

# Borradores de ECONOMÍA

Inversión en maquinaria y equipo en  
Colombia: determinantes de largo plazo y  
efectos del COVID 19 sobre su evolución

Por: Departamento de Estudios de Política  
Económica, DEPE-SGEE, Diego Vásquez-  
Escobar, Clark Granger, Norberto Rodríguez-  
Niño, Andrés Sánchez-Jabba, Carriña O.  
Vargas, Fernando Arias-Rodríguez, Ignacio  
Lozano-Espitia

Núm. 1235  
2023



á - Colombia - Bogotá - Col

# Inversión en maquinaria y equipo en Colombia: determinantes de largo plazo y efectos del COVID 19 sobre su evolución

Autores:

Departamento de Estudios de Política Económica, DEPE-SGEE

Diego Vásquez-Escobar<sup>(r)</sup> Clark Granger<sup>(r)</sup> Norberto Rodríguez-Niño<sup>(r)</sup> Andrés Sánchez-Jabba<sup>(r)</sup> Carmiña O. Vargas<sup>(r)</sup> Fernando Arias-Rodríguez<sup>(r)</sup> Ignacio Lozano-Espitia \*

Las opiniones contenidas en el presente documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.
---

## Resumen

El choque ocasionado por el COVID-19 generó un desplome de la inversión en Colombia que se tradujo en una brecha negativa de -2,8% del PIB en el segundo trimestre de 2020. A nivel regional, este episodio afectó en mayor grado a Perú, mientras que países como México, Chile y Brasil sufrieron menores detrimentos. La reactivación de la inversión en Colombia fue relativamente más lenta frente a sus pares y ha sido impulsada por el buen desempeño de las compras de maquinaria y equipo. En este documento se analizan los factores macro que determinan este tipo de inversión y su comportamiento durante la pandemia. Los resultados confirman los efectos esperados: las compras de maquinaria y equipo se reducen con los aumentos del costo de uso del capital y de la tasa de cambio real, y aumentan con el crecimiento de la actividad económica y la confianza de los empresarios. Estos últimos generan impactos más duraderos. Otras variables que podrían influir las decisiones de inversión, como el acceso al crédito y el grado de apertura, son usadas como variables de control.

Clasificación JEL: E22, E66, H54, C22, C30.

Palabras Clave: Inversión, Maquinaria y Equipo, capital, FMOLS, modelos de cointegración.

---

\* Versión abril de 2023. Los autores pertenecen al Departamento de Estudios de Política Económica DEPE, de la Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República. En su orden: [Dvasques@banrep.gov.co](mailto:Dvasques@banrep.gov.co); [cgrangca@banrep.gov.co](mailto:cgrangca@banrep.gov.co); [nrodrini@banrep.gov.co](mailto:nrodrini@banrep.gov.co); [asanchja@banrep.gov.co](mailto:asanchja@banrep.gov.co); [cvalgari@banrep.gov.co](mailto:cvalgari@banrep.gov.co); [fariasro@banrep.gov.co](mailto:fariasro@banrep.gov.co); [ilozanes@banrep.gov.co](mailto:ilozanes@banrep.gov.co). Los autores agradecen los comentarios y sugerencias de la JDDBR a la presentación del 3-11-2022 que sirvió de base a este documento y quienes participaron en sus revisiones previas, especialmente a Hernando Vargas, Juan Esteban Carranza y Juan José Ospina. Orden aleatorio de los autores, código de confirmación: 86d\_Ae08zylc. [https://www.aeaweb.org/journals/policies/random-author-order/search?RandomAuthorsSearch%5Bsearch%5D=86d\\_Ae08zylc](https://www.aeaweb.org/journals/policies/random-author-order/search?RandomAuthorsSearch%5Bsearch%5D=86d_Ae08zylc)

# Investment in machinery and equipment in Colombia: long-run determinants and its dynamic during the COVID-19

Authors:

Department of Economic Policy Studies, DEPE-SGEE

Diego Vásquez-Escobar  Clark Granger-Castaño  Norberto Rodríguez-Niño 

Andrés Sánchez-Jabba  Carmiña Vargas-Riaño  Fernando Arias-Rodríguez 

Ignacio Lozano-Espitia \*

The opinions contained in this document are the sole responsibility of the authors and do not commit Banco de la República or its Board of Directors.
---

## Abstract

Colombia saw a drop in investment as a result of the COVID-19 shock, which resulted in a negative gap in the second quarter of 2020 of -2.8% of the GDP. In the context of the region, Peru was hardest hit, while countries such as Mexico, Chile, and Brazil suffered minor setbacks. The recovery of investment in Colombia has been relatively slow, although strengthened by sustained and growing dynamics in machinery and equipment purchases. This paper analyzes the macroeconomic factors that explain this type of investment and its behavior during the pandemic. The results confirm the expected effects: purchases of machinery and equipment fall when the cost of capital use and the real exchange rate rise, while increase in response to rise in economic activity and industrial confidence, which have longer-lasting effects. Control variables include additional factors that may affect investment decisions, such as loan availability and degree of openness.

JEL Codes: E22, E66, H54, C22, C30.

Keywords: Investment, Machinery and Equipment, capital, FMOLS, cointegration models.

---

\* Version April 2023. The authors belong at Department of Economic Policy Studies, DEPE-SGEE at Banco de la República: [Dvasques@banrep.gov.co](mailto:Dvasques@banrep.gov.co); [cgrangca@banrep.gov.co](mailto:cgrangca@banrep.gov.co); [nrodrini@banrep.gov.co](mailto:nrodrini@banrep.gov.co); [asanchja@banrep.gov.co](mailto:asanchja@banrep.gov.co); [cvargari@banrep.gov.co](mailto:cvargari@banrep.gov.co); [fariasro@banrep.gov.co](mailto:fariasro@banrep.gov.co); [ilozanes@banrep.gov.co](mailto:ilozanes@banrep.gov.co). The authors thank Banco de la República's Board of Directors for their comments and suggestions during the presentation on November 3rd, 2022, that served as the basis for this document. Also, they thank those who participated in its previous revisions, especially Hernando Vargas, Juan Esteban Carranza and Juan José Ospina. Random order of authors, confirmation code: 86d\_Ae08zylc. [https://www.aeaweb.org/journals/policies/random-author-order/search?RandomAuthorsSearch%5Bsearch%5D=86d\\_Ae08zylc](https://www.aeaweb.org/journals/policies/random-author-order/search?RandomAuthorsSearch%5Bsearch%5D=86d_Ae08zylc)

## 1. Introducción

El choque ocasionado por la pandemia del COVID-19 generó un desplome de la inversión sin precedentes en la historia reciente del país. En el contexto regional, este episodio afectó en mayor grado a Perú, país registro la mayor caída en la acumulación de capital, seguido por Colombia, mientras otros países como México, Chile y Brasil sufrieron menores detrimentos. La caída de la inversión en Colombia se tradujo en una cuantiosa brecha negativa en este agregado que ascendió a -2,8% del PIB en el segundo trimestre de 2020. A pesar del tamaño de la caída, llama la atención su pronta recuperación y, especialmente, lo disímil que ha sido el repunte entre los países. Los datos del FMI permiten concluir, por ejemplo, que un año después del choque, es decir, a mediados de 2021, la mayoría de las economías habían superado los niveles de inversión previos a la pandemia. Como se mostrará más adelante, a Colombia y México les tomó más tiempo. La brecha negativa de la inversión en Colombia se cerró a finales de 2021 y de acuerdo con los últimos datos del Dane, en el 2022 dicha brecha pasó al plano positivo.

La recuperación de la inversión en Colombia durante la postpandemia fue posible gracias a la dinámica creciente y sostenida en las compras de maquinaria y equipo. El país pasó de registrar crecimientos reales en la inversión de maquinaria y equipo de 3,5% trimestrales promedios entre 2016 y 2019, a crecimientos equivalentes de 22% en 2021 y 24,6% en 2022. En este documento se analizan los factores macroeconómicos que influyen en las compras de maquinaria y equipo de largo plazo y cómo respondieron dichas compras y sus determinantes al choque del COVID-19. Si bien el trabajo se concentra en analizar la inversión en este tipo de bienes, se puede decir que la recuperación en la formación bruta de capital fijo (FBKF) pudo ser mayor si se hubiera registrado un mejor desempeño del sector de la construcción, especialmente de vivienda no VIS y de la comercial.

Antes de la pandemia, el sector de la construcción explicaba algo más del 60% de la FBKF en Colombia. Luego de este episodio, su participación cae en 12 puntos porcentuales. En cuanto a la construcción de obras civiles ejecutadas especialmente por las entidades del Estado, las cifras indican que no ha recuperado sus niveles históricos, aunque en 2022 se perciben signos de recuperación. Como se mostrará más adelante, la inversión en construcción se recuperó prontamente en la mayoría de las economías emergentes y en algunos casos como Brasil, Perú y Chile lideraron la recuperación.

En el documento se consideran cuatro factores determinantes de la inversión en maquinaria y equipo, que han sido reconocidos por la literatura como fundamentales: (i) el costo de uso del capital, que es un concepto amplio al capturar aspectos fiscales, precios relativos de los activos y tasas de interés; (ii) la actividad económica, que usualmente se incluye para ver el efecto acelerador, y que en nuestra especificación es definida por demanda agregada privada sin inversión; (iii) la tasa de cambio real, debido a que la maquinaria y equipo son bienes transables; y (iv) la confianza industrial, como una variable institucional que refleja la percepción y expectativas de los empresarios para realizar las compras que les permite expandir su capacidad productiva. Además de estos factores fundamentales, se incluyen como controles otras variables que podrían influir las decisiones de inversión, como el acceso al crédito y el grado de apertura de la economía.

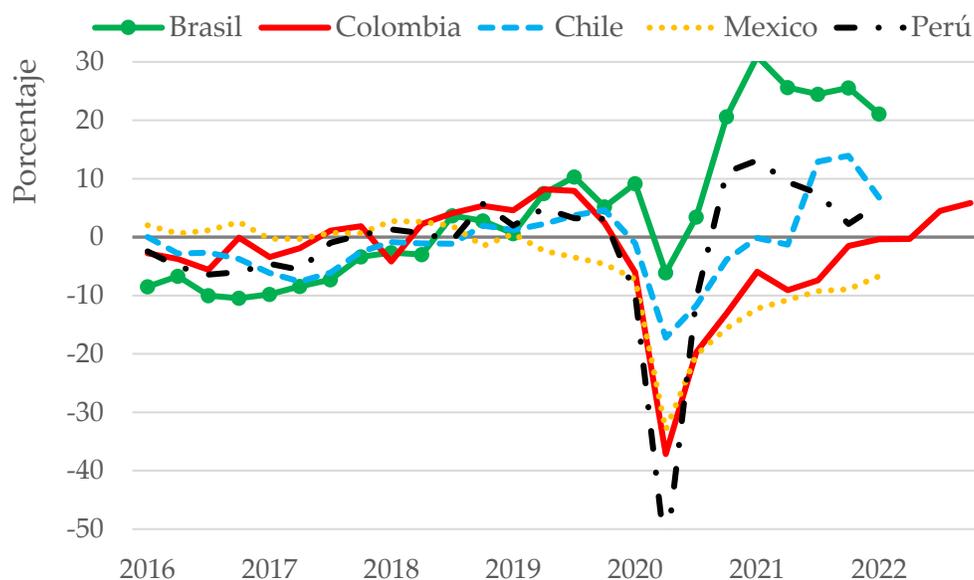
La evaluación empírica se hace utilizando dos técnicas econométricas. En primer lugar, se estima la relación de largo plazo mediante el método de mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS por sus siglas en inglés) con un modelo estático y uniecuacional. Dada la cointegración entre las variables, esta técnica nos permite tener estimadores óptimos y consistentes que pueden ser interpretados como elasticidades. En segundo lugar, se analiza la dinámica conjunta de corto y largo plazo utilizando un modelo de vectores autorregresivos con corrección de errores (VEC). Este modelo nos permite evaluar, adicionalmente, la contribución de cada determinante al crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo en los años recientes. Para cuantificar la sensibilidad de la inversión a sus determinantes de largo plazo, se diseñan ejercicios de impulso respuesta con el VEC que muestran si el sentido y la magnitud de las respuestas de la inversión son coherentes con las predicciones teóricas.

Los resultados confirman los efectos esperados de los determinantes sobre la inversión en maquinaria y equipo: aumentos en el costo de uso del capital y en la tasa de cambio real, reducen el nivel de largo plazo de la inversión en maquinaria y equipo; mientras que incrementos de demanda privada y de la confianza industrial aumentan dicha inversión. Las funciones de impulso respuesta muestran que todos los choques a los determinantes son significativos y que aquellos asociados a la demanda privada y a la confianza tienen efectos más duraderos.

## 2. Inversión en capital fijo en el contexto regional

En el Gráfico 1 se muestra el impacto de la pandemia del COVID 19 sobre inversión en capital fijo, relativo a su tendencia, en las cinco economías de mayor tamaño de la región: Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. Por supuesto, las caídas más pronunciadas se registraron en el segundo trimestre de 2020 cuando se propaga la pandemia, siendo la de Colombia la segunda en tamaño de la región, después de Perú, con un registro de la inversión en capital fijo casi 40% menor a su valor tendencial. Brasil tuvo la menor caída, con una brecha de sólo 6% menor a su tendencia de largo plazo, aunque debe subrayarse que antes de la pandemia venía registrando crecimiento por debajo de su nivel potencial.

Gráfico 1. Brecha de la Inversión. Algunos países de América Latina, 2016-2022  
Porcentaje del valor tendencial



Nota: Se grafica la brecha de inversión (diferencia entre la inversión total observada y su valor tendencial) como porcentaje de su valor tendencial. Los datos son trimestrales para el periodo 2016.I a 2022.I, excepto para Colombia que se extienden hasta 2022.IV por disponibilidad de la información.

Fuente: FMI, DANE, cálculo de los autores.

Durante el período de “rebote”, es evidente que a Colombia y México les tomó más tiempo la recuperación de la inversión, mientras que Brasil, Perú y Chile recobraron su senda de largo plazo recién pasado el choque; esto es, entre el cuarto trimestre de 2020 y el primero de 2021. A marzo de 2022 Colombia todavía registraba una ligera brecha negativa, es decir, su nivel de inversión en capital fijo era 0,4% menor a su

valor tendencial, explicada en buena parte por la inactividad de la construcción, como se ilustra más adelante.

Dentro de los activos que conforman la inversión, la construcción y las compras de maquinaria y equipo explican usualmente la mayor parte del acervo de capital fijo. En el Cuadro 1 se muestra que cuatro de los cinco países de la región recuperaron los niveles de inversión en estos activos en los trimestres posteriores al choque de COVID 19. En Chile y Colombia sobresale el crecimiento en las compras de maquinaria y equipo en 2021 y 2022, al tiempo que Brasil y Perú, además de estos activos, la construcción contribuyó a jalonar la recuperación de la inversión.<sup>1</sup> La actividad de la construcción en Colombia no ha recobrado sus niveles históricos; luego de caer abruptamente en 2020 por el choque de la pandemia, registra crecimientos negativos en 2021 y positivos pero exiguos en 2022. En la siguiente sección se presenta información más detallada del caso colombiano.

Cuadro 1. Inversión en algunos países de América Latina  
Crecimientos reales trimestrales promedio

	Construcción				Maquinaria y equipo			
	Promedio 2016-2019	2020p	2021p	2022pr	Promedio 2016-2019	2020p	2021p	2022pr
Colombia	0,89	-26,50	-3,61	0,01	3,54	-14,25	22,12	24,62
Brasil	-4,02	0,14	21,62	n.d.	1,69	-0,66	50,10	n.d.
Chile	0,41	-8,95	13,93	5,10	3,32	-10,54	26,48	11,07
México	-1,76	-17,23	6,41	n.d.	0,00	-18,66	17,57	n.d.
Perú	1,54	-13,30	67,66	n.d.	0,33	-18,09	33,00	n.d.

Nota: promedio de las tasas reales de crecimiento trimestrales año corrido; crecimientos de series medidas en la moneda local de cada país. Para Colombia en 2022, se dispone de datos preliminares de los cuatro trimestres; de Chile, se dispone de datos de los dos primeros trimestres. n.d.: dato no disponible; p: provisional; pr: preliminar.

Fuente: instituciones estadísticas oficiales de cada país; cálculo de los autores.

### 3. Panorama de la inversión en capital fijo en Colombia

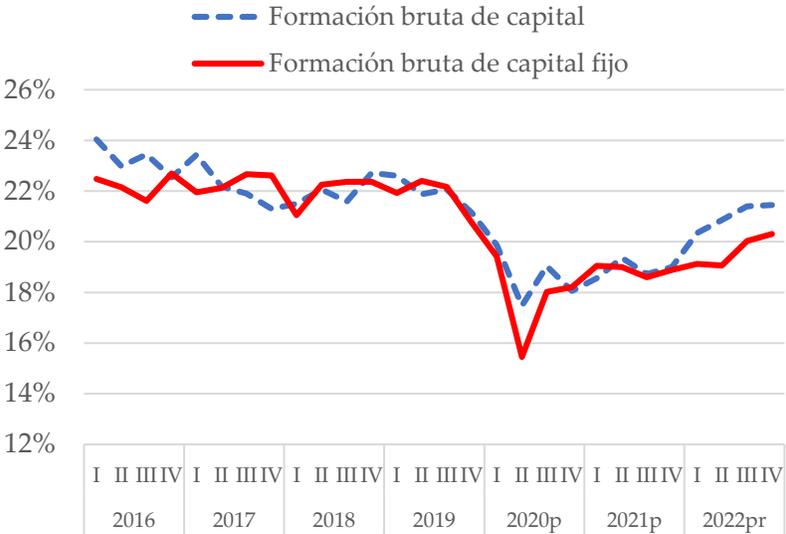
En los años previos a la pandemia (2016-2019), la formación bruta de capital fijo representó alrededor del 22% del PIB (Gráfico 2). El tamaño de la inversión en

<sup>1</sup> En el caso de Perú, se destaca la inversión pública en infraestructura sanitaria y vial, siendo los dos sectores estratégicos de reactivación económica del programa “Arranca Perú”. Para el caso de Brasil, parte de su jalonamiento se explica por ejecuciones parciales del megaproyecto público-privado “Corredor Bioceánico”, que unirá el puerto de los Santos en Brasil con los puertos de Antofagasta o Mejillones en Chile, para facilitar el comercio de América del Sur con Asia.

Colombia no fue muy diferente a la registrada para ese mismo periodo en Chile (22,5%) y Perú (21%), aunque si un poco menor a la de México (24%) y mayor a la de Brasil (15,1%). Con el choque del COVID-19, el nivel de la inversión en Colombia cayó a 16% del PIB en el segundo trimestre de 2020. Luego recobró parcialmente su participación a 19% y 20% durante 2021 y 2022, respectivamente. La recuperación en la acumulación de capital fijo y su expansión futura es crucial para ampliar la capacidad productiva del país, de manera que se fortalezca el crecimiento potencial de la economía en el mediano y largo plazo.

En el Gráfico 2 también se muestra el comportamiento de la formación bruta de capital (línea discontinua) que resulta de adicionar a la FBKF los inventarios acumulados por las firmas. Con este nuevo indicador, el tamaño de la inversión aumenta a 21,5% del PIB al cierre del 2022, por la mayor acumulación de existencias desde inicios del 2022, que refleja cierto debilitamiento de la demanda, especialmente por bienes manufacturados. El aumento de los inventarios podría estar asociado también con la interrupción del suministro normal de materias primas en las cadenas de valor del sector industrial, impactado no solo por la pandemia sino por los desacuerdos comerciales entre Estados Unidos y China.

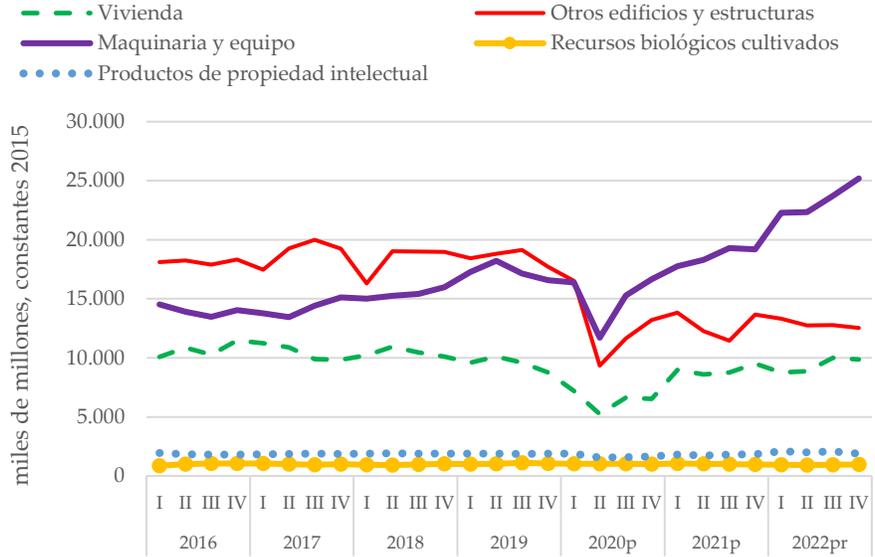
Gráfico 2. Participación de la inversión en capital. Colombia. 2016.I – 2022.Ivpr



Ahora bien, desde una perspectiva más desagregada, el DANE incluye cinco tipos de activos en la formación bruta de capital fijo: maquinaria y equipo, vivienda, otros edificios y estructuras, recursos biológicos cultivados y bienes de propiedad intelectual. Del Gráfico 3 se infiere que los tres primeros activos explican mayoritariamente la inversión (el 94% del total).

Respecto a la maquinaria y equipo, como se mencionó atrás, su inversión recuperó los niveles de la prepandemia desde finales de 2020 y, además, registró incrementos significativos entre 2021 y 2022. Nótese que hasta 2019, se registraba una inversión trimestral que oscilaba los \$15 billones (en pesos de 2015) y para finales de 2022 esta inversión ascendió a \$25 billones. Según la encuesta anual manufactura (EAM), la industria manufacturera ha sido protagonista en esa dinámica y las mayores compras empresariales de bienes para sustituir sus equipos depreciados y/o ampliar su capacidad productiva, han estado asociadas al entorno internacional. Por una parte, la EAM registra para 2021 y 2022 mayores exportaciones de bienes manufacturados especialmente hacia los Estados Unidos, ventas que han sido favorecidas tanto por la recuperación de esa economía como por un ciclo alto en los precios de manufacturas en los mercados externos. Por otra, la EAM también revela que las empresas del sector registran aumentos en sus importaciones de bienes de capital, generándose así cierto círculo virtuoso sobre este tipo de inversión.<sup>2</sup>

Gráfico 3. Niveles de inversión en capital fijo por tipo de activo  
Colombia. 2016.I – 2022.Ivpr



Fuente: DANE.

Por su parte, los datos del DANE muestran que la recuperación de la construcción de vivienda fue lenta, pero también que en los últimos trimestres de 2022 logra

<sup>2</sup> Las importaciones de bienes de capital (en US dólares y en moneda local) presenta una alta correlación positiva con las ventas internas y externas del sector manufacturero y con los precios externos de sus productos. Estos hallazgos han sido documentados en informes recientes realizados por investigadores de la SGEE-BR, con información del DANE, la DIAN, la Reserva Federal de St. Louis y la Encuesta mensual manufacturera con enfoque territorial.

recuperar los niveles registrados antes del choque. En este tipo de inversión es importante distinguir la vivienda de interés social, VIS, con subsidios del gobierno, del resto (No-Vis), pues la que permaneció estancada en 2020 y 2021 fue la vivienda No-VIS, que venía representando una tercera parte del total, en unidades nuevas vendidas. Algunos indicadores relacionados a esta actividad, como la producción de concreto, los despachos de cemento y las áreas causadas, sugieren que la construcción de la vivienda No-VIS ha retomado su dinámica.

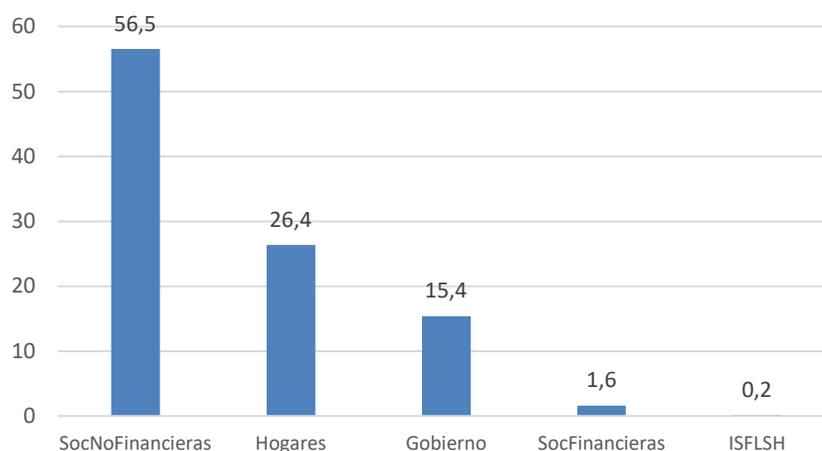
Ahora bien. La construcción agrupada en la categoría de otros edificios y estructuras sufrió se mayor desplome con la pandemia, sin que se observe una recuperación importante a finales de 2022. Allí se incluyen las obras civiles mayoritariamente financiadas por el Estado, que históricamente han representado alrededor del 40% de esta categoría, tales como la construcción y reparación de vías, acueductos, puentes, correcciones locativas, etc. También se contabiliza allí la construcción de edificios corporativos de oficinas, locales comerciales (o centros comerciales), bodegas, hoteles, entre otros. El único subgrupo en esta categoría que compensa esa caída es las construcciones en minas y plantas industriales que crece de manera importante después de la pandemia, lo cual es coherente con la dinámica de la inversión en maquinaria y equipo.

Desde el punto de vista de los agentes que realizan la inversión en capital fijo, el DANE los clasifica en cinco tipos: sociedades no financieras (empresas), hogares, gobierno, sociedades financieras e instituciones sin ánimo de lucro que prestan servicios a los hogares. El Gráfico 4 muestra la participación promedio de estos agentes en la realización de la inversión total para los últimos años. Nótese que el 57% les corresponde a las empresas -sociedades no financieras- y luego a los hogares el 26%, a quienes se les atribuye toda la inversión en vivienda. Por su parte, el gobierno ocupa el tercer lugar con el 15% de la inversión en capital fijo.

La inversión en maquinaria y equipo y en las otras estructuras y edificaciones son los dos tipos de activos de mayor peso de la inversión en Colombia, en el Cuadro 2 se observa que las empresas -sociedades no financieras- realizan cerca del 88% de las compras en maquinaria y equipo, y cerca del 60% de las inversiones en otras edificaciones. En las otras estructuras y edificaciones el gobierno tiene mayor participación (el 36%) en obras civiles. Un aspecto para resaltar de este cuadro es que con el choque del COVID 19, la distribución por sectores institucionales de la inversión en edificios y estructuras diferentes a vivienda se recompone de manera significativa (primeras dos columnas). La participación de las sociedades no financieras pasó de 59% en promedio entre el primer trimestre de 2016 y el primero

de 2020 a 55% entre el segundo trimestre de 2020 y el primero de 2022. Esta disminución en la participación de las empresas en la inversión en edificios y estructuras, diferentes a vivienda, fue compensada casi completamente por el incremento en la participación del Gobierno: de 36% a 40% entre los dos periodos.

Gráfico 4. Participación de los sectores institucionales que invierten en capital fijo.  
Colombia, promedio 2016 – 2022



Cuadro 2. Participación de cada sector institucional en la inversión por activos  
Colombia. Promedio por periodo.

	Otras edificaciones y estructuras			Maquinaria y Equipo		
	2016.I – 2020.I	2020.II – 2022.II	Diferencia	2016.I – 2020.I	2020.II – 2022.II	Diferencia
Soc. No Financieras	58,68	55,13	-3,6	87,87	89,40	1,5
Soc. Financieras	2,81	2,19	-0,6	1,00	1,11	0,1
Gobierno	35,90	39,69	3,8	4,57	3,42	-1,1
Hogares	2,25	2,62	0,4	6,53	6,02	-0,5
ISFLSH	0,36	0,37	0,0	0,04	0,05	0,0

#### 4. Determinantes de la inversión en maquinaria y equipo en Colombia

En razón al excepcional comportamiento de las compras de maquinaria y equipo, en este trabajo se consideran cuatro factores macroeconómicos fundamentales para explicar su dinámica: el costo de uso del capital, la actividad económica, la tasa de cambio y la confianza industrial. Las dos últimas variables no han sido tan usadas

en los estudios previos y pueden jugar un rol importante en los últimos tiempos; por un lado, al ser la maquinaria y equipo bienes transables, el tipo de cambio real captura los cambios en los precios relativos y de manera más clara bajo el régimen de flotación. Por otro, la confianza industrial es una variable de tipo institucional que refleja la percepción y expectativas en sus negocios de los empresarios. También se consideran como controles otras variables que influyen en las decisiones de inversión como lo es el acceso al crédito y el grado de apertura de la economía.

Algunos de estos determinantes han sido analizados de tiempo atrás en Colombia. Desde los estudios pioneros de los años 80s y 90s, se ha reconocido el papel protagónico de la actividad económica, mediante el efecto acelerador, y del costo de uso del capital. En Parra (1998) se hace una síntesis de los trabajos que hasta entonces evaluaron el efecto acelerador con relativo éxito mediante el uso de diferentes medidas: con las ventas (Chica, 1984), el crecimiento de las ventas (Bilsborrow, 1968), el nivel del producto para capturar el “acelerador flexible” y de sus cambios, para el “acelerador simple” (Ocampo, Londoño y Villar, 1988), con el crecimiento de la producción (Ospina, 1976) y la utilización de la capacidad (Rubio, 1983). En estos trabajos se incluyen otros factores como los precios relativos de los bienes de inversión, las condiciones financieras y de liquidez, las restricciones de divisas, la tasa de cambio y el ingreso esperado de las firmas, algunos de los cuales resultan primordiales en sus estimaciones.

Por el lado del costo de uso de capital, uno de los trabajos más citados ha sido el de Fainboim (1990), quien estimó funciones de inversión para Colombia para el período 1950 a 1987, con los determinantes sugeridos por el modelo de Jorgenson (1960). En su análisis se le da especial relevancia al papel de la tributación (impuestos a la renta de las sociedades y las deducciones) y de la tasa de interés, dentro del costo de uso del capital, encontrando los efectos esperados. En los estudios posteriores de Cárdenas (1995) y Cárdenas y Olivera (1995) se sugiere que después de la apertura económica pudo cambiar la elasticidad de la inversión privada al costo de uso del capital. Steiner y Soto (1998) presentan, además del agregado, un análisis del costo de uso del capital por sectores económicos, por fuente de financiación y por tipo de activo fijo. La incidencia de dicho costo en las decisiones de inversión se ha examinado en trabajos más recientes, usando los registros a nivel de firma de la Dian, Rodríguez y Ávila (2017), y además con información detallada de la Superintendencia de Sociedades y Melo, Ávila y Ramos (2017).

Antes de describir los modelos, hacemos unas breves consideraciones sobre estos determinantes macro usados en este trabajo, a la luz de las series y diagramas de dispersión mostradas en los Gráficos 5 y 6.

El costo de uso del capital (CUC) refleja el valor que un empresario espera pagar por usar una unidad de capital fijo instalado. En su definición más detallada, dicho costo incluye tres componentes, llamados componente de precios relativos, de tributación y de tasas de interés, cuya forma funcional resulta del típico proceso de maximización de beneficios de una firma representativa que opera en un ambiente competitivo y que es tomadora de los precios de los factores de producción (ver detalles en Salazar y Zapata, 2020). Como se muestra en el Panel A del Gráfico 5, el costo CUC se ha reducido de manera gradual desde 2006, aunque con unas ligeras reversiones entre 2011 y 2013 y entre 2016 y 2017.

$$CUC = \underbrace{\frac{IPP_{bienes\ de\ capital,t}}{IPP_{total,t}}}_{\text{Componente precios relativos}} \underbrace{\frac{(1 + \tau^{iva} - \theta)}{(1 - \tau^r - \gamma\tau^{ica})}}_{\text{Componente tributación}} \underbrace{(r + \delta - \Delta IPC_t)}_{\text{Componente tasas de interes}}$$

donde,

$\tau^{iva}$ : es la tarifa general de tributación impuesta al valor agregado,

$\tau^r$  representa tarifa de la tasa de tributación por renta<sup>3</sup>,

$\gamma\tau^{ica}$  denota tarifa de la tasa de tributación por industria y comercio,

$\theta$  deducción por bienes de capital

$r$  tasa de interés DTF a 90 días,

$\delta$  tasa de depreciación (fija en 8%),

$\Delta IPC_t$  tasa de inflación anual IPC e

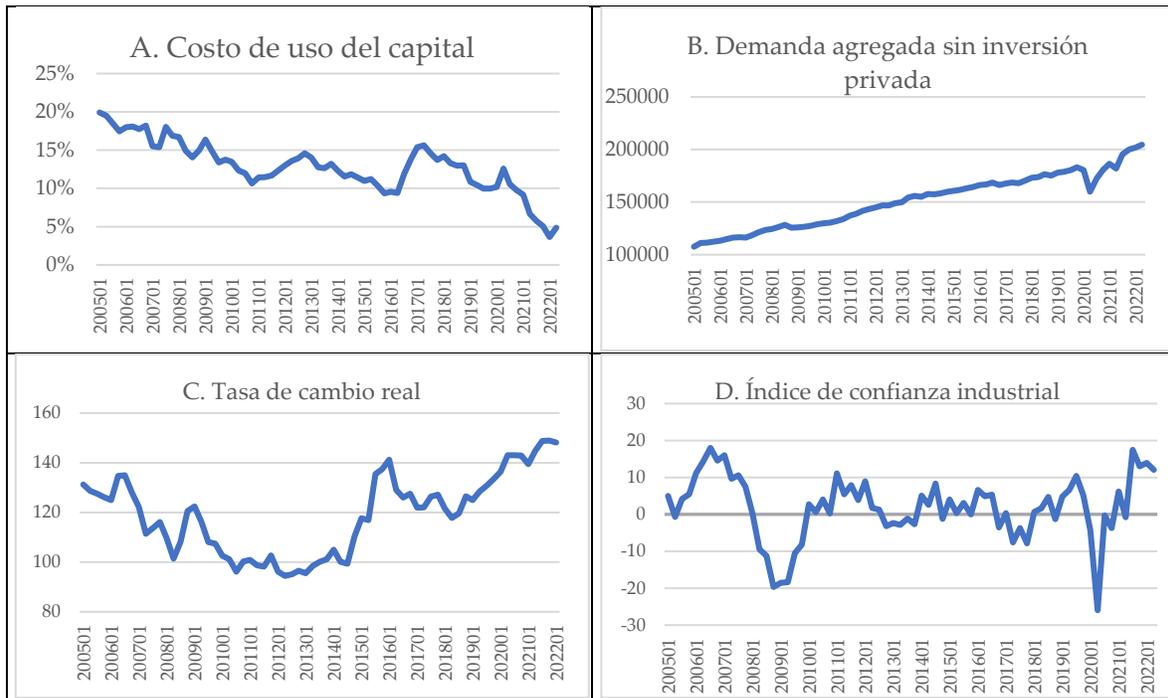
$IPP$  índice de precios al productor, según el subíndice, del total de bienes y servicios o de los bienes de capital.

Como se describió en párrafos anteriores, la actividad económica busca recoger el efecto acelerador sobre la inversión. En este trabajo se mide dicha actividad por la demanda agregada excluyendo la inversión privada ( $Dda_{sip}$ ). En el Panel B del Gráfico 5 se muestra su aumento sostenido desde 2005, con la clara interrupción ocasionada por la pandemia, que la redujo en 11% real para luego retomar su recuperación desde el primer trimestre de 2021.

---

<sup>3</sup> En los análisis, se hace uso de la tasa de renta implícita contenida en el componente de tributación. Sin embargo, los resultados son robustos al uso se mantienen si se emplea el CUC calculado con la tasa de renta normativa.

Gráfico 5. Determinantes fundamentales de la inversión en maquinaria y equipo  
Colombia. 2005.I – 2022.II



Fuente: DANE.

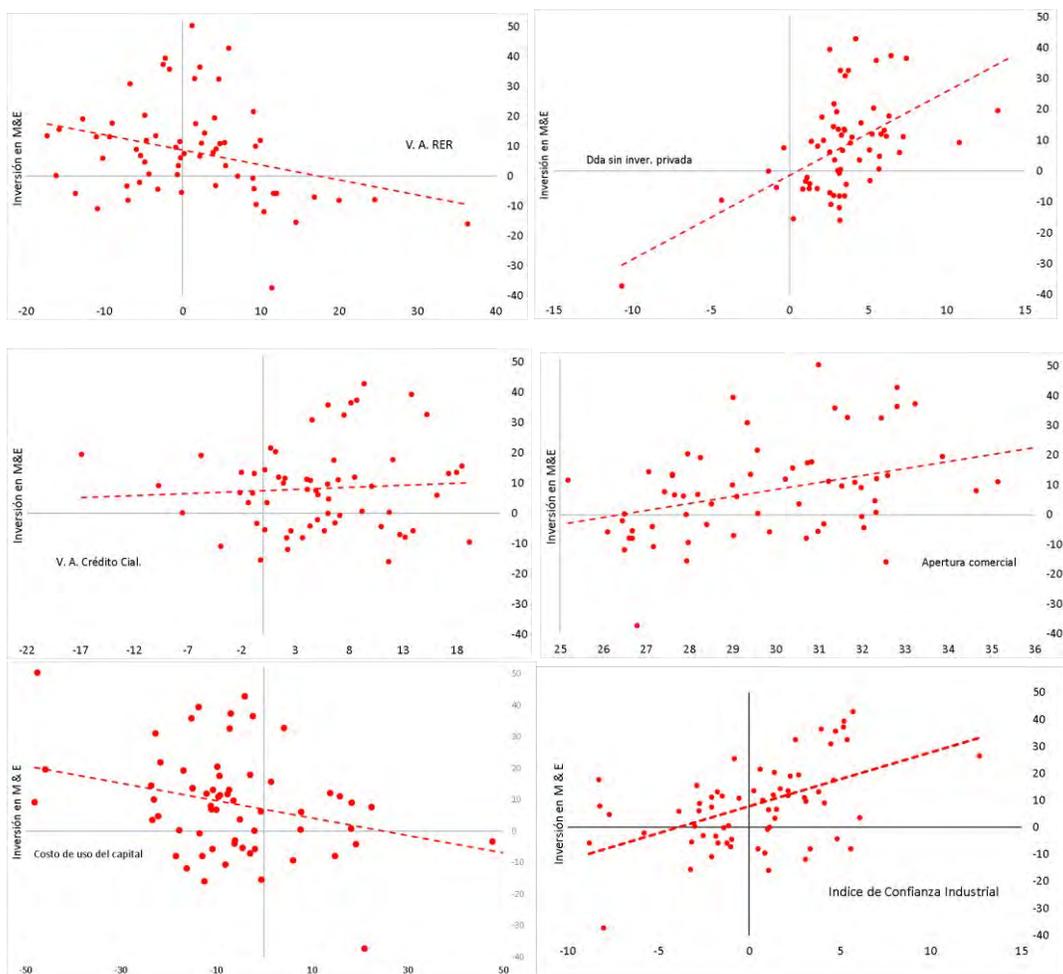
Respecto a la tasa de cambio real (*RER*), en el panel C del Gráfico 5 se muestra que entre 2005 y 2022 registra cierto comportamiento en forma de “U”, registrando un descenso hasta finales de 2012 y aumentando desde entonces. Por supuesto estas grandes tendencias no han sido regulares, especialmente por la volatilidad del tipo de cambio nominal.<sup>4</sup> Respecto al índice de confianza industrial (ICI), es preciso señalar que el diseño de las encuestas trata de capturar información sobre tres aspectos que enfrentan los empresarios: el volumen actual de pedidos, el nivel de existencias y las expectativas de producción para los próximos tres meses. El nivel de confianza sistematizado a través de un índice que va de -100 hasta +100, surge de un “balance” entre el porcentaje de respuestas positivas y negativas. Como se muestra en el panel D del Gráfico 5, este índice ha oscilado alrededor de cero para el periodo 2005-2022.

Finalmente, en el Gráfico 6, se presenta los diagramas de dispersión entre la inversión en maquinaria y equipo (variaciones anuales) y cada una de las variables

<sup>4</sup> El cálculo de la Tasa de Cambio Real se hace utilizando el Índice de Precios al Consumidor, lo cual es coherente con el principio de la competitividad del aparato productivo del país y evita, además, posibles problemas de colinealidad con el componente de precios relativos del CUK, el cual se encuentra deflactado por el Índice de Precios al Productor.

explicativas descritas. la línea de tendencia entre cada par de variables nos da una idea del tipo de relación De este gráfico se puede conjeturar que la demanda, la apertura comercial, el índice de confianza industrial y el crédito comercial a las empresas presenta una relación parcial positiva con la inversión en maquinaria y equipo, mientras que la tasa de cambio real y costo de uso del capital presentan relaciones negativas. Esto se corrobora en los resultados de las siguientes subsecciones.

Gráfico 6. Asociaciones lineales entre la variación anual de la inversión en maquinaria y equipo y cada uno de sus determinantes.



Nota: El gráfico de variación anual de crédito comercial no incluye los segundos trimestres de 2020 ni de 2021.

#### 4.1. Modelo estático y uniecuacional estimado mediante mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS)

Inicialmente utilizamos el modelo uniecuacional y estático FMLOS, con la inversión como única variable endógena, el cual nos permite incluir los determinantes descritos previamente y variables de control e interpretar los coeficientes estimados como elasticidades. En su forma reducida, el modelo está dado por:

$$y_t = X_t' \beta + u_{1t}$$

donde:

$$y_t = \text{Ln}(IM \& E_t)$$

$$X_t' = [\text{Constante}, \text{Ln}(CUK_t), \text{Ln}(Dda\_sip_t), \text{LN}(RER_t), ICI_t, \text{Ln}(Cto_t), \text{Ln}(AE_t)]$$

$$u_{1t} \sim iid N(0, \sigma_t^2)$$

$u_{1t}$  es el termino de perturbación estocástica que recoge la influencia de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo.

Se utiliza una muestra trimestral de datos desde 2005.1 hasta 2022.2.<sup>5</sup> La selección del período muestral se debe a que en 2005 el DANE redefinió la metodología de cálculo de la inversión total y cada uno de sus componentes. Incluir trimestres anteriores a 2005.1 implicaría realizar empates de las series que podrían resultar en quiebres artificiales sin explicación económica y, con ello, afectar los resultados econométricos.

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes estimados los cuales son estadísticamente significativos y presentan los signos esperados. Por la forma como se tratan las variables, dichos coeficientes corresponden a elasticidades, excepto para la variable ICI que corresponde a una semielasticidad. El cuadro también contiene la prueba que confirma que existe cointegración en el sistema. Los resultados confirman que incrementos en el costo de uso del capital o en la tasa de cambio real disminuyen la inversión en maquinaria y equipo. Entre estos dos factores, la tasa de cambio parece tener un mayor impacto. Al considerar los tres componentes que

---

<sup>5</sup> La especificación estática y uniecuacional del modelo resulta conveniente debido a que tenemos ocho parámetros por estimar y sólo disponemos de 69 observaciones. Además, las variables descritas son no estacionarias débiles o I(1) en niveles, por lo que es necesario estimar dichas elasticidades mediante el método de mínimos cuadrados completamente modificados (FMOLS). Este método tiene la ventaja de corregir paramétricamente los estimadores para lograr propiedades estadísticas muestrales óptimas. Para mayores detalles, ver el anexo metodológico.

conforman el CUK: efecto tributación, efecto tasa de interés y efecto precios relativos (Cuadro 3, segunda columna), se verifica el signo negativo de los coeficientes de cada uno de los componentes, implicando la reducción de la inversión ante incrementos de cada uno y su respectiva relevancia estadística. Nótese que el efecto tributación dentro del CUK es el que tiene mayor impacto, con una elasticidad de 0,48.

Cuadro 3. Resultados del Modelo FMOLS

VARIABLES	FBCF M&E		
	2005T1-2022T2	2005T1-2022T2	
Costo de uso del capital ( <i>ln</i> CUK)	-0,0664*** (0,0187)		
Efecto Fiscal		-0,480*** (0,098)	
Efecto Tasa Interés		-0,164*** (0,042)	
Efecto precios Relativos		-0,374*** (0,144)	
Demanda agregada ( <i>ln</i> Dda-sip)	1,185*** (0,0643)	1,038*** (0,067)	
Índice de confianza industrial (ICI)	0,00427*** (0,000465)	0,005*** (0,000)	
Tasa de cambio real ( <i>ln</i> RER)	-0,637*** (0,0265)	-0,599*** (0,027)	
Crédito ( <i>ln</i> Cto)	0,537*** (0,0478)	0,726*** (0,054)	
Apertura ( <i>ln</i> AE)	0,647*** (0,0451)	0,889*** (0,046)	
Constante	-5,967*** (0,629)	-6,218*** (0,608)	
Prueba de cointegración	Est- tau	-6,163***	-6,335*
Phillips-Ouliaris	Est-Z	-48,881***	-48,251*
Observaciones	69	69	
R cuadrado	0,949	0,950	
R cuadrado ajustado	0,944	0,942	
Error estándar	0,072	0,071	
Error estándar de largo plazo	0,026	0,021	

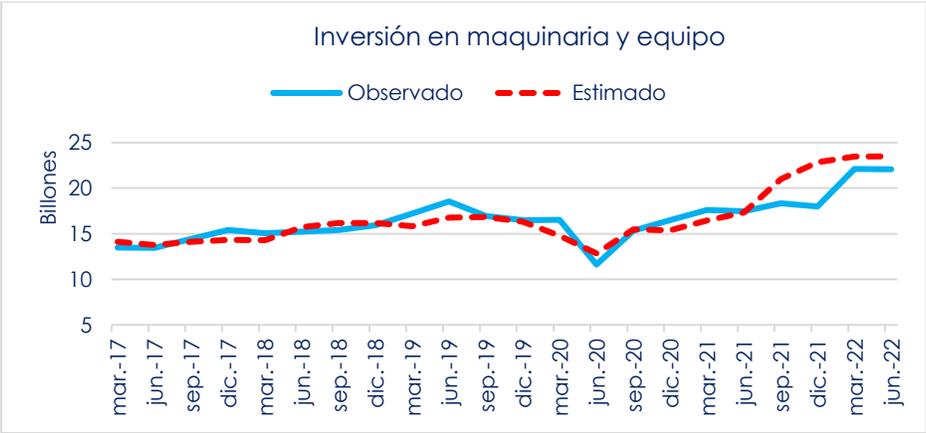
Errores estándar entre paréntesis  
 \*\*\* p<0,01; \*\* p<0,05; \* p<0,1

La actividad económica y la confianza industrial están asociados con las mayores compras de maquinaria y equipo. En particular, la actividad económica capturada mediante la demanda agregada privada registra los mayores efectos de aceleración

sobre la inversión, lo cual es coherente con los estudios previos que destacan este factor. En la misma dirección positiva sobre las compras de maquinaria y equipo opera las mayores disponibilidades de crédito y el mayor grado de apertura económica.

A partir de estos resultados se calcula la inversión en maquinaria y equipo pronosticada por el modelo frente a la registrada en las estadísticas, para verificar su bondad de predicción (Gráfico 7). En líneas generales se percibe un buen desempeño del modelo, especialmente al capturar la caída por el choque de Covid-19. Sin embargo, desde septiembre de 2021, los resultados pronosticados son mayores a los niveles observados, indicando que la inversión en maquinaria y equipo fue menor a lo que predicen sus determinantes. Una posible interpretación de este resultado es que desde ese trimestre algunos factores como la demanda agregada privada, la confianza de los empresarios y el crédito, experimentaron un “mayor boom” durante la reapertura de la economía, frente a lo esperado.

Gráfico 7. Inversión en maquinaria y equipo: Observada vs. Estimada.



#### 4.2. Modelo dinámico y multiecuacional VEC estimado mediante máxima verosimilitud.

La dinámica de corto y largo plazo entre la inversión en maquinaria y equipo (IM&E) y sus determinantes, se evalúa con un modelo de vectores autorregresivos con

corrección de errores (VEC)<sup>6</sup> bajo una especificación DRIFT<sup>7</sup> estimada por máxima verosimilitud siguiendo el método de Johansen (1989). El modelo VEC resulta también adecuado por las propiedades estadísticas muestrales de este conjunto de variables.<sup>8</sup> Utilizamos esta segunda aproximación porque además nos permite desarrollar ejercicios de impulso-respuesta y evaluar la contribución de los determinantes del crecimiento de la inversión. El VEC es más exigente con cantidad de datos, por lo no es posible incorporar las variables de control.

Siguiendo la notación de la sección 4.1., el modelo expresado en forma matricial viene dado por:

$$\Delta z_t = \Gamma_1 \Delta z_{t-1} + \dots + \Gamma_5 \Delta z_{t-5} + \alpha \beta' z_{t-1} + \Psi D_t + \mu + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim niid(0, \Sigma)$$

Donde:

$$z_t' = \left[ \text{Ln}(IM\&E_t) \quad \text{Ln}(CUK_t) \quad \text{Ln}(RER_t) \quad ICI_t \quad \text{Ln}(IM\&E_t) \quad \text{Ln}(Dda_{sip_t}) \right] y$$

$$D_t' = [\text{dumq} \quad \text{dumq1}]$$

Donde,

$$\text{dumq} = \begin{cases} 1 & \text{si } t = 2020:02 \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases}, \quad \text{dumq1} = \begin{cases} 1 & \text{si } t = 2019:03 \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases}$$

La estimación de los parámetros del VEC con datos trimestrales desde 2005.1 se realiza por máxima verosimilitud. Sin embargo, al incluir seis rezagos de las variables, la muestra efectiva resulta desde 2006.3. En razón al número de variables

---

<sup>6</sup> El componente de corto plazo de la relación entre las variables bajo estudio considera la inclusión de la combinación lineal en primeras diferencias de sus 6 primeros rezagos. Este resultado se apoya en los criterios de información de Hanna y Quinn (HQ) y Schwarz (SC), los cuales miden la calidad relativa del modelo estadístico dado un conjunto de datos. Además, con esta estructura dinámica, los errores del modelo presentan no autocorrelación multivariada bajo las pruebas de Godfrey, aunque la de Ljung-Box sugiere lo contrario. Además de lo anterior, se encuentra evidencia de normalidad multivariada (bajo la prueba de Doornik y Hansen y HB con un valor de la estadística de prueba de 3.37 y un p-valor de 0.69).

<sup>7</sup> Esta especificación reconoce la existencia de tendencias lineales en los niveles de las variables recogidas mediante un intercepto en el componente de corto plazo. Los cuatro contrastes de hipótesis sobre inclusión de componentes determinísticas (NONE, CIMEAN, DRIFT, CIDRIFT) sugieren que hay un solo vector de cointegración y la elección de la especificación DRIFT permite obtener los mejores resultados en cuanto a normalidad multivariada de errores y no autocorrelación.

<sup>8</sup> Estas propiedades son no estacionariedad en media y varianza, endogeneidad y pertenencia a la relación de equilibrio estable de largo plazo. Ver cuadros en el Anexo 2 con los resultados de las estadísticas de prueba de cada contraste de hipótesis para analizar dichas propiedades estadísticas muestrales. Aunque la prueba sugiere que al 10% de significación el CUK podría resultar exógeno débil, por razones de retroalimentación con el resto de las variables y el proceso de construcción de esta misma, se trata como endógena en el VEC.

del sistema y al número de rezagos, la estimación del VEC no incluye los controles de la sección 4.1 (crédito y apertura económica) por insuficiencia de grados de libertad. Por la misma razón, no se contemplan los componentes del CUK.

Respecto a los determinantes fundamentales, las pruebas de cointegración sugieren que la tendencia de largo plazo de la inversión en maquinaria y equipo está representada por la siguiente ecuación:<sup>9</sup>

$$\ln(IM\&E_t) = \frac{-0.383\ln(CUK_t)}{(0.05)} - \frac{0.874\ln(RER_t)}{(0.049)} + \frac{0.016ICI_t}{(0.001)} + \frac{1.495\ln(Dda_{sip_t})}{(0.06)}$$

Los resultados sugieren que, en el largo plazo, todos los determinantes considerados de la inversión en maquinaria y equipo resultan estadísticamente significativos y con el signo esperado, tal como se evidenció en el ejercicio de la sección previa. Así, dicha inversión presenta una relación positiva con la demanda agregada y con la confianza industrial, en tanto que la relación resulta negativa con el costo de uso del capital y la tasa de cambio real.

Para evaluar la dinámica de corto plazo, usamos los seis rezagos de las variables de la estimación. Las funciones impulso respuesta de la inversión en maquinaria y equipo ante un choque de una desviación estándar de una sola vez en sí misma y en cada uno de sus determinantes son reportadas en el Gráfico 8, para un horizonte de doce meses. Se confirma la dirección esperada de la respuesta de la inversión en maquinaria y equipo frente a los choques positivos en sus determinantes, así como su significancia estadística. Así, un choque positivo en la tasa de cambio real y en el costo de uso de capital generan una reducción relativamente prolongada en la inversión en maquinaria y equipo, en tanto que un choque positivo en la demanda privada o en la confianza industrial generan respuestas positivas en la inversión. Estos últimos dos choques tienen efectos más prolongados sobre la inversión.

Finalmente, el VEC permite calcular las contribuciones de cada determinante al crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo. La descomposición del crecimiento anual de esta inversión y la contribución de cada determinante se obtiene a partir de la representación VAR que se deriva de la especificación VEC.<sup>10</sup> El ejercicio de descomposición para el crecimiento porcentual anual de la inversión

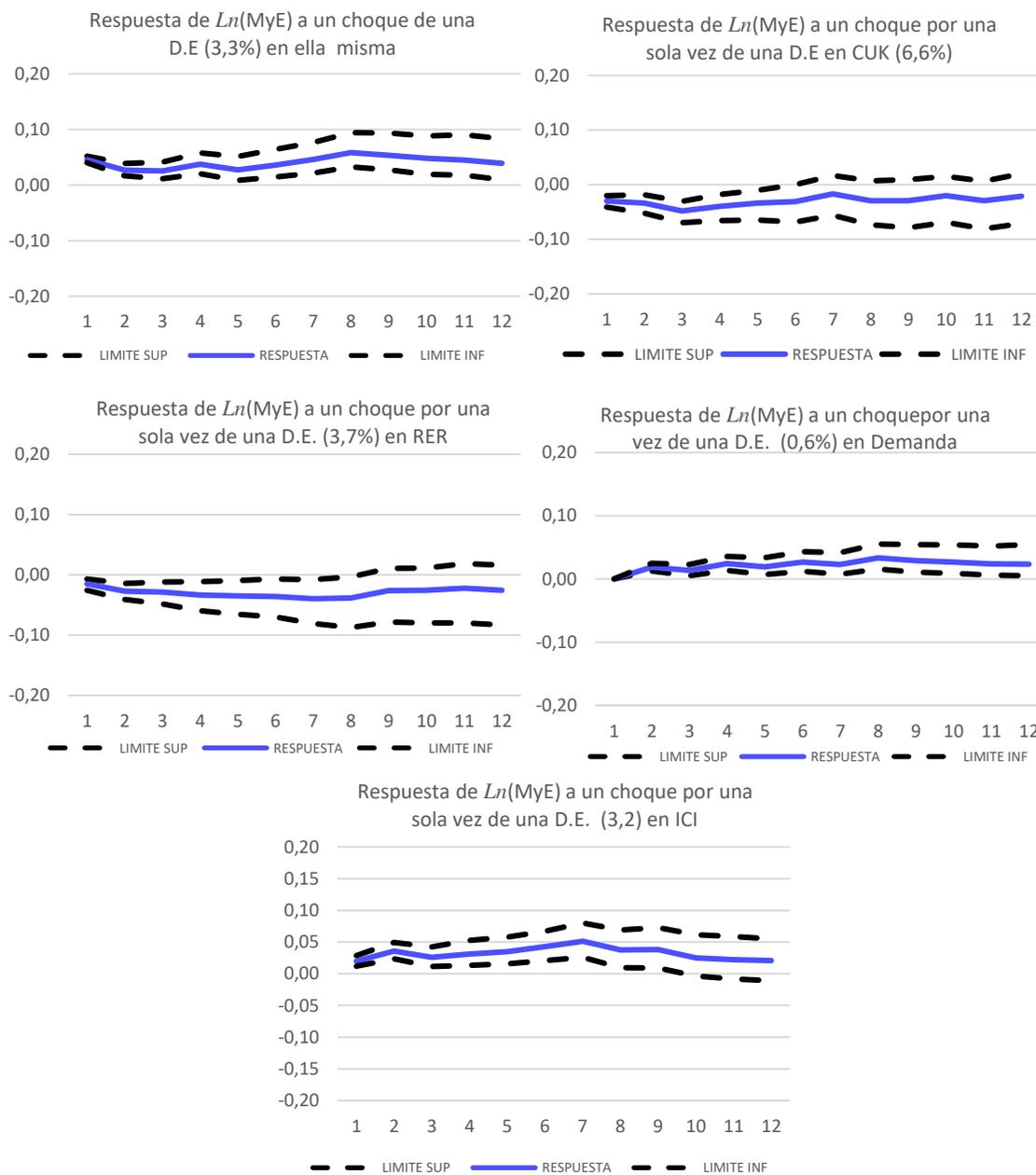
<sup>9</sup> Los resultados de las estadísticas de razón de verosimilitud para los contrastes de exclusión de las variables de la relación de LP permiten concluir la pertenencia de todas al vector de cointegración.

<sup>10</sup> Esta es la representación VAR que se deriva de la especificación VEC: se puede consultar Lütkepohl (2005).

$$z_t = A_1 z_{t-1} + \dots + A_6 z_{t-6} + \Psi D_t + \mu + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T$$

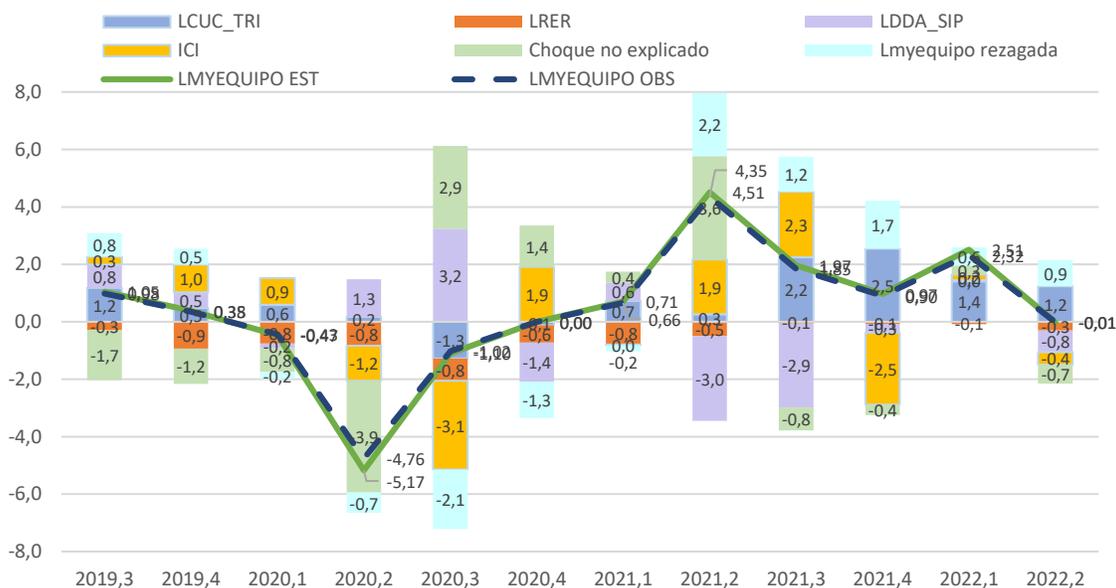
en maquinaria y equipo se realiza para los años 2019.3 a 2022.2 y sus resultados se muestran en el Gráfico 9. La línea continua (y discontinua) representa el crecimiento observado de la inversión (y pronosticado), mientras las barras la contribución de cada determinante.

Gráfico 8. Respuesta de corto plazo de la inversión en maquinaria y equipo ante choques por una sola vez en sus determinantes



La leve desaceleración registrada en la inversión antes de la pandemia del COVID-19 está asociada principalmente al costo de uso del capital (barra azul) y, en menor grado, a la buena dinámica en la demanda y, por ende, de la confianza industrial. El tipo de cambio real compenso esos factores impulsores de la inversión, al igual que los llamados otros factores no incluidos, que básicamente captura el error del modelo. Con la llegada de la pandemia en 2020.2, el deterioro de la inversión en maquinaria y equipo se explica especialmente por el choque de este evento; es decir, por el error aleatorio del modelo (barra verde). La segunda variable más importante que explica dicha caída es el derrumbe en la confianza industrial (barra amarilla). El rebote que se empieza a observar en la inversión a partir de 2020.3, obedece principalmente al aumento en la demanda privada, a la reducción de la tasa de cambio real y del costo de uso del capital. El tamaño del error sigue siendo importantes en esta fase de rebote de la inversión.

Gráfico 9. Contribución porcentual de cada determinante al crecimiento porcentual anual del logaritmo de la inversión en maquinaria y equipo



El mayor crecimiento en las compras de maquinaria y equipo observada en 2021.2 parece responder a la reducción de la tasa de cambio real, el aumento en la confianza industrial, al igual que por factores inerciales de la propia inversión. Luego, desde 2021.3 se registra una desaceleración en la inversión que parece estar asociada a la menor demanda privada y a un incremento moderado del costo de uso del capital. El ciclo expansivo de las compras de maquinaria y equipo termina en 2022.2. El

ejercicio sugiere que deja de ser tan favorable el entorno macroeconómico para la inversión, puesto que se desacelera en mayor grado la demanda privada y la confianza industrial y aumenta en mayor ritmo el costo de uso del capital, especialmente por la subida en las tasas de interés.

## 5. Comentarios Finales

Similar a lo ocurrido a nivel global, el choque ocasionado por el COVID 19 desplomó la inversión en capital fijo en Colombia, generando una brecha negativa que alcanzó -2,8% del PIB en el segundo trimestre de 2020. Después de este episodio, la recuperación de la inversión en Colombia fue más lenta que la observada en sus pares de la región (Perú, Chile, Brasil y México) y ha sido posible gracias a la dinámica creciente y sostenida en las compras de maquinaria y equipo.

En este documento se presentó una caracterización de la inversión en el país durante los últimos años (2016 y 2022) y además se ofreció evidencia sobre los principales determinantes macroeconómicos de las compras en maquinaria y equipo utilizando datos trimestrales desde 2005. Como lo sugiere la literatura, los resultados sugieren que esta inversión tiene una relación positiva y significativa con la demanda agregada y la confianza industrial, mientras que se encuentran relaciones negativas y significativas con el costo de uso del capital y la tasa de cambio real. Entre estos dos últimos factores, la tasa de cambio parece tener un mayor impacto. Al considerar los tres componentes que conforman el costo de uso del capital, el componente de tributación es el que tiene mayor impacto. A estos factores fundamentales se le suman otras variables que resultaron importantes en las estimaciones como el crédito y el grado de apertura económica.

En términos generales, los resultados de este documento son coherentes con los encontrados en trabajos previos para Colombia. Sin embargo, llama la atención que en los pocos trabajos que evaluaron previamente la tasa de cambio, no resultara relevante como factor explicativo. En nuestros ejercicios, las compras de maquinaria y equipo resultan sensibles a la tasa de cambio real. Dentro de las posibles explicaciones de esa diferencia están la periodicidad de los datos y el periodo de análisis. En Parra (1998) y los artículos reportados en ese estudio, la frecuencia de los datos es anual mientras en el nuestro trimestral y, además, en este documento el período de apertura comercial es más amplio y homogéneo el marco de manejo macroeconómico, caracterizado por el esquema de inflación objetivo y régimen cambiario flexible. Otra variable que resulta significativa en nuestro análisis y que ha sido poco explorada en los estudios previos es la confianza industrial, siendo esta

variable de tipo institucional que refleja la percepción y expectativas de los empresarios.

Finalmente se subraya que el choque ocasionado por la pandemia del COVID-19 tuvo un gran impacto sobre las compras de maquinaria y equipo. Sin embargo, durante el periodo de reapertura de la economía, ha sido notable su recuperación, posiblemente beneficiado también por el entorno internacional. A diferencia de lo registrado en maquinaria y equipo, la recuperación de la construcción de vivienda ha sido lenta, aunque en el segundo semestre de 2022 alcanza a los niveles registrados antes del choque. La comprensión de los determinantes de la inversión en vivienda amerita un modelo propio para este tipo de actividad y será tema para la agenda futura. Por su parte, el sector de la construcción agrupado en la categoría de otros edificios y estructuras sufrió el mayor desplome con COVID-19 y, al examinar los datos de 2022, sigue en terreno negativo. Allí se incluyen las obras civiles financiadas por el Estado y la construcción de edificios corporativos de oficinas, locales comerciales, bodegas y hoteles, entre otros. Antes de la pandemia, este subsector era el más importante en la FBKF y se espera que al lograr su plena recuperación, el país retome la dinámica en la acumulación de capital.

## Referencias

Aboal, Diego y Fernando Lorenzo (Coordinadores) (2019) "Inversión, Ahorro y Sistema Financiero", EN: Para Entender la Economía del Uruguay – CINVE, cap. 3, Montevideo, diciembre.

Banco de México (2018) "Análisis de los Determinantes de la Inversión", Extracto del Informe Trimestral Abril – junio 2018, Recuadro 2, pp. 20-23, agosto.

Bilsborrow, R. (1968), "The Determinants of Fixed Investment by Manufacturing Corporations in Colombia", tesis doctoral Universidad de Michigan.

Cárdenas Hurtado, Camilo y Natalia Solano Rojas (2014) "Caracterización de la Formación Bruta de Capital Fijo en Colombia: Comportamiento y Dinámica en Años Recientes", Reportes Del Emisor, Investigación e Información Económica, Bogotá, D.C., marzo de 2014 - núm. 178.

Cárdenas, M. (1995), "La inversión en Colombia: 1950-1994", en Coyuntura Económica, Vol. XXV, No. 4, diciembre.

Cárdenas S., Mauricio; Olivera G., Mauricio (1995), "La crítica de Lucas y la inversión en Colombia: nueva evidencia", en Fedesarrollo, Mayo, 64 páginas.

Chica A., Ricardo (1984), "La financiación de la inversión en la industria manufacturera colombiana: 1970-1980", en Desarrollo y Sociedad, Vol.15-16, pp 195-285.

Fainboim Yaker, Israel (1990), "Inversión, tributación costo de uso del capital en Colombia: 1950-1987", en Ensayos sobre Política Económica, No. 18, diciembre, pp 7-50.

Hodrick, Robert J. y E. C. Prescott (1980) "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation"; Mss. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University; Discussion Papers 451, Northwestern University.

Lütkepohl, Helmut (2005) "New Introduction to Multiple Time Series Analysis", Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 764 pags.

Magendzo, Igal (2004) "Determinantes de la Inversión en Chile", Banco Central de Chile. Documentos de Trabajo, No 303, diciembre.

Melo-Becerra, Ligia Alba; Javier Ávila-Mahecha y Jorge Enrique Ramos-Forero (2017) "The Effect of Corporate Taxes on Investment: Evidence from the Colombian Firms" Working Paper Series Graduate Institute of International and Development Studies International Economics Department. WP No. HEIDWP10-2017

Ocampo, José Antonio; Juan Luis Londoño; Leonardo Villar, L. (1988), "Comportamiento del ahorro la inversión: evolución histórica determinantes", en E. Lora, editor, Lecturas de macroeconomía colombiana, Tercer Mundo-Fedesarrollo.

Ospina Sardi, Jorge (1976), "Determinantes de la inversión industrial en Colombia", en Coyuntura Económica, Diciembre, pp. 90-101.

Pacce, Matías (2022) "El Comportamiento de la Inversión en Equipo Durante la Pandemia: El Papel de su Composición Sectorial", Artículos Analíticos, Boletín Económico, Banco de España, febrero.

Parra, Clara Elena (1998) "Determinantes de la Inversión en Colombia: evidencia sobre el capital humano y la violencia", Departamento Nacional de Planeación, Unidad de Análisis Macroeconómico, Archivos de Macroeconomía, Documento 084, junio.

Ricardo French-Davis & Diego Vivanco (2016) "Depreciación del Capital Físico, Inversión Neta y Producto Interno Neto", Cieplan, Chile.

Rodríguez, Jorge Armando y Javier Ávila Mahecha (2017) "La Carga Tributaria sobre los Ingresos Laborales y de Capital en Colombia: El caso del Impuesto sobre la Renta y el IVA", Cuadernos de Economía, 36(72), 99-138.

Rubio, Mauricio (1983), "Estimación de una función de inversión para Colombia". Corporación Centro Regional de Población, mimeo.

Salazar, Juan Guillermo y Zapata-Álvarez, Steven (2020) “Marco Fiscal de Mediano plazo 2020, Recuadro 3.1” Ministerio de Hacienda y Crédito Público, págs.. 255-258.

Steiner-Sampedro, Roberto y Carolina Soto-Losada (1998) “Costo de Uso del Capital y Tasa Marginales Efectivas de Tributación en Colombia” Fedesarrollo, Serie Documentos de Trabajo, Junio, Número 7.

## Anexos

### Anexo 1. Datos, fuentes y procesamiento

*Inversión (Formación Bruta de Capital Fijo) Brasil:* IMF. Series a precios constantes de 1995, desestacionalizadas, en moneda local. Tendencias estimadas con el filtro de Hodrick-Prescott.

*Inversión (Formación Bruta de Capital Fijo) Chile:* IMF. Series a precios constantes de 2018, desestacionalizadas, en moneda local. Tendencias estimadas con el filtro de Hodrick-Prescott

*Inversión (Formación Bruta de Capital Fijo) Perú:* IMF. Series a precios constantes de 2007, desestacionalizadas, en moneda local. Tendencias estimadas con el filtro de Hodrick-Prescott

*Inversión (Formación Bruta de Capital Fijo) Colombia:* IMF. Series a precios constantes de 2015, desestacionalizadas, en moneda local. Tendencias estimadas con el filtro de Hodrick-Prescott

Fuente: International Financial Statistics (IFS) del Fondo Monetario Internacional.  
<https://data.imf.org/regular.aspx?key=61545852>

En todos los casos el filtro de Hodrick-Prescott se calcula usando la serie expresada en moneda local a precios constantes, desestacionalizada -desde la fuente FMI- y la más larga disponible (al menos 2011.I hasta 2022.I); se usa constante de suavizamiento 1600 la cual es la recomendada para series trimestrales pues logra un adecuado suavizamiento sin ajustar en exceso.

Para cada país se toman las series trimestrales de inversión en niveles, desde 2005.I hasta 2022.I, usando constante de suavizamiento 1600, el cual es el recomendado para frecuencia trimestral. La metodología genera dos series, una serie tendencial o de largo plazo y la otra es el ciclo.

Para la *formación bruta de capital en maquinaria y equipo y en construcción*, se consultó la información de las agencias estadísticas de cada país. Se tomaron las series en moneda local a precios constantes y desestacionalizadas.

*Inversión (Formación Bruta de Capital Fijo) Colombia*, expresada en precios constantes de 2015. Fuente: DANE <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por->

[tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales-por-sector-institucional-cntsi](#)

La *FBK y la FBKF y sus desagregaciones, en Colombia*, empleadas en la sección expresada en pesos de 2015, tienen fuente DANE: ([www.dane.gov.co/](http://www.dane.gov.co/) <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales-por-sector-institucional-cntsi/cuentas-nacionales-trimestrales-por-sector-institucional-cntsi-historicos> ).

*FBKF por tipo de activo y por sector institucional* tiene fuente DANE: [www.dane.gov.co/](http://www.dane.gov.co/) <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales-por-sector-institucional-cntsi/cuentas-nacionales-trimestrales-por-sector-institucional-cntsi-historicos>

La información de evolución del *costo de uso de capital* medido a partir de tarifa normativa de renta implícita en la fuente es Salazar y Zapata (2020).

El *Índice de Precios al Productor, IPP*, de Bienes de Capital fue suministrado por la sección de Estadística de la SPMIE, base diciembre de 2015.

El *índice de Tasa de Cambio Real* corresponde al índice que utiliza las ponderaciones totales de comercio, el IPC como variable de precios y la Tasa Representativa de Mercado con base 2010=100. Las ponderaciones totales corresponden a la participación móvil de orden 12 meses de cada país en el comercio exterior colombiano (importaciones y exportaciones) con los 22 principales socios.

Las series de *demanda agregada* (total y sin inversión privada) tienen como fuente las cuentas nacionales trimestrales del DANE.

El *indicador de confianza industrial* tiene fuente la Encuesta de Opinión Empresarial de Fedesarrollo (<https://www.fedesarrollo.org.co/es/encuestas/empresarial-ee>).

La serie *crédito* es el stock de créditos comerciales a precios corrientes como porcentaje del PIB nominal. La fuente es Banco de la República (créditos comerciales) y DANE (PIB).

*Apertura comercial*: suma de exportaciones más importaciones dividido por el PIB nominal. Todas las series están en miles de millones de pesos corrientes y la fuente es Banco de la República (exportaciones e importaciones) SPMIE-Sector Externo, DANE (PIB) cuentas nacionales, y cálculos propios.

## Anexo 2. Descripción de la metodología de estimación FMOLS y resultados de las pruebas de validación del VEC

Dadas la no estacionariedad débil de las variables incluidas en el modelo uniecuacional, si se estiman las elasticidades de largo plazo de los determinantes de la inversión en maquinaria y equipo a partir de regresión lineal tradicional tendríamos resultados engañosos al usar las pruebas convencionales de Wald para verificar la significancia estadística de dichas elasticidades estimadas, llevando a que se presente una relación falsamente significativa entre estas variables no relacionadas, tal como señala Phillips (1986).

Con el fin de definir el estimador FMOLS de dichas elasticidades, se parte de la representación triangular estándar de la especificación de regresión lineal expresada en forma vectorial para las  $n + 1$  series de tiempo utilizadas ( $y_t, X_t'$ ) con ecuación de cointegración:

$$y_t = X_t' \beta + D_{1t}' \gamma_1 + u_{1t}$$

Donde  $D_{1t}', D_{2t}'$  son regresores de tendencias determinísticas y  $n$  regresores estocásticos  $X_t$  que están gobernados por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$X_t = \Gamma_{21}' D_{1t} + \Gamma_{22}' D_{2t} + \epsilon_{2t}, \text{ con } \Delta \epsilon_{2t} = u_{2t}$$

El vector  $p_1$  de  $D_{1t}$  regresores entra tanto en la ecuación de cointegración como en las ecuaciones que definen a los regresores, en tanto que el vector  $p_2$  de  $D_{2t}$  regresores de tendencias determinísticas que se incluyen en las ecuaciones de los regresores están excluidos de la ecuación de cointegración. Si un regresor sin tendencia como la constante está presente, se supone que es un elemento de  $D_{1t}$ , por lo que no está en  $D_{2t}$ .

Siguiendo a Hansen (1992b) **si existe un solo vector de cointegración**<sup>11</sup>, según Hansen 1992 y Phillips y Hansen 1990, las innovaciones  $u_t = (u_{1t}, u_{2t})$  son estrictamente estacionarias y ergódicas con media cero, matriz de varianza covarianza contemporánea  $\Sigma$ , matriz de covarianza de largo plazo  $\Lambda$  y matriz de varianza covarianza unilateral asociada  $\Omega$ . Estas matrices se particionan de la siguiente forma:

$$\Sigma = E(u_t u_t') = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} \end{bmatrix}'$$

---

<sup>11</sup> Tal como se prueba mediante las estadísticas de Phillips-Ouliaris y de Traza de Johansen del análisis VEC expuesto.

$$\Lambda = \sum_{j=0}^{\infty} E(u_t u'_{t-j}) = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} \\ \lambda_{21} & \Lambda_{22} \end{bmatrix}'$$

$$\Omega = \sum_{j=-\infty}^{\infty} E(u_t u'_{t-j}) = \begin{bmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} \\ \omega_{21} & \Omega_{22} \end{bmatrix} = \Lambda + \Lambda' - \Sigma$$

Se supone que matriz de varianza covarianza  $\Omega$  de largo plazo con rango  $n$  tiene asociada una matriz  $\Omega_{22}$  no singular. En conjunto, los supuestos implican que los elementos de  $y_t$  y  $X_t$  son I(1) y están cointegrados, pero se excluye el supuesto de cointegración entre los elementos de  $X_t$  y, además, de la multicointegración. Phillips y Hansen (1990).

Dada la cointegración entre las series, la estimación mediante OLS estáticos (SOLS) del vector  $\beta$  de cointegración resulta consistente convergiendo a un ritmo más rápido que el estándar según señala Hamilton (1994). Una deficiencia importante del estimador OLS estático (SOLS) es que las estimaciones resultan con una distribución asintótica que generalmente no es gaussiana, exhiben sesgo asintótico, asimetría y son una función de parámetros molestos.

Dado lo anterior, los procedimientos de inferencia estadística sobre los parámetros del vector de cointegración con estadísticas de prueba convencionales no resultan válidos bajo SOLS, a menos que se modifiquen sustancialmente.

La problemática distribución asintótica del estimador SOLS surge debido a la presencia de correlación a largo plazo entre los errores de la ecuación de cointegración y las innovaciones de los regresores y  $\omega_{12}$ , y la correlación cruzada entre los errores de la ecuación de cointegración y los regresores  $\lambda_{12}$ .

Sólo en el caso especial en el que los regresores  $X_t$  resulten estrictamente exógenos de modo que  $\omega_{12} = 0$  y  $\lambda_{12} = 0$ , el sesgo, la asimetría y la dependencia de parámetros molestos desaparece, y el estimador SOLS tendría una distribución de mezcla gaussiana asintótica completamente eficiente que permite la inferencia estadística mediante pruebas estándar tipo Wald utilizando distribuciones límite convencionales.

Por todos los problemas mencionados y dada la especificación anterior, Phillips y Hansen (1990) proponen un estimador que emplea una corrección semiparamétrica para eliminar los problemas causados por la correlación a largo plazo resultante entre la ecuación de cointegración y las innovaciones de los regresores estocásticos. El  $\hat{u}_{2t}$  puede obtenerse indirectamente a partir de las regresiones de niveles

El estimador FMOLS resultante es asintóticamente imparcial y tiene una mezcla asintótica normal totalmente eficiente que permite pruebas de Wald estándar utilizando inferencia a partir de estadísticas de prueba con distribución asintótica chi-cuadrado. Dicho estimador se obtiene de la estimación preliminar de la matriz de varianza covarianza de largo plazo simétrica de los residuos. Así, si  $\hat{u}_{1t}$  son los residuos estimados,  $\hat{u}_{2t} = \Delta\hat{\epsilon}_{2t}$  puede obtenerse indirectamente a partir de la regresión de las variables en niveles:

$$X_t = \hat{\Gamma}'_{2\ 1}D_{1t} + \hat{\Gamma}'_{2\ 2}D_{2t} + \hat{\epsilon}_{2t}$$

o directamente de las regresiones de diferencia

$$X_t = \Delta\hat{\Gamma}'_{2\ 1}D_{1t} + \Delta\hat{\Gamma}'_{2\ 2}D_{2t} + \hat{u}_{2t}$$

Dadas las matrices de varianza covarianza de largo plazo  $\hat{\Omega}$  y  $\hat{\Lambda}$  estimadas a partir de los residuos estimados, se pueden modificar los datos

$$y_t^+ = y_t - \hat{\omega}_{12}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{u}_2$$

y un término estimado de corrección de sesgo

$$\hat{\lambda}_{12}^+ = \hat{\lambda}_{12} - \hat{\omega}_{12}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{\Lambda}_2$$

Dado lo anterior, el estimador FMOLS queda definido por:

$$\hat{\theta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left[ \sum_{t=1}^T Z_t Z_t' \right]^{-1} \left[ \sum_{t=1}^T Z_t y_t^+ - T \begin{bmatrix} \hat{\lambda}_{12}^+ \\ 0 \end{bmatrix} \right]$$

Dónde  $Z_t = (y_t', X_t)'$ . La clave para la estimación de FMOLS es la construcción de estimadores de las matrices de varianza covarianza  $\hat{\Omega}$  y  $\hat{\Lambda}$  de largo plazo<sup>12</sup>, para lo cual se define el siguiente estimador escalar que se interpreta como la varianza de largo plazo estimada de  $\hat{u}_{1t}$  condicional a  $\hat{u}_{2t}$ . Además, es posible aplicar corrección por grados de libertad a  $\hat{\omega}_{12}$  y llevar a cabo pruebas tipo Wald sobre restricciones lineales a  $\theta$ .

$$\hat{\omega}_{12} = \hat{\omega}_{11} - \hat{\omega}_{12}\hat{\Omega}_{22}^{-1}\hat{\omega}_{21}$$

---

<sup>12</sup> En el software Eviews se puede realizar esta estimación mediante un enfoque de kernel (no preblanqueado) con un kernel Bartlett y un ancho de banda fijo tipo Newey-West, permitiendo cambiar la configuración de preblanqueo o kernel, en el cálculo de varianza de largo plazo.

**Validación estadística de la especificación del Modelo VEC -Resultados de las pruebas para los diferentes contrastes de hipótesis-**

**Cuadro A1. Pruebas sobre las propiedades estadísticas muestrales de las variables incluidas en el VEC**

Hipótesis nula H0:	Grados de libertad	VC $c^2$ Al 10% significancia	Estadística $c^2$ para <i>LnCUK</i>	Estadística $c^2$ para <i>LnRer</i>	Estadística $c^2$ para <i>ICI</i>	Estadística $c^2$ para <i>LnIM&amp;E</i>	Estadística $c^2$ para <i>LnDda_sip</i>
Exclusión del vector de CI	1	2.71	19.84	10.27	24.06	8.42	7.39
Estacionariedad	4	7.78	43.91	50.41	27.46	48.25	52.89
Exogeneidad débil	1	2.71	0.74	4.61	6.15	2.22	3.46

**Cuadro A2. Pruebas sobre inclusión de componentes determinísticas con un solo vector de CI**

Hipótesis nula H0: tipo de parametrización bajo 1 Vector de CI	NONE	CIMEAN	DRIFT	CIDRIFT
VC al 10% de Significancia	36.58	49.92	43.84	58.96
Estadística de Traza (Cheung-Lai)	26.60	43.91	33.21	47.81

**Cuadro A3. Estadísticas Multivariadas**

<i>Ln</i> [DET(SIGMA)]	-26.80
Criterios de Información: SC	-16.37
HQ	-19.60
Traza Correlación	0.65

**Cuadro A4. Pruebas de No autocorrelación**

Tipo de prueba	Estadística de prueba	p-val
<i>L-B(14) c<sup>2</sup> (220)</i>	383.53	0.00
<i>LM(1) c<sup>2</sup> (25)</i>	24.05	0.52
<i>LM(4) c<sup>2</sup> (25)</i>	34.90	0.09

**Cuadro A5. Prueba de Normalidad multivariada**

Doornik & Hansen <i>c<sup>2</sup>(10)</i>	7.37	p-val = 0.69
---	------	--------------

