

Efectos de la inversión pública y privada en el crecimiento económico de Bolivia*

Joab Dan Valdivia Coria

Juan Carlos Carlo Santos

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es encontrar evidencia empírica del efecto *crowding-in* en el corto y largo plazo de la inversión pública sobre la inversión privada y el impacto del capital público/privado sobre el crecimiento económico desde una perspectiva sectorial. En el estudio, se consideran los sectores de agricultura, construcción, hidrocarburos, energía, industria y minería. Los resultados del modelo VEC muestran un efecto *crowding-in* en todos los sectores. El efecto más importante se observa en el sector de hidrocarburos, seguido de los sectores de construcción y agricultura. Por su parte, los resultados del modelo PVAR recursivo también muestran la existencia de *crowding-in* con diferentes magnitudes a través del tiempo. Asimismo, se evidencia un efecto positivo del capital público y privado en el crecimiento económico.

Clasificación JEL: E22, E23, E62

Palabras clave: *Capital público y privado, modelo de corrección de errores, vectores auto-regresivos recursivos en datos de panel*

* El contenido del presente documento es de responsabilidad de los autores y no compromete la opinión del Banco Central de Bolivia.

Public and private investment effects on economic growth in Bolivia*

Joab Dan Valdivia Coria

Juan Carlos Carlo Santos

ABSTRACT

The purpose of this research is to find empirical evidence of the crowding-in effect of public investment on private investment in the short and long run terms, as well as the influence of public/private capital on economic growth from a sectorial vantage point. Agriculture, construction, hydrocarbons, energy, industry, and mining are all included in the study. VEC model results demonstrate that there is a crowding-in impact in all sectors. The hydrocarbons sector has the largest impact, followed by construction and agriculture sectors. The results of the recursive PVAR model also show the existence of crowding-in with different magnitudes over time. There is also evidence that public and private capital have a positive effect on economic growth.

JEL Classification: E22, E23, E62

Keywords: *Public and private capital, error correction model, recursive auto-regressive vectors in panel data.*

* The contents of this document are the responsibility of the authors and do not compromise the opinion of the Banco Central de Bolivia.

I. Introducción

La formación de capital procede de la naturaleza de la inversión, sea pública o privada. Estos recursos, a su vez, impactan positivamente en el dinamismo de la economía. Ágenor et al. (2005), Ágenor (2010), Şen y Kaya (2014) y Arini y Siregar (2016) afirman, en la mayoría de los estudios analizados, que la inversión y/o capital público en infraestructura tiene resultados positivos en actividades privadas, principalmente en el largo plazo. Para el caso de Bolivia, Bolívar y Ugarte (2015) y Valdivia (2017) hallaron un efecto *crowding-in*.

Lo usual, en la literatura revisada, ha sido encontrar el efecto de manera agregada, es decir, que la relación entre la inversión pública y privada se identifica a partir de datos que reflejen, en su totalidad, los recursos públicos y privados. No obstante, no se encontraron estudios que analicen estos efectos de manera sectorial, es decir, si la inversión pública, en un determinado sector, podría afectar a la inversión privada en el mismo sector.

Por otra parte, el cambio de política económica en el último trimestre de 2019 y las medidas restrictivas a consecuencia de la pandemia que se inició en 2020, se caracterizaron por la paralización de la inversión pública con deterioros en el empleo, PIB e inversión privada. Sin embargo, durante la nueva gestión del gobierno electo en octubre de 2020, se reactivó la inversión pública e impulsó el sector productivo con créditos a través de fideicomisos.

Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación es encontrar evidencia empírica del efecto *crowding-in* en el corto y largo plazo, a través de modelos de corrección de errores (VEC), así como los efectos de la inversión pública sobre la privada desde una perspectiva sectorial. Además, se busca capturar efectos promedio del *crowding-in* e impactos del capital público/privado sobre el crecimiento económico a través del tiempo para cada periodo analizado, entre 2009 y 2020, con la ayuda de 121 modelos de vectores autorregresivos recursivos en datos de panel. Los sectores que se consideraron en el estudio son agricultura, construcción, hidrocarburos, energía, industria y minería.

El documento de investigación se encuentra organizado en seis secciones. Después de esta sección, la segunda realiza la revisión de la literatura existente sobre el efecto *crowding-in*; en la tercera se presentan algunos hechos estilizados; la cuarta detalla la metodología de los modelos VEC y de vectores autorregresivos en datos de panel (PVAR); en la quinta sección se muestran los resultados obtenidos mediante la aplicación de ambas metodologías; y finalmente, en la sexta sección, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

II. Revisión de literatura

Las investigaciones sobre la relación entre inversión pública y privada difieren en el trato de las variables. Algunas consideran a la inversión como tal, es decir, como variable flujo (Muyambiri et al., 2012; Ari y Koc, 2020). Otras, sin embargo, como Aschauer (1989), Erenburg y Wohar (1995), Ágenor (2010) toman en cuenta el *stock* de capital del sector público y privado.

Ágenor et al. (2005), Şen y Kaya (2014) y Arini y Siregar (2016) señalan un efecto positivo desde la inversión pública hacia la privada. En la mayoría de los estudios, se presenta la relación de largo plazo de la inversión pública en infraestructura sobre la inversión privada. Ágenor et al. (2005) hacen hincapié en el efecto de complementariedad. Afirman que el capital público en infraestructura puede estimular la formación de capital físico privado debido a su impacto en la actividad privada. Se tendrían presiones al alza en la productividad marginal de los insumos privados (trabajo y capital) que, a su vez, tendrían un efecto positivo en la tasa de retorno percibida y de la demanda de capital físico, lo que implicaría una reducción de costos e incrementaría aún más la expectativa de la tasa de retorno¹. Asimismo, Ágenor (2010), a partir de un modelo teórico de crecimiento endógeno, muestra que la inversión en infraestructura tiene efectos positivos en el crecimiento económico sin relegar el efecto que tiene el sector privado en la dinámica del PIB: *“...siempre y cuando un gobierno sea lo suficientemente adecuado como para garantizar un grado de eficiencia de los desembolsos de inversión pública, un aumento de la proporción del gasto en infraestructura (financiado por un recorte de los gastos improductivos o de las subvenciones extranjeras) puede facilitar el cambio de un equilibrio de bajo crecimiento caracterizado por una baja productividad y un bajo ahorro, a un estado estacionario de alto crecimiento”*. [Traducción libre de Ágenor, 2010, p. 1].

Por su parte, en las investigaciones de Muyambiri et al. (2012) y Ari y Koc (2020), se estudian las variables de interés en términos de flujo e indican los beneficios de la inversión pública sobre la privada. En la primera, encuentran una relación de largo plazo a partir de un modelo de cointegración y, en la segunda, concluyen acerca de la existencia de la interdependencia de la inversión pública y privada con referencia al crecimiento económico.

Por su parte, Choong et al. (2015), en un estudio a través de un modelo de cointegración realizado para Malasia, investigan los vínculos entre la inversión privada, inversión pública, la Inversión Extranjera Directa (IED) y el crecimiento económico. Sus resultados muestran que la inversión pública y la IED tienen un efecto positivo sobre la inversión privada.

¹ Un ejemplo intuitivo que citan los autores es que *“...una mejor red de carreteras puede reducir los gastos asociados a la construcción de una nueva fábrica o al transporte de equipos pesados”*. [Traducción libre de Ágenor et al., 2005, p. 6].

III. Hechos estilizados

Los datos del Índice Global de la Actividad Económica (IGAE), el crédito como *proxy* de la inversión doméstica, la IED y la inversión pública de la economía boliviana que se emplean están disponibles para seis sectores económicos: agricultura, hidrocarburos, minería, industria, energía y construcción. La frecuencia de datos es mensual desde 2009 a 2020.

Las relaciones a nivel sectorial que presentan la inversión pública y privada con respecto al crecimiento, muestran altos grados de correlación positiva, con excepción de los sectores extractivos. Las actividades de hidrocarburos y minería no evidencian una correlación positiva muy alta, característica que se explicaría por la maduración que tiene la inversión en exploración en ambos sectores y el rezago en la producción de gas y extracción de minerales (Apéndice A, Gráfico A.1).

Para capturar el efecto *crowding-in* de la inversión pública sobre la privada, se tomaron como referencia los trabajos de Aschauer (1989), Erenburg y Wohar (1995) y Ágenor (2010). A partir de la estimación del *stock* de capital por sectores se emplearán dos tipos de modelos para cuantificar el efecto *crowding-in*: i) se estimarán las relaciones de largo plazo y la dinámica de corto plazo mediante modelos VEC para cada sector económico considerando las particularidades que tiene cada sector y también ii) se estimarán 121 modelos siguiendo la metodología de vectores autorregresivos recursivos en datos de panel (PVAR, por sus siglas en inglés) para medir el efecto promedio agregado de los seis sectores seleccionados y evaluar su comportamiento a través del tiempo.

La estimación de co-movimientos entre la inversión pública y privada muestra una relación positiva en todos los sectores, lo que indica que son pro-cíclicas. Por su parte, los ciclos de la inversión pública se adelantan a la inversión privada en los sectores de hidrocarburos, energía y construcción. En contraste, se rezagan en los sectores de agricultura e industria (Cuadro 1).

Cuadro 1: RELACIÓN INVERSIÓN PÚBLICA – PRIVADA

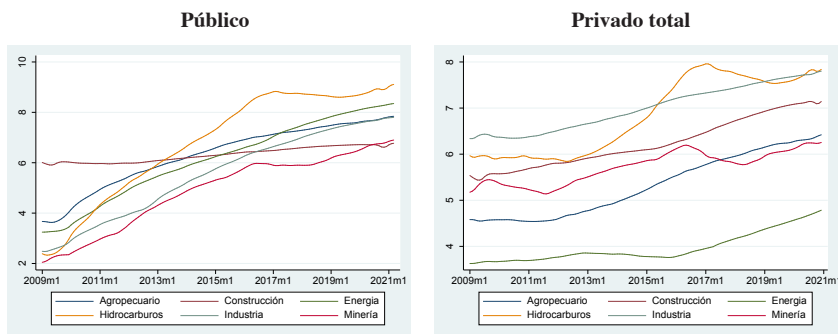
	Co-movimiento	Adelanto o rezago, inversión pública
Agricultura	Pro-cíclico	Rezagada - 5 meses
Hidrocarburos	Pro-cíclico	Adelantada - 2 meses
Minería	Pro-cíclico	Sincrónico
Industria	Pro-cíclico	Rezagada - 3 meses
Energía	Pro-cíclico	Adelantada - 1 mes
Construcción	Pro-cíclico	Adelantada - 4 meses

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los cálculos de los co-movimientos están en el Apéndice A (Gráfico A.4).

Para obtener las series de los *stocks* de capital público y privado se consideró la metodología de inventarios perpetuos² (Apéndice D). El comportamiento de esta variable se explica de manera sectorial a consecuencia de los niveles de inversión (Gráfico 1). A modo de ejemplo, se puede citar que los *stocks* público y privado del sector de hidrocarburos muestran los mayores niveles de recursos entre los sectores seleccionados. Este resultado se asocia a grandes proyectos de infraestructura como las plantas separadoras de líquidos de Río Grande, Gran Chaco (Carlos Villegas) y la Planta de Amoniaco-Urea. Asimismo, generalmente los recursos públicos son destinados al desarrollo de campos. Por su lado, gran parte de la inversión privada extranjera está destinada a las actividades de exploración, las cuales demandan grandes cantidades de recursos.

Gráfico 1: STOCK DE CAPITAL
(En logaritmos)



Fuente: Elaboración propia

Nota: La estimación del *stock* privado total corresponde a la suma del *stock* privado doméstico y el *stock* de la inversión extranjera directa (Apéndice A, Gráfico A.2).

IV. Metodología

IV.1. Modelo de corrección de errores

Desde el punto de vista de la economía, dos o más variables se encuentran cointegradas si se mueven juntas a lo largo del tiempo y retornan a su equilibrio ante cualquier desviación de su relación de equilibrio de largo plazo. De manera similar, desde el punto de vista econométrico, dos o más series, que son integradas de orden uno, están cointegradas cuando existe una combinación lineal que sea estacionaria, es decir, de orden cero (Johansen 1988, 1992).

2 La versión establecida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2009).

Para estimar las relaciones de largo plazo y la dinámica en el corto plazo entre la inversión pública y privada, se hará uso de modelos VEC para cada sector económico. Se seguirá la metodología de Johansen (1988) y no así la propuesta por Engle y Granger (1987) que presenta limitaciones para su uso³.

Inicialmente, se realizará un test de raíz unitaria a las variables del modelo para verificar la existencia de tendencia estocástica. En este aspecto, es necesario verificar que las variables sean integradas de primer orden, es decir, se requiere que la serie sea estacionaria con una sola diferencia. Luego, se procede a realizar los test de cointegración utilizando la metodología de Johansen a través de los test traza y autovalor máximo con el objeto de identificar uno o más vectores de cointegración.

El modelo que captura la relación de corto y largo plazo sería el siguiente:

$$\Delta Z_t = \Pi Z_{t-k} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Z_{t-i} + \varepsilon_t, \quad \text{para } k \geq 2$$

donde la matriz Π de coeficientes muestra el impacto de las variables rezagadas de Z sobre ΔZ_t .

Finalmente, se realizarán los test habituales para el diagnóstico de los modelos estimados.

IV.2. Modelo de Vectores Autorregresivos recursivos en datos de panel (PVAR)

Para capturar el efecto promedio del *crowding-in* de los sectores seleccionados y su impacto en el crecimiento económico se optó por la metodología PVAR de la siguiente forma:⁴

$$X_{i,t} = \alpha_i + \Theta(L)X_{i,t} + u_{i,t}$$

donde:

$$X_{i,t} = \left\{ \begin{array}{c} IGAE \\ \text{Stock de capital público} \\ \text{Stock de capital privado} \\ \text{Empleo} \end{array} \right\}_{i,t}$$

3 La metodología de Engle y Granger (1987) considera una prueba uniecuacional de dos etapas y para modelos que contengan un solo vector de cointegración.

4 Todas las variables están en primeras diferencias. Se utilizaron los índices de empleo del Instituto Nacional de Estadística según actividad económica con frecuencia trimestral y se obtuvieron datos mensuales con la metodología de Denton (1971). Este procedimiento tiene validez para cuentas nacionales con datos de frecuencia baja (Marini, 2016) (ver Apéndice A, Gráfico A.5).

es un vector que contiene las variables de interés; $\Theta(L)$ es la matriz polinomio del operador de rezagos del sistema de ecuaciones; α_i es el vector de efectos invariantes en el tiempo de las actividades económicas y $u_{i,t}$ es el término de error.

Este sistema fue estimado por el Método Generalizado de Momentos (MGM, propuesto por Holtz-Eakin et al. 1988). Abrigo y Love (2015) indican que la inclusión de más rezagos en el sistema, como instrumentos, tiene la propiedad de reducir las observaciones, especialmente con paneles desbalanceados. La solución propuesta por Holtz-Eakin et al. (1988) fue crear instrumentos a partir de las observaciones de los mismos datos y sustituir con cero las observaciones faltantes. El supuesto detrás de esto es que los instrumentos no están correlacionados con los errores. En consecuencia el modelo PVAR en su forma reducida está dado por:

$$\begin{aligned}\tilde{X}_{i,t} &= \gamma \hat{X}_{i,t} + \tilde{u}_{i,t} \\ \tilde{X}_{i,t} &= [\tilde{X}_{i,t}^1 \quad \tilde{X}_{i,t}^2 \quad \dots \quad \tilde{X}_{i,t}^{k-1} \quad \tilde{X}_{i,t}^k] \\ \hat{X}_{i,t} &= [\hat{X}_{i,t-1} \quad \hat{X}_{i,t-2} \quad \dots \quad \hat{X}_{i,t-p+1} \quad \hat{X}_{i,t-p} \quad \tilde{x}_{i,t}] \\ \tilde{u}_{i,t} &= [\tilde{u}_{i,t}^1 \quad \tilde{u}_{i,t}^2 \quad \dots \quad \tilde{u}_{i,t}^{k-1} \quad \tilde{u}_{i,t}^k] \\ \gamma &= [\gamma_1 \quad \gamma_2 \quad \dots \quad \gamma_{p-1} \quad \gamma_p \quad \phi']\end{aligned}$$

Las variables con un circunflejo denotan una transformación de las variables originales. Las variables originales están representadas por $X_{i,t}$, en tanto que la transformación implica que el tratamiento de las variables está en primeras diferencias: $\tilde{X}_{i,t} = X_{i,t} - X_{i,t-1}$. La desviación ortogonal es $X = (X_{i,t} - \bar{X}_{i,t}) \sqrt{T_{i,t} / (T_{i,t} + 1)}$, donde $T_{i,t}$ es el número disponible para futuras observaciones del panel “i”, en “t” y el término $\bar{X}_{i,t}$ es un promedio.

Si ampliamos las observaciones del panel tanto en “i” y “t”, el estimador por MGM será:

$$\gamma = [\hat{X}' Z \hat{W} Z \hat{X}]^{-1} [\hat{X}' Z \hat{W} Z' \tilde{X}]$$

El vector de instrumentos está dado por Z ⁵. Además, las variables exógenas⁶ están descritas por $\tilde{x}_{i,t} \in Z_{i,t}$. La matriz $\hat{W}$ es simétrica ($L \times L$), no singular y semi-definida positiva (de ponderaciones óptimas). Bajo el supuesto que E

5 El set de instrumentos es $L \geq kp + l$.

6 Para la estimación se consideró como variable exógena una variable dicotómica que toma el valor de 1 entre abril y diciembre de 2020 y 0 en el resto del periodo estudiado, tratando de capturar la periodicidad de la crisis sanitaria COVID-19.

$[Z'\varepsilon] = 0$ y que el rango es $E[\hat{X}'Z] = kp + l$, el estimador MGM es consistente debido a que la matriz de ponderaciones $(\hat{W})$ selecciona la máxima eficiencia (Hansen, 1982).

V. Resultados

V.1. Modelo de corrección de errores

Las variables del modelo son el IGAE, tasa de interés real, *stock* de capital público y privado para los sectores de agricultura, hidrocarburos, minería, industria, energía y construcción. El periodo de estimación, de acuerdo con la disponibilidad de información, es de enero de 2009 a diciembre de 2020, con un total de 144 observaciones.

En función a la literatura revisada, se estimaría la siguiente relación de largo plazo:

$$\log(Kpriv_{it}) = C + \log(Kpub_{it}) + \log(IGAE_{it}) + r_t + \varepsilon_{it}$$

donde:

$Kpriv_{it}$: *Stock* de capital privado por sector económico

$Kpub_{it}$: *Stock* de capital público por sector económico

$IGAE_{it}$: Índice Global de la Actividad Económica por sector económico

r_t : Tasa de interés real

i : Representa al sector económico

t : Tiempo

Como se mencionó en la parte metodológica, un requisito necesario para la estimación de un VEC es que las variables del modelo sean integradas del mismo orden. Se efectuaron las pruebas de raíz unitaria ADF⁷ y PP⁸ a las series en niveles y en primeras diferencias cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2. En la mayoría de los casos, las series son estacionarias con solo una diferencia, con excepción de la serie de *stock* de capital público correspondiente al sector de energía donde la serie resulta ser integrada de segundo orden al realizar el test ADF.

7 Prueba de Dickey-Fuller Aumentada (ADF, por sus siglas en inglés).

8 Prueba de Phillips Perron (PP).

Cuadro 2: PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

		En niveles		En primeras diferencias		Orden de integración	
		ADF	PP	ADF	PP		
Agricultura	IGAE	-1,9535	-1,8077	-5,4061 ***	-3,0532 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-2,2290	-1,7488	-3,1153 **	-4,8770 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital privado	-2,4994	-2,6021	-4,6266 ***	-4,3575 ***	I(1)	I(1)
Hidrocarburos	IGAE	-0,2441	-0,0487	-4,5851 ***	-4,3695 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-1,5908	-1,5673	-2,5008 **	-4,3834 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital privado	-2,8996	-1,4517	-2,5716 **	-2,2093 **	I(1)	I(1)
Minería	IGAE	0,9079	1,1890	-7,0506 ***	-7,2958 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-2,2502	-1,3052	-2,6839 ***	-2,3040 **	I(1)	I(1)
	Stock de capital privado	-2,4840	-1,8700	-3,4634 ***	-2,8863 ***	I(1)	I(1)
Industria	IGAE	-2,2263	-0,2350	-3,9067 ***	-3,9010 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-2,3734	-1,9486	-3,3582 ***	-2,9285 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital privado	-2,7287	-2,4540	-3,9977 ***	-5,8134 ***	I(1)	I(1)
Energía	IGAE	-2,1460	2,0763	-2,8025 ***	-2,7015 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-1,6988	-1,6413	-0,8660	-2,2420 **	I(2)	I(1)
	Stock de capital privado	0,3458	0,2476	-6,0625 ***	-10,037 ***	I(1)	I(1)
Construcción	IGAE	-2,5727	2,0909	-4,5438 ***	-3,8058 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital público	-1,9093	2,6497	-3,2869 ***	-3,3705 ***	I(1)	I(1)
	Stock de capital privado	-1,2456	-1,4982	-6,1448 ***	-4,1217 ***	I(1)	I(1)
Tasa de interés real		-2,8753	-2,5984	-5,5021 ***	-2,6499 ***	I(1)	I(1)

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizaron las pruebas de cointegración siguiendo la metodología de Johansen cuyos resultados se observan en el Apéndice B, Cuadro B.1. Los resultados muestran que existe, al menos, un vector de cointegración para los sectores, con excepción del sector de energía.

Cuadro 3: RESULTADOS DEL MODELO

Variable dependiente (inversión privada)	Coeficientes estimados				
	Constante	Inversión pública	IGAE	Tasa de interés real	Velocidad de ajuste
Agricultura	-5,908	0,525	1,676	-0,057	-0,057
		[9.83290]	[6.13428]	[-5.32505]	[-2.03838]
Construcción	-3,866	0,726	1,160	-0,025	-0,024
		[2.14869]	[2.77324]	[-2.17997]	[-4.28351]
Hidrocarburos	-8,699	0,740	1,803	0,202	-0,034
		[6.00367]	[4.66766]	[5.19233]	[-3.48889]
Industria	1,393	0,189	1,101	-0,020	-0,332
		[6.80713]	[3.43676]	[-3.19227]	[-4.54784]
Minería	0,295	0,188	1,142	-0,074	-0,045
		[5.40273]	[2.39619]	[-5.08037]	[-3.34521]

Fuente: Elaboración propia

Nota: Entre corchetes se encuentran los estadísticos t

Los signos y las magnitudes de los parámetros estimados del modelo son los esperados, con la excepción de la tasa de interés real correspondiente al sector de hidrocarburos. El mayor efecto *crowding-in* se observa en el sector de hidrocarburos, donde el incremento del 1% en el *stock* de capital público genera un aumento del *stock* de capital privado de 0,74%, seguido del sector de construcción (0,72%) y agricultura (0,53%).

La respuesta del *stock* de capital privado frente a variaciones de la actividad económica muestra un mayor efecto en el sector de hidrocarburos (1,80%), seguido del sector de la agricultura (1,68%) y para el resto de sectores el efecto se encontraría en alrededor de 1,1%.

Con respecto al parámetro que mide la velocidad de ajuste ante desviaciones del equilibrio de largo plazo, para casi todos los sectores, se tendría un retorno al equilibrio en alrededor de dos años. En cambio, el retorno al equilibrio es más rápido en industria, el cual muestra un retorno a la senda de largo plazo en tan solo tres meses en promedio (-0,332, Cuadro 3).

Finalmente, en cuanto a la tasa de interés real, los resultados son los esperados con magnitudes que se encuentran alrededor de 0,05. Sin embargo, el signo es positivo para el sector de hidrocarburos, es decir, un aumento de la tasa de interés real generaría un aumento del *stock* de capital privado. Esto podría explicarse por la composición del capital privado donde la mayor proporción corresponde a inversión extranjera directa. No obstante, el modelo podría sufrir un sesgo de especificación considerando que no incluye el precio del petróleo como variable explicativa.

V.2. Modelo PVAR, funciones impulso respuesta

La versión recursiva del PVAR muestra que los *eigenvalues* de los 121 modelos planteados se encuentran dentro el círculo unitario, por lo tanto, gozan de estabilidad (Apéndice C, Gráfico C.1). La prueba de causalidad de Granger (usando toda la muestra) indica que todas las variables, en su conjunto, afectan al crecimiento económico (al 90% de confianza) y al empleo. La causalidad de Granger del *stock* de capital público al privado indica la existencia de *crowding-in* con un valor de probabilidad Chi de 0,01 (Apéndice C, Cuadro C.1). La prueba efectuada también indica la existencia de causalidad en el otro sentido. En el caso del capital privado se podría explicar como un efecto indirecto a través del PIB, es decir, a mayor inversión privada mayor crecimiento económico y, por tanto, mayores ingresos fiscales que podrían destinarse al gasto de capital. Finalmente, para la obtención de rezagos óptimos se aplicó el criterio de Andrews y Lu (2001) el cual indica la inclusión de un solo rezago óptimo para la estimación del PVAR (Apéndice C, Cuadro C.2).

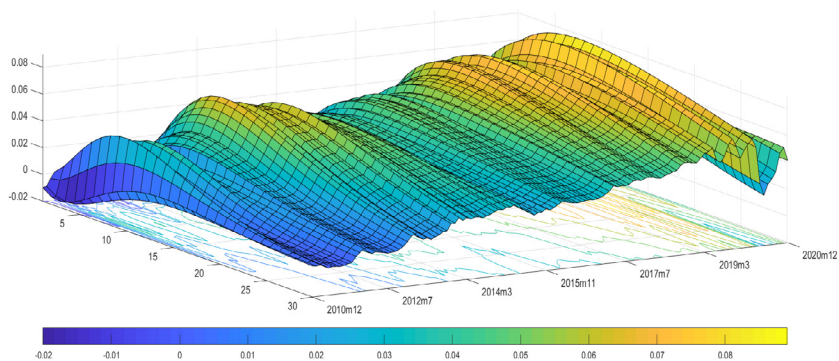
Con las pruebas econométricas establecidas, la versión recursiva del PVAR muestra robustez en la estimación de las FIR.⁹ Los efectos de los *stocks* de capital público y privado en el crecimiento económico, a lo largo del periodo analizado, son positivos. Sin embargo, el impacto difiere cuando se observan los efectos a través del tiempo.

Los efectos positivos en el crecimiento económico frente a choques del 1% en el *stock* de capital público tienen un comportamiento heterogéneo en todo el periodo analizado. En una primera etapa, el efecto llegó a 0,07% en el noveno periodo en febrero de 2013. Dentro de la misma periodicidad temporal, el efecto disminuyó paulatinamente a un mínimo de 0,03% a abril de 2015. Este suceso se asociaría a un escenario adverso de los precios de materias primas y una contracción del PIB de hidrocarburos y minería. A pesar de mantener un crecimiento económico estable en 4,2%, entre 2017 y 2018, el efecto del *stock* de capital público sobre el crecimiento económico guarda consistencia ya que incrementó a 0,08% en octubre de 2018.

La política económica dirigida a la inversión pública y la consecuente formación de capital tuvo efectos positivos cada vez mayores. Los efectos, a través del tiempo, tienen algunos periodos de inflexión, entre los cuales se puede destacar que, a septiembre de 2019 el impacto máximo llegó a 0,09% en el décimo periodo, frente a choques del capital público. Sin embargo, en el último trimestre de 2019, Bolivia atravesó por conflictos sociales lo cual resultó en una reducción de este efecto positivo en el PIB y al finalizar 2019 el efecto se redujo a 0,06%.

En 2020, las restricciones sanitarias derivadas de la pandemia por el COVID-19 y la drástica caída de la inversión pública derivaron en la caída de los efectos de la inversión pública hacia la privada. La disminución más grande fue en junio. En términos de persistencia, hasta el periodo 30, el efecto se redujo a 0,01%. Empero, gracias al nuevo gobierno electo en octubre de 2020, en los meses posteriores (noviembre y diciembre) la política económica priorizó nuevamente la inversión pública y el efecto del *stock* de capital público, en términos de persistencia al fin de periodo de las FIR, llegó a 0,04% confirmando, de este modo, la importancia del financiamiento público en infraestructura y el efecto multiplicador en el crecimiento económico (Gráfico 2).

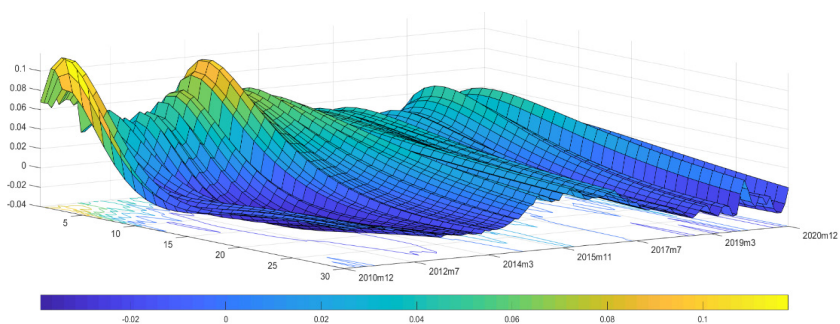
9 La primera estimación (ventana) comprende desde 2009M1 – 2010m12 (132 observaciones). A partir de este periodo se adicionó una observación en “t” y seis en “t”, es decir que la segunda estimación fue de 2009M1 – 2011M1, la tercera desde 2009M1 – 2011M2. Este mismo procedimiento se repite hasta llegar a 2020m12. En total se realizaron 121 modelos.

Gráfico 2: FIR CHOQUE *STOCK* PÚBLICO – PIB

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, choques de 1% del *stock* de capital privado tuvieron características particulares en el crecimiento económico. A lo largo del periodo analizado, en los 121 modelos, se destaca el efecto en 2010 cuyo máximo impacto fue de 0,12% sobre el producto en el tercer periodo. A partir de ese resultado, con el paso del tiempo, el efecto fue disminuyendo paulatinamente hasta 2019, momento en que se tuvo un impacto de 0,05% en el crecimiento económico.

En 2020, específicamente en la declaración de cuarentena rígida, los efectos del *stock* de capital privado en el producto aún eran positivos, de 0,03% (en el quinto periodo, como efecto máximo). Sin embargo, entre mayo y octubre no existió un efecto en el PIB. Al finalizar 2020, el impacto positivo se recuperó a 0,01% y 0,02%, respectivamente (Gráfico 3).

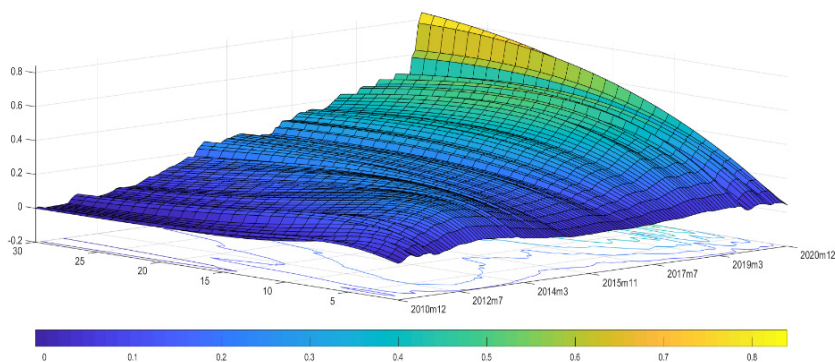
Gráfico 3: FIR CHOQUE *STOCK* PRIVADO – PIB

Fuente: Elaboración propia

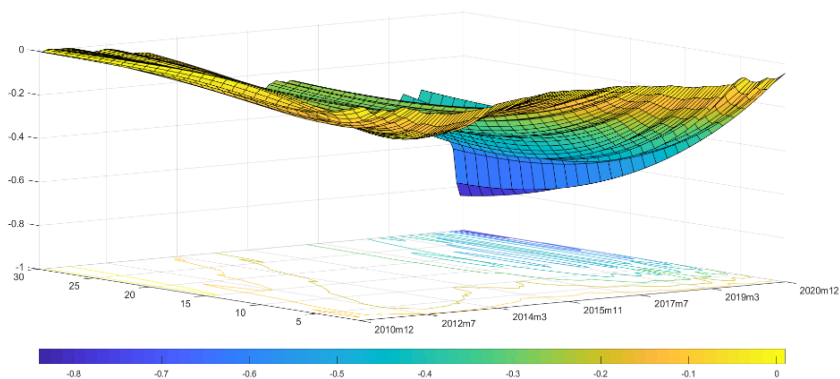
Por otra parte, los efectos complementarios (*crowding-in*) de la inversión pública en la privada en todo el periodo de análisis fueron positivos. Choques del *stock* de capital público incentivan una mayor formación de capital privado. En el primer periodo de respuesta, en los 121 modelos, el efecto oscila entre 0,02% y 0,08%. Desde 2010 hasta 2016, el efecto, en términos de persistencia del *crowding-in*, en el trigésimo periodo de las FIR, llegó a 0,24%. Sin embargo, entre 2017 y 2019, existe un cambio de pendiente a la baja en este resultado, pasando de 0,48% (octubre de 2019) a 0,34% (finalizando 2019). Por otro lado, en noviembre de 2020 los efectos en persistencia se situaron en un máximo de 0,84% (Gráfico 4). El resultado de la última gestión se explica por tres motivos:

- i. En un contexto de cuarentena rígida en el que la inversión fue paralizada, cualquier choque no anticipado y estocástico adicional generaría efectos positivos más persistentes a largo plazo.
- ii. La paralización de obras públicas y privadas generó una mayor depreciación en infraestructura, lo que deriva en un mayor costo de reposición de capital para el futuro. Por tanto, si hubiese existido apoyo a este sector durante las restricciones sanitarias la recuperación hubiera ocurrido con mayor rapidez.
- iii. Los choques, al ser simétricos, indican que eventos negativos que contraen la inversión pública presentan consecuencias contraproducentes sobre el capital privado, disminuyendo su dinámica sectorial. En efecto, los impactos se aprecian con claridad desde enero de 2020 y guardan consistencia con aspectos coyunturales, como la deuda del gobierno con el sector privado que no se canceló en la gestión pasada (Gráfico 5).

Gráfico 4: FIR CHOQUE STOCK PÚBLICO – PRIVADO

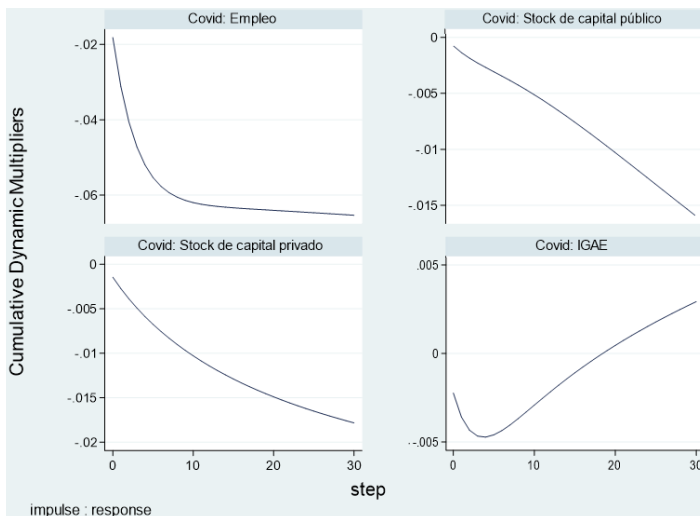


Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: FIR CHOQUE NEGATIVO STOCK PÚBLICO – PRIVADO

Fuente: Elaboración propia

Como se mostró, las restricciones de movilidad asumidas por la pandemia en 2020 tuvieron un efecto sobre la economía en su conjunto: destrucción de puestos de empleo, paralización de la inversión pública y privada, convergiendo en una pérdida de crecimiento económico, lo cual afectó los avances de desarrollo económico logrados hasta 2019. Una variable exógena *dummy* muestra efectos adversos desde abril de 2020 sobre las variables estudiadas (Gráfico 6). La paralización en la formación de capital público y privado tiene una temporalidad de 30 meses en adelante. Por su parte, la capacidad de generación de empleos fue nula y el efecto negativo sobre la tasa de empleo persiste de igual manera en 30 meses. Por último, el efecto sobre el crecimiento económico también es negativo con una duración de 18 meses.

Gráfico 6: FIR CHOQUE COVID-19, EN VARIABLES SELECCIONADAS

Fuente: Elaboración propia

VI. Conclusiones

El objetivo de la presente investigación fue encontrar evidencia empírica de los efectos *crowding-in*, en el corto y largo plazo, de la inversión pública sobre la inversión privada desde una perspectiva sectorial. Para ello se utilizaron modelos VEC. Además, se buscó capturar efectos promedio del *crowding-in* e impactos del capital público/privado sobre el crecimiento económico a través del tiempo con la ayuda de modelos PVAR recursivos.

Los hechos estilizados muestran que la inversión pública y privada presentan una relación pro-cíclica en todos los sectores estudiados: agricultura, construcción, energía, hidrocarburos, industria y minería. En lo que respecta al adelanto o rezago de las variables, la inversión pública en los sectores de hidrocarburos, energía, construcción sería una variable adelantada con relación a la inversión privada. Por su parte, la inversión pública en los sectores de agricultura e industria sería una variable rezagada con respecto a la privada. Los recursos públicos destinados a la minería serían sincrónicos a la inversión privada.

En una primera fase, se estimaron modelos VEC para los sectores de agricultura, hidrocarburos, minería, industria y construcción. El sector de energía fue la excepción al contener, dentro de las variables del modelo,

una serie integrada de orden dos. Los resultados del modelo VEC, tanto en signos como en magnitudes estuvieron acordes a lo esperado. El mayor efecto *crowding-in* se observa en el sector de hidrocarburos (0,74%), seguido del sector de construcción (0,72%) y agricultura (0,53%). Con respecto al parámetro que mide la velocidad de ajuste ante desviaciones del equilibrio de largo plazo, se puede apreciar, para casi todos los sectores, un retorno al equilibrio en alrededor de dos años. En cambio, el retorno al equilibrio es más rápido en el sector de la industria (3 meses). Finalmente, en cuanto a la tasa de interés real, los signos son los esperados y las magnitudes se encuentran en alrededor de 0,05.

En la segunda fase, se construyó un modelo PVAR recursivo que contempla 121 modelos para medir el efecto promedio del capital público y privado en el crecimiento económico a través del tiempo. En todo el periodo de análisis, el efecto en el producto es positivo pero la magnitud difiere con respecto a la fecha de corte que se escoja. Por ejemplo, a septiembre de 2019 el efecto positivo fue de 0,09% en el décimo periodo. En cambio, en 2020 y a consecuencia de una inversión pública deteriorada debido a las restricciones derivadas de la crisis sanitaria, el impacto positivo de la inversión pública en el crecimiento económico se redujo notablemente; empero en el último bimestre de ese año se recuperó.

Los choques del capital privado en el crecimiento económico tuvieron un impacto de 0,05% a 2019. En contraste, los efectos se desvanecieron entre mayo y octubre de 2020. Del mismo modo que el capital público, en el último bimestre, se observó una recuperación.

Los efectos negativos de la cuarentena rígida a causa del inicio de la pandemia en 2020 podrían perdurar por 30 meses en lo que refiere a la reducción en el capital público, privado y el nivel de empleo. Mientras tanto, los efectos en el crecimiento económico solo podrían tener una duración de 18 meses, lo cual significa que el nivel del PIB se podría recuperar a cifras similares de 2019 recién en 2022.

En definitiva, y según la evidencia encontrada, el efecto *crowding-in* entre el capital público y privado es crucial para mantener un dinamismo de la inversión privada además de mantener expectativas positivas de los agentes con respecto al desempeño de la economía, sea a nivel sectorial o global. Adicionalmente, la complementariedad de la inversión pública y privada también repercute en un crecimiento económico sostenible de largo plazo.

Referencias bibliográficas

- ABRAMS, B. A. and M. D. SCHITZ (1978). "The 'Crowding-Out' Effect of Governmental Transfers on Private Charitable Contributions" *Public Choice*, 33 (1), pp. 29 – 39
- ABRIGO, M. R. M. and I. LOVE (2015). "Estimation of Panel Vector Autoregression in Stata: a Package of Programs" Working Paper, February
- AGÉNOR, P.-R. (2008). "Health and Infrastructure in a Model of Endogenous Growth" *Journal of Macroeconomics*, 30 (4), pp. 1407 - 1422
- AGÉNOR, P.-R. (2009). "Public Capital, Health Persistence and Poverty Traps" Centre for Growth and Business Cycle Research, University of Manchester, Discussion paper No 115, February
- AGÉNOR, P.-R. (2010). "A theory of infrastructure-led development" *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34 (5), pp. 932 - 950
- AGÉNOR, P.-R., M. K. NABLI, T. M. YOUSEF (2005), "Public Infrastructure and Private Investment in the Middle East and North Africa" World Bank Policy Research Working Paper 3661, July
- ANDREWS, D.W.K. and B. LU (2001) "Consistent model and moment selection procedures for GMM estimation with application to dynamic panel data models" *Journal of Econometrics*, 101(1), pp.123 - 164
- ARESTIS, P. (1979). "The "Crowding-Out" of Private Expenditure by Fiscal Actions: An Empirical Investigation" *Public Finance = Finance Publiques*, 34 (1), pp. 36 - 50
- ARGANDOÑA A., C. GÁMEZ, F. MOCHÓN (1997). *Macroeconomía Avanzada II: Fluctuaciones cíclicas y crecimiento económico*, McGrawHill, Madrid, España
- ARGIMÓN, I., J. M. GONZÁLEZ-PÁRAMO, J. M. ROLDÁN (1997). "Evidence of public spending crowding-out from a panel of OECD Countries" *Applied Economics*, 29 (8), pp. 1001 - 1010
- ARI, I. and M. KOC (2020). "Economic Growth, Public and Private Investment: A Comparative Study of China and the United States" *Sustainability*, 12 (6), doi:10.3390/su12062243
- ARINI P. R. and B. SIREGAR (2016). "Causality Relationship Between Public Investment and Private Investment: the Case of Indonesia" *Journal of Corporate Governance, Insurance, and Risk Management*, 3 (3), pp. 105 - 125

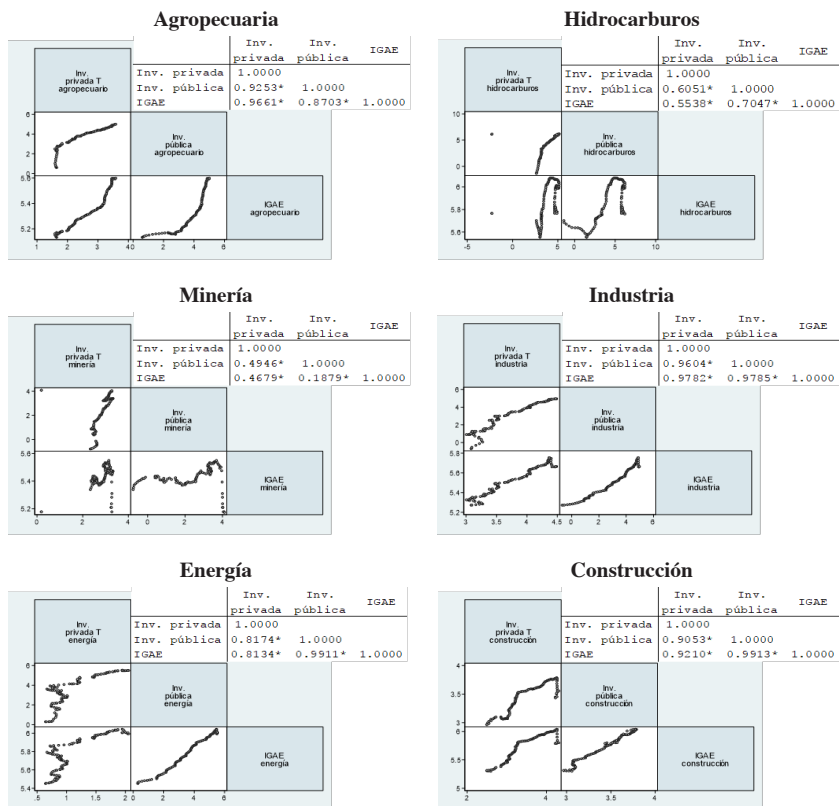
- ASCHAUER, D. A. (1989). "Does Public Capital Crowd Out Private Capital?" *Journal of Monetary Economics*, 24 (2), pp. 171 - 188
- BOLIVAR O. and UGARTE D. (2015). "Domestic Demand as Engine of the Economic Growth in Bolivia" Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de Bolivia, *Cuadernos de Investigación Económica Boliviana*, 1(1) pp. 1 - 27
- BOSWORTH, B. P. and S. M. COLLINS (2003). "The Empirics of Growth: An Update" *Brookings Papers on Economic Activity* 2:113-206
- BUITER, W. H. (1977). "'Crowding-Out' and the effectiveness of fiscal policy" *Journal of Public Economics*, 7 (3), pp. 309 - 328
- CARLSON, K. M. and R. W. SPENCER (1975). "Crowding Out and Its Critics" Federal Reserve Bank of St. Louis, *Review*, December, pp. 2 - 17
- CHOONG, C.- K., S. – H. LAW, C. – K. PEK (2015). "The Linkages between Private and Public Investments in Malaysia: The Role of Foreign Direct Investment" *International Journal of Economics and Management*, 9 (1), pp. 139 – 153
- DENTON, F. T. (1971). "Adjustment of Monthly or Quarterly Series to Annual Totals: An Approach Based on Quadratic Minimization" *Journal of the American Statistical Association*, 66, pp. 99 -102
- ENGLE, R. F. and C. W. J. GRANGER (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing" *Econometrica*, 55 (2), pp. 251 - 276
- ERENBURG S. J. and M. E. WOHAR (1995). "Public and private investment: Are there causal linkages?" *Journal of Macroeconomics*, 17 (1), pp. 1 - 30
- HANSEN, L. P. (1982). "Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators" *Econometrica*, 50 (4), pp. 1029 - 1054
- HARBERGER, A. C., "Perspectives on Capital and Technology in Less Developed Countries" in ARTIS, M. J. and A.R. NOBEY (Eds.) (1978) *Contemporary Economic Analysis*, Croom Helm, London, pp. 42 - 72
- HESTON, A., R. SUMMERS, B. ATEN (2011). "Penn World Table Version 7.0" Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, June

- HUARACHI, G. (1992). “Estimación del acervo de capital físico en la economía boliviana” Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas, *Revista de Análisis Económico*, 3, pp. 201 - 218
- JOHANSEN, S. (1988). “Statistical analysis of cointegration vectors” *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12 (2 – 3), pp. 231 - 254
- JOHANSEN, S. (1992), “The Role of the Constant Term in Cointegration Analysis of Nonstationary Variables” Preprint, University of Copenhagen, Institute of Mathematical Statistics, January
- KING, R. G. and R. LEVINE (1994). “Capital fundamentalism, economic development, and economic growth” *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 40, pp. 259 – 292
- MARINI, M. (2016). “Nowcasting Annual National Accounts with Quarterly Indicators: An Assessment of Widely Used Benchmarking Methods” *International Monetary Fund*, Working Paper WP/16/71, March
- MUYAMBIRI, B., O. CHIWIRA, N. CHIRANGA, E. B. MICHAEL (2012). “The Causal Relationship between Private and Public Investment in Zimbabwe” *British Journal of Economics, Management & Trade*, 2 (3), pp. 239 - 264
- NEHRU, V. and A. DHARESHWAR (1993). “A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results”, *Revista de Análisis Económico*, 8 (1), pp. 37 - 59
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (2009). *Medición del capital. Manual OCDE 2009*, segunda edición
- PEREZ, J. (2003). “Stock de capital de la economía chilena y su distribución sectorial” Banco Central de Chile, Documento de trabajo N° 233, octubre
- ŞEN, H. and A. KAYA (2014). “Crowding-Out or Crowding-In? Analyzing the Effects of Government Spending on Private Investment in Turkey” *Panoeconomicus*, 61 (6), pp. 631 - 651
- VALDIVIA J. (2017). “Impact of NFPS Capital Expenditure on Economic Growth in Bolivia in years 2006-2016” Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, *Cuadernos de Investigación Económica Boliviana*, 2(1) pp. 1 - 27.

APÉNDICES

Apéndice A

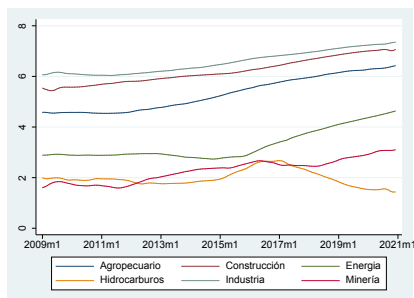
Gráfico A.1: CORRELACIONES INVERSIÓN PÚBLICA, PRIVADA E IGAE SECTORIAL



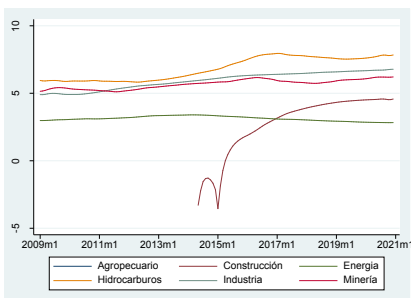
Fuente: Elaboración propia

Gráfico A.2: STOCK DE CAPITAL PRIVADO
(En logaritmos)

Stock de capital privado doméstico

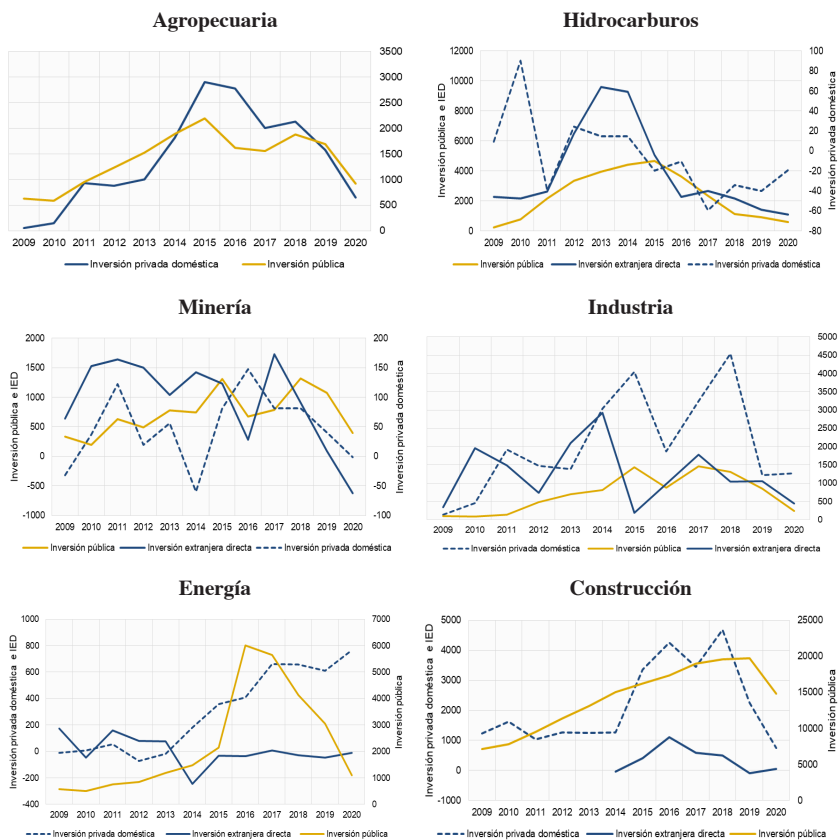


Stock de capital privado - inversión extranjera directa

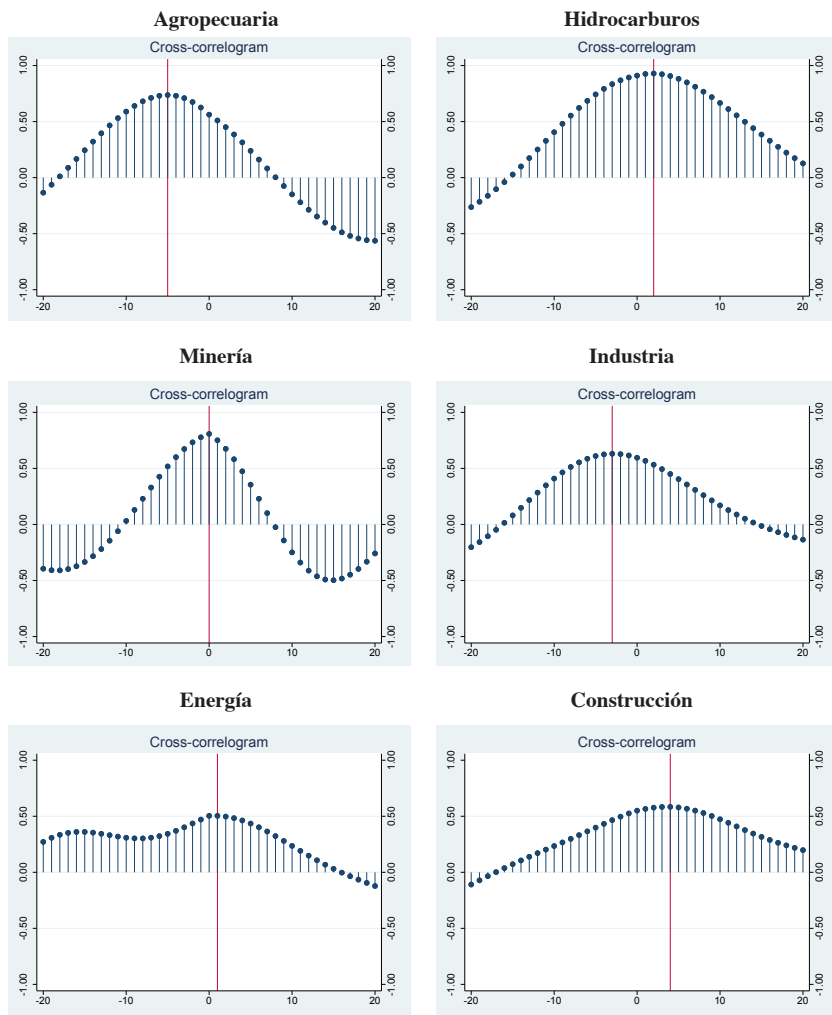


Fuente: Elaboración propia

Gráfico A.3: NIVELES DE INVERSIÓN PÚBLICA, PRIVADA E INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA
(En millones de Bs)



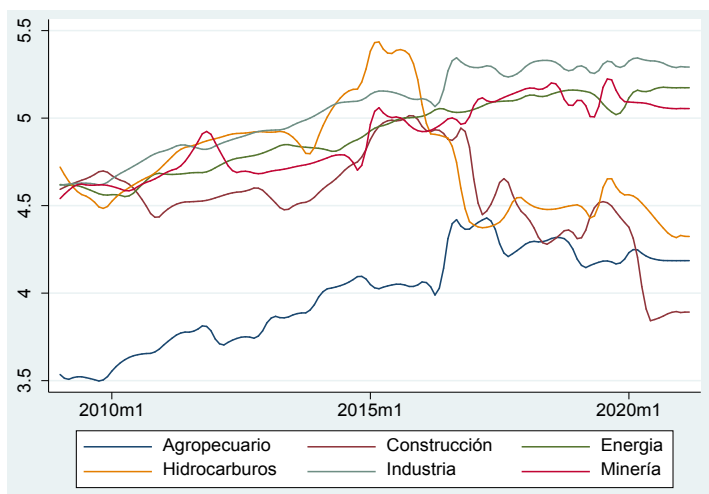
Fuente: Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE), Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI), Banco Central de Bolivia (BCB) e Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Gráfico A.4: CO-MOVIMIENTO INVERSIÓN PÚBLICA E INVERSIÓN TOTAL

Fuente: Elaboración propia

Nota: La estimación de los co-movimientos se realizó a partir de los componentes cíclicos de los niveles de inversión. En el caso de la inversión privada es la suma de la inversión privada (crédito) y de la inversión extranjera directa.

Gráfico A.5: ÍNDICE DE EMPLEO POR ACTIVIDAD ECONÓMICA
(En logaritmos)



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Nota: Para el cambio de frecuencia en términos mensuales se empleó la metodología de Denton (1971), este procedimiento tiene validez para cuentas nacionales con datos de frecuencia baja (Marini, 2016)

Apéndice B

Cuadro B.1: TEST DE COINTEGRACIÓN

Agropecuaria

Date: 07/09/21 Time: 14:00
Sample: 2009M01 2020M12
Included observations: 131
Series: LOG(INV PRIV TOTAL AGRO) LOG(Y AGRO) LOG(INV PUB AGRO D1...
Exogenous series: @DURING("2011m09") @DURING("2011m12")
Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series
Lags interval: 1 to 12

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	2	4	4	3	2
Max-Eig	3	4	4	2	1

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Hidrocarburos

Date: 07/09/21 Time: 14:00
Sample: 2009M01 2020M12
Included observations: 131
Series: LOG(INV PRIV TOTAL HIDRO) LOG(Y HIDRO) LOG(INV PUB HIDRO ...
Exogenous series: @DURING("2019m04")
Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series
Lags interval: 1 to 12

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	4	3	2	2	1
Max-Eig	1	1	1	2	0

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Minería

Date: 07/09/21 Time: 14:00
Sample: 2009M01 2020M12
Included observations: 131
Series: LOG(INV PRIV TOTAL MIN) LOG(Y MIN) LOG(INV PUB MIN D11) INT...
Exogenous series: @DURING("2010m12") @DURING("2011m01") @DURING("2...
Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series
Lags interval: 1 to 12

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	2	1	2	1	2
Max-Eig	2	2	2	2	2

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Industria

Date: 07/09/21 Time: 14:00
Sample: 2009M01 2020M12
Included observations: 131
Series: LOG(INV PRIV TOTAL IND) LOG(Y IND) LOG(INV PUB IND D11) INT...
Exogenous series: @DURING("2011m12") @DURING("2012m01") @DURING("2...
Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series
Lags interval: 1 to 12

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	1	1	2	2	2
Max-Eig	1	1	1	2	2

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Construcción

Date: 07/09/21 Time: 14:00
Sample: 2009M01 2020M12
Included observations: 131
Series: LOG(INV PRIV TOTAL CONSTR) LOG(Y CONSTR) LOG(INV PUB CO...
Lags interval: 1 to 12

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model					
Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept	Intercept	Intercept	Intercept	Intercept
	No Trend	No Trend	No Trend	Trend	Trend
Trace	3	3	4	2	0
Max-Eig	0	2	0	0	0

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro B.2: TEST DE CORRELACIÓN SERIAL DEL MODELO VEC**Agropecuaria**

VEC Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 07/08/21 Time: 11:35

Sample: 2009M01 2020M12

Included observations: 130

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	30.95655	16	0.0136	2.014269	(16, 205.3)	0.0137
2	14.05608	16	0.5945	0.878293	(16, 205.3)	0.5950
3	22.80939	16	0.1189	1.455361	(16, 205.3)	0.1193
4	23.06206	16	0.1121	1.472374	(16, 205.3)	0.1124
5	10.88298	16	0.8167	0.674910	(16, 205.3)	0.8169
6	20.16471	16	0.2129	1.278493	(16, 205.3)	0.2133
7	18.46754	16	0.2972	1.166148	(16, 205.3)	0.2977
8	32.85875	16	0.0077	2.147880	(16, 205.3)	0.0078
9	15.52400	16	0.4866	0.973414	(16, 205.3)	0.4871
10	11.49668	16	0.7778	0.714010	(16, 205.3)	0.7781
11	19.67976	16	0.2350	1.246300	(16, 205.3)	0.2354
12	34.38309	16	0.0048	2.255818	(16, 205.3)	0.0049
13	11.85957	16	0.7536	0.737183	(16, 205.3)	0.7539
14	12.39038	16	0.7167	0.771150	(16, 205.3)	0.7170

Hidrocarburos

VEC Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 07/08/21 Time: 11:35

Sample: 2009M01 2020M12

Included observations: 129

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	23.04873	16	0.1124	1.473891	(16, 190.1)	0.1128
2	24.94330	16	0.0708	1.602885	(16, 190.1)	0.0711
3	12.52423	16	0.7072	0.779466	(16, 190.1)	0.7076
4	20.19527	16	0.2116	1.281935	(16, 190.1)	0.2121
5	24.83859	16	0.0727	1.595724	(16, 190.1)	0.0730
6	12.35215	16	0.7194	0.768417	(16, 190.1)	0.7198
7	10.82901	16	0.8199	0.671040	(16, 190.1)	0.8202
8	16.72878	16	0.4034	1.052449	(16, 190.1)	0.4039
9	26.71671	16	0.0447	1.724760	(16, 190.1)	0.0450
10	11.39288	16	0.7846	0.707001	(16, 190.1)	0.7849
11	11.98722	16	0.7449	0.745018	(16, 190.1)	0.7452
12	38.30169	16	0.0014	2.548478	(16, 190.1)	0.0014
13	12.48528	16	0.7100	0.776964	(16, 190.1)	0.7104
14	24.10645	16	0.0872	1.545755	(16, 190.1)	0.0875

Minería

VEC Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 07/08/21 Time: 11:35

Sample: 2009M01 2020M12

Included observations: 129

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	24.25581	16	0.0841	1.559333	(16, 174.8)	0.0844
2	16.47420	16	0.4204	1.036235	(16, 174.8)	0.4211
3	22.50616	16	0.1276	1.439759	(16, 174.8)	0.1281
4	12.70647	16	0.6941	0.790893	(16, 174.8)	0.6946
5	28.88057	16	0.0248	1.880997	(16, 174.8)	0.0249
6	16.53936	16	0.4160	1.040522	(16, 174.8)	0.4167
7	13.94216	16	0.6030	0.870797	(16, 174.8)	0.6036
8	20.24145	16	0.2095	1.286683	(16, 174.8)	0.2101
9	19.03983	16	0.2666	1.206234	(16, 174.8)	0.2672
10	21.22936	16	0.1699	1.353223	(16, 174.8)	0.1704
11	14.87247	16	0.5340	0.931314	(16, 174.8)	0.5346
12	15.52160	16	0.4868	0.973724	(16, 174.8)	0.4875
13	11.68353	16	0.7655	0.725155	(16, 174.8)	0.7659
14	21.72548	16	0.1523	1.386775	(16, 174.8)	0.1528

Industria

VEC Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 07/08/21 Time: 11:35

Sample: 2009M01 2020M12

Included observations: 129

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	34.81318	16	0.0042	2.310511	(16, 168.7)	0.0043
2	10.05554	16	0.8637	0.521033	(16, 168.7)	0.8640
3	19.46152	16	0.2455	1.235025	(16, 168.7)	0.2461
4	21.53968	16	0.1568	1.378836	(16, 168.7)	0.1574
5	15.32358	16	0.5011	0.960859	(16, 168.7)	0.5018
6	10.72677	16	0.8260	0.663768	(16, 168.7)	0.8264
7	14.85318	16	0.5354	0.930099	(16, 168.7)	0.5361
8	13.01975	16	0.6713	0.810991	(16, 168.7)	0.6719
9	17.73465	16	0.3397	1.119823	(16, 168.7)	0.3404
10	13.07566	16	0.6872	0.814605	(16, 168.7)	0.6878
11	7.540768	16	0.9614	0.462371	(16, 168.7)	0.9615
12	12.64190	16	0.6987	0.786598	(16, 168.7)	0.6993
13	13.20805	16	0.6575	0.823167	(16, 168.7)	0.6581
14	26.51319	16	0.0472	1.717386	(16, 168.7)	0.0475

Construcción

VEC Residual Serial Correlation LM Tests

Date: 07/08/21 Time: 12:08

Sample: 2009M01 2020M12

Included observations: 130

Null hypothesis: No serial correlation at lag h

Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	26.10165	16	0.0526	1.678636	(16, 205.3)	0.0528
2	15.47686	16	0.4900	0.970349	(16, 205.3)	0.4905
3	15.39371	16	0.4960	0.964845	(16, 205.3)	0.4965
4	17.15150	16	0.3759	1.079647	(16, 205.3)	0.3764
5	24.65346	16	0.0762	1.579996	(16, 205.3)	0.0764
6	15.80603	16	0.4666	0.991765	(16, 205.3)	0.4671
7	9.670057	16	0.8833	0.597967	(16, 205.3)	0.8834
8	18.61064	16	0.2894	1.175586	(16, 205.3)	0.2899
9	14.93880	16	0.5291	0.935415	(16, 205.3)	0.5296
10	12.03042	16	0.7419	0.748106	(16, 205.3)	0.7422
11	15.33759	16	0.5001	0.961298	(16, 205.3)	0.5005
12	31.13995	16	0.0129	2.027099	(16, 205.3)	0.0130
13	13.88011	16	0.6076	0.866934	(16, 205.3)	0.6081
14	24.59884	16	0.0772	1.576288	(16, 205.3)	0.0775

Fuente: Elaboración propia

Cuadro B.3: TEST DE NORMALIDAD DEL MODELO VEC**Agropecuaria**

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 130

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	2.169489	2	0.3380
2	8.794636	2	0.0123
3	1.918437	2	0.3832
4	5.272930	2	0.0716
Joint	18.15549	8	0.0201

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Hidrocarburos

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	2.322537	2	0.3131
2	7.271204	2	0.0264
3	0.212939	2	0.8990
4	0.326003	2	0.8496
Joint	10.13268	8	0.2558

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Minería

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	6.305889	2	0.0427
2	0.277112	2	0.8706
3	5.036151	2	0.0806
4	1.933352	2	0.3803
Joint	13.55250	8	0.0942

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Industria

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	0.107120	2	0.9478
2	8.543481	2	0.0140
3	9.184641	2	0.0101
4	0.609093	2	0.7375
Joint	18.44434	8	0.0181

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Construcción

VEC Residual Normality Tests
 Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)
 Null Hypothesis: Residuals are multivariate normal
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 131

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	0.693888	2	0.7068
2	1.181690	2	0.5539
3	2.860046	2	0.2393
4	4.050539	2	0.1320
Joint	8.786163	8	0.3607

*Approximate p-values do not account for coefficient estimation

Fuente: Elaboración propia

Cuadro B.4: TEST DE HETEROSCEDASTICIDAD DEL MODELO VEC**Agropecuaria**

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 130

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
1090.619	1080	0.4044

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(108,21)	Prob.	Chi-sq(108)	Prob.
res1*res1	0.765837	0.635938	0.9304	99.55886	0.7069
res2*res2	0.743765	0.564409	0.9693	96.88949	0.7741
res3*res3	0.901261	1.774834	0.0657	117.1639	0.2573
res4*res4	0.909596	1.956384	0.0394	118.2474	0.2353
res2*res1	0.691313	0.435463	0.9970	89.87063	0.8969
res3*res1	0.908438	1.929195	0.0425	118.0970	0.2383
res3*res2	0.836896	0.997704	0.5330	108.7965	0.4604
res4*res1	0.860031	1.194748	0.3306	111.8040	0.3817
res4*res2	0.730469	0.526973	0.9821	94.96097	0.8105
res4*res3	0.862448	1.219167	0.3102	112.1183	0.3737

Hidrocarburos

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
1174.543	1170	0.4572

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(117,11)	Prob.	Chi-sq(117)	Prob.
res1*res1	0.907584	0.923310	0.6192	117.0784	0.4806
res2*res2	0.942739	1.547900	0.2141	121.6134	0.3665
res3*res3	0.908818	0.937080	0.6063	117.2376	0.4764
res4*res4	0.941717	1.519096	0.2251	121.4815	0.3697
res2*res1	0.857028	0.563572	0.9339	110.5566	0.6500
res3*res1	0.913353	0.991047	0.5572	117.8226	0.4613
res3*res2	0.890315	0.763141	0.7728	114.8507	0.5389
res4*res1	0.837439	0.484332	0.9718	108.0296	0.7117
res4*res2	0.902763	0.872867	0.6671	116.4564	0.4968
res4*res3	0.898358	0.830968	0.7076	115.8882	0.5117

Minería

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
1214.563	1210	0.4577

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(121,7)	Prob.	Chi-sq(121)	Prob.
res1*res1	0.991387	6.659018	0.0063	127.8889	0.3165
res2*res2	0.930019	0.768825	0.7443	119.9725	0.5093
res3*res3	0.954623	1.217056	0.4289	123.1464	0.4286
res4*res4	0.912686	0.804711	0.8731	117.7364	0.5670
res2*res1	0.972553	2.049921	0.1581	125.4594	0.3722
res3*res1	0.970565	1.907510	0.1852	125.2028	0.3783
res3*res2	0.945218	0.998173	0.5666	121.9331	0.4591
res4*res1	0.975882	2.340794	0.1164	125.8887	0.3621
res4*res2	0.865235	0.371422	0.9874	111.6153	0.7178
res4*res3	0.919225	0.658355	0.8329	118.5801	0.5452

Industria

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 129

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
1224.720	1230	0.5371

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(123,5)	Prob.	Chi-sq(123)	Prob.
res1*res1	0.970875	1.355051	0.4036	125.2428	0.4268
res2*res2	0.953120	0.826467	0.6916	122.9525	0.4842
res3*res3	0.975276	1.603505	0.3180	125.8106	0.4128
res4*res4	0.936507	0.599680	0.8527	120.8093	0.5390
res2*res1	0.963961	1.087315	0.5293	124.3510	0.4490
res3*res1	0.924278	0.496190	0.9190	119.2319	0.5793
res3*res2	0.929075	0.532500	0.8971	119.8507	0.5635
res4*res1	0.968999	1.270613	0.4391	125.0009	0.4328
res4*res2	0.877980	0.292494	0.9937	113.2594	0.7242
res4*res3	0.949386	0.762489	0.7365	122.4707	0.4965

Construcción

VEC Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)
 Date: 07/08/21 Time: 11:35
 Sample: 2009M01 2020M12
 Included observations: 131

Joint test:		
Chi-sq	df	Prob.
1032.589	980	0.1186

Individual components:					
Dependent	R-squared	F(98,32)	Prob.	Chi-sq(98)	Prob.
res1*res1	0.862545	2.049009	0.0115	112.9933	0.1428
res2*res2	0.845490	1.786798	0.0317	110.7592	0.1783
res3*res3	0.789799	1.226887	0.2592	103.4636	0.3334
res4*res4	0.716821	0.828557	0.7636	93.90349	0.5983
res2*res1	0.876931	2.326701	0.0040	114.8780	0.1171
res3*res1	0.745580	0.956902	0.5799	97.67102	0.4904
res3*res2	0.635923	0.570342	0.9810	83.30591	0.8552
res4*res1	0.836886	1.675326	0.0490	109.6321	0.1984
res4*res2	0.800061	1.306620	0.1964	104.8080	0.3005
res4*res3	0.755416	1.008515	0.5078	98.95952	0.4539

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C

**Gráfico C.1: CONDICIÓN DE ESTABILIDAD
(121 modelos)**



Fuente: Elaboración propia

Cuadro C.1: TEST DE CAUSALIDAD DE GRANGER

Equation \ Excluded	chi2	df	Prob>chi2
PIB			
Capital público	0.022	1	0.8810
Capital privado	1.969	1	0.1610
Empleo	4.763	1	0.0290
ALL	6.495	3	0.0900
Capital público			
PIB	0.002	1	0.9620
Capital privado	14.179	1	0.0000
Empleo	3.430	1	0.0640
ALL	17.408	3	0.0010
Capital privado			
PIB	2.112	1	0.1460
Capital público	6.625	1	0.0100
Empleo	1.492	1	0.2220
ALL	7.166	3	0.0670
Empleo			
PIB	9.509	1	0.0020
Capital público	17.483	1	0.0000
Capital privado	0.250	1	0.6170
ALL	20.949	3	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro C.2: SELECCIÓN DE REZAGOS ÓPTIMOS

Selection order criteria

Sample: 593 - 733

No. of obs = 846

No. of panels = 6

Ave. no. of T = 141.000

lag	CD	J	J pvalue	MBIC	MAIC	MQIC
1	.9812639	148.7026	3.12e-12	-174.8424	52.70257	-34.47858
2	.9903305	92.80434	7.81e-08	-122.8923	28.80434	-29.31643
3	.988615	69.75933	1.10e-08	-38.08898	37.75933	8.698944

Fuente: Elaboración propia

Apéndice D

Método de inventarios perpetuos

Para la estimación del acervo o *stock* de capital por tipo de inversión (pública o privada) para cada sector, se recurrió al método de inventarios perpetuos. En línea con Nehru y Dhareshwar (1993), la metodología indica que el *stock* de capital surge de una acumulación de la inversión actual y rezagada, expresada del siguiente modo:

$$K_t = \theta_t I_t + \theta_{t-1} I_{t-1} + \dots + \theta_{t-T} I_{t-T}$$

donde $\theta_t = 1$, $0 < \theta_{t-i} < 1$ es una medida de eficiencia el cual proviene de un uso eficaz del uso de la inversión en “ $t-i$ ”. Para Harberger (1978) la inversión se acumula y se descuenta la depreciación del *stock* de capital inicial para la obtención del capital en “ t ”. Para Pérez (2003), el *stock* inicial del método de Harberger se estima como el valor presente de una perpetuidad corregida, de modo que no sea afectada por las condiciones particulares de ese momento o el ciclo económico. Se supone que la tasa de descuento es la suma de la tasa de depreciación y la tasa de crecimiento histórica del *stock*:

$$K_0 = \frac{FBKF_0}{\gamma + \delta}$$

donde $FBKF_0$ es la formación bruta de capital fijo¹⁰, γ es la tasa de crecimiento de la $FBKF_t$ y δ es la tasa de depreciación¹¹. Una vez obtenido el valor inicial del *stock* de capital se procede a la construcción de la serie histórica a partir de la ley de movimiento del capital.

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t$$

Para la presente investigación, el valor inicial del *stock* del capital se halla en 2009 en frecuencia mensual. Por tanto, se empleó la versión de inventario perpetuo del *stock* de capital inicial de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2009).

$$K_0 = \frac{FBKF_0}{\gamma^* + \delta}$$

donde $FBKF_0$ es la formación bruta de capital fijo, γ^* es la tasa de crecimiento del PIB y δ es la tasa de depreciación. Como indica la OCDE, con la anterior expresión es posible aproximar el *stock* de capital al inicio del periodo con el nivel de inversión en el mismo periodo (el primer periodo para el cual existe información sobre la inversión) y una combinación de parámetros de la inversión a largo plazo o de crecimiento del PIB y de la depreciación.

10 Para la construcción del *stock* de capital privado por sectores se tomó el crédito dirigido a los diferentes sectores productivos como una proxy de la FBKF para cada sector. Por su parte, el *stock* de capital público por sectores productivos fue estimado a partir de la información de la inversión pública proporcionada por el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE) como una proxy de FBKF público.

11 Se asumió una tasa de depreciación de 3,2% en base a Huarachi (1992).