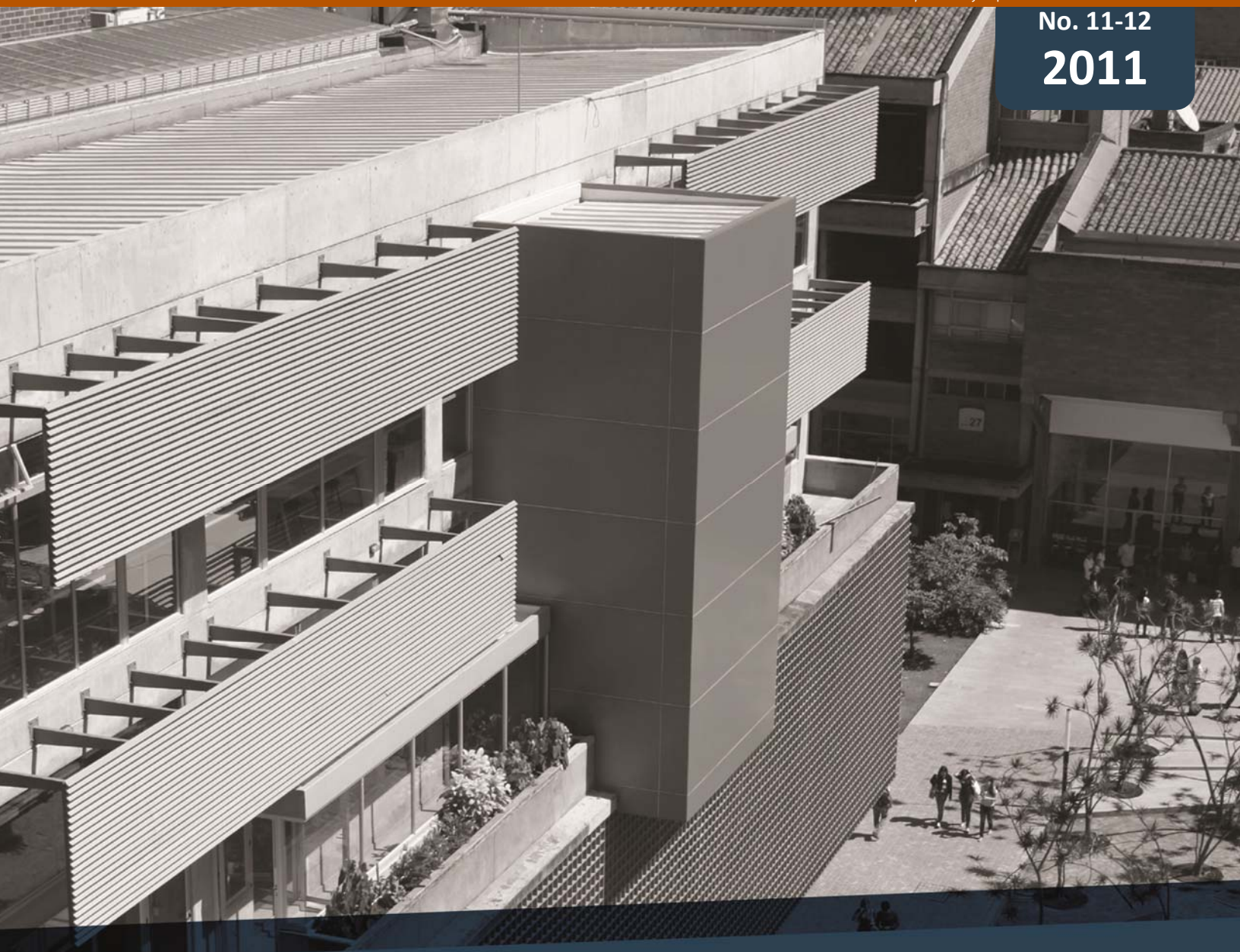


No. 11-12

2011



## LA TRANSMISIÓN DE LA POLÍTICA MONETARIA EN COLOMBIA: LA INVERSIÓN

*Andrés Ramírez Hassan*

*Jesús Botero García*

*Diana Gutiérrez*

Documentos de trabajo

# Economía y Finanzas

Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (CIEF)



**UNIVERSIDAD  
EAFIT**  
Abierta al mundo

# **La transmisión de la política monetaria en Colombia: la inversión**

**Jesús Botero  
Andrés Ramírez  
Diana Gutiérrez**

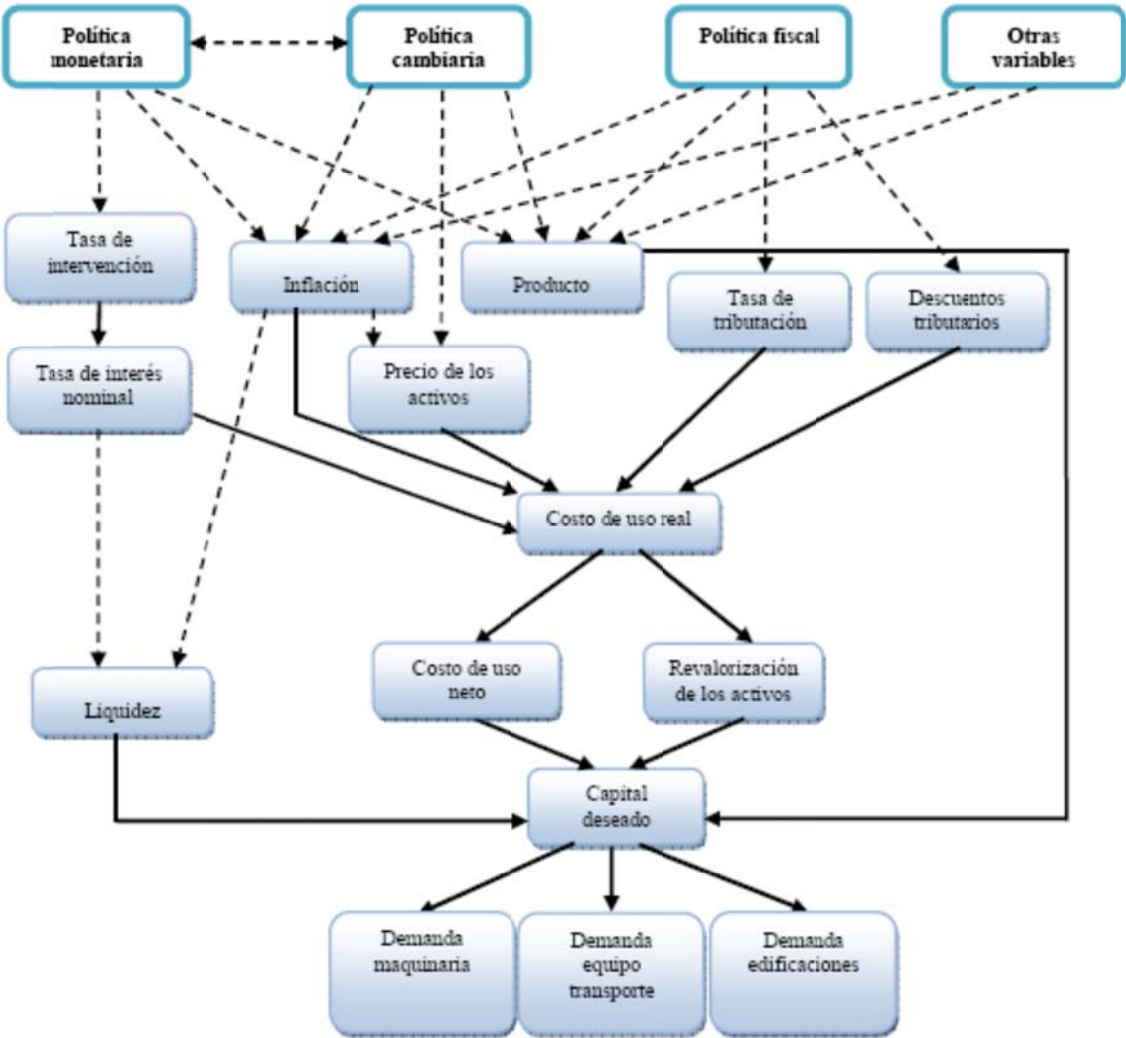
## **1 Introducción**

Aunque el impacto de la tasa de interés sobre la inversión en activos productivos es una de las razones esenciales de la política monetaria, son escasos los resultados de estudios en Colombia que cuantifican ese impacto. Desde el clásico artículo de Ocampo, Londoño y Villar (1988), en el que se encuentra que la inversión no responde a la tasa de interés, sólo los estudios que evalúan su efecto a través del costo de uso han encontrado resultados significativos: Fainboim (1990) encuentra elasticidades de la inversión respecto al costo de uso entre -0,25 y -0,6, aunque reporta también que en las estimaciones en que se usan como variables explicativas los componentes del costo de uso, “se encontró que la tasa de interés real no afecta la inversión, resultado que coincide con el de estudios anteriores”; Botero, Ramírez y Palacio (2007) por su parte encuentran una elasticidad reducida de la inversión al costo de uso, pero no calculan expresamente la contribución de la tasa de interés a ese resultado.

El presente capítulo pretende revisar en detalle el mecanismo mediante el cual la tasa de interés incide sobre la inversión que se realiza en activos productivos distintos a vivienda. El esquema conceptual se resume en la Figura 1, que destaca en líneas de trazo continuo las relaciones funcionales incorporadas en el modelo, y que opera básicamente de la siguiente manera: las decisiones de política monetaria (específicamente, la determinación de la tasa de intervención del Banco de la República); de política cambiaria (todas aquellas decisiones que afectan la tasa de cambio, y por su intermedio el precio de los activos); y de política fiscal (a través de la tasa de tributación y de los descuentos tributarios por inversión o por depreciación) al tiempo que inciden en el nivel de producción y precios de la sociedad, determinan también, junto con otros factores que afectan el precio relativo de los activos, el costo de uso del capital. Este costo (que para efectos analíticos se descompone en un costo de uso básico, equivalente a la tasa de descuento de mercado ajustada por la depreciación, el riesgo y los descuentos tributarios; y en un factor de valorización de

los activos productivos, que incorpora los efectos de la inflación sobre la decisión de inversión<sup>1)</sup> determina el retorno exigido a una unidad de capital adicional para ser efectivamente instalada. Haciendo explícito este retorno en términos de la relación entre producción y capital, es posible formalizar esa condición en una ecuación que relaciona el acervo de capital deseado con los componentes del costo de uso y con el nivel de producción, y que expresaría la condición básica de inversión dados mercados de capital perfectos.

Figura 2. Esquema Conceptual



Fuente: Construcción propia

Ahora bien, la capacidad de ajustar el acervo real de capital al acervo deseado está probablemente limitada por los recursos de que disponen las entidades que realizan la inversión. Por ello se incluye

<sup>1</sup> Esta descomposición no es extraña en la literatura, aunque el segundo término se relaciona generalmente al valor futuro de la empresa: corresponde por ejemplo a la Ecuación 19 de Abel y Eberly (1994), que incluye además la reducción marginal del costo de ajuste del capital; y a la Ecuación 7 de Chirinko y Schaller (2008).

una variable indicativa de esa disponibilidad (que se define a partir de la renta neta de impuestos y pagos al capital de las sociedades no financieras) haciendo que el capital deseado dependa no sólo del costo de uso básico, la revalorización de los activos, y el nivel de producción, sino también del indicador de liquidez disponible.

La Figura 1 muestra también otra especificidad del modelo: asume que el capital total está conformado por diversos componentes, que no son perfectamente sustituibles entre ellos. En particular, el modelo considera tres tipos de capital: maquinaria y equipo; equipo de transporte; y construcciones y edificaciones distintas a vivienda. La agregación se representa mediante una forma funcional flexible (la función translogarítmica de costos) y permite estudiar las relaciones entre las distintas formas de inversión como un problema de minimización de costos, dada la relación de sustituibilidad imperfecta entre los tipos de activos. Por ello el modelo, una vez determina el capital deseado, plantea a continuación la forma como éste se reparte entre sus componentes, y la velocidad de ajuste que cada uno de ellos exhibe.

El presente capítulo describe en detalle el modelo y su estimación, y reporta algunos ejercicios de simulación que ilustran su funcionamiento. Para fijar en general las ideas, la segunda sección se ocupa del análisis descriptivo de la inversión en Colombia, y reseña brevemente la literatura disponible; la tercera sección formula explícitamente el modelo; la cuarta sección se ocupa de la construcción de las series; la quinta sección aborda su estimación; la sexta sección reporta ejercicios de simulación, y la última sección presenta las conclusiones.

## **2 La inversión en Colombia**

En Colombia, la formación bruta de capital (FBK) como porcentaje del producto interno bruto (PIB), se ha mantenido por debajo del promedio mundial y del promedio de la región, como lo muestra el CUADRO 1, que compara el crecimiento promedio del PIB entre 1970 y 2006, y la FBK como porcentaje del PIB en el mismo período. Mientras en el mundo, la FBK ha representado el 23,19% del PIB y en América Latina y el Caribe el 21,04%, en Colombia sólo alcanza el 19,04%. El nivel es igualmente bajo si se compara con el alcanzado por aquellos países que han logrado un crecimiento promedio superior al 5%, como el Sudeste Asiático (que creciendo a una tasa media del 7,85% muestra una relación FBK como porcentaje del PIB del 33,3% en el período considerado) y

con los países de ingresos altos que no pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (con un crecimiento del 5,6% y una participación de la FBK en el PIB del 25.06%).

**Cuadro 1. Formación Bruta de Capital (FBK) y crecimiento del producto interno bruto (PIB), 1970 – 2006**

Grupos de países o países	Crecimiento del PIB (%)			FBK (% del PIB)		
	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Asia del Este y Pacífico	7,85	2,33	0,30	33,30	3,98	0,12
Europa y Asia Central	1,52	5,05	3,31	22,48	2,70	0,12
Zona Euro	2,61	1,56	0,60	22,59	2,43	0,11
Países altamente endeudados	2,80	1,88	0,67	17,45	1,81	0,10
Países de ingresos altos	3,01	1,45	0,48	22,77	1,85	0,08
Países de ingresos altos que no están en OCDE*	5,60	3,37	0,60	25,06	3,29	0,13
Países de ingresos altos de la OCDE*	2,92	1,44	0,49	22,67	1,86	0,08
América Latina y el Caribe	3,42	2,59	0,76	21,04	2,18	0,10
Países menos desarrollados (Clasificación de Naciones Unidas)	3,57	2,09	0,59	16,64	3,28	0,20
Países en desarrollo: ingreso per cápita. menor a 11.455**	4,39	1,65	0,38	25,32	1,53	0,06
Países de ingresos bajos: ingreso per cápita menor a 935**	3,69	2,11	0,57	18,92	2,07	0,11
Países ingreso medio bajo: ingreso per cápita entre 936 y 3.795**	5,92	1,48	0,25	29,27	3,09	0,11
África del norte y Este medio	4,08	3,35	0,82	26,36	2,64	0,10
Países ingreso medio: ingreso entre 936 y 11.455**	4,43	1,68	0,38	25,74	1,57	0,06
Sur del África	4,99	2,59	0,52	21,60	4,11	0,19
África del subsahariana	3,10	2,10	0,68	20,44	3,38	0,17
Ingreso medio alto: entre 3.795 y 11.455**	3,26	2,41	0,74	22,02	2,27	0,10
Mundo	3,24	1,35	0,42	23,19	1,50	0,06
Argentina	2,34	6,02	2,57	20,51	4,66	0,23
Brasil	4,13	4,34	1,05	20,14	3,13	0,16
Chile	4,39	5,23	1,19	20,69	4,67	0,23
<b>Colombia</b>	<b>3,98</b>	<b>2,40</b>	<b>0,60</b>	<b>19,04</b>	<b>2,78</b>	<b>0,15</b>
Ecuador	4,01	3,82	0,95	20,51	2,95	0,14
México	3,82	3,64	0,95	22,44	2,05	0,09
Perú	2,89	5,41	1,87	21,68	4,69	0,22
Uruguay	2,12	5,14	2,43	15,96	4,91	0,31
Venezuela	2,49	5,74	2,31	24,89	7,99	0,32

\* Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

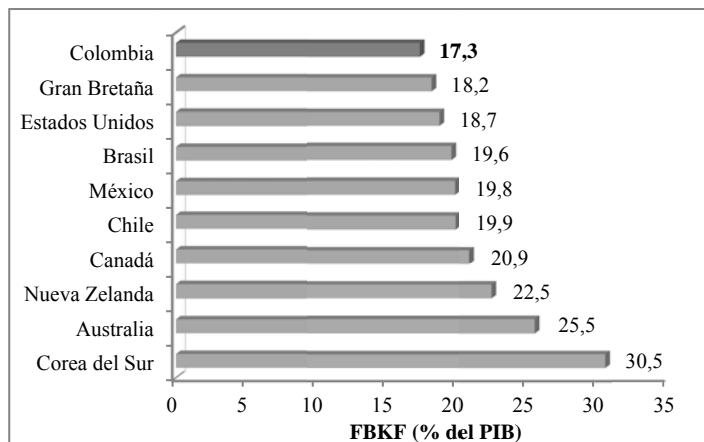
\*\*Los ingresos están en dólares de 2007

Fuente: *World Development Indicators* (WDI) 2008

En cuanto a la formación bruta de capital fijo (FBKF) ha fluctuado entre el 15 y 20% del PIB, con excepción de los períodos 1994-1997 (en 1994 se alcanzó un nivel máximo del 23,3%) y 1999-2001 (en el que llegó al mínimo reciente del 12,6%). El

GRÁFICO 1 muestra este comportamiento, comparado con un grupo selecto de países de referencia frente a los cuales el indicador colombiano es bajo, especialmente si se compara con Corea del Sur y Australia, en que la FBKF como porcentaje del PIB alcanza en promedio el 30,5% y el 25,5%, respectivamente.

**Gráfico 1. Promedio de la formación bruta de capital fijo (FBKF) como porcentaje del PIB en el periodo 1970 – 2005**



Fuente: WDI 2008

La evolución más reciente de la inversión indica una creciente participación en el PIB, como lo ilustra el

CUADRO 2, en el que se combina información de Cuentas Nacionales Anuales base 2000 con información de Cuentas Trimestrales para calcular la FBK como porcentaje del PIB en lo corrido de la presente década.

**Cuadro 2. FBK como porcentaje del PIB en Colombia.**

	Precios corrientes	Precios constantes de 2000	
	FBK (% del PIB)	FBK (% del PIB)	FBKF (% del PIB)
2000	15,7	15,7	13,0
2001	16,7	16,5	14,0
2002	17,2	16,5	14,7
2003	18,9	18,1	16,0
2004	20,1	19,5	17,4
2005	21,6	22,1	19,9
2006	24,3	24,7	21,9

2007	24,9	27,7	23,9
------	------	------	------

Fuente: Cuentas Nacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).  
Construcción propia.

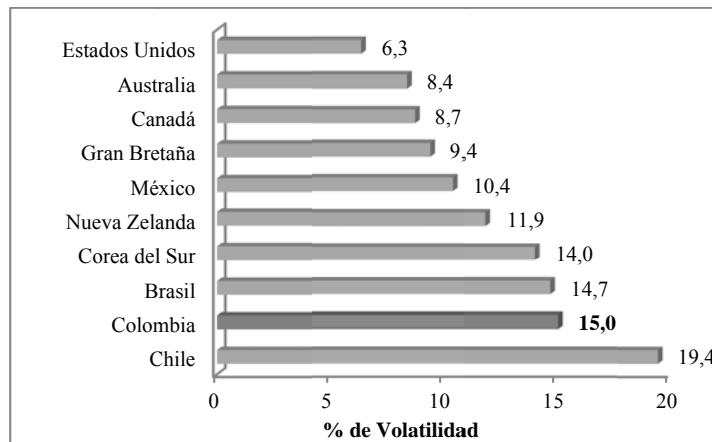
Medido en términos reales, en pesos de 2000, la FBK como porcentaje del PIB ha alcanzado un nivel del 27,7% del PIB, que puede considerarse destacado para los estándares del país. Pero si se considera el indicador en términos nominales (el porcentaje del PIB que se ha dedicado a la inversión), entonces sólo representa el 24,9%. Es decir, destinando el 24,9% del PIB a la inversión se han adquirido bienes que, a pesos de 2000, hubiesen requerido de un gasto de casi 3 puntos porcentuales adicionales del PIB para su adquisición. Ello refleja el efecto de la reducción relativa en el precio de los bienes de capital, que ha sido una fuente importante de crecimiento en el mundo<sup>2</sup>, y que en Colombia ha tenido un efecto moderado, afectado además por las fluctuaciones en la tasa de cambio, que incide en los precios dado el alto componente importado de la maquinaria y equipo<sup>3</sup>. Pero la inversión en Colombia no sólo es baja, es también volátil, como lo ilustran el GRÁFICO 2 y el

GRÁFICO 3, que presentan el coeficiente de variación de la inversión neta, es decir, de la FBKF en el mismo grupo de países.

**Gráfico 2. Volatilidad de la inversión (FBKF), 1970 – 2006\***

<sup>2</sup> Greenwood *et al.* (1997) estiman, por ejemplo, que un 60% del crecimiento de la productividad en Estados Unidos entre 1954 y 1990, puede ser atribuido al cambio tecnológico específico en inversión, que se refleja en una reducción tendencial del precio de los equipos de más del 3% anual en dicho período.

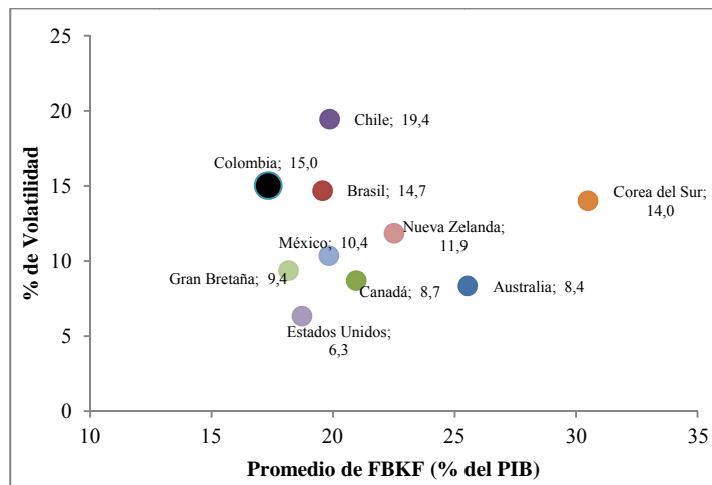
<sup>3</sup> El precio de la maquinaria y equipo, deflactado por el Índice de Precios al Productor (IPP), ha caído a una tasa anual del 0,8% entre 1969 y 2006. Entre 2000 y 2006 dicha tendencia se ha acelerado, decreciendo a una tasa anual del 4%. Pero el precio de las edificaciones distintas a vivienda se ha incrementado en este mismo período a una tasa anual del 3,5%.



\* La volatilidad de la inversión es la relación entre la desviación estándar y la media

Fuente: WDI 2008

**Gráfico 3. Volatilidad de la inversión vs. Promedio de FBKF, 1970 – 2006**



\* La volatilidad de la inversión es la relación entre la desviación estándar y la media

Fuente: WDI 2008.

Ahora bien, ¿qué explica los auge de la inversión, y su caída a finales de la década de los noventa?

El CUADRO 3 y el GRÁFICO 4 ilustran la evolución de la inversión en los últimos cinco lustros:

**Cuadro 3. FBKF, crecimiento y costo de uso. Colombia**

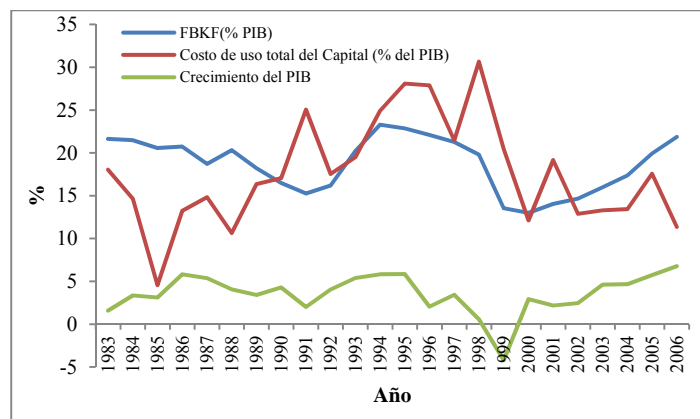
	FBKF (% PIB)	Costo de uso total (%)	Crecimiento del PIB (%)
1983-1987	20.6	13.1	3.8
1988-1992	17.3	17.3	3.6
1993-1997	21.9	24.4	4.5



1998-2002	15.0	19.1	0.8
2003-2006	18.8	13.9	5.4

Fuente: Construcción propia.

**Gráfico 4. Evolución de la FBKF, el costo de uso y el PIB. Colombia, 1983-2006**



Fuente: Construcción propia.

La caída de la FBKF como porcentaje del PIB a finales de la década de los ochenta, parece estar relacionada con el incremento en el costo de uso del capital (que estuvo asociado a su vez a un incremento importante de la tasa de tributación efectiva de las sociedades, que pasó de un promedio del 8,6% al 15,9%<sup>4</sup>). Su posterior recuperación (en la apertura económica del gobierno de Cesar Gaviria) parece reflejar, en cambio, un efecto “acelerador”: la inversión crece, jalonada por el crecimiento del PIB (que alcanza un promedio del 5,7% en el período 1993-1995), pero el creciente costo de uso del capital termina por abatir el dinamismo de la inversión, que se precipita a niveles inferiores del 15% del PIB entre 1999 y 2002. La recuperación posterior (que refleja, sin duda, un conjunto complejo de circunstancias favorables en la economía lleva la inversión fija a niveles del 23,9% del PIB en 2007) se ve beneficiada por el ajuste en el costo de uso, que pasa de niveles del 19,2% en 2001, a 11,3% en 2006.

En la disminución del costo de uso confluyen diversos factores, como lo muestra el

<sup>4</sup> La tasa de tributación efectiva se ha calculado a partir de las Cuentas de las sociedades y cuasiesociedades no financieras privadas, en las Cuentas Nacionales de Colombia. Se define como el cociente entre los impuestos corrientes sobre el ingreso (netos de descuentos por inversión) y el excedente bruto de explotación.

CUADRO 4, que calcula el impacto de los cambios en las variables que componen el costo de uso sobre éste, entre 2001 y 2006<sup>5</sup>.

**Cuadro 4. Descomposición del cambio en el costo del uso en puntos porcentuales, 2001 – 2006**

Concepto	Valor en 2001, % en términos netos	Valor en 2006, % en términos netos	Diferencia logaritmos	Elasticidad del costo de uso a la variable	Contribución al cambio total (%)	Participación en el cambio total (%)
	A	B	C $C = \ln(1+A) - \ln(1+B)$	D	E $E = C * D$	F $F = E / \sum E$
Política monetaria						
Tasa de interés nominal*	20,7	12,9	-6,7	1,0	-6,9	98,0
Inflación	7,7	4,5	-3,0	-0,2	0,5	-6,8

<sup>5</sup> El cálculo parte de la descomposición de la variación total del costo de uso a partir de una aproximación logarítmica. Véase el Anexo 1.

Variación del precio de los activos	7,4	5,9	-1,4	-0,9	1,2	-17,5
Subtotal					-5,2	73,7
Política fiscal						
Tasa de tributación efectiva	21,5	21,9	0,3	0,2	0,1	-1,0
Descuentos tributarios	12,0	29,2	14,3	-0,2	-2,9	41,3
Subtotal					-2,9	40,3
Precio relativo de los activos**	98,2	101,3	3,1	0,2	0,5	-7,1
Depreciación	5,1	5,6	0,5	1,0	0,5	-6,9
<b>Costo de uso</b>	19,2	11,3			-7,1	

\* Tasa de interés del mercado.

\*\* El precio relativo de los activos está en términos brutos.

Fuente: construcción propia.

La variación de la tasa de interés (que depende de la tasa de interés nominal y del impacto de la inflación sobre los precios de los bienes y de los activos) explica una caída de 5,2 puntos porcentuales en el costo de uso. La reducción en la tasa de interés real es, en parte, producto de la política monetaria (que llevó la tasa de intervención del Banco de la República de un nivel del 12% a principios del 2001 al 6% en abril de 2006), pero también refleja condiciones favorables de los mercados financieros en la fase expansiva del ciclo económico mundial y la reducción de la prima de riesgo país, que llevó al Embi+ de Colombia de niveles de 776 puntos básicos a principios del 2001, a 196 puntos básicos a finales de 2006. La política de descuentos tributarios por inversión explica, por su parte, una caída de 2,9 puntos porcentuales en el costo de uso. Estos efectos tuvieron una compensación parcial en el precio de los activos (cuyo nivel relativo se incrementó en el período, aún a pesar de una reducción en el precio relativo de la maquinaria y equipo) y en el aumento de la tasa de depreciación del acervo total de capital, debida a cambios en la composición de dicho acervo.

Estos datos sugieren el impacto del costo de uso del capital sobre la inversión, por lo menos en lo que a sus variaciones de baja frecuencia se refiere. En este sentido, parece haber un consenso en la literatura acerca de que la teoría neoclásica de la inversión, y particularmente la versión relacionada con el trabajo de Hayashi (1982) sobre la  $q$  de Tobin no es inconsistente con las variaciones de baja frecuencia de las series de inversión<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Ver Caballero (1999) para una discusión del papel del costo de uso en los modelos de largo plazo de acumulación de capital.

Las estimaciones de la elasticidad al costo de uso en la literatura se encuentran entre el rango de -0,2 y -1,5, pero dependen del país, muestra y metodología. Cabe destacar que los trabajos desarrollados están realizados para muestras a nivel de empresa, y además, muy pocos han trabajado la elasticidad de la inversión a la tasa de interés. Taylor (1999) calcula semielasticidades de la demanda de inversión no residencial con respecto a la tasa de interés real para los países del Grupo de los Siete (G7), a partir de un modelo econométrico estimado sobre datos trimestrales para un período que incluye las recesiones de los años setenta y principios de la década de los ochenta, y parte del auge que terminó a principios de los años noventa: en el corto plazo, sus valores van desde -0,13 en el Reino Unido hasta -0,44 en Japón, no siendo significativamente distinta de cero para Francia. Las elasticidades de largo plazo se elevan hasta -6,24, en el caso de la inversión no residencial en infraestructura en Estados Unidos (véase el

CUADRO 5).

**Cuadro 5. Resumen de la literatura**

País	Autor	Año	Elasticidad de la inversión al costo de uso	Elasticidad de la inversión a tasa de interés	Descripción
Australia	Cava	2005	Entre -0,6 y -0,67	-	Muestra de 300 firmas listadas en la Australian Stock Exchange para el período 1990 – 2004
Hungría	Kátay y Wolf	2004	Entre -0,76 y -0,82	-	Ejercicio de datos de panel para el período 1993 – 2002
Francia	Chatelain y Tiomo	2003	-0,26	-0,16	Muestra de 6946 empresas de diversos sectores para el período 1990 – 1999
Finlandia	Vilmunen	2002	-0,35 Entre -0,035 y -0,081	-	El rango de la elasticidad aplica cuando el ejercicio es realizado con una muestra de las 500 mayores empresas de la economía en el período 1986 – 1999
Alemania, Francia, Italia y España	Chatelain, Generale, Hernando, Kalckreuth y Vermeulen	2002	-1,21, 0,02, -0,63 y -1,49, respectivamente	-	Datos de panel a nivel de firma, y en la especificación del modelo se involucran restricciones de liquidez medidas a través del flujo de caja de las firmas
Alemania	Kalckreuth	2001	-	-4	Muestra de 6408 firmas para el período 1988 – 1997. Efecto de la tasa de interés a través: 1) costo de uso del capital, y 2) flujo de caja de las firmas
Estados Unidos, Francia, Japón e Inglaterra	Taylor*	1999	-	Corto plazo entre -0,13 y -0,44 y largo plazo entre -0,49 y -6,24	Estima los parámetros a partir de información trimestral de los países sobre un periodo que incluye las recesiones mundiales de los años setenta y principios de la década de los ochenta y parte de la gran expansión que terminó a principios de

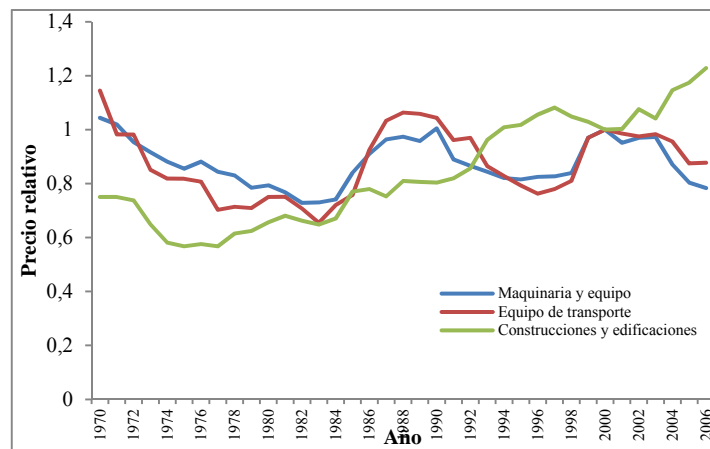
\* La estimación econométrica se obtiene sobre datos trimestrales.

Fuente: Construcción propia.

Ahora bien, dadas las restricciones de información existentes, el enfoque empleado en el presente estudio es un enfoque agregado, que parte del modelo neoclásico básico. Incluye consideraciones acerca de algunos de los aspectos de la inversión que han sido enfatizados en la literatura reciente, como la irreversibilidad de la inversión y las restricciones de crédito. La importancia de estas últimas en las decisiones de inversión de las empresas en Colombia se muestra en como el de Arbeláez y Echavarría (2002). En cuanto a lo primero, se discrimina, en el costo de uso, la parte del mismo que está asociada a la revalorización de los activos productivos, sugiriendo que los empresarios no dan por sentada la posibilidad de realización plena de los activos en que han invertido. En cuanto a lo segundo, se incluye una variable representativa de la disponibilidad de fondos de las empresas.

El modelo incluye además un tratamiento diferenciado para los distintos tipos de activos productivos que conforman el acervo de capital. La evolución de los precios de estos activos es muy heterogénea (véase el GRÁFICO 5), lo que hace conveniente disponer de un modelo en el que se considere de manera expresa el impacto de esos precios sobre las decisiones de inversión.

**Gráfico 5. Evolución del precio relativo de los bienes de capital. Colombia, 1970-2006**

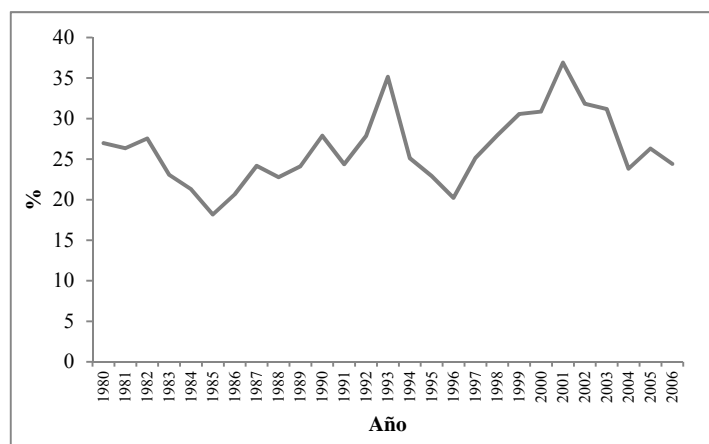


Fuente: Construcción propia.

Los períodos en los cuales los precios relativos de la maquinaria y equipo y del equipo de transporte muestran reducciones significativas, son también períodos en los cuales se incrementa el precio de

las construcciones y edificaciones, limitando su efecto sobre la acumulación de capital. Estos movimientos están probablemente asociados a la tasa de cambio, dado que, en Colombia, una porción importante de los bienes de capital es importada, como lo ilustra el GRÁFICO 6.

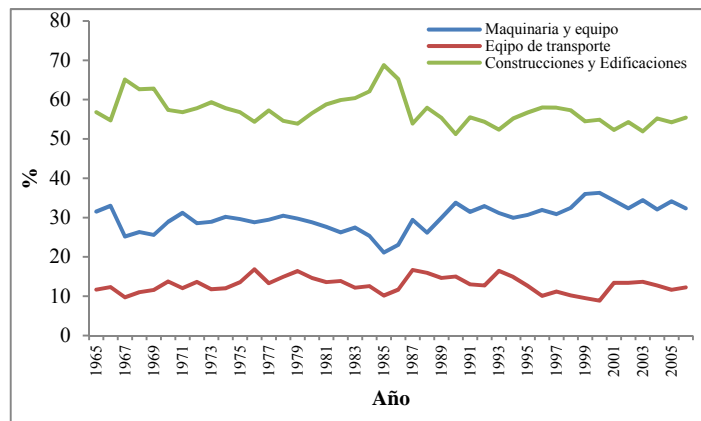
**Gráfico 6. Importaciones de bienes de capital como porcentaje de la FBKF. Colombia, 1980 - 2006**



Fuente: DANE y WDI 2008

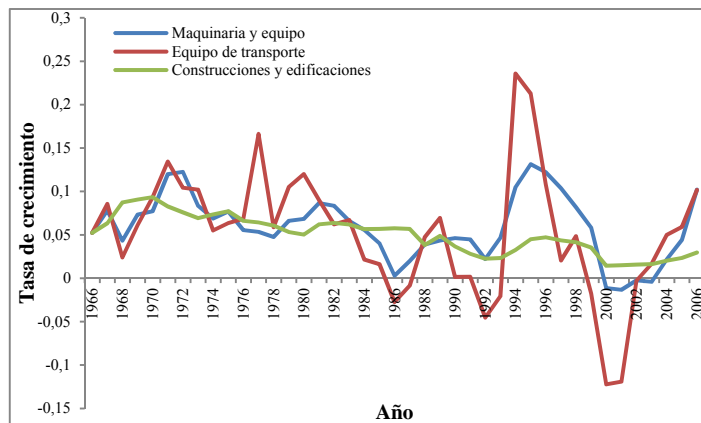
Ahora bien, esas variaciones en los precios relativos de los activos parecen haber incidido tanto en la composición de la inversión, como en la evolución del capital. Como lo muestra el GRÁFICO 7, desde mediados de la década de los ochenta la participación de maquinaria y equipo en la inversión nominal ha tendido a incrementarse, en conexión, probablemente, con la reducción en el precio relativo de esos activos. No obstante, las fluctuaciones cíclicas (que se reflejan en la variabilidad de la tasa de crecimiento del acervo de capital, ilustrada en el GRÁFICO 8) han sido muy pronunciadas, y los efectos globales del abaratamiento de la maquinaria y equipo sobre la productividad pueden haberse compensado parcialmente por el incremento de precio de las edificaciones, lo que hace recomendable un modelo que haga explícitos los efectos precio de los distintos tipos de activos.

**Gráfico 7. Participación por tipo de activo en la inversión nominal. Colombia, 1965 - 2006**



Fuente: Construcción propia.

**Gráfico 8. Crecimiento del acervo de capital. Colombia, 1965 - 2006**



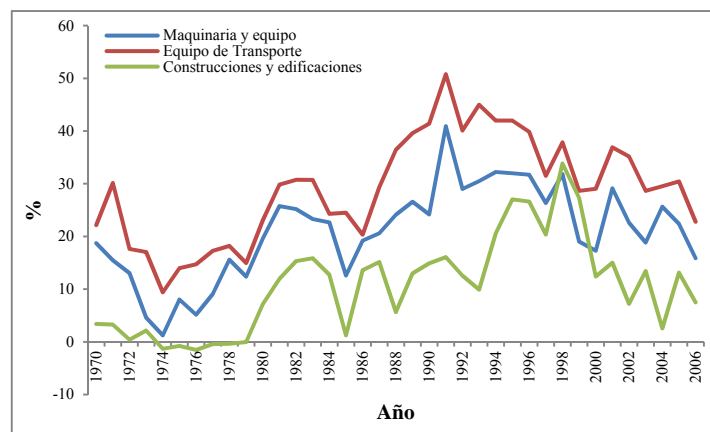
Fuente: Construcción propia.

Así, mientras el costo de uso ha cumplido un papel importante en la evolución de la inversión agregada, el precio de los distintos tipos de activos ha determinado la composición de la inversión y del capital. El modelo recoge estos efectos y los resume en un indicador de precios agregado que forma parte del costo de uso general del capital. No obstante, es ese costo de uso (y no el costo de uso de cada tipo de activos) el que resulta relevante en el momento de invertir. En efecto, el capital es un agregado complejo de activos, que deben acoplarse en el proceso productivo. Por ello, reducciones de precio de un activo pueden compensarse con aumentos de otro, y su efecto neto puede ser incierto. Por ejemplo, en el mismo período 1993-1998 el costo de uso de las edificaciones se incrementó considerablemente, pasando del 9,9% en 1993 a 33,8% en 1998, como lo muestra el



GRÁFICO 9. Por lo tanto, el enfoque adecuado es aquel que resume todos los efectos en el costo de uso general, para después incorporar los efectos precio en la asignación de la inversión por tipo de activo, dada la sustituibilidad posible entre los activos.

**Gráfico 9. Evolución del costo de uso por tipo de activo. Colombia, 1970 - 2006**



Fuente: Construcción propia.

El costo de uso resume los efectos conjuntos de la política monetaria, de la política fiscal y de los factores que afectan el precio de los activos, y se constituye en la señal esencial que los agentes

económicos reciben para sus decisiones de inversión. El efecto de la tasa de interés sobre la inversión se da a través del costo de uso del capital

### 3 El modelo

Para el análisis del efecto de la tasa de interés sobre la inversión se propone un análisis a nivel agregado en el cual se analiza el efecto del costo de uso del capital sobre la inversión en: 1) maquinaria y equipo, 2) equipo de transporte, y 3) otras edificaciones, obra civil y mejora de tierra. Las series son anuales e involucran el período 1970 – 2006. Para este ejercicio el modelo teórico propuesto se fundamenta en el marco neoclásico básico, es decir, sin consideraciones de costos de ajuste convexo o no convexo y sin considerar incertidumbre asociada al fenómeno.

El punto de partida es una función de producción en dos niveles: en el segundo, los tipos de capital (maquinaria, equipo de transporte y construcciones) se agregan para generar el acervo de capital agregado; en el primero, el acervo de capital agregado determina (junto con el trabajo empleado) la producción total.

La inversión óptima se determina en el primer nivel, maximizando el flujo de ganancias, neto del gasto en inversión. Una vez determinado el acervo óptimo, se determina la demanda de inversión de cada tipo de capital. Para tal procedimiento, se asume que el inversionista minimiza el costo de la inversión, sujeto a una función translogarítmica de costos.

El problema de la inversión óptima puede plantearse como la determinación de una serie de inversión que maximice:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{Max}_{I_t, L_t} \sum_{t=s}^{\infty} \beta^{t-s} ((1 - \tau_e)(p_t f(A_t, K_t, L_t) - w_t L_t) - r_t(1 - \theta)I_t) \\
 & \mathbf{Sujeto\ a} : \quad K_{t+1} = (1 - \delta_t)K_t + I_t \\
 & \quad \quad \quad A_t = A_0(1 + g)^t \exp(\mu)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Donde:

$$\beta = \frac{1}{1+i} \quad (2)$$

$i$ : Tasa nominal de descuento. En este caso, la tasa de interés nominal activa

$K_t$ : Acervo de capital agregado en el período  $t$

$L_t$ : Trabajo en el período  $t$

$I_t$ : Inversión agregada en el período  $t$

$A_t$ : Productividad en el período  $t$

$\tau_e$ : Tasa efectiva de impuestos de las empresas

$p_t$ : Precio del producto en el período  $t$

$w_t$ : Salario en el período  $t$

$r_t$ : Precio de los activos en el período  $t$

$\delta_t$ : Tasa de depreciación en el período  $t$

$g$ : Tasa de crecimiento de la productividad

$\mu$ : Perturbación estocástica, ruido blanco

$\theta$ : Tasa de descuento tributario aplicable a la inversión. Se calcula a partir de la tasa de descuento tributario de cada tipo de activo, que incluye los descuentos por inversión y las deducciones por depreciación.

La ecuación de Bellman es:

$$V(K_t) = \underset{I_t, L_t}{\text{Max}} (1 - \tau_e)(p_t f(A_t, K_t, L_t) - w_t L_t) - r_t(1 - \theta)I_t + \beta V(K_{t+1}) \quad (3)$$

Las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\partial V(K_t)}{\partial L_t} = (p_t f_L(A_t, K_t, L_t)) - w_t = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial V(K_t)}{\partial I_t} = -r_t(1 - \theta) + \beta \frac{\partial V(K_{t+1})}{\partial K_{t+1}} = 0 \quad (5)$$

Por otra parte:

$$\frac{\partial V(K_t)}{\partial K_t} = (1 - \tau_e) p_t f_K(A_t, K_t, L_t) + (1 - \delta_t) \beta \frac{\partial V(K_{t+1})}{\partial K_{t+1}} \quad (6)$$

Reemplazando (5) en (6):

$$\frac{\partial V(K_t)}{\partial K_t} = (1 - \tau_e) p_t f_K(A_t, K_t, L_t) + r_t(1 - \theta)(1 - \delta_t) \quad (7)$$

Iterando un período:

$$\frac{\partial V(K_{t+1})}{\partial K_{t+1}} = (1 - \tau_e) p_t(1 + \pi) \frac{\partial f(A_{t+1}, K_{t+1}, L_{t+1})}{\partial K_{t+1}} + r_t(1 + \pi_p)(1 - \theta)(1 - \delta_t) \quad (8)$$

Donde:

$$\begin{aligned} p_{t+1} &= p_t(1 + \pi) \\ r_{t+1} &= r_t(1 + \pi_p) \end{aligned} \quad (9)$$

Con:

- $\pi$ : Tasa de variación de los precios
- $\pi_p$ : Tasa de variación del precio de los activos

Ahora, reemplazando (8) en (5).

$$r_t(1 - \theta) - \beta r_t(1 + \pi_p)(1 - \theta)(1 - \delta_t) = \beta(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi) \frac{\partial f(A_{t+1}, K_{t+1}, L_{t+1})}{\partial K_{t+1}} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(A_{t+1}, K_{t+1}, L_{t+1})}{\partial K_{t+1}} &= \frac{r_t(1 - \theta)(1 - \beta(1 + \pi_p)(1 - \delta_t))}{\beta(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi)} = \frac{r_t(1 - \theta) \left( \frac{1 + i - (1 + \pi_p)(1 - \delta_t)}{1 + i} \right)}{\frac{(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi)}{1 + i}} \Rightarrow \\ \frac{\partial f(A_{t+1}, K_{t+1}, L_{t+1})}{\partial K_{t+1}} &= \frac{r_t(1 - \theta)(i - \pi_p + \delta_t + \delta_t \pi_p)}{(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi)} \end{aligned} \quad (11)$$

La Ecuación (11) podría reexpresarse de la siguiente forma:

$$\frac{r_t(1 - \theta)(i + \delta_t)}{(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi)} = \frac{\partial f(A_{t+1}, K_{t+1}, L_{t+1})}{\partial K_{t+1}} + \frac{r_t(1 - \theta) \pi_p(1 - \delta_t)}{(1 - \tau_e) p_t(1 + \pi)} \quad (12)$$

Esta ecuación corresponde al resultado tradicional según el cual el costo de uso del capital debe ser igual al retorno del capital más un término que refleja la valorización de los activos, y que, en condiciones de reversibilidad de la inversión, refleja el hecho de que los activos adquiridos pueden ser revendidos, a un precio igual a su valor original más su valorización, neta de los beneficios tributarios recibidos. Si la inversión es reversible, deberá exigírsele un retorno igual al costo de uso menos dicha valorización, que puede ser realizada por el inversionista a través de la reventa del activo. Pero si la inversión es irreversible, entonces el inversionista no podrá contar con realizar dicha valorización, y deberá exigirle a la inversión un retorno igual al costo de uso del capital, neto de esa valorización. En este sentido, el segundo término del lado derecho de la ecuación, corresponde a lo que se conoce en la literatura como el “premio por irreversibilidad”<sup>7</sup>, y permite determinar la “renuencia a invertir” que se deriva de la irreversibilidad.

Ahora bien, volviendo a la Ecuación (11), el lado izquierdo de la ecuación requiere hacer explícita la función de producción. Partiendo de una función de elasticidad de sustitución constante (CES, por sus siglas en inglés):

$$\begin{aligned}
 Y &= (aK^{-\xi} + (1-a)L^{-\xi})^{-e/\xi} \\
 \frac{\partial Y}{\partial K} &= -\frac{e}{\xi} (aK^{-\xi} + (1-a)L^{-\xi})^{-e/\xi-1} a(-\xi)K^{-\xi-1} \\
 \frac{\partial Y}{\partial K} &= eaY^{1+\xi/e} K^{-\xi-1}
 \end{aligned} \tag{13}$$

Reemplazando:

---

<sup>7</sup> Véase por ejemplo, Chirinko y Schaller (2008): “Fricciones debidas a la reversibilidad costosa y a los costos fijos impiden que la firma iguale los costos conocidos a los beneficios esperados... En un modelo en tiempo discreto, Bertola y Caballero (1994, Sección 2) muestran que el producto marginal del capital, bajo condiciones de irreversibilidad, excede el costo de uso de Jorgenson aplicable cuando la inversión es perfectamente reversible. En el modelo en tiempo continuo de Abel y Eberly (1996b, Sección V; 1999, Sección 2), la inversión óptima ocurre sólo cuando el producto marginal del capital alcanza un umbral igual al costo de uso de Jorgenson más un término que refleja la irreversibilidad y la incertidumbre” (pág. 10-11). Traducción de los autores.

$$eaY^{1+\xi/e} K^{-\xi-1} = \frac{r_t(1-\theta)(i-\pi_p + \delta_t + \delta_t\pi_p)}{(1-\tau_e)p_t(1+\pi)} = R$$

$$K = \left(\frac{ea}{A}\right)^{\frac{1}{1+\xi}} Y^{\frac{1+\xi/e}{1+\xi}} R^{\frac{-1}{1+\xi}}$$

$$K = AY^\alpha R^\sigma \quad (14)$$

Como lo ilustra la Ecuación (12), el costo de uso del capital  $R$  puede descomponerse en dos términos,  $CU$  y  $PI$ , el primero expresando el costo de uso neto o el costo financiero básico, y el segundo la valorización del activo: el incremento de su valor neto de depreciación, dado que lo puede realizar en el período siguiente (es decir, dado que la inversión sea reversible):

$$CU = \frac{r_t(1-\theta)(i + \delta_t)}{(1-\tau_e)p_t(1+\pi)} \quad (15)$$

$$PI = \frac{r_t(1-\theta)\pi_p(1-\delta_t)}{(1-\tau_e)p_t(1+\pi)} \quad (16)$$

Si hay algún grado de irreversibilidad de la inversión (y el inversionista sólo puede obtener un porcentaje  $\beta$  de esa valorización), el modelo teórico se convierte en:

$$K_t = A_t Y_t^\alpha (CU_t + \beta PI_t)^\sigma \quad (17)$$

Para evitar la no linealidad del modelo, se ha adoptado una aproximación logarítmica:

$$K_t = \ln A_t + \alpha \ln Y_t + \sigma \ln CU_t + \beta \ln PI_t + \gamma \ln FC_t \quad (18)$$

Donde se agrega la variable  $FC$  como una variable indicativa de los fondos disponibles para inversión. Su introducción en el modelo se justifica no sólo por la importancia que pueden tener las restricciones de liquidez en la decisión del empresario, sino también por el hecho de que el flujo de caja generado por el capital es un elemento importante en el cálculo del retorno esperado del capital.

La Ecuación (18) es la ecuación de cointegración que relaciona las variables en el largo plazo. En el corto plazo, se estima un modelo VECM, fundamentado en un mecanismo de ajuste parcial de existencias.

Ahora, asumamos que la firma selecciona los niveles de inversión en cada uno de los tipos de capital de tal forma que se minimicen los costos de inversión agregados. La forma funcional que se asume será la función translogarítmica, puesto que ésta es una forma funcional bastante flexible y utilizada empíricamente. Específicamente:

$$\log C = a_0 + \sum_{i=1}^3 a_i \log r_i + 0.5 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij} \log r_i \log r_j + \log \left( \frac{\sum_{i=1}^3 r_i I_i}{r} \right) \quad (19)$$

El problema es:

$$\begin{aligned} \text{Min}_{I_i} \log C &= a_0 + \sum_{i=1}^3 a_i \log r_i + 0.5 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij} \log r_i \log r_j + \log \left( \frac{\sum_{i=1}^3 r_i I_i}{r} \right) \\ \text{Sujeto a:} \\ \frac{\sum_{i=1}^3 p_i I_i}{p} &= I^* \end{aligned} \quad (20)$$

Donde  $I^*$  es la inversión total óptima determinada en el primer nivel.

Bajo esta especificación la inversión en cada uno de los tipos de capital no es lineal en los parámetros, pero las participaciones de éstas en la inversión agregada son lineales en los parámetros y vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$s_i(r_1, r_2, r_3, I) = d_i + \sum_{i=1}^3 e_i \log r_i + f_i \log \left( \frac{\sum_{i=1}^3 r_i I_i}{r} \right) \quad (21)$$

Donde  $s$  es la participación del gasto en inversión en el activo  $i$  sobre la inversión agregada. Además se deben imponer las siguientes restricciones, las cuales hacen alusión a la aditividad, homogeneidad y simetría, respectivamente.

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^3 d_i &= 1, \sum_{i=1}^3 e_{ij} = 0 \text{ y } \sum_{i=1}^3 f_i = 0 \\
\sum_{j=1}^3 e_{ij} &= 0 \\
e_{ij} &= e_{ji}
\end{aligned} \tag{22}$$

La elasticidad de la inversión en cada tipo de activo a la tasa de interés se obtiene descomponiendo dicha elasticidad en sus elementos constitutivos: la elasticidad del costo de uso a la tasa de interés, en la formulación del costo de uso; la elasticidad del capital al costo de uso, en la condición de optimalidad del capital en el largo plazo; la elasticidad de la inversión al capital, en la ecuación de movimiento de éste; y la elasticidad de la inversión en cada tipo de activo a la inversión total, en el modelo translogarítmico.

La elasticidad del costo de uso a la tasa de interés es:

$$\epsilon_{CU,i} = \frac{i_t}{i_t + \delta_t} \tag{23}$$

La elasticidad del capital al costo de uso  $\epsilon_{K,CU}$  se calcula en el modelo de largo plazo, representado en la Ecuación (18). La elasticidad de la inversión total al capital se calcula en la ecuación de movimiento del capital, la cual se expresa en la Ecuación (1), y la elasticidad de cada tipo de inversión a la inversión total se determina mediante las siguientes ecuaciones (en las que se omite el subíndice t para facilitar la notación):

$$\begin{aligned}
s_i &= \frac{r_i I_i}{I} \\
\log s_i &= \log r_i + \log I_i - \log I \\
\log I_i &= \log s_i + \log I - \log r_i \\
\epsilon_{I_i,I} &= \frac{\partial \log I_i}{\partial \log I} = 1 + \frac{\partial \log s_i}{\partial \log I} = 1 + \frac{\partial \log s_i}{\partial s_i} \frac{\partial s_i}{\partial \log I} = 1 + \frac{f_i}{s_i}
\end{aligned} \tag{24}$$

Así la elasticidad de la inversión en el activo  $i$  a la tasa de interés de mercado viene dada por:

$$\epsilon_{I_i,i} = \epsilon_{I_i,I} \epsilon_{I,K} \epsilon_{K,CU} \epsilon_{CU,i} \tag{25}$$



Este será el mecanismo para hallar las elasticidades de largo plazo. Por otra parte, para el corto plazo se deberá tomar en consideración las diversas velocidades de ajuste que se obtendrán en la estimación del modelo.

#### **4 La construcción de las series**

En rigor, desde un punto de vista microeconómico y por las normas impuestas en el Estatuto Tributario, la tasa impositiva debe ser diferente según el tipo de sociedad objeto de estudio. La tasa de descuento asociada al problema de optimización también debe depender de la firma en análisis, puesto que ésta debe involucrar consideraciones asociadas al nivel de apalancamiento, el nivel de riesgo y las múltiples alternativas de financiación. Pero en modelos agregados se presentan las siguientes dificultades:

- No hay una tasa única de referencia para el retorno al capital por las dificultades de cálculo de la estructura de capital, las consideraciones de riesgo implícitas y la determinación de un índice de apalancamiento global para la economía.
- Las tasas impositivas pueden divergir entre sectores.

En estas condiciones, resulta conveniente un enfoque alternativo, que usa la tasa de impuesto a la renta efectiva, calculada a partir de las cuentas de las sociedades y cuasisociedades no financieras, elaboradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), y toma como referente la tasa de colocación (como representativa del costo de la deuda que adquiera la empresa). Tomar como factor de descuento esta tasa y no el costo promedio ponderado del capital obedece al hecho de que los descuentos por gasto financiero ya están incluidos en la tasa impositiva efectiva observada, y a la imposibilidad de hallar un costo de capital ponderado válido para toda la economía<sup>8</sup>.

En el modelo se asume que las rentas actuales se gravan con la tasa efectiva (que incluye descuento por la depreciación de los equipos existentes y deducciones por pago de intereses), pero en la determinación de la inversión futura, el inversionista considera los descuentos tributarios asociados

---

<sup>8</sup> Un enfoque posible para hallar el costo promedio ponderado del capital sería definir un costo del patrimonio genérico, que involucrara el costo del patrimonio en economías desarrolladas, más un premio por el riesgo país. Pero éste sólo se calcula a partir de la década de los noventa, y no es posible construir una serie que cubra todo el período analizado.

a la inversión y a la depreciación de los nuevos equipos, como una reducción efectiva del precio que paga por el activo. Por ello el factor  $\theta$  se define para cada tipo de capital como:

$$\theta_i = \tau_n \left( k_i + \sum_{j=1}^{n_i} \left( \frac{1}{n_i} \right) \left( \frac{1}{1+i} \right)^j \right) \quad (26)$$

Donde,

$k_i$ : Descuento tributario por la inversión en el activo  $i$ .

$n_i$ : Periodo de depreciación contable del activo  $i$ .

El factor  $\theta$  agregado, se calcula ponderando por la inversión nominal por tipo de capital.

En el cálculo de la tasa de tributación efectiva, se ajusta el impuesto a la renta por el valor teóricamente descontado en la compra del activo, para los años en que esté vigente dicho descuento, dado que ese descuento es aplicable en el mismo año de compra del activo. El ajuste se realiza aplicando la tasa de tributación nominal al porcentaje deducible de la inversión en activos fijos productivos, es decir, de la FBKF en las Cuentas de las sociedades y cuasisociedades no financieras. Por otra parte, el impuesto al valor agregado se involucra en el análisis al tomar en consideración un deflactor de precios por tipo de capital a precios de comprador y el deflactor agregado de la producción a precios del productor, haciendo que en los precios relativos ya este implícito el efecto del impuesto al valor agregado. Se debe tener presente que este índice de precio relativo se construye agregando los precios de los diversos tipos de capital, de acuerdo al esquema de agregación definido en el modelo del primer nivel.

El acervo de capital de Colombia se construyó empleando la FBKF de las Cuentas Nacionales del DANE por producto tanto a precios constantes como corrientes. Dichas series están disponibles para diferentes periodos en los cuales hubo cambio de la base de las Cuentas Nacionales, la primera de 1965 a 1995 (base 1975), la segunda de 1994 a 2005 (base 1994) y la última serie de 2000 a 2006 (base 2000).

En la primera serie hay una clara identificación de las cuentas de capital, que son cuatro: vivienda; otras edificaciones, obra civil y mejora en tierra; equipo de transporte; y maquinaria y equipo. Pero

en las siguientes dos hay mayor detalle, y debe definirse el tratamiento que se da a las siguientes cuentas:

- Mejoras de tierra y desarrollo de plantaciones.
- Servicios de reparación de automotores.
- Servicios inmobiliarios.
- Otros servicios.

Asignando esas cuentas al rubro respectivo, las cuentas por tipo de capital quedan así:

- La cuenta de vivienda además de contener edificaciones urbanas y rurales incluye servicios inmobiliarios y alquiler de vivienda.
- Otras edificaciones, obra civil y mejora en tierra incluye las inversiones en café sin tostar no descafeinado, en otros productos agrícolas, en animales vivos y productos animales, en productos de silvicultura y extracción de madera, en edificios no residenciales, y en trabajos y obras de ingeniería civil y producción artística.
- A equipo de transporte se le sumó Servicios de reparación de automotores, de artículos personales y domésticos.
- Maquinaria y equipo está compuesto de muebles y bienes transportables, metales comunes y productos metálicos elaborados excepto maquinaria y equipo, maquinaria para usos generales y especiales, Otra maquinaria y suministro eléctrico, servicios de reparación de automotores, compraventa de edificios y terrenos a comisión o por contrato y Servicios de informática y servicios conexos.

Un primer paso con las series de FBKF fue construir la serie de inversión, a precios constantes y corrientes para el periodo 1965-1994. El empalme de las series se realizó con las tasas de crecimiento de la inversión, así: para el período 1965-1995, tomando las Cuentas base 1974; para 1996 al 2000, Cuentas base 1994; y para el período 2001 a 2006, las Cuentas Base 2000. La serie resultante se obtiene aplicando las tasas de crecimiento al valor final de la serie (en este caso, inversión del año 2006):

$$Inversión_{t-1} = \frac{Inversión_t}{1 + crecimiento_t} \quad (27)$$

En cuanto a la construcción del acervo de capital, se determinó un acervo base correspondiente al periodo inicial de la serie (1965) aplicando la metodología de Harberger<sup>9</sup>. Dicha metodología plantea que el capital al inicio de un año es el capital depreciado más la inversión, ambos del periodo anterior (Véase la Ecuación (28)).

$$K_{1966} = K_{1965}(1 - \delta) + I_{1965} \quad (28)$$

Si se asume que la relación capital producto permanece constante,  $\frac{K_{1966}}{Y_{1966}} = \frac{K_{1965}}{Y_{1965}}$ ; entonces:

$$K_{1965}(1 - \delta) + I_{1965} = K_{1965}(1 + \text{tasa cto } Y_{1966}) \quad (29)$$

$$K_{1965} = \frac{I_{1965}}{\text{tasa cto } Y_{1966} + \delta} \quad (30)$$

Empleando la anterior formulación se obtuvo el acervo de capital del año 1965, para cada uno de los activos considerados, y de ahí en adelante la formulación empleada fue la descrita en la Ecuación (28), para cada tipo de capital a precios constantes de 2000.

Las tasas de depreciación que se asumieron para el análisis fueron tomadas del estudio de Oulton (2005) sobre medición del costo de uso del capital en el Reino Unido, y corresponden al 2,5%, 25% y 13% para otras edificaciones, obra civil y mejoras en tierra; equipo de transporte; y maquinaria y equipo, respectivamente. Estas tasas son características de países desarrollados, y comparables a las que usa la Oficina de Análisis Económico de los Estados Unidos. Aunque puede ser discutible que estas tasas sean aplicables a países en desarrollo, donde probablemente los activos tengan un tiempo de uso mayor, hay que recordar que la tasa considerada debe referirse al flujo económico de servicios que presta el capital, y no a su duración. Así, aunque es posible que los activos tengan mayor duración en Colombia, es también probable que el flujo de servicios que presten sea también menor, compensando en calidad lo que se extiende en tiempo en el uso del activo.

El precio de cada tipo de capital para el periodo de análisis se calculó hallando la razón entre la inversión nominal y real.

---

<sup>9</sup> Véase Harberger (1969).

Dado que el modelo supone que los tipos de capital no son sustitutos perfectos, los agregados de capital e inversión no pueden obtenerse a partir de la adición de sus componentes. Por ello se construyeron índices de precio y cantidad de Fisher, para ambos, mediante las siguientes expresiones:

$$IPF_{t+1} = \sqrt{\frac{\sum_i p_{t+1} x_t \sum_i p_{t+1} x_{t+1}}{\sum_i p_t x_t \sum_i p_t x_{t+1}}}$$

$$IQF_{t+1} = \sqrt{\frac{\sum_i x_{t+1} p_t \sum_i x_{t+1} p_{t+1}}{\sum_i x_t p_t \sum_i x_t p_{t+1}}} \quad (31)$$

Donde:

$i$ : Tipo de activo, maquinaria, equipo de transporte y edificaciones.

$IPF$  : Índice de precios de Fisher.

$IQF$  : Índice de cantidad de Fisher.

$x$  : Inversión real o acervo de capital.

$p$  : Precio de los activos (deflactor implícito de la FBK en las Cuentas Nacionales), que se aplica tanto a la inversión como al capital.

Las series de capital y de inversión agregadas se construyen aplicando esos índices de Fisher, de manera encadenada, al valor del año base, en este caso el año 2000.

Dadas las series agregadas de capital y de inversión, y la ecuación de movimiento del capital, se construye la tasa de depreciación implícita para cada año.

Por último, para analizar la liquidez disponible, se utilizaron las cuentas de las sociedades y cuasisociedades no financieras privadas, en Cuentas Nacionales. Se construyó una variable *proxy* de la liquidez, definida como:

$$FC_t = EBE_t - RP_t - IP_t \quad (32)$$

Donde:

$FC_t$ : Fondos disponibles para inversión en el periodo t.

$EBE_t$ : Excedente bruto de explotación de las sociedades y cuasisociedades no financieras privadas en el periodo t.

$RP_t$ : Renta de la propiedad neta pagada por las sociedades privadas no financieras en el periodo t.

$IP_t$ : Impuestos pagados en el periodo t.

Para su inclusión en el modelo, la variable se expresó como porcentaje de la inversión total realizada por las sociedades.

## 5 La estimación econométrica

En lo referente al procedimiento de estimación econométrica se debe reconocer que en el primer nivel de decisión (correspondiente a la función de producción agregada) se presentan dos aspectos relevantes desde el punto de vista empírico que tienen serias implicaciones en el procedimiento de inferencia estadística. El primero de ellos es el proceso de ajuste que se evidencia entre el nivel de capital óptimo y el nivel de capital observado, y el segundo aspecto es la relación de simultaneidad entre las variables objeto de estudio. Para atender estas complicaciones el mecanismo de estimación que se utilizará se fundamenta en un modelo de Vectores de Corrección de Errores (VEC), puesto que este mecanismo permite modelar simultáneamente las variables y además permite descomponer la dinámica del sistema en componente de corto y largo plazo, para luego obtener el factor de ajuste entre el acervo de capital observado y el óptimo. Teóricamente, el mecanismo de estimación es congruente con un modelo de ajuste parcial en las existencias de capital (Mairesse *et al.*, 1999)<sup>10</sup>. Al respecto del segundo nivel, el procedimiento a implementar se fundamentará en un modelo de ecuaciones simultáneas en el cual las variables endógenas son las participaciones nominales de la inversión por tipo de capital al interior de la inversión nominal agregada. Éste debe incorporar la restricción de aditividad, puesto que dichas participaciones deben sumar el 100% de la inversión agregada. Esto obedece a que la inversión en cada tipo de capital que se obtiene a partir de la

---

<sup>10</sup> Como en House y Shapiro (2008), se suprimió el trabajo en la estimación de la decisión óptima de capital dado que ello no incide en el análisis. En efecto, la elección óptima de trabajo en el problema de corto plazo depende exclusivamente del acervo de capital ya instalado, y es independiente de la decisión de acumulación de capital.

solución del problema de minimización de una función de costos translogarítmica no es lineal en los parámetros.

Se deben aclarar algunos aspectos al respecto de la estrategia de modelación; el primero hace alusión al supuesto implícito en el procedimiento secuencial que fue implementado para obtener la respuesta de la inversión por tipo de capital con respecto a la tasa de interés. Específicamente, el hecho de descomponer el proceso de estimación en dos etapas implica el supuesto de separabilidad débil en el proceso de producción, es decir, una vez se determina la inversión agregada óptima, se asigna la inversión óptima en cada tipo de capital acorde a los precios relativos de estos. El segundo aspecto hace alusión a los supuestos implícitos en la estimación a través de la metodología VEC, específicamente a la omisión del fenómeno de expectativas racionales en la dinámica de la inversión agregada óptima. Pese a este inconveniente teórico, la introducción de este aspecto implica unos costos econométricos relativamente elevados, puesto que en este contexto la técnica de estimación se fundamenta en el método generalizado de momentos, cuyas propiedades asintóticas dependen drásticamente de la elección de la matriz de ponderaciones implícita en el análisis, cualquier error en ésta se traduce en consecuencias no deseables en los parámetros estimados. Además en el campo empírico, los agentes se encuentran con elevadas dificultades para predecir adecuadamente los escenarios futuros, básicamente por los problemas de información. Finalmente, las restricciones de homogeneidad asociadas a la estimación translogarítmica, las cuales deben ser contrastadas empíricamente.

### **Modelo de corrección de errores: Nivel agregado.**

En el CUADRO 6 se enseñan los resultados que se obtuvieron al realizar el ejercicio econométrico a nivel agregado. En primera instancia se realizaron las pruebas de raíces unitarias en las variables objeto de estudio a través de la prueba Dickey-Fuller Aumentada (DFA). Las series en cuestión son integradas de orden uno.

**Cuadro 6. Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada (DFA) del logaritmo de: el capital, la producción, el costo de uso sin revalorización, la revalorización del capital invertido y la relación fondos disponibles sobre inversión. Colombia, 1970 – 2006\***

Variable	Valor estadístico	Valor crítico (5% significancia)
Logaritmo del capital ( $k_t$ )	-1,30	-3,56
Diferencia del logaritmo del capital ( $\Delta k_t$ )	-3,97	-2,95
Logaritmo de la producción ( $y_t$ )	-2,34	-3,56
Diferencia del logaritmo de la producción ( $\Delta y_t$ )	-3,20	-2,95
Logaritmo del costo de uso neto ( $cu_t$ )	-1,25	-2,95
Diferencia del logaritmo del costo de uso neto ( $\Delta cu_t$ )	-5,41	-1,95
Logaritmo de la revalorización ( $pi_t$ )	-0,20	-2,95
Diferencia del logaritmo de la revalorización ( $\Delta pi_t$ )	-3,93	-1,95
Logaritmo del <i>proxy</i> de liquidez ( $fc_t$ )	-2,34	-2,95
Diferencia del logaritmo del <i>proxy</i> de liquidez ( $\Delta fc_t$ )	-5,87	-1,95

\* Los resultados fueron corroborados con la prueba Phillips-Perron y DF-GLS.

Fuente. Cálculos propios.

Dado que las variables que entrarán en el sistema son no estacionarias en niveles pero sí lo son en diferencias se procedió a realizar la prueba de cointegración. La formulación inicial es un VAR de orden dos, donde la prueba de traza indica la existencia de una relación de largo plazo entre las variables objeto de estudio al 5% de significancia (véase el Anexo 2). Los parámetros que se obtuvieron en la estimación del vector de cointegración se enseñan en el CUADRO 7<sup>11</sup>.

**Cuadro 7. Parámetros estimados estandarizados en el vector de cointegración. Colombia, 1970 – 2006\***

Parámetros estimados del vector de cointegración					
$k_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 cu_t + \beta_3 pi_t + \beta_4 fc_t + \beta_5 t$					
Logaritmo Capital	Logaritmo Producción	Logaritmo Costo de uso neto	Logaritmo revalorización activos	Logaritmo fondos propios	Tendencia determinística
1	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$
(0,322)	2,54 (0,430)	-0,197 (0,056)	0,179 (0,057)	0,489 (0,067)	-0,031 (0,015)

\*Desviaciones estándar entre paréntesis

<sup>11</sup> Estos fueron generados usando el software econométrico Ox versión 5.0 (véase a Doornik, 2001),.



Fuente. Cálculos propios.

Dado que en la economía colombiana operó, durante la década de los setenta, una normatividad que imponía un tope máximo a las tasas de interés de colocación, se procedió a realizar el análisis de cointegración tomando en consideración dicho quiebre estructural siguiendo el procedimiento desarrollado por Hungnes (2005). En el CUADRO 8 y en el

CUADRO 9 se enseñan los resultados obtenidos.

**Cuadro 8. Parámetros estimados estandarizados en el vector de cointegración tomando en consideración las restricciones financieras en la década de los setenta. Colombia, 1970 – 2006\***

Logaritmo Capital	Parámetros estimados del vector de cointegración					
	Logaritmo Producción	Logaritmo Costo de uso neto	Logaritmo revalorización activos	Logaritmo fondos propios	Tendencia determinística	Restricción década de los setenta
	$k_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 cu_t + \beta_3 pi_t + \beta_4 fc_t + \beta_5 t + \beta_6 d70$					
1 (0,313)	$\beta_1$ 2,623 (0,560)	$\beta_2$ -0,220 (0,079)	$\beta_3$ 0,192 (0,058)	$\beta_4$ 0,487 (0,069)	$\beta_5$ -0,033 (0,016)	$\beta_6$ -0,009 (0,003)

\*Desviaciones estándar entre paréntesis  
Fuente. Cálculos propios.

**Cuadro 9. Parámetros estimados de los componentes determinísticos asociados a cada variable que compone el vector de cointegración tomando en consideración las restricciones financieras en la década de los setenta. Colombia, 1970 – 2006\***

Logaritmo Capital	Logaritmo Producción	Logaritmo Costo de uso neto	Logaritmo revalorización	Logaritmo fondos propios

	<b>activos</b>				
<b>Tendencia</b>	0,0429** (0,005)	0,0373** (0,004)	-0,0009 (0,021)	-0,0725 (0,046)	-0,0159 (0,018)
<b>Restricción</b>	0,0002 (0,004)	0,0185 (0,013)	-0,4515** (0,091)	-0,1336 (0,277)	-0,2317** (0,098)

\*Desviaciones estándar entre paréntesis

\*\* No estadísticamente significativo al 5%.

Fuente. Cálculos propios.

La velocidad de ajuste que se obtuvo para el capital implica una corrección anual del 2,57% con respecto a la posición de largo plazo, y dada una desviación estándar equivalente al 0,012 para este parámetro se encuentra que éste es estadísticamente significativo al 5%. El reducido valor que es encontrado en la velocidad de ajuste del capital es evidencia de las diversas restricciones que experimentan los inversionistas, tales como: restricciones financieras, irreversibilidad de la inversión, costos hundidos, entre otras.

A partir de los parámetros estimados se encuentra que la elasticidad del capital con respecto al costo de uso neto de revalorizaciones es negativa; lo que implícitamente indica que incrementos en la tasa de interés activa y/o aumentos en la tasa impositiva desestimulan la formación de capital, específicamente un incremento del 1% en el costo de uso del capital neto implica una reducción del capital deseado del 0,22%. Además se destaca que fenómenos como: la revalorización del capital instalado y la disponibilidad de fondos propios estimulan la inversión, específicamente la elasticidad de largo plazo del capital con respecto a estas variables es 0,19 y 0,48, respectivamente. La relevancia estadística de estas variables indica que fenómenos como la incertidumbre asociada a la futura liquidación de los activos adquiridos y a la disponibilidad de efectivo como mecanismo de apalancamiento interno, al indicador de gestión de las empresas y al colateral son variables bastante importantes en el proceso de toma de decisiones por parte de los agentes inversionistas. Igualmente, la elasticidad del capital con respecto al producto es positiva y superior a la unidad (2,62), lo cual implica que las expansiones económicas son intensivas en dicho factor productivo, lo cual enseña implícitamente la necesidad de fuerza de trabajo cada vez más calificada.

Al respecto de los componentes determinísticos se encuentra que la tasa de crecimiento del capital y de la producción en el período de análisis es 4,2% y 3,7%, respectivamente. En tanto que se evidencia un cambio de nivel estadísticamente significativo en el costo de uso del capital neto de

revalorizaciones y la variable *proxy* de liquidez de la economía, lo cual señala tácitamente las consecuencias de las restricciones impuestas al sistema financiero en la década en cuestión.

Dado el objetivo de corroborar la pertinencia de introducir la variable ficticia asociada a las restricciones financieras presentes en la década de los setenta en la economía colombiana en el vector de cointegración, se realizó la prueba de hipótesis de significancia estadística de dicho componente. Se encontró que dicho coeficiente es estadísticamente diferente a cero, y por consiguiente en el modelo de corrección de errores multivariado la variable que indica la situación de equilibrio de largo plazo introduce el efecto de la restricción a las tasas de interés de colocación que se evidenció en la década de los setenta. Además este modelo incorpora dos variables ficticias, la primera asociada a la crisis que experimentó la economía colombiana en 1999 y la segunda asociada a la gran apreciación que experimentó el peso en el año 2005. La especificación establecida cumple con todos los supuestos convencionales (véase el Anexo 2).

### **Modelo translogarítmico: Nivel desagregado**

En primera instancia se realizaron las pruebas de estacionariedad en media de las series involucradas en el análisis. Como se evidencia en el CUADRO 10 la prueba DFA sugiere que las series objeto de estudio son integradas de orden uno.

**Cuadro 10. Prueba de raíz unitaria (DFA): participaciones, precios e inversión asociados a la edificación, maquinaria y equipo de transporte. Colombia, 1970 – 2006\***

Variable	Valor estadístico	Valor crítico (5% significancia)
----------	-------------------	-------------------------------------

Participación edificaciones ( $S_e$ )	-2,85	-2,94
Diferencia participación edificaciones ( $\Delta S_e$ )	-6,96	-1,95
Participación maquinaria ( $S_m$ )	-2,13	-2,94
Diferencia participación maquinaria ( $\Delta S_m$ )	-7,19	-1,95
Participación equipo transporte ( $S_t$ )	-2,49	-2,94
Diferencia participación equipo transporte ( $\Delta S_t$ )	-4,30	-1,95
Logaritmo precio edificaciones ( $p_e$ )	-2,69	-3,54
Diferencia logaritmo precio edificaciones ( $\Delta p_e$ )	-4,57	-2,94
Logaritmo precio maquinaria ( $p_m$ )	-3,26	-3,54
Diferencia logaritmo precio maquinaria ( $\Delta p_m$ )	-4,20	-2,94
Logaritmo precio equipo de transporte ( $p_t$ )	-2,41	-3,54
Diferencia logaritmo precio equipo transporte ( $\Delta p_t$ )	-4,61	-2,94
Logaritmo inversión real por Fisher ( $I$ )	-3,16	-3,54
Diferencia logaritmo inversión real por Fisher ( $\Delta I$ )	-4,04	-2,94

---

\* Los resultados fueron corroborados con la prueba Phillips-Perron y DF-GLS.  
Fuente. Cálculos propios.

Dado que las series que entran en el análisis son no estacionarias se procedió a realizar la prueba de cointegración entre éstas en el sistema de ecuaciones que se postula. La prueba arroja evidencia empírica para rechazar la hipótesis nula de no cointegración, es decir, las series en cuestión en cada una de las ecuaciones del sistema se encuentran cointegradas. Luego se procedió a estimar el sistema de ecuaciones de la participación nominal de la inversión en maquinaria y la participación nominal de la inversión en equipo de transporte en la inversión nominal agregada a través del estimador de ecuaciones aparentemente no relacionadas (SUR, por su nombre en inglés) por el procedimiento de mínimos cuadrados en tres etapas. Se tomó como variable instrumental del logaritmo de la inversión real obtenida con el índice de precios de Fisher, el logaritmo de la inversión real obtenida con el índice de precios de Laspeyres. Lo anterior obedece a los posibles problemas de endogeneidad que introduce el índice de Fisher dado que se utilizan las ponderaciones nominales de la inversión para su construcción, en tanto que en Laspeyres dichas ponderaciones se mantienen fijas e iguales a su año base. En la estimación del sistema se impone la restricción de simetría, puesto que la evidencia estadística no rechaza dicha hipótesis. Puesto que el enfoque

considera exogeneidad de precios se procedió a realizar la prueba de Hausman (véase (Hausman, 1978; y Hausman y McFadden, 1984) utilizando como instrumento la tasa de cambio, la evidencia empírica encontrada determinó que los precios pueden ser tratados como variables exógenas en la estimación. En el CUADRO 11 se muestran los parámetros estimados de cada una de las ecuaciones de participación de la inversión de los activos en cuestión en la inversión agregada (véase el Anexo 2).

**Cuadro 11. Sistema de ecuaciones translogarítmico de largo plazo: participación de la inversión en maquinaria, equipo de transporte y edificaciones. Colombia, 1970 – 2006**

Variable	Maquinaria		Equipo de transporte	
	Coefficiente	Desviación estándar	Coefficiente	Desviación estándar
Intercepto	0,9463*	0,6012	-0,7620	0,3233
(precio maquinaria/precio edificaciones)	-0,1493	0,0657	0,0429*	0,0381
(precio transporte/precio edificaciones)	0,0429*	0,0381	0,0774	0,0359
Logaritmo inversión real	-0,0377*	0,0353	0,0524	0,0190

\* No significativas al 5%.  
Fuente. Cálculos propios.

A partir de las restricciones de aditividad se obtuvieron los parámetros de la inversión en edificaciones, luego se procedió a calcular las elasticidades de la inversión en cada uno de los activos con respecto a la inversión agregada, además se obtuvieron las elasticidades de la inversión con respecto a los precios e igualmente las elasticidades de sustitución entre los diferentes activos (véase el

CUADRO 12, el CUADRO 13 y el

CUADRO 14)<sup>12</sup>.

**Cuadro 12. Promedio de las elasticidades de largo plazo de las inversiones en maquinaria, en equipo de transporte y en edificaciones con respecto a la inversión agregada. Colombia, 1970 – 2006\***

Maquinaria	Equipo transporte	Edificaciones
0,87	1,41	0,97
(0,11)	(0,14)	(0,07)

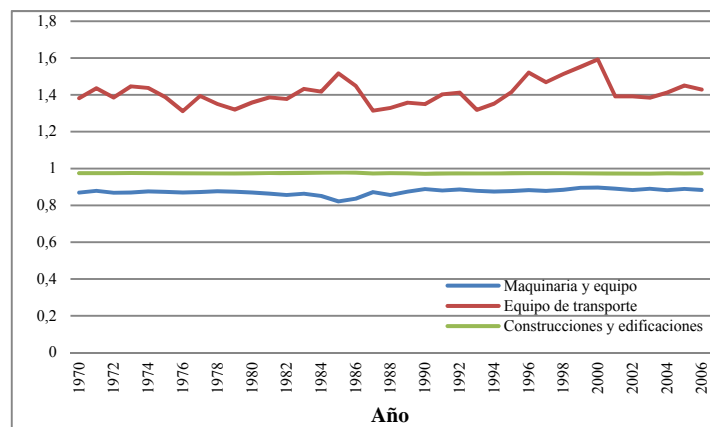
\* Desviación estándar entre paréntesis, la cual fue calculada a través del método delta.  
Fuente. Cálculos propios.

Como era de esperarse las elasticidades de la inversión en cada uno de los activos son positivas, sin embargo se encuentran diferencias en los patrones de comportamiento entre los diferentes activos; específicamente, la evidencia empírica encontrada muestra la alta sensibilidad de la inversión en equipo de transporte con respecto a la inversión agregada, mientras que la inversión en maquinaria es inelástica a ésta y la inversión en edificaciones reacciona proporcionalmente con la inversión agregada. Cabe destacar que todas las elasticidades encontradas son estadísticamente significativas al 5% (véase el Gráfico A1, el Gráfico A2 y el Gráfico A3 del Anexo 2, en donde se enseñan los intervalos de confianza de las elasticidades por tipo de activo).

**Gráfico 10. Elasticidades de largo plazo de las inversiones en maquinaria, en equipo de transporte y en edificaciones con respecto a la inversión agregada. Colombia, 1970 – 2006**

<sup>12</sup> Las fórmulas para obtener las elasticidades mencionadas son:  $\varepsilon_t^{I_i, I} = 1 + \frac{f_i}{S_{it}}$ ,  $\varepsilon_t^{I_i, P_i} = -1 + \frac{e_i}{S_{it}} - f_i$  y

$$\sigma_t^{I_i, I_j} = 1 + \frac{e_j}{S_{it} S_{jt}}$$



Fuente. Cálculos propios.

El GRÁFICO 10 muestra la alta volatilidad de la inversión en equipo de transporte con respecto a la inversión agregada, por otra parte la inversión en edificaciones se mantiene prácticamente inalterada y la inversión en maquinaria ocupa un lugar intermedio.

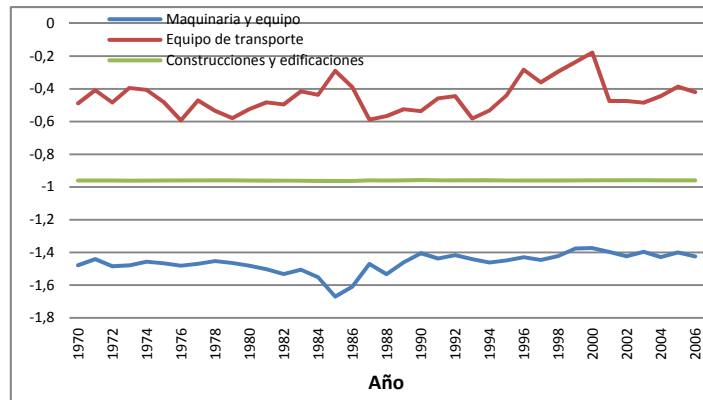
**Cuadro 13. Promedio de las elasticidades de largo plazo de las inversiones en maquinaria, en equipo de transporte y en edificaciones con respecto al precio en Colombia durante 1970 – 2006\***

Maquinaria	Equipo transporte	Edificaciones
-1,46	-0,45	-0,96
(0,19)	(0,27)	(0,19)

\* Desviación estándar entre paréntesis la cual fue calculada a través del método delta.  
Fuente. Cálculos propios.

Al respecto de las elasticidades precio de la inversión en los activos objeto de estudio puede decirse que la inversión en maquinaria es bastante sensible a los movimientos en el precio de ésta, en tanto que la inversión en transporte es inelástica al precio. Por otra parte, se evidencia una respuesta inversa prácticamente proporcional de la inversión en edificaciones con respecto al precio de ésta. Nuevamente las elasticidades encontradas son estadísticamente significativas. A continuación se enseña la senda temporal de las elasticidades precio de la inversión por tipo de activo (véase el GRÁFICO 11).

**Gráfico 11. Elasticidades de largo plazo de las inversiones en maquinaria en equipo de transporte y en edificaciones con respecto al precio. Colombia, 1970 – 2006**



Fuente. Cálculos propios.

**Cuadro 14. Promedio de las elasticidades de sustitución de largo plazo de las inversiones en maquinaria, en equipo de transporte y en edificaciones en Colombia, durante 1970 – 2006\***

	Maquinaria	Equipo de transporte	Edificaciones
Maquinaria	-	2,08 (0,087)	1,62 (0,007)
Equipo de transporte	2,08 (0,087)	-	-0,61 (0,030)
Edificaciones	1,62 (0,007)	-0,61 (0,030)	-

\*Desviación estándar entre paréntesis la cual fue calculada a través del método delta.  
Fuente. Cálculos propios.

Como se evidencia en el



CUADRO 14 se presenta una relación de sustitución entre la inversión maquinaria y la inversión en los otros dos activos, mientras que se observa una relación de complementariedad entre la inversión en edificaciones y la inversión en equipo de transporte. Lo anterior implica que una depreciación del peso frente al dólar genera una recomposición de la canasta óptima de inversión, puesto que dicho acontecimiento implicaría un cambio en los precios relativos. Dado el objetivo de cuantificar el impacto de la tasa de cambio sobre la composición de la canasta óptima de inversión se estimó la elasticidad de los precios de los tres bienes de capital con respecto a la tasa de cambio (véase el CUADRO 15). Una depreciación del 1% implica un incremento del 0,71%, 0,74% y 0,33% en los precios de la maquinaria, el equipo de transporte y las edificaciones, respectivamente. Como era de esperarse, el efecto de la tasa de cambio es más pronunciado en los precios de la maquinaria y el equipo de transporte comparado con el efecto sobre los precios de la inversión en edificaciones.

**Cuadro 15. Elasticidades de los precios en inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones con respecto a la tasa de cambio. Colombia, 1970 – 2006\***

Maquinaria	Equipo transporte	Edificaciones
0,71	0,74	0,33
(0,10)	(0,12)	(0,11)

\* Desviación estándar entre paréntesis. Los modelos evidenciaron problemas de autocorrelación, luego las desviaciones estándar fueron calculadas con el método de Newey-West.  
Fuente. Cálculos propios.

Tomando en consideración las elasticidades del precio de los diferentes acervos de capital con respecto a la tasa de cambio (CUADRO 15) y las respectivas elasticidades precio de la demanda para cada uno de los activos (CUADRO 13) se tiene que una depreciación permanente del 1% del peso frente al dólar se traduce en el largo plazo en una disminución del 1,03% de la inversión en maquinaria, en tanto que las inversiones en equipo de transporte y en edificaciones se reducen 0,33% y 0,31%, respectivamente. Dado que la tasa de cambio en Colombia es muy volátil, estas elasticidades implicarían fuertes variaciones de la inversión. Sin embargo este efecto sólo contabiliza la variación de la tasa de cambio dentro del precio de la inversión y no toma en cuenta que existen otros factores como los márgenes de transporte, los márgenes de comercio y los precios internacionales de estos bienes, que podrían, en muchas ocasiones, contrarrestar o moderar el efecto del movimiento de la moneda nacional. Se debe aclarar que esta respuesta existe únicamente cuando se presentan cambios permanentes en el peso y que sus efectos sólo se verán en el largo plazo y,

además, que los cambios temporales en el peso son más frecuentes y que los efectos que estos tienen sobre la inversión en el corto plazo (de uno o dos años) son más interesantes.

Queriendo capturar esta dinámica de corto plazo se estimó el sistema de ecuaciones en su versión de corrección de errores por el método de mínimos cuadrados en tres etapas, instrumentando nuevamente la inversión real calculada con el índice de Fisher por la inversión real calculada por el índice de Laspeyres (véase el CUADRO 16). Los residuales de cada una de las ecuaciones al interior del sistema son estacionarios y la hipótesis de simetría en el corto plazo no fue rechazada (véase el Anexo 2).

**Cuadro 16. Sistema de ecuaciones translogarítmico de corto plazo: participación de la inversión en maquinaria, equipo de transporte y edificaciones. Colombia, 1970 – 2006**

Variable	Maquinaria		Equipo de transporte	
	Coefficiente	Desviación estándar	Coefficiente	Desviación estándar
(precio maquinaria/precio edificaciones)	0,1436	0,0618	-0,0296*	0,0351
(precio transporte/precio edificaciones)	-0,0296*	0,0351	0,0747	0,0358
Logaritmo inversión real	-0,0170*	0,0316	0,0760	0,0219
Velocidad de ajuste	-0,1824	0,1203	-0,7664	0,1473

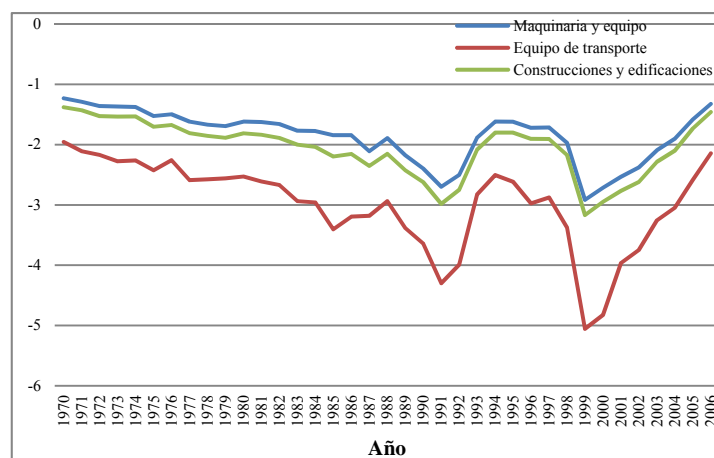
\* No significativas al 5%.

Fuente. Cálculos propios.

La evidencia empírica encontrada muestra que la velocidad de ajuste de la inversión en equipo de transporte es bastante elevada, es decir, su corrección anual es del 76,6%, lo cual implicaría que la mitad del recorrido con respecto a la situación de estado estacionario se efectúa en aproximadamente once meses. Este hecho contrasta con la velocidad de ajuste de la inversión en maquinaria, que es 18,2%, lo cual implica que el 50% de la distancia entre la inversión deseada y la inversión observada se recorre en aproximadamente tres años y diez meses. Evidentemente estas diferencias establecen que las restricciones financieras y/o físicas que afectan a la inversión en maquinaria son más agudas que las que enfrenta la inversión en equipo de transporte, lo cual posiblemente obedezca a que la inversión en maquinaria, a diferencia de aquella destinada a equipo de transporte, es una inversión más especializada y de más difícil realización, en caso de que deba liquidarse. De este modo se muestra que la elasticidad de la tasa de cambio a la inversión en el corto plazo es mucho menor que en el largo plazo. Por ejemplo, en maquinaria, la respuesta en el primer año sólo llega a ser aproximadamente una quinta parte de lo que sería el efecto total.

A partir de los parámetros estimados en los dos niveles en los cuales se estructuró el proceso de toma de decisiones por parte del agente representativo, se obtuvieron las elasticidades de la inversión por tipo de activo con respecto a la tasa de interés de mercado. En el GRÁFICO 12 se enseñan los resultados (véase el Gráfico A4, el Gráfico A5 y el Gráfico A6 del Anexo 2 para la configuración de los intervalos de confianza por inversión en cada tipo de activo).

**Gráfico 12. Elasticidades de largo plazo de las inversiones en maquinaria, en equipo de transporte y en edificaciones con respecto a la tasa de interés. Colombia, 1970 – 2006**



Fuente. Cálculos propios.

Como se puede apreciar en el GRÁFICO 12, la elasticidad de la inversión por tipo de activo respecto a la tasa de interés depende de la situación económica que se evidencia. Además, la dispersión que se observa en los valores que toman éstas es un fenómeno íntimamente ligado a la alta volatilidad que presenta la inversión en la economía colombiana. En el CUADRO 17 se enseñan los promedios obtenidos de las elasticidades estimadas.

**Cuadro 17. Promedio elasticidad de largo plazo de la inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones con respecto a la tasa de interés. Colombia, 1970 – 2006\***

Maquinaria	Equipo transporte	Edificaciones
-1.85	-2.99	-2.06
(0.43)	(0.73)	(0.46)

\* Desviación estándar entre paréntesis.

Fuente. Cálculos propios.

Como ha sido una constante de los resultados encontrados hasta el momento, la elasticidad de la inversión en equipo de transporte es la más elevada y la más volátil, en tanto que la elasticidad de la inversión en maquinaria es la más reducida, fenómeno muy posiblemente asociado a las características inherentes de este tipo de activos. Finalmente, la elasticidad de la inversión en edificaciones con respecto a la tasa de interés es ligeramente superior a la elasticidad encontrada en la maquinaria.

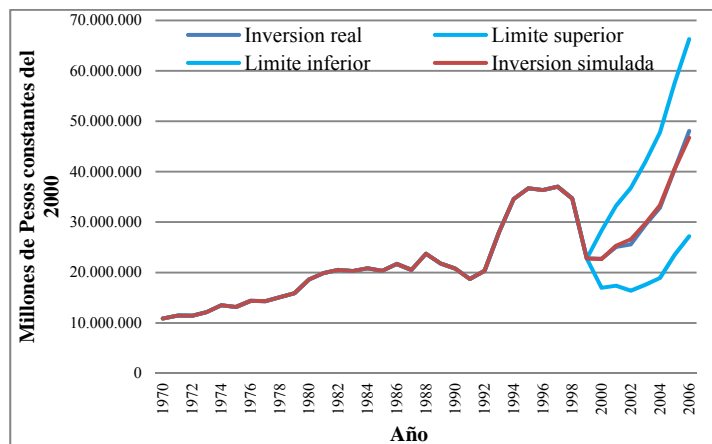
## **6 Ejercicios de simulación**

A continuación se realizarán dos tipos de ejercicios de simulación: el primero es de carácter *ex post* en el cual se asume que la tasa de interés de mercado se incrementa 100 puntos básicos en el año 2000, y a partir de este acontecimiento se encuentran el impacto sobre la inversión agregada y la inversión por tipo de capital hasta el año 2006 con respecto a la situación que estipula el modelo sin tomar en consideración este acontecimiento; y el segundo ejercicio es *ex ante*, asumiendo que se presenta un incremento en la tasa de interés de 100 puntos básicos en el año 2006 y se determinan los efectos sobre las variables objeto de estudio en un horizonte temporal de diez años.

### **6.1. Ejercicio de simulación *ex post***

En primera instancia se muestran las gráficas de las series reales de inversión agregada e inversión por tipo de activo comparadas con las series simuladas por el modelo con sus respectivos intervalos de confianza al 95%.

**Gráfico 13. Series de inversión real agregada y de inversión simulada por el sistema (a pesos constantes del 2000). Colombia, 1970 – 2006\***

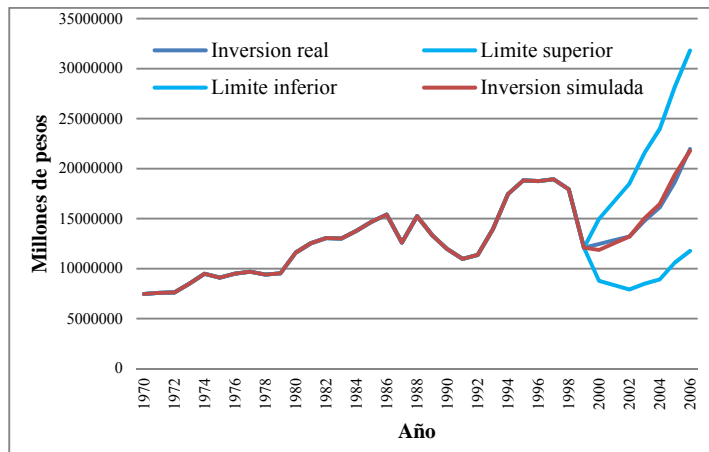


\* Los intervalos se encuentran estipulados al 95% de confianza.  
Fuente. Cálculos propios.

Como se puede evidenciar el modelo replica relativamente bien la dinámica observada en la economía colombiana en el período 2000 – 2006, lo cual está asociado a que el coeficiente de ajuste de la ecuación del capital en el modelo de corrección de errores es superior al 90%.

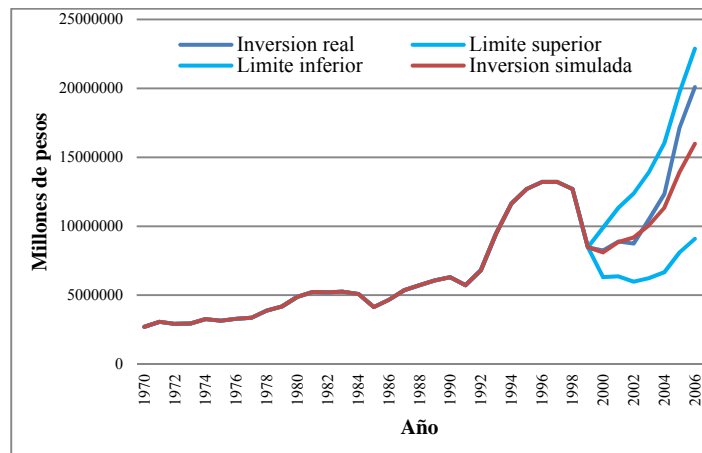
Como se puede evidenciar en los gráficos 5, 6 y 7, aunque la inversión en edificaciones que captura el sistema es bastante cercana a la observada, esta característica no se transfiere tajantemente a la inversión en maquinaria y equipo de transporte, lo cual obedece a que la bondad de ajuste de las ecuaciones derivadas del modelo translogarítmico en general son inferiores al 50%.

**Gráfico 14. Series de inversión real en edificaciones y de inversión simulada por el sistema (a pesos constantes del 2000). Colombia, 1970 – 2006\***



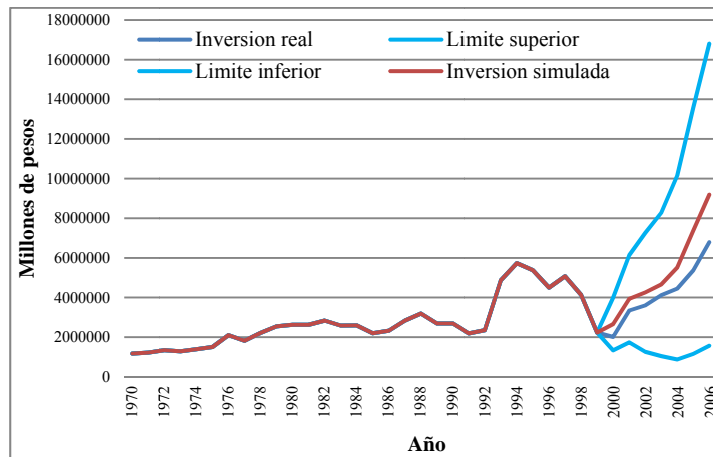
\* Los intervalos se encuentran estipulados al 95% de confianza.  
Fuente. Cálculos propios.

**Gráfico 15. Series de inversión real en maquinaria y de inversión simulada por el sistema (a pesos constantes del 2000). Colombia, 1970 – 2006\***



\* Los intervalos se encuentran estipulados al 95% de confianza.  
Fuente. Cálculos propios.

**Gráfico 16. Series de inversión real en equipo de transporte y de inversión simulada por el sistema (a pesos constantes del 2000). Colombia, 1970 – 2006\***

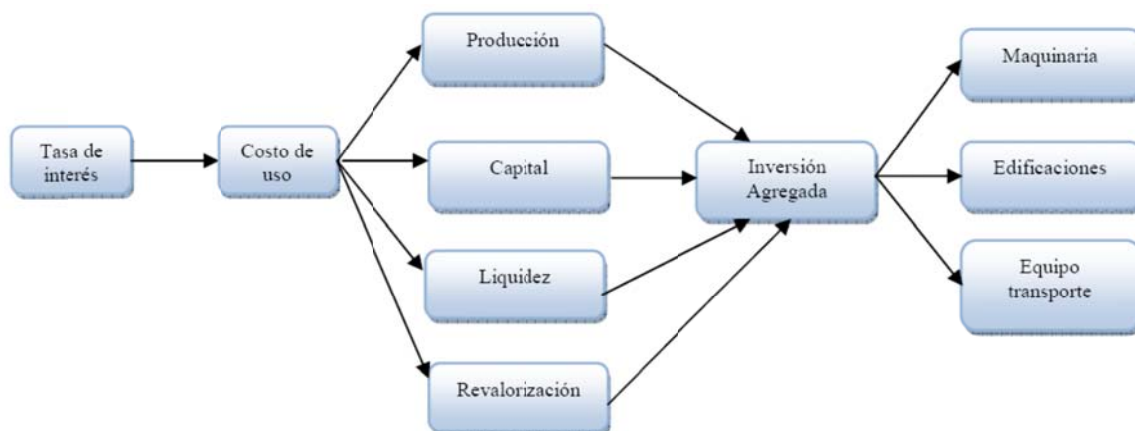


\* Los intervalos se encuentran estipulados al 95% de confianza.  
Fuente. Cálculos propios.

En esta sección se realizarán dos ejercicios, el primero es considerar un incremento transitorio de 100 puntos básicos en la tasa de interés que se evidenciaba en el año 2000 para luego retornar a la tasa que se observó en la economía colombiana durante el año 2001; el segundo es incrementar la tasa de interés en 100 puntos básicos de forma permanente durante el período 2000-2006.

Para mayor claridad de los ejercicios realizados se enseña en la Figura 2 el canal de transmisión presente en el análisis.

**Figura 2. Canal de transmisión del ejercicio de simulación.**



Fuente: Construcción propia

En la Figura 2 se puede apreciar que los ejercicios en cuestión no consideran explícitamente el canal de transmisión de la tasa de interés a la inversión a través de la tasa de cambio. Este efecto podría observarse en la respuesta del precio relativo de la inversión (revalorización) al costo de uso, ya que una parte del precio agregado de inversión lo constituyen los precios de los bienes de capital importados. Tampoco considera plenamente las restricciones de crédito. Se hubiese necesitado de un modelo más complejo para poder diferenciar estos canales.

Para el primer caso, el incremento de la tasa de interés implica que el costo de uso del capital pasa transitoriamente de un 24,8% a un 26% para luego retornar a lo observado en el año 2001 (26,4%). Como se evidencia en el CUADRO 18 un aumento de esta magnitud implica una caída en la inversión agregada equivalente al 0,48%, pero el efecto se desvanece rápidamente. En términos de la inversión por tipo de capital se encuentra que la caída en la inversión en edificaciones es la menor (0,42%) y la inversión en maquinaria ocupa un lugar intermedio (0,45%). Finalmente la inversión en equipo de transporte es la que presenta una disminución más significativa y equivalente al 0,71%. Estos órdenes de magnitud son bastante inferiores a los calculados para el largo plazo, lo cual encuentra su explicación en las reducidas velocidades de ajuste que están presentes tanto en el modelo de corrección de errores como en las estimaciones de la función de costos translogarítmica de corto plazo. Evidentemente, la mayor caída que experimenta la inversión en equipo de transporte ante el aumento de la tasa de interés obedece a que la velocidad de ajuste de dicho factor productivo es del orden del 76,6% anual, la cual es bastante elevada comparada con la inversión en maquinaria y edificaciones.

**Cuadro 18. Cambio en la inversión ante un choque positivo transitorio de 100 puntos básicos en la tasa de interés: inversión agregada, inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones: series simuladas para Colombia, 2001 – 2006.**

Año	Inversión Agregada	Inversión Maquinaria	Inversión Transporte	Inversión Edificaciones
2001	-0,48%	-0,45%	-0,71%	-0,42%
2002	-0,05%	-0,04%	-0,07%	-0,04%
2003	0,07%	0,07%	0,10%	0,06%
2004	-0,02%	-0,02%	-0,04%	-0,02%
2005	0,03%	0,03%	0,04%	0,02%
2006	-0,01%	-0,01%	-0,02%	-0,01%
2001-2006	-0,46%	-0,44%	-0,69%	-0,41%

Fuente. Cálculos propios.



Las consecuencias del aumento de la tasa de interés de forma permanente se enseñan en el CUADRO 19. Se ve que el efecto acumulado en el período de análisis sobre la inversión agregada es equivalente a reducción de 2,65%. Como era de esperarse según las estimaciones obtenidas, el mayor efecto se presenta en la inversión en transporte seguida por la inversión en maquinaria y la inversión en edificaciones.

**Cuadro 19. Cambio en la inversión ante un choque positivo permanente de 100 puntos básicos en la tasa de interés: inversión agregada, inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones: series simuladas para Colombia, 2001 – 2006.**

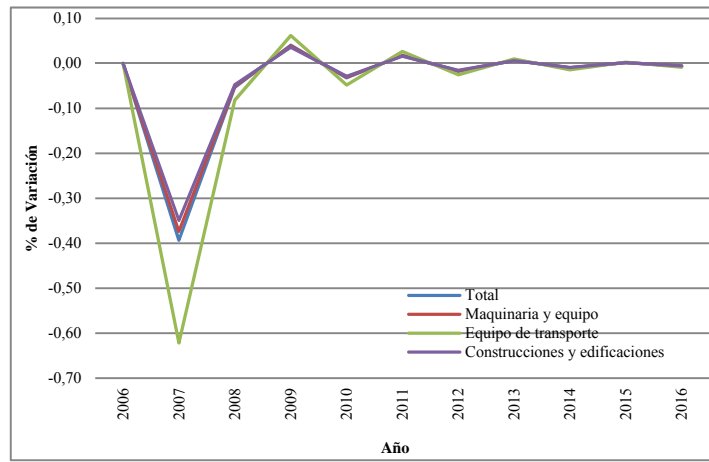
Año	Inversión Agregada	Inversión Maquinaria	Inversión Transporte	Inversión Edificaciones
2001	-0,48%	-0,45%	-0,71%	-0,42%
2002	-0,46%	-0,44%	-0,70%	-0,41%
2003	-0,44%	-0,42%	-0,66%	-0,39%
2004	-0,49%	-0,46%	-0,73%	-0,44%
2005	-0,39%	-0,37%	-0,59%	-0,35%
2006	-0,39%	-0,36%	-0,56%	-0,35%
2001-2006	-2,65%	-2,51%	-3,96%	-2,35%

Fuente. Cálculos propios.

## 6.2. Ejercicio de simulación *ex ante*

Para los ejercicios de simulación *ex ante* se asumirá que todas las variables exógenas del modelo permanecen en el nivel observado en el año 2006, y a partir de estas se proyectará la inversión agregada y la inversión por tipo de capital. Luego se realizará el mismo ejercicio con la diferencia de que se someterá la tasa de interés a un impulso transitorio positivo equivalente a 100 puntos básicos en el año base (2006) para luego retornar a la senda establecida sin dicho cambio. Los resultados se encuentran en el GRÁFICO 17. El impacto más significativo se da en la inversión en equipo de transporte (-0,62%), luego en su orden lo siguen la inversión en maquinaria (-0,37%) y la inversión en edificaciones (-0,35%). En términos generales, la inversión agregada caerá al período siguiente de ocurrido el incremento un 0,39% ante el aumento experimentado por la tasa de interés. En términos acumulados, la caída en la inversión agregada será 0,44%, y por tipo de activos se tiene una disminución de 0,70%, 0,42% y 0,39% para la inversión en equipo de transporte, maquinaria y edificaciones, respectivamente.

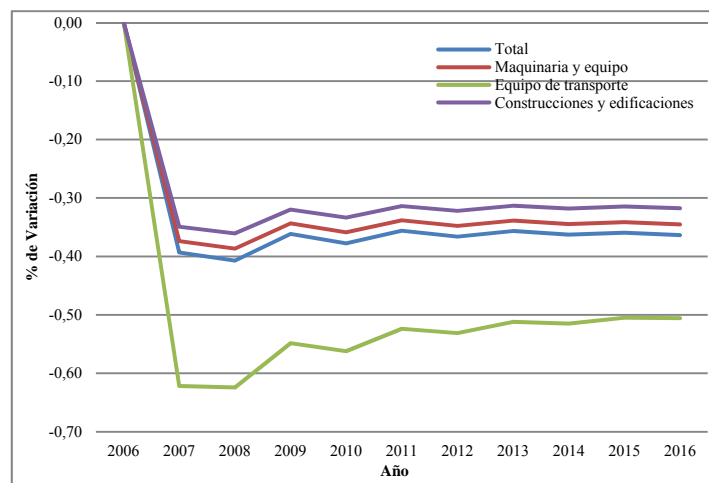
**Gráfico 17. Variación en la inversión ante un choque transitorio de 100 puntos básicos en la tasa de interés: inversión agregada, inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones. Colombia, 2006 – 2016\***



Fuente. Cálculos propios.

Luego se procedió a realizar el ejercicio con un aumento permanente de la tasa de interés en 100 puntos básicos a partir del año 2006. Bajo este contexto se evidencia una caída acumulada de la inversión agregada en 3,70%. El mayor efecto se percibe en la inversión en equipo de transporte (-5,45%), seguido de la inversión en maquinaria (-3,52%) y edificaciones (-3,26%) (Véase el GRÁFICO 18GRÁFICO 18).

**Gráfico 18. Variación en la inversión ante un choque permanente de 100 puntos básicos en la tasa de interés: inversión agregada, inversión en maquinaria, inversión en equipo de transporte e inversión en edificaciones. Colombia, 2006 – 2016\***



Fuente. Cálculos propios.

En general se puede concluir que el impacto más significativo en el corto plazo de los incrementos en la tasa de interés se encuentra sobre la inversión en transporte. Posiblemente este tipo de inversión es menos especializado y necesario desde un punto de vista de propiedad de la empresa, es decir, este tipo de servicios se puede contratar a terceros en muchas oportunidades, lo cual implica que las firmas son más susceptibles ante variaciones en la tasa de interés en este tipo de inversiones. En tanto que las inversiones en maquinaria y edificaciones son más especializadas, y por consiguiente menos sensibles a las variaciones en la tasa de interés.

## **7 Conclusiones**

El ejercicio de modelación realizado permite sacar algunas conclusiones. En primer lugar, una de carácter conceptual: sólo se alcanzaron resultados estadísticamente significativos en la estimación, cuando la variable costo de uso se desagregó entre sus componentes de costo financiero básico y de revalorización de los activos. Además, como lo muestra la CUADRO 8 la elasticidad del capital respecto al primero (-0,22) es superior en valores absolutos a la elasticidad respecto al segundo componente (0,19), indicando que los efectos de la revalorización de los activos no compensan los efectos del costo de uso neto probablemente porque los activos no son perfectamente realizables, una vez que se ha invertido en ellos.

Una segunda conclusión refuerza este tipo de razonamiento. Como lo muestra la

CUADRO 14, la velocidad de ajuste de la inversión efectiva a su nivel deseado es mayor, cuanto menos especializado es el tipo de activo: los vehículos (que pueden considerarse activos poco especializados) se ajustan con mucha más rapidez que la maquinaria (que es un activo más especializado). Así, por la especialización del activo (y por la consecuente dificultad de realizarlo, una vez se ha invertido en él) se eleva el rendimiento requerido para llevar a cabo la inversión; y se hace más lento el ajuste a su nivel de equilibrio, ante nuevas circunstancias.

En general, los resultados de la estimación muestran elasticidades de largo plazo importantes del acervo de capital al costo de uso y a la tasa de interés (entre -1,8 y -3, según el tipo de activo, para este último caso), pero velocidades de ajuste bajas (aunque significativas, estadísticamente). Ello, junto con la alta elasticidad del acervo de capital a la disponibilidad de fondos, indica la importancia de las restricciones financieras en la toma de decisiones de inversión. El efecto acelerador, por su parte, es también muy significativo, dada la alta elasticidad (2,2) del capital al producto. El crecimiento, en el caso colombiano, parece ser intensivo en capital.

Ahora bien, la combinación de altas elasticidades al costo de uso y bajas velocidades de ajuste lleva, sin embargo, a niveles de respuesta significativos de la inversión a las variables de política monetaria. Como lo sugieren los ejercicios de simulación, un choque positivo transitorio de 100 puntos básicos en la tasa de interés contrae la inversión en activos fijos en aproximadamente medio punto porcentual, un orden de magnitud consistente con los hallazgos reportados en el

CUADRO 5 para otros países. No obstante, se encontró también que otros factores, como las restricciones financieras y la sensibilidad al ingreso, explican el proceso de inversión en Colombia. Probablemente, son estos últimos factores los que inciden en la alta volatilidad de la inversión colombiana. En este contexto, el estudio los mecanismos de transmisión expuestos a lo largo del capítulo da ideas de cómo la política monetaria puede contrarrestar estos factores, y de este modo suavizar los ciclos de inversión. Este tema queda para investigaciones futuras.

## Anexo 1. El impacto de cambios en las variables sobre el costo de uso

La ecuación que define el costo de uso total (es decir, aquel que incluye los efectos de la revalorización de los activos) es:

$$CUT = \frac{\rho(1-\theta)(i - \pi_p + \delta + \delta\pi_p)}{(1-\tau_e)(1+\pi)} \quad (A1)$$

Para facilitar la interpretación de los resultados, la ecuación puede transformarse, definiendo nuevas variables en términos brutos, así:

$$CUT' = 1 + CUT$$

$$i' = 1 + i$$

$$\pi_p' = 1 + \pi_p$$

$$\pi' = 1 + \pi$$

$$\theta' = 1 + \theta$$

$$\tau' = 1 + \tau_e$$

$$\rho' = \frac{r}{p}$$

$$\delta' = 1 + \delta$$

La nueva ecuación es:

$$CUT' = \frac{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta'))}{(2-\tau_e')\pi'} + 1 \quad (A2)$$

Dada una situación inicial (definida por las variables con *prima* [']), la variación del costo de uso dadas las variaciones en las variables dependientes puede aproximarse como:

$$\ln(CUT') - \ln(CUT'^*) \approx \sum_j \left( \left[ \frac{\partial CUT'}{\partial x_j} \frac{x_j}{CUT'} \right]_{x=x^*} \right) \left( \ln(x_j) - \ln(x_j^*) \right) \quad (A3)$$

Para:

$$x_j = \rho', i', \pi_p', \pi', \theta', \tau_e', \delta'$$

Las elasticidades correspondientes son:

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \rho'} \frac{\rho'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta'))}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial i'} \frac{i'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{\rho'(2-\theta')i'}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \pi_p'} \frac{\pi_p'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{-(2-\delta')\rho'(2-\theta')\pi_p'}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \pi'} \frac{\pi'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{-\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta'))}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \theta'} \frac{\theta'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{-\rho'\theta'(i' - \pi_p'(2-\delta'))}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \tau_e'} \frac{\tau_e'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta'))\tau_e'}{(2-\tau_e')(\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi')}$$

$$\left[ \frac{\partial CUT'}{\partial \delta'} \frac{\delta'}{CUT'} \right]_{x=x^*} = \frac{\rho'\delta'(2-\theta')\pi_p'}{\rho'(2-\theta')(i' - \pi_p'(2-\delta')) + (2-\tau_e')\pi'}$$

Mediante la Ecuación (A3) puede calcularse la contribución al cambio total, en puntos porcentuales, de cada una de las variables que componen el costo de uso. Los resultados se presentan en la

CUADRO 4 del texto.

## Anexo 2. Anexo econométrico

**Cuadro A 1. Prueba de cointegración a través del estadístico de traza: variables objeto de estudio**

Variable	Valor estadístico	Probabilidad
Estadístico de traza	101.29	0.004

Fuente: Cálculos propios.

**Cuadro A 2. Prueba de relevancia estadística de las restricciones financieras en la década de los setenta en el vector de cointegración**

Variable	Valor estadístico	Valor tabulado 5% de significancia
Prueba de razón de verosimilitud	5.47	5.99

Fuente: Cálculos propios.

**Cuadro A 3. Velocidades de ajuste estimadas en el vector de cointegración. Colombia, 1970 – 2006\***

Logaritmo Capital	Logaritmo Producción	Logaritmo Costo de uso neto	Logaritmo revalorización activos	Logaritmo fondos propios
$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$
0,0257	0,0262	-0,737	0,886	1,521
(0,012)	(0,035)	(0,282)	(0,563)	(0,573)

\*Desviaciones estándar entre paréntesis

Fuente. Cálculos propios.

**Cuadro A 4. Pruebas de normalidad, homocedasticidad y no autocorrelación del modelo de corrección de errores**

Prueba	Valor estadístico	Probabilidad
Normalidad	18.75	0.05
Homocedasticidad	189.8	0.83
Independencia serial	0.88	0.66

Fuente: Cálculos propios.

**Cuadro A 5. Prueba de cointegración: ecuación participación inversión en maquinaria de largo plazo y ecuación participación en equipo de trabajo de largo plazo**

Variable	Valor estadístico	Valor crítico (5% significancia)
Residuales participación maquinaria	-3.18	-3.17
Residuales participación equipo de transporte	-3.87	-3.17

Hipótesis nula no cointegración: valores críticos Engle & Granger (1987)

Fuente: Cálculos propios.

**Cuadro A 6. Prueba simetría precios maquinaria y equipo de transporte: sistema de ecuaciones de largo plazo de la participación de la inversión en maquinaria e inversión en equipo de transporte**

Estadístico	Valor	g. l.	Probabilidad
Chi-cuadrado	0.1028	1	0.7485

Fuente: Cálculos propios.

**Cuadro A 7. Prueba de raíces unitarias sobre los residuales (DFA): ecuación participación inversión en maquinaria de corto plazo y ecuación participación en equipo de trabajo de largo corto**

Variable	Valor estadístico	Valor crítico (5% significancia)
Residuales participación maquinaria	-5,36	-3.17
Residuales participación equipo de transporte	-5,98	-3.17

Fuente: Cálculos propios.

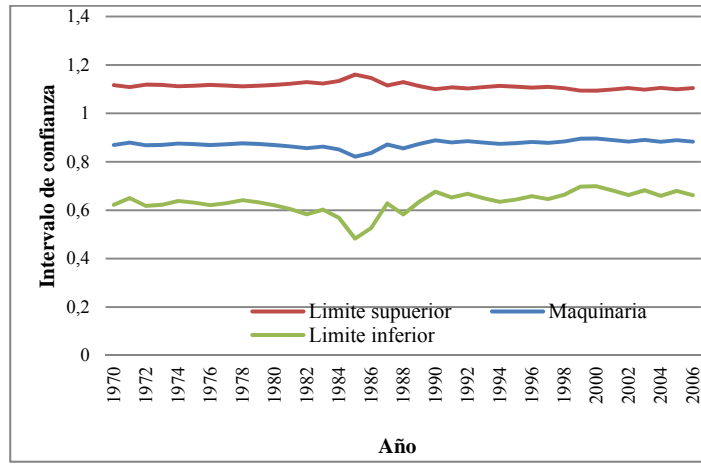
**Cuadro A 8. Prueba simetría precios maquinaria y equipo de transporte: sistema de ecuaciones de corto plazo de la participación de la inversión en maquinaria e inversión en equipo de transporte**

Estadístico	Valor	g. l.	Probabilidad
Chi-cuadrado	0.2358	1	0.6273

Fuente: Cálculos propios.

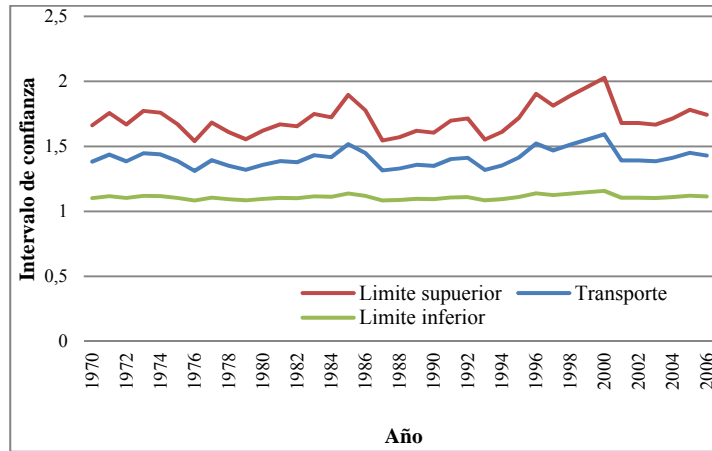


**Gráfico A 1. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en maquinaria con respecto a la inversión agregada. Colombia, 1970 – 2006.**



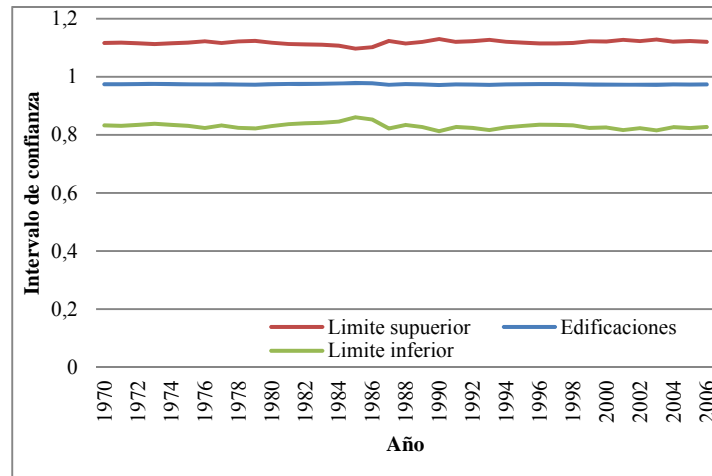
Fuente: Cálculos propios.

**Gráfico A 2. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en equipo de transporte con respecto a la inversión agregada. Colombia, 1970 – 2006**



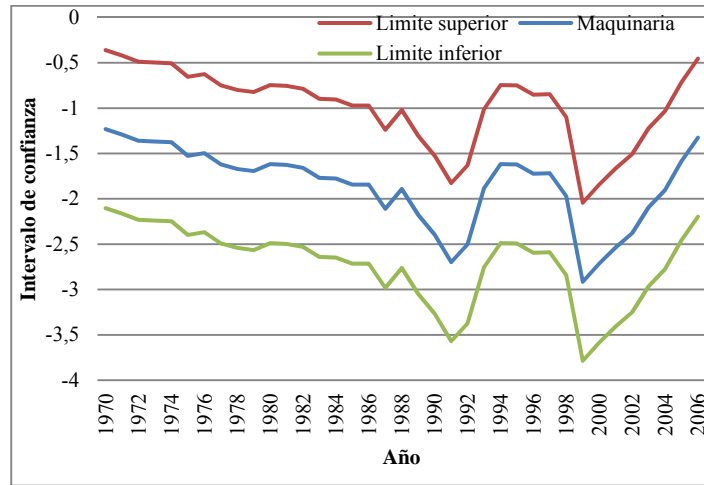
Fuente: Cálculos propios.

**Gráfico A 3. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en edificaciones con respecto a la inversión agregada. Colombia, 1970 – 2006**



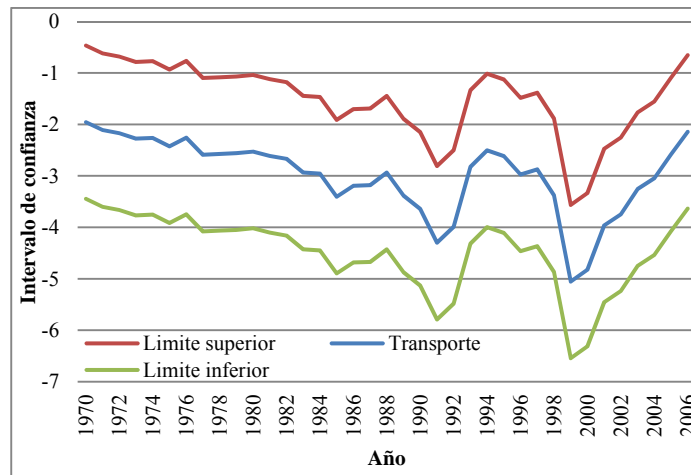
Fuente: Cálculos propios.

**Gráfico A 4. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en maquinaria con respecto a la tasa de interés. Colombia, 1970 – 2006**



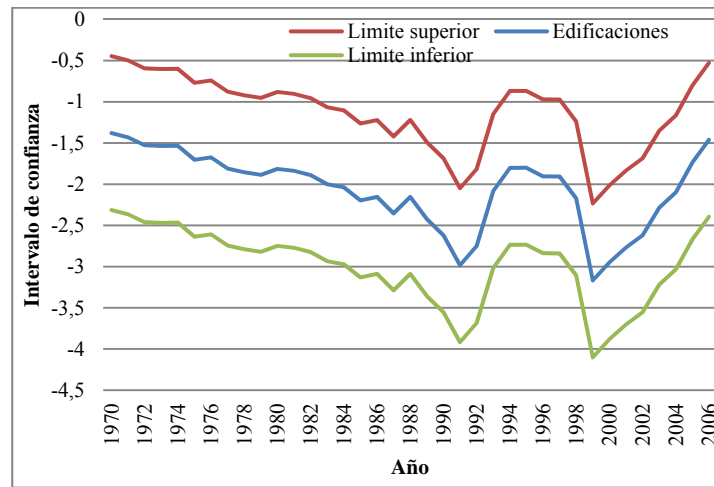
Fuente: Cálculos propios.

**Gráfico A 5. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en equipo de transporte con respecto a la tasa de interés. Colombia, 1970 – 2006**



Fuente: Cálculos propios.

**Gráfico A 6. Intervalo de confianza de la elasticidad de la inversión en edificaciones con respecto a la tasa de interés. Colombia, 1970 – 2006**



Fuente: Cálculos propios.

## Bibliografía

- Abel, A.; Eberly, J. "A unified Model of Investment Under Uncertainty". *American Economic Review*. Vol. 84, No. 5, December 1994.
- Arbelaez, M.; Echavarría, J. "Credit, Financial Liberalization and Manufacturing Investment in Colombia". *Research Network Working Paper*. #R-450, Inter-American Development Bank, Fedesarrollo, 2002.
- Bertola, G.; Caballero, R.J. "Irreversibility and Aggregate Investment," *Review of Economic Studies*, Blackwell Publishing, vol. 61(2), pages 223-46, Abril 2004.
- Botero, J.; Ramírez, A.; Palacio, J.F. "El costo de uso del capital y la inversión en Colombia 1990-2007". *Ecós de Economía*. No. 25, Octubre de 2007.
- Caballero, R. "Aggregate Investment". In John Taylor and Micheal Woodford (eds), *Handbook of Macroeconomics*, Vol 1B, Elsevier North-Holland, 1999.
- Cava, L. "Financial constrains, the user cost of capital and corporate investment in Australia". Reserve Bank of Australia, Research discussion paper, 12, 2005.
- Chatelain, J.; Tiomo, A. "Monetary Policy and Corporate Investment in France". In Angeloni, Kashyap and Mojon (eds), *Monetary Policy Transmission in the Euro Area*, Cambridge University Press, 2003.
- Chatelain, J.; Generale, A.; Hernando I.; Kalckreuth V.; Velmeulen, P. "Firm investment and monetary policy transmission in the Euro area". Working paper Banque de France, 2002.
- Chirinko, R.; Schaller, H. "The irreversibility Premiun". *CESIFO Working Paper*, No. 2265. March 2008.
- Doornik, J. A. *Object-Oriented Matrix Programming using Ox.*, London: Timberlake Consultants Press, 2001.
- Engle, R.F.; Granger, C.W.J. "Cointegration and Error-Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica* 55, pp. 251-276, marzo, 1987.
- Fainboim, I. "Inversión, tributación y costo de uso del capital en Colombia: 1950-1987". *Ensayos sobre política económica*. Nr. 18, Diciembre de 1990.
- Greenwood, J.; Hercowitz Z.; Krusell, P. "Long-run implicaciones of Investmenty-Specific Technological Change". *American Economic Review*. 87:3, 1997.
- Harberger, A. C. "La Tasa de Rendimiento de Capital en Colombia", *Revista de Planeacion y Desarrollo*, v.3, pp.13-42, 1969.
- Hausman, J.A. "Specification test in econometrics". *Econometrica*, 46: 1251- 1271, 1978.
- Hausman, J.; McFadden, C. "Specification test in econometrics", *Econometrica*, 52, 1219-1240, 1984.
- Hayashi, F. "Tobin's Marginal q and Average q: A Neoclassical Interpretation". *Econometrica*. Vol. 50.1, 1982.
- House, C.; Shapiro M. "Temporary Investment Tax Incentives: Theory with Evidence from Bonus Depreciation". *American Economic Review*. 98:3, 2008.

- Hungnes, H. “Identifying the deterministic components in cointegrated VAR models using GRaM for Ox Professional – user manual and documentation”, 2005.
- Kalckreuth, U. “Monetary Transmission in Germany: New Perspectives on Financial Constraints and Investment Spending”. Economic Research Centre of the Deutsche Bundesbank, ECB Working Paper n.º 109, 2001.
- Katay, G.; Wolf Z. “Investment behavior, user cost and monetary policy transmission – the case of Hungary”. MNB working paper, 12, 2004.
- Mairesse, J.; Hall, B.; Mulkay, B. “Firm-level investment in France and The United States: an exploration of what we have learned in the twenty years”. Working paper series, paper 7437. National Bureau of Economic Research, 1999.
- Ocampo, J.; Londoño J.; Villar L. “Comportamiento del ahorro y la inversión: evolución histórica y determinantes”. *Lecturas de macroeconomía Colombiana*. Tercer Mundo Editores, Fedesarrollo, 1998.
- Oulton, N. “Ex Post Versus Ex Ante Measures of the User Cost of Capital”. Centre for Economic Performance, London School of Economics (CEP). Discussion Papers, núm. 0698, 2005.
- Taylor, John. *Macroeconomic Policy in a World Economy*. W.W. Norton, New York, on line edition, 1999. En <<http://www.stanford.edu/~johntayl/MacroPolicyWorld.htm>>.
- Vilmunen, J. “Dynamics of investment behavior in Finland: aggregated and firm level evidence” Bank of Finland discussion paper, 22, 2002.