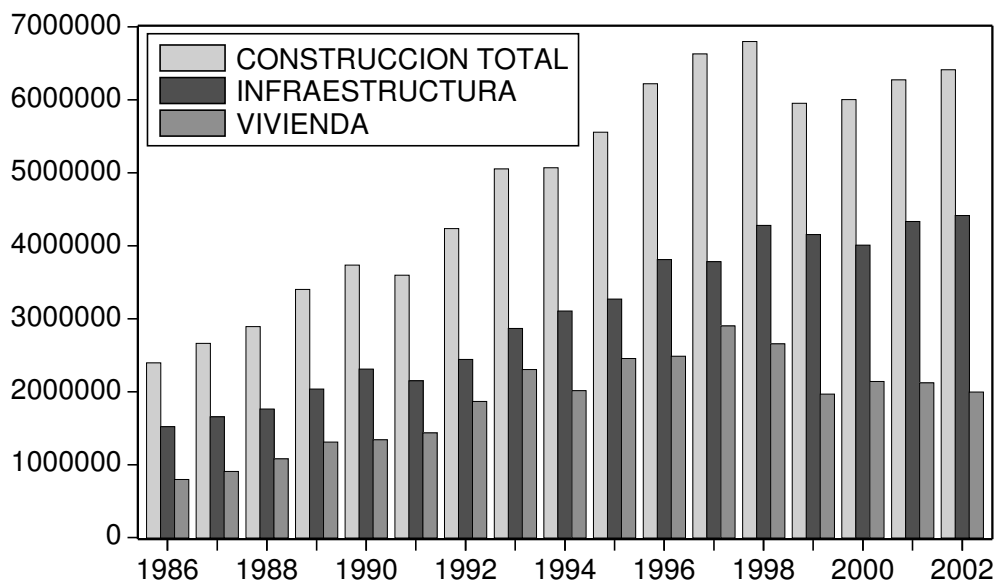
La información de Cuentas Nacionales relativa a la inversión en construcción² que reporta el BCCh no es censada, en contraste a lo que ocurre con los otros componentes de la demanda interna. El cálculo de dicha cifra se obtiene en base a técnicas estadísticas que entregan una aproximación razonable al nivel de la serie, basándose en indicadores parciales que capturan información relevante acerca del comportamiento de ésta, como información directa de empresas, catastros de inversiones, declaraciones en el sistema tributario, etcétera, de tal forma que se cumpla con la identidad contable fundamental. Hasta el año 2003 la información anteriormente mencionada, denominada *Inversión en Construcción y Otras Obras* (que equivale al gasto efectivo en construcción), se dividía en tres categorías como se ve en la tabla 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*

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

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.

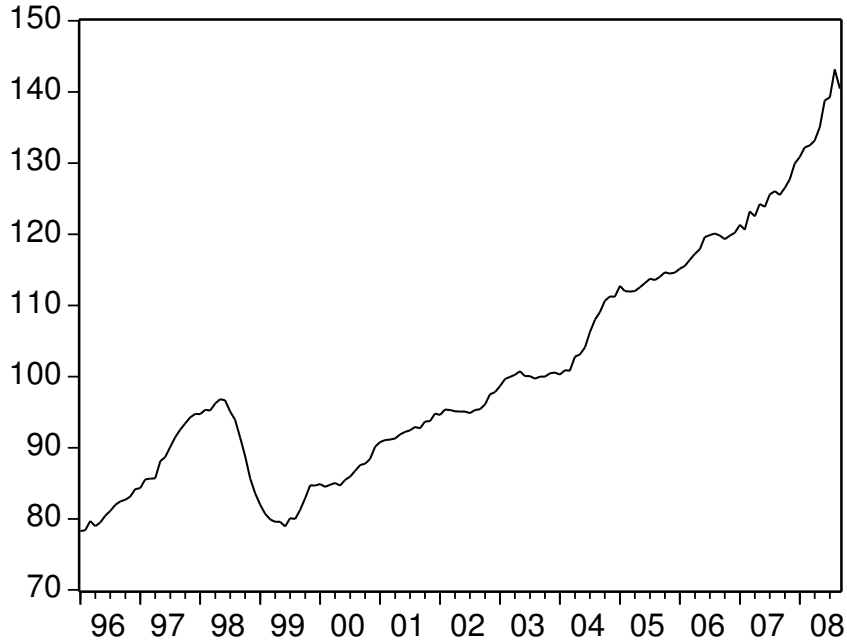
Por otra parte, el IMACON, que refleja la actividad del sector de la construcción con frecuencia mensual, se compone de varias series que comparten una tendencia subyacente que representa apropiadamente la inversión en construcción de manera agregada. Sin embargo, el IMACON no distingue entre la actividad 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 de Vivienda por sobre la Infraestructura.

Figura 1: Inversión en construcción por componentes (clasificación hasta 2002)
Millones de pesos de 2003



Fuente: BCCh.

Figura 2: IMACON (1991-2008)
En nivel (base 2003=100) y en variación anual (en %)



Fuente: Gerencia de Estudios, CChC.

En resumen, 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, poseen distintas características.

Tabla 3: Análisis de correlación de la variación anual

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

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

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto es deseable tener el símil de la información actual del sector construcción para cada uno de sus subsectores. 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 supuestos de identificación que permitan generar dichas series, bajo técnicas estadísticas, como se explica en la siguiente sección.

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 (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. Por ejemplo, a fines de la década de los 80's Stock y Watson, basados en la crítica de que la metodología utilizada para medir la actividad económica por parte de la oficina de Censos de los Estados Unidos podría contemplar errores de medición, acuñaron el término de *actividad subyacente* para explicar que independientemente de la definición objetiva que se le asigne a la actividad económica, era posible estimar un indicador (estado subyacente) que diera cuenta del motor que impulsa a la actividad

económica. Para ello, estos autores utilizaron algunos indicadores sectoriales como una especie de 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 para el tema que nos compete, se tiene que los índices de actividad inmobiliaria e infraestructura constituyen una agregación de seis indicadores sectoriales, distribuidos en tres índices relacionados con el sector vivienda y tres asociados a la infraestructura. Los indicadores disponibles para el sector inmobiliario son: índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación habitacional (CCGGH), empleo del sector de la construcción (LCONS), y las solicitudes de permisos de edificación habitacional (PERHABIT). Al respecto, cabe destacar que una de las razones por la que se utiliza el empleo sectorial como un insumo para medir únicamente el desempeño del sector vivienda, es porque la actividad en obras de edificación empíricamente es más intensiva en la utilización de trabajadores respecto de lo observado en obras de infraestructura e ingeniería —según encuestas de la CChC a empresas del sector y estadísticas de empleo del INE, se tiene que al menos dos tercios de los trabajadores se emplean en la construcción de obras de edificación, almismo tiempo que el empleo sectorial resulta más volátil en el sector vivienda versus la infraestructura. Otro motivo por el que se prefirió omitir el empleo como indicador parcial del índice de actividad en infraestructura, se centra en la dificultad de obtener series de tiempo lo suficientemente largas de ocupados distribuidos en cada subsector.

Por su parte, el desempeño del sector infraestructura es capturado a través de las siguientes variables: el índice de facturación de contratistas generales en obras de edificación no habitacional (CCGGNH), un índice de inversión en infraestructura generado a partir de los proyectos aprobados por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (IINF)³, y las solicitudes de permisos de edificación no habitacional (PERNOHABIT).

La representación SS para la estimación del índice de actividad inmobiliaria (INACIN) e in-

³Para información sobre la construcción de este índice ver anexo.

fraestructura (INACINF) consiste en una colección de ecuaciones 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]:

$$\begin{aligned}\Delta y_{1t}^\tau &= \beta_1^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{1t}^\tau \\ \Delta y_{2t}^\tau &= \beta_2^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{2t}^\tau \\ \Delta y_{3t}^\tau &= \begin{cases} \beta_3^\tau \Delta x_t^\tau + \beta_{31}^\tau \Delta x_{t-1}^\tau + \beta_{32}^\tau \Delta x_{t-2}^\tau + \beta_{33}^\tau \Delta x_{t-3}^\tau + \varepsilon_{3t}^\tau & \text{si } \tau = I, y_{3t}^\tau = LCONS \\ \beta_3^\tau \Delta x_t^\tau + \varepsilon_{3t}^\tau & \text{si } \tau = INF \end{cases}\end{aligned}$$

Donde $\Delta y_{it}^\tau = \Delta Y_{it}^\tau - \Delta \bar{Y}_i^\tau$, siendo $\{Y_{it}^\tau\}_{i=1}^3$ el conjunto de indicadores representativos de la actividad subsectorial τ (con τ igual a I si los indicadores referidos corresponden al sector Inmobiliario e INF si provienen de la Infraestructura). En tanto, $\Delta x_t^\tau = \Delta X_{it}^\tau - \delta^\tau$, donde X_t^τ es la actividad subyacente o una especie de tendencia estocástica compartida por las variables (observables) en el instante t ; y δ^τ es la constante de la ecuación de estado, descrita mas 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.⁴ 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.

Ecuaciones de estado [2]:

$$\begin{aligned}\Delta x_t^\tau &= \lambda_1^\tau \Delta x_{t-1}^\tau + \lambda_2^\tau \Delta x_{t-2}^\tau + \kappa_t^\tau \\ \varepsilon_{1t}^\tau &= \pi_{11}^\tau \varepsilon_{1t-1}^\tau + \pi_{12}^\tau \varepsilon_{1t-2}^\tau + \eta_{1t}^\tau\end{aligned}$$

⁴Pigullem (2004) y Tejada (2006).

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{2t}^\tau &= \pi_{21}^\tau \varepsilon_{2t-1}^\tau + \pi_{22}^\tau \varepsilon_{2t-2}^\tau + \eta_{2t}^\tau \\
\varepsilon_{3t}^\tau &= \pi_{31}^\tau \varepsilon_{3t-1}^\tau + \pi_{32}^\tau \varepsilon_{3t-2}^\tau + \eta_{3t}^\tau \\
\kappa_t^\tau &\sim N(0, \sigma_\kappa^\tau = 1) \\
\eta_{jt}^\tau &\sim N(0, \sigma_{\eta_j}^\tau) \text{ con } j = 1, 2, 3
\end{aligned}$$

La primera ecuación define la ley de movimiento de la variable de estado (X_t^τ). Esta variable contiene la información más relevante del sistema en cada momento del tiempo, acompañada de una estructura de serie de tiempo parsimoniosa; $\{\lambda_i^\tau\}_{i=1}^2$ 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.⁵ Para solucionar este inconveniente, se normalizaron todas las variables del modelo SS (indicadores subsectoriales τ y variable de estado X_t^τ) y se impone que la varianza de la variable de estado sea igual a 1 —procedimiento también realizado por Stock y Watson. No obstante lo anterior, requiere de una medida de varianza observada para la variable de estado, ya que tal medida fue impuesta exógenamente en el modelo. Para ello, se derivó una medida de volatilidad a partir de un índice auxiliar (INDEaux):

$$INDEaux_t^\tau = \sum_{k=1}^3 \left(\frac{1}{\sigma_{Y_{kt}^\tau}^2} \right) Y_{kt}^\tau \quad [3]$$

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 (1989) presentan una alternativa de estimación de dicho parámetro a través del estado estacionario del Filtro de Kalman, el cual se define a continuación:

⁵Hamilton (1989); Melo y Nieto (2003). Es posible demostrar que, la ausencia de restricciones en la estimación del modelo SS, arroja infinitas variables de estado (o indicadores subyacentes).

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

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 Δx_t^τ 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 Anexo). De esta forma, los índices de actividad en infraestructura y vivienda son capturados mediante el siguiente proceso iterativo:

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

Finalmente, los índices de actividad inmobiliaria (I) e infraestructura (INF) ajustados por la volatilidad del indicador auxiliar (INDEaux) definido previamente son:

$$Indice_{t|t}^I = X_{t|t}^I \left(\frac{\sigma_{INDEaux}^I}{\sigma_{X^I}} \right) \quad [6]$$

$$Indice_{t|t}^{INF} = X_{t|t}^{INF} \left(\frac{\sigma_{INDEaux}^{INF}}{\sigma_{X^{INF}}} \right) \quad [7]$$

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 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; y los permisos de edificación no habitacional, medidos en m^2 y publicados por el INE. Por su parte, la actividad en vivienda es parcialmente capturada por los siguientes indicadores: el empleo del sector construcción⁶, medido en miles de trabajadores y publicado por el INE; las solicitudes de permisos de edificación habitacional, medido en m^2 y 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. Así, cuando período a período todos los indicadores parciales de la actividad en infraestructura y/o vivienda registran aumentos, es posible aseverar una mejoría del desempeño de tales subsectores —sin embargo, no es posible contar con una medición objetiva de tal mejoría. Lo anterior es análogo cuando todos los indicadores parciales tienden a contraerse. Por otra parte, el problema de la interpretación individual de los subindicadores se agudiza cuando éstos muestran señales mixtas.

Por ejemplo, en el caso del sector vivienda supongamos un escenario en el que, durante un mes en particular, las actuales obras de edificación habitacional podrían contemplar 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 conocer 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. En este sentido,

⁶Esta afirmación proviene del hecho que, teóricamente el empleo sectorial está mayormente vinculado, en media y varianza, con el subsector de vivienda debido su mayor uso intensivo a lo largo de la obra.

la metodología descrita en la sección 3 permite obtener índices de actividad sectorial que agreguen la dinámica de los indicadores parciales antes mencionados.

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 subindicadores disponibles (excepto para el empleo del sector construcción, 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 trimestralizar la serie, para considerar el periodo de ingeniería de detalle de los proyectos (lo cual se explica con detalle en el anexo).

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.

La siguiente tabla muestra los resultados de las pruebas de raíz unitaria de Dickey Fuller Aumentado (ADF):

Tabla 4: Prueba de Raíz Unitaria
Indicadores parciales del sector vivienda

Variable	Rezago (a)	Niveles		Primeras diferencias
		Sin tendencia	Con tendencia	Sin tendencia
CCGGH	3	-0,5310 (0,8809)	-2,1154 (0,5331)	-7,7986 (0,0000)*
LCONS	6	-0,8817 (0,7921)	-2,2136 (0,4785)	-4,0975 (0,0013)*
PERHABIT	6	-1,9069 (0,3285)	-1,9628 (0,6168)	-7,1092 (0,0000)*

Fuente: Elaboración propia

(a) Basado en el criterio de Schwarz. * Valores significativos al 1 % de nivel de significancia.

Nota: Todas las estimaciones incluyen intercepto. p-value entre paréntesis.

Tabla 5: Prueba de Raíz Unitaria
Indicadores parciales del sector vivienda

Variable	Rezago (a)	Niveles		Primeras diferencias
		Sin tendencia	Con tendencia	Sin tendencia
CCGGNH	4	0,1304 (0,9669)	0,7036 (0,9996)	-3,1555 (0,0250)*
IINF	9	-0,5270 (0,8810)	-0,8916 (0,9530)	-4,0657 (0,0016)*
PERNOHABIT	3	-2,6450 (0,0866)	-2,6735 (0,2494)	-9,3285 (0,0000)*

Fuente: Elaboración propia

(a) Basado en el criterio de Schwarz. * Valores significativos al 1 % de nivel de significancia.

Nota: Todas las estimaciones incluyen intercepto. p-value entre paréntesis.

De las tablas anteriores 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.⁷ A partir de este resultado, es posible plantearnos la hipótesis de que las respectivas series comparten tendencias estocásticas comunes que las vinculan. Una manera

⁷Las 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.

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, 1998). En el caso que nos atañe tenemos 3 variables para vivienda y 3 para infraestructura, por lo tanto, la posibilidad de que obtengamos una tendencia estocástica para cada rubro es que, para ambos casos, encontremos dos vectores de cointegración. Las tablas 5 y 6 presentan los resultados de las pruebas de cointegración.⁸

Tabla 6: Prueba de cointegración
Indicadores parciales del sector vivienda

Muestra (ajustada): 1994:08 2008:06				
Series: CCGGH LCONS PERHABIT				
Rezagos incluidos (en primeras diferencias): de 1 a 4				
Hipótesis	Raíz	Max-raíz	Valor crítico	Prob.**
No. de CE(s)	característica	Estadístico	al 5%	
Ninguno	0,0921	33,4734	35,1928	0,0758
Al menos 1	0,0845	17,3368	20,2618	0,1204
Al menos 2	0,0154	2,5846	9,1645	0,6608

Fuente: Elaboración propia.

* denota rechazo de la hipótesis al 95 % de confianza. ** MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Nota: El test de máximo valor característico indica que no hay cointegración al 95 % de confianza.

⁸La selección de la especificación del modelo VAR utilizado está basado en el criterio bayesiano de información de Schwarz.

Tabla 7: Prueba de cointegración
Indicadores parciales del sector infraestructura

Muestra (ajustada): 1997:06 2008:06				
Series: CCGGNH PERMISOSNH IINF				
Rezagos incluidos (en primeras diferencias): de 1 a 4				
Hipótesis	Raíz	Max-raíz	Valor crítico	Prob.**
No. de CE(s)	característica	Estadístico	al 5 %	
Ninguno	0,1494	29,9317	35,1928	0,1654
Al menos 1	0,0571	8,4042	20,2618	0,7902
Al menos 2	0,0044	0,5910	9,1645	0,9902

Fuente: Elaboración propia.

* denota rechazo de la hipótesis al 95 % de confianza. ** MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Nota: El test de máximo valor característico indica que no hay cointegración al 95 % de confianza.

Como se desprende de ambas tablas 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 o tendencias entre las observaciones disponibles del sector, éstas muestran un muy cercano comovimiento entre sí. 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).

Basados en esta lógica, 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

La tabla 7 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.

Tabla 7: Resultados de la estimación del modelo

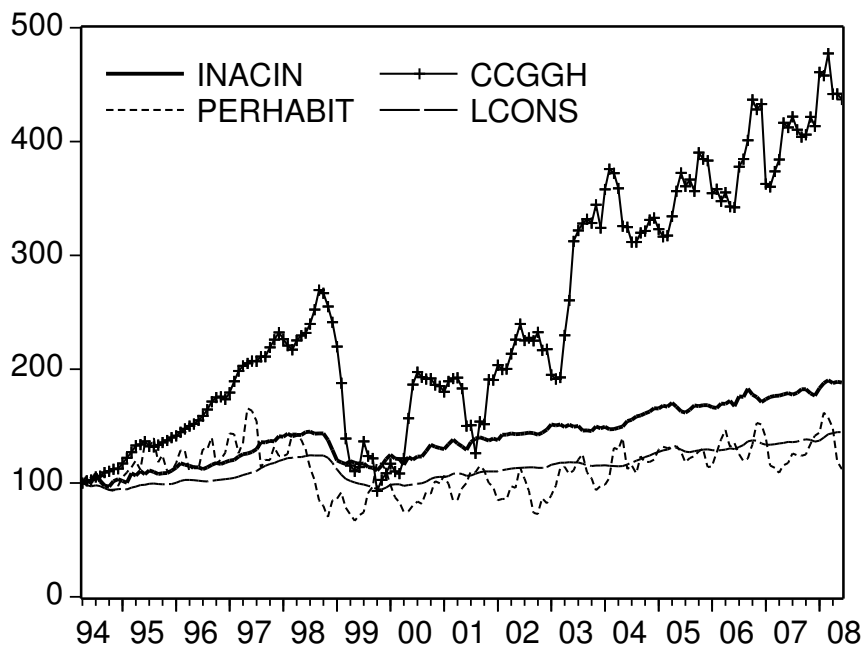
Modelo de Vivienda				Modelo de Infraestructura			
Parámetro	Valor	Error Estándar	Estadístico t	Parámetro	Valor	Error Estándar	Estadístico t
λ_1^I	-0,1237	0,1559	-0,7937	λ_1^{INF}	-0,41934	1,0371	-0,4043
λ_2^I	0,5309	0,1414	3,7543	λ_2^{INF}	0,46478	0,95791	0,4852
π_{11}^I	0,1003	0,0765	1,3115	π_{11}^{INF}	-0,0344	0,08698	-0,3955
π_{12}^I	0,1210	0,0781	1,5485	π_{12}^{INF}	0,02247	0,0908	0,2475
π_{21}^I	0,7401	0,1167	6,3417	π_{21}^{INF}	0,33647	0,10618	3,1689
π_{22}^I	-0,1369	0,0432	-3,1711	π_{22}^{INF}	0,1351	0,10599	1,2746
π_{31}^I	0,8258	0,1283	6,4356	π_{31}^{INF}	1,0226	0,08865	11,5353
π_{32}^I	-0,1277	0,1283	-0,9949	π_{32}^{INF}	-0,26143	0,04533	-5,7673
$\sigma_{\eta_1}^I$	0,9459	0,1037	9,1261	$\sigma_{\eta_1}^{INF}$	0,96019	0,11803	8,1351
$\sigma_{\eta_2}^I$	0,3579	0,0716	4,9993	$\sigma_{\eta_2}^{INF}$	0,82571	0,10494	7,8684
$\sigma_{\eta_3}^I$	0,3530	0,0663	5,3275	$\sigma_{\eta_3}^{INF}$	0,33553	0,04867	6,8940
β_1^I	-0,1305	0,0787	-1,6575	β_1^{INF}	0,1031	0,08667	1,1896
β_2^I	0,5187	0,0743	6,9787	β_2^{INF}	0,1331	0,10815	1,2307
β_3^I	0,2419	0,0985	2,4566	β_3^{INF}	0,13508	0,09782	1,3809
β_{31}^I	0,3414	0,1880	1,8153	δ^{INF}	0,03611		
β_{32}^I	0,0691	0,2033	0,3401				
β_{33}^I	-0,0911	0,1141	-0,7986				
δ^I	0,0969						
Log Lik.							

Fuente: Elaboración propia.

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 siguientes figuras presentan la evolución de tales índices y de sus indicadores parciales con frecuencia mensual.

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.

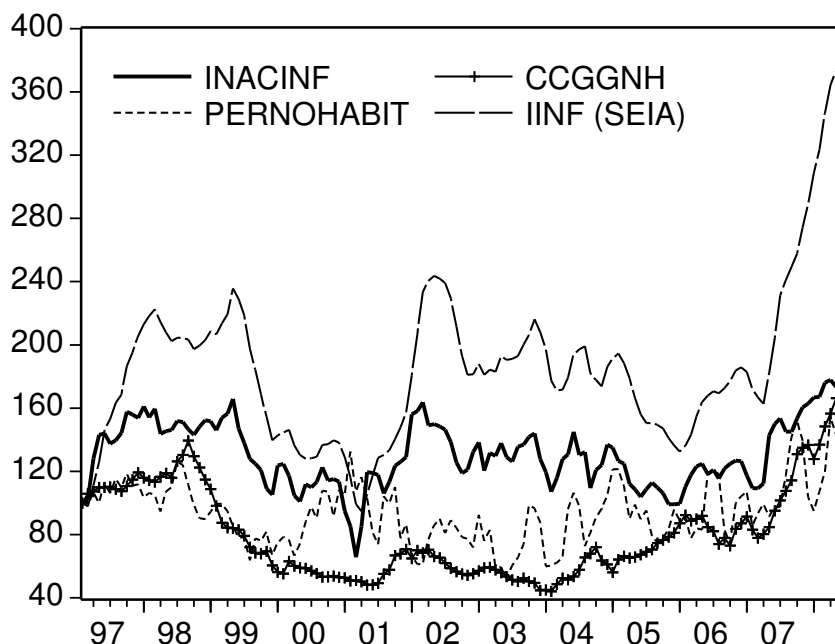
Figura 3: Índice de Actividad Inmobiliaria (INACIN)
y sus componentes parciales (1994-2008)
En niveles (Base 1994=100)



Fuente: Elaboración propia.

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, los cuales, debido al origen de las observaciones, se aproximan más al valor bruto de la construcción subsectorial que al valor agregado propiamente tal.

Figura 4: Índice de Actividad en Infraestructura (INACINF) y sus componentes parciales (1997-2008) En niveles (Base 1997=100)



Fuente: Elaboración propia.

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.

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 precrisis— 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 Comercial (malls y casinos).

5. Conclusiones

Actualmente se dispone de información sistematizada para la actividad de la construcción, no así para sus subcomponentes. 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.

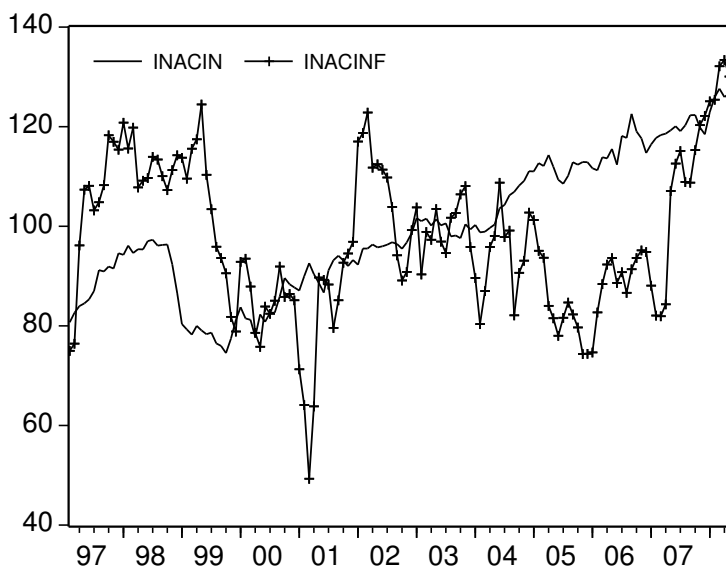
Para el cálculo de los índices el presente trabajo utilizó un modelo estructural de series de tiempo basado en el enfoque metodológico de Stock y Watson (1989), el mismo que resulta de una derivación del filtro de Kalman (estimado por máxima verosimilitud). En efecto, los índices resultantes muestran un comportamiento bastante 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 pueden atribuirse a factores como la baja volatilidad del empleo o los movimientos en el IINF, sin que ello implique que la actividad de Vivienda sea, per sé, menos volátil que la Infraestructura. En ese sentido, la calidad de los indicadores está plenamente sujeta a la disponibilidad de información y la calidad de esta. Una importante limitación en cuanto a la precisión de las estimaciones es que sólo se dispone de tres indicadores parciales para cada rubro de la construcción, los cuales podrían no ser suficientes para capturar el verdadero desempeño de la actividad sectorial.

Otro resultado importante que se encuentra es relativo al IMACON. Como muestra la Tabla 3, la correlación entre la Vivienda el IMACON es mucho mayor que con Infraestructura, y ello se nota también al comparar el IMACON con el INACIN y el INACINF. Este resultado se debe a que el INACIN incluye al empleo sectorial como uno de sus componentes parciales más representativos de la vivienda —siendo a la vez este subindicador, también, uno de los más preponderantes en el IMACON. El INACINF, en cambio, excluye el factor trabajo, dado que la actividad en obras de edificación empíricamente es más intensiva en la utilización de trabajadores respecto de lo observado en obras de infraestructura e ingeniería —según encuestas de la CChC a empresas del sector. Esta evidencia puede ayudar a mejorar las fuentes de información e incorporar en el futuro otros elementos en el IMACON, siempre que sean previamente validados.

Figura 5: INACIN e INACINF(Base 2003=100)



Fuente: Elaboración propia.

Cabe recordar que los índices de vivienda e infraestructura no son medidas contables de valor agregado de Cuentas Nacionales —como es el caso del PIB o la inversión, por ejemplo—, sino indicadores latentes de actividad sectorial, los cuales, debido al origen de la información, se aproximan el valor bruto de la construcción en cada subsector.

Referencias

- [1] Hamilton, James. "State Space Models" en Handbook of Econometrics Vol. IV. R.F. Engle y D.L. McFadden Eds., 1994.
- [2] Kim, Chang-Jin and Nelson, Charles. State Space Model with Regime Switching. The MIT Press. Cambridge, MA, 1998.
- [3] Piguillem, Facundo. "Los Ciclos Agregados y Los Ciclos de la Construcción", Cámara Chilena de la Construcción, 2004a, Documento de Trabajo No. 18.
- [4] Piguillem, Facundo. "Un Indicador Mensual de Actividad de la Construcción", Cámara Chilena de la Construcción, 2004b, Documento de Trabajo No. 20.
- [5] Stock, James and Watson, Mark. "A Probability Model of the Coincident Economic Indicators", National Bureau of Economic Research, 1988, Working Paper No. 2772.
- [6] Stock, James and Watson, Mark. "New Indexes of Coincident and Leading Economic Indicators", National Bureau of Economic Research Macroeconomic Annuals, 1989, pp. 351-394.
- [7] Tejada, Mauricio. "Índice Mensual de Actividad de la Construcción: Un Estimador en Frecuencias Mixtas", Cámara Chilena de la Construcción, 2006, Documento de Trabajo No. 34.

6. Anexos

A. Estructura Matricial del Modelo de Stock y Watson

$$\mathbf{Y}_t = \mu + \mathbf{H}_t \mathbf{X}_t + \epsilon_t$$

$$\mathbf{X}_t = \mathbf{F} \mathbf{X}_{t-1} + \kappa_t$$

$$\mathbf{Y}'_t = \left[\Delta y_{1t}^\tau \quad \Delta y_{2t}^\tau \quad \Delta y_{3t}^\tau \right] \text{ con } \tau = \{I, INF\}$$

$$\mathbf{X}'_t = \left[\Delta x_t^\tau \quad \Delta x_{t-1}^\tau \quad \Delta x_{t-2}^\tau \quad \Delta x_{t-3}^\tau \quad \varepsilon_{1t}^\tau \quad \varepsilon_{1t-1}^\tau \quad \varepsilon_{2t}^\tau \quad \varepsilon_{2t-1}^\tau \quad \varepsilon_{3t}^\tau \quad \varepsilon_{3t-1}^\tau \right] \text{ con } \tau = \{I, INF\}$$

A1. Matrices del modelo del sector vivienda ($\tau = I$):

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

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \beta_1^I & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_2^I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_3^I & \beta_{31}^I & \beta_{32}^I & \beta_{33}^I & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} (\sigma_{\kappa}^I = 1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_1}^I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_2}^I & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_3}^I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R} = 0$$

A2. Matrices del modelo del sector Infraestructura ($\tau = INF$):

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

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \beta_1^{INF} & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_2^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_3^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} (\sigma_{\kappa}^{INF} = 1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_1}^{INF} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_2}^{INF} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\eta_3}^{INF} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R} = 0$$

A3. Estimación por Máxima Verosimilitud:

Sobre la base de los modelos planteados matricialmente en este anexo, 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 $f_{t/t-1} = \epsilon'_{t/t-1} = \mathbf{Y}_t - \mu + \mathbf{H}_t \mathbf{X}_{t/t-1}$ y $\eta_{t/t-1} = \mathbf{H}_t \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}'_t + \mathbf{R}_t$ 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, $\mathbf{P}_{t/t-1}$ es la matriz de covarianza de los índices subyacentes que deseamos medir ($\mathbf{X}_{t/t-1}$); \mathbf{R}_t es la matriz de covarianza del componente de error de las ecuaciones de medida (ϵ_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:

$$\text{Etapa de Predicción} = \begin{cases} \mathbf{X}_{t/t-1} = \mathbf{F} \mathbf{X}_{t-1/t-1} \\ \mathbf{P}_{t/t-1} = \mathbf{F} \mathbf{P}_{t-1/t-1} \mathbf{F}' + \mathbf{G} \end{cases}$$

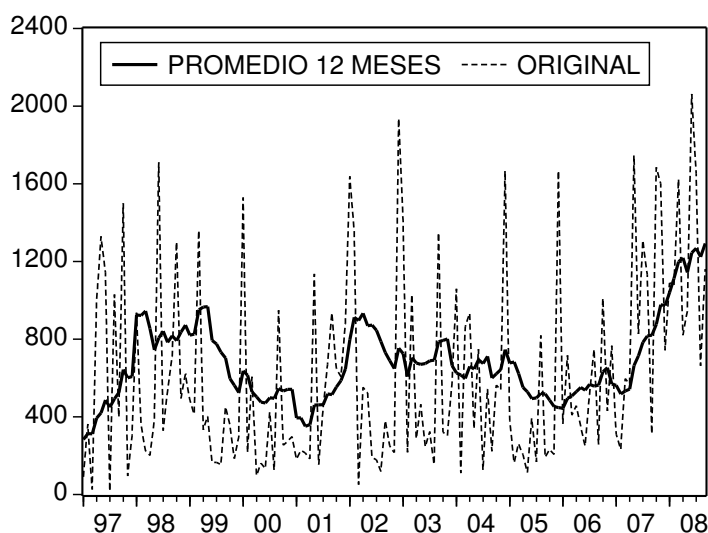
$$\text{Etapa de Aprendizaje} = \begin{cases} \mathbf{X}_{t/t} = \mathbf{X}_{t/t-1} + \mathbf{GK}_t (\mathbf{Y}_t - \mu + \mathbf{H}_t \mathbf{X}_{t/t-1}) \\ \mathbf{P}_{t/t} = \mathbf{P}_{t/t-1} + \mathbf{GKH}_t \mathbf{P}_{t/t-1} \end{cases}$$

Donde $\mathbf{GK}_t = \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}_t' (\mathbf{H}_t \mathbf{P}_{t/t-1} \mathbf{H}_t' + \mathbf{R}_t)$ es la ganancia de Kalman y $\mathbf{G} = \kappa_t \kappa_t'$ 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 $\mathbf{X}_{0/0}$ y $\mathbf{P}_{0/0}$ 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 por 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. El gráfico a continuación muestra la evolución de los montos aprobados y el promedio móvil anual respectivo.

Figura 6: 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.