



REPORTE DE ESTABILIDAD FINANCIERA

Julio de 2015

Revisión metodológica de índices
de precios de la vivienda

Jéssica Fernanda Castaño Lavado
Miguel Ángel Morales Mosquera

Revisión Metodológica de Índices de Precios de la Vivienda*

JÉSSICA FERNANDA CASTAÑO LAVADO[‡] MIGUEL ÁNGEL MORALES MOSQUERA[§]

Resumen

Este documento es una revisión de las principales metodologías existentes para construir índices de precios de vivienda, y hace énfasis en las implementadas en Colombia. Pretende que cualquier agente interesado en el estudio de la evolución de los precios de la vivienda pueda encontrar una explicación sencilla y práctica de los diferentes métodos para el cálculo de este tipo de índices, las fuentes de datos requeridas, y las ventajas y desventajas de cada uno. Por último, se presenta una comparación entre los índices de precios de vivienda disponibles en Colombia y un breve análisis de su evolución más reciente.

Clasificación JEL: *C30, C43, E31, R32*

Palabras clave: índice de precios de vivienda, precio del suelo, método de estratificación, números índices, ventas repetidas, precios hedónicos, tasación.

Abstract

This paper provides an overview of the methodologies most used to construct house price indexes, focusing on those implemented in Colombia. The aim of this work is to facilitate, to any agent interested in studying house prices, a simple explanation and description of the different approaches used to calculate a house price index, the data sources required, and the advantages and disadvantages of each method. Finally, a comparison of the indexes calculated in Colombia is presented along with a brief analysis of their recent evolution.

JEL classification: *C30, C43, E31, R32*.

Keywords: housing price index, land prices, stratification, index numbers, repeat sales, hedonic regression, appraisal-based methods.

*Agradecemos los comentarios y sugerencias de Esteban Gómez. Las opiniones contenidas en este documento son exclusivas de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Los autores son responsables de los errores que persistan.

[‡]Profesional, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: jcastala@banrep.gov.co

[§]Profesional Experto, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: mmoralmo@banrep.gov.co

Índice

1. Introducción	4
2. Revisión de Metodologías	5
2.1. Método de Medias y Medianas con Estratificación	5
2.1.1. Caso Colombiano	10
2.1.2. Precio del Suelo	11
2.1.3. Ventajas y Desventajas	11
2.2. Método de Números Índices: Índice de Fisher	12
2.2.1. Caso Colombiano	13
2.2.2. Precio del Suelo	14
2.2.3. Ventajas y Desventajas	15
2.3. Método de Precios Hedónicos	15
2.3.1. Caso Colombiano	17
2.3.2. Ventajas y Desventajas	18
2.4. Método de Ventas Repetidas	18
2.4.1. Caso Colombiano	21
2.4.2. Ventajas y Desventajas	22
2.5. Método de Tasación	23
2.5.1. Caso Colombiano	24
2.5.2. Ventajas y Desventajas	24
3. Evaluación de los Índices de Precios de Vivienda existentes en Colombia	24
4. Comentarios Finales	29
5. Anexos	30
5.1. Bases de Datos	30
5.1.1. Revista La Guía-DNP	30
5.1.2. Censo de Edificaciones (CEED)-DANE	30
5.1.3. La Galería Inmobiliaria	31
5.1.4. Coordinada Urbana-CAMACOL	31
5.1.5. Avalúos Comerciales de las Entidades Bancarias	32
5.1.6. La Lonja de Propiedad Raíz de Bogotá	32
5.2. Índices de precios de la vivienda para Medellín y Cali	33

Índice de figuras

1.	Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para el total nacional	26
2.	Variación real anual del índice de precios de la vivienda para Bogotá	28
3.	Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para Medellín	33
4.	Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para Cali	34

Índice de cuadros

1.	Resumen metodologías utilizadas internacionalmente	6
2.	Índices de precios de la vivienda y del suelo existentes en Colombia	25
3.	Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices del total nacional .	26
4.	Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices de Bogotá	29
5.	Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices para Medellín . . .	33
6.	Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices para Cali	34

1. Introducción

Los índices de precios de la vivienda son una herramienta útil para analizar la estabilidad y desempeño de las economías. En efecto, las crisis financieras más recientes han estado precedidas por auges desproporcionados en los precios de los activos, incluidos los de la vivienda (Claessens & Kose (2013), Brunnermeier & Oehmke (2012)). Por tanto, su construcción y el monitoreo ha cobrado gran importancia, en especial para instituciones como los bancos centrales, gobiernos, y entes reguladores que velan por la estabilidad financiera. De acuerdo con Eurostat (2013) los índices de precios de la vivienda son de gran utilidad en el análisis de la economía en general, en la medida en que: i) representan un elemento clave en la política monetaria y las metas de inflación; ii) actúan como un indicador de estabilidad financiera para medir la exposición al riesgo de diferentes agentes; iii) son un insumo para el cálculo del índice de precios al consumidor y, además, iv) permiten hacer comparaciones locales e internacionales. En este sentido, resulta importante contar con medidas precisas de los precios de la vivienda que permitan entender este mercado. De ahí surge la motivación de este trabajo, que tiene como objetivo desarrollar una revisión metodológica de los índices de precios de la vivienda, enfocándose principalmente en las implementadas en Colombia.

Sin embargo, resulta difícil conseguir información del mercado de la vivienda comparable entre países, en especial de los índices de precios (Scatigna et al. (2014)). Esto se explica en parte: i) por la naturaleza de las transacciones de este bien, que se realizan bilateralmente y no en mercados centralizados, y ii) por la heterogeneidad en las características de la vivienda (*e.g.* estas pueden diferir en términos de ubicación, tamaño, antigüedad y calidad, etc.). Adicionalmente, la comparabilidad entre índices de la vivienda se dificulta por la diversidad en los métodos empleados para construirlos y la corta longitud que presenta una gran proporción de las series.

Con el objetivo de reducir estas limitaciones, órganos multilaterales como el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Internacional de Pagos (BIS), y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OECD), además de bancos centrales como la Reserva Federal de Dallas, han liderado esfuerzos para obtener indicadores de precios de la vivienda adecuados y estandarizados (Silver (2014)). Los principales avances se han observado en tres dimensiones: i) el desarrollo de estándares internacionales para las metodologías de índices de precios de la vivienda (*e.g.* publicación del *Manual del índice de precios de inmuebles residenciales* (Eurostat (2013))), ii) la creación de centros de datos dedicados a recolectar información del mercado de la vivienda, incluidos índices de precios; por ejemplo, el FMI construyó el *IMF's Global Housing Watch*, el BIS el *Residential Property Statistics*, la OECD el *Data Portal* y la Reserva Federal de Dallas desarrolló el *International House Price Database*¹, y iii) esfuerzos globales por compilar y difundir estas medidas; los índices de precios de la vivienda están incluidos en la recomendación 19 de la iniciativa global del G-20 *Data Gaps*².

En relación con la primera dimensión, la literatura dedicada al mercado inmobiliario propone diversas metodologías para calcular índices de precios de vivienda, donde cada una de ellas requiere distintas fuentes de información y aproximaciones estadísticas. Si bien cada enfoque busca hacer seguimiento a la dinámica de los precios, también es cierto que cada uno plantea supuestos que hacen que la medición

¹Para mayor detalle se pueden consultar los siguientes portales web: <http://www.imf.org/external/research/housing/>; <http://www.bis.org/statistics/pp.htm>; <http://www.oecd.org/statistics/>; <http://www.dallasfed.org/institute/houseprice>.

²La recomendación 19 del documento "*Financial Crisis and Information Gaps, Report to the G-20 Finance Ministers and Central Bank Governors*" de 2009 propuso el desarrollo de un manual sobre índices de precios de la vivienda, además recomendó al BIS y a los bancos centrales miembros divulgar información de precios de la vivienda en la página web del BIS.

capture determinados aspectos de este comportamiento. Así, la elección de la metodología dependerá, en primer lugar, de la información disponible y, en segundo, del objetivo a partir del cual se construye el índice dado que cada método tiene sus ventajas y desventajas.

En Colombia se cuenta con índices de precios de la vivienda calculados por distintas instituciones a partir de diferentes fuentes de información y enfoques. Sin embargo, hasta el momento no existe ningún trabajo que revise en detalle las metodologías existentes para su construcción. Esta investigación aborda esta limitación al proponer un manual de índices de precios de vivienda, haciendo énfasis en los disponibles en el país. La taxonomía de las metodologías descritas se basa en la propuesta por Eurostat (2013), entidad que desarrolló un análisis completo de los enfoques utilizados internacionalmente. La clasificación contempla los métodos de estratificación, números índices, precios hedónicos, ventas repetidas y tasación.

Actualmente, para el caso colombiano, existen índices de vivienda tanto para el mercado usado como para el nuevo. En el primer caso, el Banco de la República calcula un índice mediante el método de ventas repetidas, mientras que el Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico de la Universidad de los Andes (CEDE) construye otro a partir del método de estratificación. En el segundo caso, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Banco de la República calculan indicadores con el enfoque de números índices; el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol-Bogotá y Cundinamarca) lo hacen con la aproximación de estratificación, y también el Banco de la República estima un índice empleando el método de precios hedónicos.

Este documento contiene tres secciones además de esta introducción. En la segunda se presenta la revisión metodológica de los índices de precios de la vivienda, en la cual se describen los detalles técnicos de su implementación, la información requerida para cada método, su aplicación al caso colombiano y sus ventajas y desventajas. En la tercera evalúa la dinámica de los índices en Colombia. Por último, se presentan los comentarios finales.

2. Revisión de Metodologías

En esta sección se presenta una descripción detallada de los principales métodos utilizados para el cálculo de índices de precios de vivienda, haciendo énfasis en las metodologías implementadas en Colombia. En particular, se explica en qué consiste cada método, los requerimientos en términos de información, su implementación a nivel internacional y en Colombia, y las fortalezas y debilidades de cada aproximación. Adicionalmente, para los casos en que la metodología también sea aplicada para la construcción de índices del suelo se desarrolla una descripción detallada. Las bases de datos utilizadas para el cálculo de los índices existentes en el país se describirán en el Anexo 5.1.

A partir de la clasificación propuesta por Eurostat (2013) y la revisión realizada en este documento de los enfoques más utilizados internacionalmente, se concluye que las metodologías empleadas con mayor frecuencia para construir índices de precios de la vivienda son: medias y medianas con estratificación, números índices, precios hedónicos, ventas repetidas y tasaciones (Ver Cuadro 1).

2.1. Método de Medias y Medianas con Estratificación

La aproximación de medias o medianas es una de las medidas más sencillas empleadas para la construcción de índices de precios de vivienda. En este método se calcula una medida de tendencia central, que generalmente es la media o la mediana de la distribución de los precios de los inmuebles. En particular,

CUADRO 1: Resumen metodologías utilizadas internacionalmente

Metodología	País	Índice	Institución	Frecuencia	Fecha de inicio
Medias y medianas sin estratificación	Australia	Median Established House Prices	Real Estate Institute of Australia (REIA)	Trimestral	1980
	Brasil	Residential Real Estate Collateral Value	Banco Central do Brasil	Mensual	2001
Medias y medianas con estratificación	Australia	Residential Property Price Index (RPPI)	Australian Bureau of Statistics (ABS)	Trimestral	2003
	Australia	House Price Index (HPI)	Australian Bureau of Statistics (ABS)	Trimestral	1986
	Australia	Attached Dwellings Price Index (ADPI)	Australian Bureau of Statistics (ABS)	Trimestral	2003
	Chile	Índices de Precios de Vivienda (IPV)	Banco Central de Chile	Trimestral	2002
	Brasil	FipeZap House Asking Price Index	FIPE Economic Research Institute	Mensual	2007
	India	All India House Price Index	Reserve Bank of India	Mensual	2008
	Hong Kong	Property Price Indices	Census and Statistics Department	Mensual	1993
	Singapore	Private Residential Price Index Commercial Property Price Index	Urban Redevelopment Authority	Trimestral	1990-2015
	Reino Unido	Mix- Adjusted House Price Index	Office for National Statistics	Trimestral y Mensual	1968 y 2002
	España	Índice General de Precios, Precios de Vivienda Libre y Precios de Vivienda Protegida	Ministerio de Fomento	Trimestral	1995
	Islandia	Residential Property Market Price Index	Statistics Iceland	Mensual	2000
	Italia	Italy Residential Property Prices	Banca D'Italia	Trimestral	1990
	Grecia	Real Estate Price Indices	Bank of Greece	Trimestral	2006
Perú	Precios por Metro Cuadrado de Departamentos	Banco Central de la Reserva del Perú	Trimestral	1998 y 2007	

Metodología	País	Índice	Institución	Frecuencia	Fecha de inicio
Medias y medianas con estratificación	China	Sales Price Indices of Residential Buildings	National Bureau of Statistics of China	Mensual	2011
	Indonesia	Residential Property Price Index	Bank Indonesia	Trimestral	2002
Ventas Repetidas	Australia	Residex Australian Property Index	Residex	Mensual	1978
	Marruecos	Real Estate Price Index	Central Bank (Bank Al Maghrib)	Trimestral	2006
	Reino Unido	House Price Index (HPI)	Land Registry	Mensual	1995
	Canadá	Teranet-National Bank House Price Index (TNB-HPI)	National Bank of Canada	Mensual	1990
	Noruega	House Price Indices for Norway	Norges Bank	Anual	1819
	Estados Unidos	S&P/Case-Shiller Home Price Indices	S&P Dow Jones Indices	Mensual	2000
	Estados Unidos	CoreLogic National House Price Index	CoreLogic	Mensual y Trimestral	1975
	Estados Unidos	FHFA House Price Index (HPI)	Federal Housing Finance Agency	Mensual y Trimestral	1975
Números Índices	Bélgica	Nationwide Existing Single-Family House Price Index	National Bank of Belgium	Trimestral	1973
	Canadá	New Housing Price Index (NHPI)	Statistics Canada	Mensual	1981
	China	Real Estate Price Index	National Bureau of Statistics of China	Mensual	2011
	Estados Unidos	Price Index for Houses Sold and Houses Under Construction	United States Census Bureau	Trimestral y Mensual	1963

Metodología	País	Índice	Institución	Frecuencia	Fecha de inicio
Tasación: Sale Price Appraisal Ratio (SPAR)	Nueva Zelanda	Quotable Value House Price Index	Reserve Bank of New Zealand	Trimestral	1979
	Dinamarca	Nationwide House Price Index for New and Existing Single-Family Dwellings	Danmarks Nationalbank	Trimestral	1971
	Suecia	Real Estate Price Index	Statistics Sweden	Anual y Trimestral	1975 y 1986
	Holanda	House Price Index	Statistics Netherlands	Mensual y Trimestral	1995
Precios Hedónicos	Austria	Residential Property Prices	Oesterreichische Nationalbank	Trimestral	2000
	Bélgica	Belgian House Price Index	Statistics Belgium	Trimestral	2005
	Chipre	Residential Property Price Index	Central Bank of Cyprus	Trimestral	2002
	Eslovenia	House Prices Indices	Statistical Office of the Republic of Slovenia	Trimestral	2007
	Reino Unido	Halifax House Prices Indices (HPI)	Lloyds Banking Group	Mensual y Trimestral	1983
	España	Housing Price Index (HPI)	Instituto Nacional de Estadística	Trimestral	2007
	Japón	Residential Property Price Index (RPPI)	Ministry of Land, Infrastructure Transport and Tourism	Mensual	2008
	Israel	Prices of Owner Occupied Dwellings	Central Bureau of Statistics	Mensual	1999
Noruega	House Price Index, by Type of Building and Region	Statistics Norway	Trimestral	1992	
Híbrido (Hedónico+ Ventas Repetidas)	México	Índice de Precios de la Vivienda	Sociedad Hipotecaria Federal	Trimestral	2005
	Canadá	Multiple Listing Service Home Price Index (MLS-HPI)	Canadian Real Estate Association	Mensual	2005

Fuente: bancos centrales, departamentos de estadística y entidades privadas de cada uno de los países.

esta metodología permite medir el cambio en el precio de venta promedio o mediano de una vivienda en dos períodos. Su principal atractivo es que no exige de una base de datos detallada dado que solo se requieren los precios.

La manera en que se calcula este índice lo hace susceptible a obtener estimaciones poco precisas o con problemas de sesgo. En cuanto al primer problema se tiene que la muestra de viviendas transadas es usualmente pequeña frente al acervo de viviendas y no necesariamente representativa. Por tanto, los cambios en la composición de la muestra de inmuebles vendidos reflejarían principalmente el precio medio calculado para las viviendas transadas y, en menor medida, el de la oferta total de vivienda. Esto implica que un índice de este tipo, sería impreciso cuando se registren cambios importantes en la composición de los inmuebles vendidos entre períodos (*e.g.* que para un momento específico se incrementen las ventas de vivienda de interés social). Con respecto al segundo problema, el de sesgo, este podría presentarse cuando la calidad de los inmuebles cambia en el tiempo; en este caso, el índice estaría sujeto a estar sobrestimado o subestimado dependiendo si la calidad de las viviendas mejora o empeora entre períodos. Adicionalmente, el hecho de que la muestra no refleje el total de la oferta de vivienda que hay en el mercado también puede generar un problema de sesgo de selección.

Según Hansen et al. (1953) una manera de controlar los efectos de los cambios en la composición muestral que generan el problema de precisión y/o sesgo, es la estratificación de la muestra. Los autores sostienen que la estratificación es una técnica comúnmente utilizada debido a que permite incrementar la precisión de las estimaciones de la muestra. Este método consiste en segmentar los inmuebles transados por criterios como zona, rango de precios, o estrato socioeconómicos, y calcular para cada uno de estos la media o mediana de los precios. El índice agregado resulta del promedio ponderado de los distintos segmentos, tal como se presenta en la ecuación (1),

$$P^{0t} = \sum_{m=1}^M w_m^0 P_m^{0t} \quad (1)$$

donde P_m^{0t} es el índice de precios para el segmento m en el momento actual, o el cambio en el precio medio o mediano entre t y el período base 0; w_m^0 denota la ponderación para el segmento m , que usualmente corresponde a la ponderación del período base y se mantiene fija por varios años.

Usualmente los criterios de estratificación son de carácter geográfico, puesto que permiten agrupar inmuebles con características y atributos comunes de acuerdo a la ubicación de los mismos. Adicionalmente, el método requiere información que está disponible en la mayoría de las bases de datos de vivienda, lo que facilita su construcción³.

De acuerdo con Prasad & Richards (2006), la ventaja de emplear esta técnica es que la definición de los subgrupos permite agrupar observaciones similares, lo que conlleva a que cada segmento sea más homogéneo si se compara con el total de observaciones de la muestra. En este sentido, el método de estratificación controla los cambios en la composición de la muestra entre los diferentes segmentos, por lo que su efectividad dependerá del criterio de segmentación. Sin embargo, un índice de este tipo no capturaría las diferencias en la calidad de las viviendas dentro de cada subgrupo (*e.g.*: remodelaciones, o depreciación). Existen algunos estudios como los de Prasad & Richards (2006) que proponen medidas más sofisticadas para la construcción de un índice de medias o medianas, en los que se incluyan criterios

³Trabajos como los de Bourassa et al. (1999), Goodman & Thibodeau (2003) y Hansen (2006) sustentan que en el mercado de vivienda, variables de tipo geográfico son determinantes en los precios.

más precisos para la estratificación, tales como los atributos estructurales de las viviendas, la ubicación, las características del barrio, entre otros.

Dada la simplicidad de esta metodología y la facilidad para obtener la información requerida, los índices de precios de vivienda de medias o medianas son unos de los más conocidos a nivel internacional, por lo que varios países los utilizan para sus análisis de finca raíz. Por ejemplo, en los Estados Unidos la *National Association of Realtors* (NAR) y en Australia tanto el *Real Estate Institute of Australia* (REIA) como el *Commonwealth Bank* y las firmas *LJ Hooker/BIS Shrapnel* emplean esta metodología.

2.1.1. Caso Colombiano

Para el caso colombiano se conoce un índice de medias sin estratificación y dos índices de medias y medianas con estratificación: el índice de precios de la vivienda nueva (IPVN) de la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL-Bogotá y Cundinamarca), el calculado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el índice de precios inmobiliarios de Bogotá construido por el Observatorio de Mercado del Espacio Construido del CEDE.

El IPVN de CAMACOL se calcula como el promedio ponderado del precio por metro cuadrado de los inmuebles que pertenecen a proyectos nuevos con área construida superior a 300 m^2 . La ponderación se realiza teniendo en cuenta la oferta disponible de las viviendas en Bogotá como se presenta en la siguiente fórmula:

$$IPVN_t = \frac{\sum P_{t,i} \cdot Q_{t,i}}{\sum Q_{t,i}} \quad (2)$$

donde $P_{t,i}$ y $Q_{t,i}$ son los precios y las cantidades del inmueble tipo i , en el período t . El índice se construye a partir de la información del *Censo de Edificaciones de Coordinada Urbana* de la regional CAMACOL Bogotá y Cundinamarca, en donde se consideran edificaciones nuevas para la venta en estado de preventa, construcción o terminadas. El IPVN tiene una periodicidad mensual, se calcula desde 2006 y registra un rezago de un mes. Es importante mencionar que este índice no se encuentra disponible al público, y solo se puede obtener bajo solicitud.

Por otro lado, el IPVN calculado por el DNP consiste en un promedio ponderado del precio por metro cuadrado de los inmuebles de acuerdo con tres rangos de precios (bajo, medio y alto), por lo que puede catalogarse como un índice de medias estratificado. Dicho índice se construye a partir de la información de oferta de vivienda nueva (casas y apartamentos) que se publica en la revista La Guía, el cual es un portal especializado en finca raíz. Actualmente, el IPVN solo incluye información de Bogotá, aunque inicialmente se calculó además para Cali, Medellín y Bucaramanga. La serie se tiene a partir de enero del año 1993, lo que lo hace el tercer índice con mayor historia en Colombia después del IPVU calculado por el Banco de la República (1988) y el del CEDE (1970).

Para calcular el IPVN, se dividió la muestra en tres rangos dependiendo del valor comercial de los inmuebles, convertidos a unidades de valor real (UVR). De esta forma, para el primer rango, llamado bajo, se tomaron las viviendas con un valor comercial entre 0 y hasta 518.149,7 unidades de UVR, en el rango medio se clasificaron aquellos proyectos con valor comercial entre 518.149,7 y 1.165.863,9 UVR y en el rango alto los inmuebles con un valor comercial superior a 1.165.863,9 UVR⁴.

⁴Inicialmente los rangos se definieron en unidades de poder adquisitivo (UPAC) y se establecieron de la siguiente manera: para el rango bajo entre 0 y hasta 3200 unidades de UPAC, el rango medio entre 3200 y 7200 UPAC y en el rango alto los inmuebles con un valor comercial superior a 7200 UPAC. A diciembre de 2014 el rango bajo corresponde a viviendas con

Posteriormente, se definen los ponderadores del área para cada uno de los rangos de la siguiente manera: al rango superior se le asigna un peso de 52 %, al rango medio uno de 26 % y al rango inferior uno de 22 %. Estas ponderaciones son fijas y se calcularon con la información comprendida entre enero de 1993 y diciembre de 1998, lapso durante el cual el área construida para los estratos medio y alto era mayor a la construida en los estratos bajos.

Finalmente, el índice se calcula de la siguiente manera:

$$IPVN_t = w^b P_t^b + w^m P_t^m + w^a P_t^a \quad (3)$$

donde w^b , w^m y w^a son las ponderaciones por área para el rango bajo, medio y alto, respectivamente. De igual forma, P_t^a , P_t^m y P_t^b representa el precio promedio del metro cuadrado para el rango bajo, medio y alto, en su orden.

Similar al IPVN del DNP, el índice de precios inmobiliarios construido por el CEDE consiste en un promedio simple del precio de oferta de los inmuebles clasificados en tres rangos (bajo, medio y alto)⁵. El índice utiliza información del precio de oferta promedio de la vivienda usada en Bogotá de siete zonas cuyas características urbanas han permanecido relativamente constantes en el tiempo. Las zonas comprenden diversos estratos socioeconómicos: dos de ingresos altos (zona Chico y Santa Bárbara), tres de ingresos medios (zona Chapinero Alto, Niza y Modelia) y dos de ingresos bajos (zona Occidente y Sur). Al final, el indicador se construye utilizando una medida de tendencia central (mediana) para cada barrio en cada período, posteriormente, se promedian los precios de los barrios y se obtiene la medida de estrato (alto, medio y bajo) y, finalmente la de ciudad.

La información de los inmuebles se obtiene de los anuncios de ofertas que aparecen en el periódico *El Tiempo*, durante un mes en cada semestre, y solo se consideran aquellos inmuebles que al menos registren referencia de localización, precio y área⁶. El índice esta disponible desde 1970 con cifras anuales hasta 1984 y de allí en adelante con cifras semestrales.

2.1.2. Precio del Suelo

Siguiendo una aproximación similar, el CEDE también construye un indicador de los precios del suelo en Bogotá utilizando las cifras producidas por la *Lonja de Propiedad Raíz*. Dado que las zonas de análisis de *La Lonja* no coinciden exactamente con las consideradas por el índice de precios de la vivienda del CEDE, se tienen en cuenta solo aquellas áreas que coinciden y se promedian. Al final se obtiene un índice por estratos de ingreso (bajo, medio y alto) y un promedio general. El índice esta disponible desde 1970 con una frecuencia anual (Jaramillo (2014)).

2.1.3. Ventajas y Desventajas

En cuanto a las ventajas de esta metodología se encuentra la facilidad de su cálculo e interpretación y la poca información que requiere en comparación con otros métodos. Además, cuando se hace uso de la estratificación es posible ajustar por los cambios en la composición de la muestra, siempre y cuando los

un valor inferior a \$111.255,808, en el caso del rango medio se toman aquellas entre \$111.255,808 y \$250,331,382, y para el rango alto se incluyen inmuebles cuyo valor sea superior a \$250,331,382.

⁵Para mayor detalle ver Jaramillo & Cuervo (2014).

⁶En algunos casos para aproximar el area del inmueble se utiliza una técnica que relaciona el número de dormitorios y el estrato.

criterios estén bien definidos. Asimismo, la técnica permite construir índices para diferentes segmentos del mercado de manera desagregada, tal es el caso de los índices de precios por estratos socioeconómicos o por zonas geográficas.

No obstante, los índices de medias o medianas sin estratificación tienen algunas falencias que se mencionaron anteriormente, como su imprecisión y problemas de sesgo. Adicionalmente, este método no permite controlar por la calidad de los inmuebles⁷, ni por cambios generados vía efecto de la depreciación, reparación o renovación. Para el caso de los índices calculados mediante el método de estratificación en Colombia, estos utilizan ponderadores fijos para todo el período, lo cual no refleja necesariamente la dinámica del mercado después de varias décadas de construcción del índice.

2.2. Método de Números Índices: Índice de Fisher

El método de números índices es conocido especialmente en el contexto de los índices de precios al consumidor (IPC), dado que es la aproximación más utilizada a nivel mundial por los entes encargados de medir la inflación. El objetivo de un número índice es descomponer la variación porcentual del valor de una canasta de bienes entre la variación propia de los precios y los cambios en la composición de la misma (cantidades).

De acuerdo con OIT et al. (2006) existe una extensa lista de fórmulas de números índices y la cuestión está en decidir cuál debería utilizarse. Para ello, los autores presentan una descripción detallada de las diferentes fórmulas y concluyen que las más empleadas a nivel internacional son los de Laspeyres, Paasche y Fisher. Los primeros dos son índices de precios de cantidades constantes: en el primer caso, las cantidades corresponden al período de referencia de los precios (0), y en el segundo, las cantidades corresponden al momento corriente o actual (t). Por su parte, la aproximación de Fisher pertenece a la categoría de los índices superlativos o simétricos y consiste en un promedio geométrico de los dos índices anteriores. El hecho de que tome la media geométrica garantiza que se le asigne igual ponderación a los precios y cantidades de los dos períodos comparados, y por tanto es el más apropiado entre los índices mencionados.

En el contexto de la vivienda, este método también es ampliamente utilizado para construir índices de precios. En general, la aproximación tiene en cuenta la cantidad y los precios de los inmuebles disponibles o vendidos en un momento definido. Similar al caso del IPC, los índices de vivienda desarrollados con el método de números índices se construyen a partir de los de Laspeyres, Paasche y Fisher. Generalmente, estos son de base fija, es decir, se define un período base o de referencia a partir del cual se miden los cambios en los precios⁸.

El índice de Laspeyres de base fija (IP_L) tiene como objetivo medir el cambio en el precio de las viviendas en el período actual con respecto al base, manteniendo fijas las cantidades de inmuebles disponibles en dicho período. Por tanto, la variación del precio responde únicamente a un efecto precio,

⁷Según Eurostat (2013) "El ajuste por calidad del precio de un inmueble tiene por finalidad eliminar la contribución del cambio de las características a la variación de precios observada. En la práctica, el ajuste necesario solo puede ser producto de una estimación. Según las circunstancias, pueden emplearse diferentes métodos de estimación, como los hedónicos(...)".

⁸Cabe resaltar que también existen índices en cadena, los cuales emplean la información de los últimos dos períodos para calcular un índice por eslabón, el cual a su vez es usado para actualizar el nivel del índice del período anterior. A diferencia de los índices de base fija, los encadenados permiten actualizar los períodos de referencia de los precios y ponderaciones. Para mayor detalle véase OIT et al. (2006).

puesto que las cantidades del momento de referencia se mantienen constantes⁹. Este índice se define de la siguiente forma:

$$IP_L = \frac{\sum_{i=1}^n p_i^t \cdot q_i^0}{\sum_{i=1}^n p_i^0 \cdot q_i^0} \quad (4)$$

Donde n es el número de viviendas disponibles o vendidas; p_i^0 y p_i^t corresponden a los precios del inmueble i en el período base y en el actual, respectivamente; y q_i^0 es la cantidad de la vivienda i (e.g.: área construida) en el momento base.

Por su parte, el índice de Paasche de base fija (IP_P) mide la variación en los precios de los inmuebles suponiendo que se mantienen las cantidades en t , es decir, se define la estructura de preferencias del período corriente. En este sentido, el índice está representado de la siguiente manera:

$$IP_P = \frac{\sum_{i=1}^n p_i^t \cdot q_i^t}{\sum_{i=1}^n p_i^0 \cdot q_i^t} \quad (5)$$

Donde p_i^0 y p_i^t es el precio del inmueble i en el período base y en el actual, respectivamente. q_i^t es la cantidad disponible o vendida de la vivienda i en t ; y n es el número de viviendas disponibles o vendidas.

Por último, el índice de precios de Fisher IP_F se puede definir con la siguiente expresión:

$$IP_F = \sqrt{IP_L \cdot IP_P} \quad (6)$$

Según OIT et al. (2006) tanto la teoría económica como la de los números índices muestran que el índice de Fisher es el más apropiado puesto que al ser un promedio geométrico entre el de Laspeyres y Paasche permite corregir el sesgo que presenta cada uno.

2.2.1. Caso Colombiano

Para el caso colombiano, se conocen dos índices de precios de vivienda que hacen uso de este enfoque¹⁰:

El primero de ellos es el Índice de Precios de Vivienda Nueva calculado por el DANE que consiste en un índice superlativo de Fisher de base fija. La base de datos empleada es el *Censo de Edificaciones* (CEED) desarrollado por el DANE, del cual se toman las edificaciones para la venta con destino a vivienda que al momento del censo se encuentran en algún estado del proceso constructivo o culminadas hasta la última unidad vendida¹¹. Este índice es calculado para Armenia, Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín y el agregado de estas ciudades (total nacional), por tipo de destino (casa o apartamento), estrato socioeconómico (alto, medio y bajo) y segmentos de vivienda

⁹Una variación de este índice es el calculado por el *United States Census Bureau*, que calcula el índice de Laspeyres considerando solo los inmuebles cuya calidad sea similar a la del período base.

¹⁰Cabe resaltar que el Departamento de Estudios Económicos y Técnicos de la Presidencia de CAMACOL desarrolló recientemente un índice de precios de vivienda nueva a partir de este enfoque, para las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Cali, Manizales y Pereira. El *Camacol House Price Index* (CAHPI) utiliza información de *Coordinada Urbana*, tiene frecuencia mensual y se encuentra disponible desde enero de 2008. Sin embargo, el CAHPI no se presenta en este documento debido a que aún se encuentra en revisión por la entidad y no se ha hecho público.

¹¹El CEED se realiza trimestralmente y tiene como objetivo determinar el estado actual de la actividad edificadora para establecer su composición, el valor de su producción y su evolución. Para la construcción del IPVN se tienen en cuenta los siguientes estados: i) obras en proceso de construcción (obras nuevas, obras que continúan en proceso, obras que ingresan en el censo por ampliación de cobertura y ampliaciones de obra); ii) obras paralizadas (obras que continúan inactivas y paralizadas por primera vez) y iii) obras culminadas.

de interés social (VIS) y diferente de VIS. Se encuentra disponible con periodicidad trimestral desde marzo de 1997 y presenta un rezago de tres meses.

El segundo, es el Índice de Precios de Vivienda Nueva construido por el Banco de la República que utiliza la misma metodología del anterior. La información utilizada proviene de la base de datos de *La Galería Inmobiliaria*, la cual registra todos los proyectos de vivienda nueva disponibles en salas de venta, y no necesariamente en alguna etapa de construcción. Esta base registra información de los inmuebles desde el momento que sale a preventa hasta el instante en que se vende la última unidad. El indicador tiene frecuencia mensual, rezago de un mes y se calcula para Bogotá, Cali y Medellín desde 2004.

En ambos índices el punto de partida es definir un nivel básico de agregación, por ejemplo estrato, y el índice se construye por agregación de categorías más simples hasta llegar al total nacional. De esta manera, el índice nacional resultaría de la agregación de los índices de cada ciudad, los cuales se derivan de la agregación de los índices por estrato socioeconómico. Adicionalmente, las cantidades (q_i^0, q_i^t) corresponden a la sumatoria del área construida de cada tipo de inmueble para cada unidad de agregación.

El cálculo de ambos índices sigue las ecuaciones (4), (5) y (6), donde el subíndice i se refiere a la unidad básica de agregación, que para el caso del índice del DANE puede ser el destino de la vivienda (casa o apartamento) o el estrato socioeconómico (bajo, medio y alto), y para el índice del Banco de la República es el estrato socioeconómico de los inmuebles (2, 3, 4, 5 y 6)¹². Adicionalmente, el momento base, en el primer caso, es el cuarto trimestre de 2006, y en el segundo, es diciembre de 2006.

2.2.2. Precio del Suelo

Adicionalmente, el Banco de la República calcula un índice del precio del suelo urbano residencial en Bogotá (IPSB) a partir de la información recolectada por *La Lonja de Bogotá*. Esta base no abarca la totalidad de la ciudad pero sí registra zonas representativas en dónde existan redes de infraestructura que pueden estar o no edificadas. Las fuentes de información de *La Lonja* son de tres tipos: i) la consignada en la base de datos de avalúos; ii) los datos suministrados por sus afiliados y iii) la recolección directa.

El IPSB utiliza información del valor promedio del metro cuadrado del suelo para zonas que tienen características similares y que tienen destino residencial. La metodología empleada es un índice Laspeyres encadenado con base fija (año 1960), el cual consiste en una ponderación de las variaciones reales del precio del metro cuadrado del suelo en cada zona; la ponderación se realiza teniendo en cuenta el valor de cada zona con respecto al total de la ciudad en el período anterior:

$$IPSB_t = \left[\sum_i \left(\frac{p_t^i}{p_{t-1}^i} \cdot \alpha_{t-1}^i \right) \right] \cdot IPSB_{t-1} \quad (7)$$

Donde p_t^i y p_{t-1}^i es el precio del metro cuadrado del suelo en la zona i , relativo al IPC, en t y $t - 1$, respectivamente, α_{t-1}^i es la participación en valor de cada zona en el total de la ciudad y está representado por $\frac{p_{t-1}^i q_{t-1}^i}{\sum_i p_{t-1}^i q_{t-1}^i}$ con q_{t-1}^i como el área en metros cuadrados de la zona i . Cabe resaltar que el encadenamiento permite actualizar las ponderaciones cada período y capturar la dinámica de crecimiento de los precios.

¹²No se incluye el estrato 1 debido a que la información de *La Galería Inmobiliaria* no es representativa en este segmento. Esto se debe a que en dicho estrato es poco común encontrar salas de venta a las cuales hacerles seguimiento.

Este índice tiene una periodicidad anual, se calcula por estrato socioeconómico (alto, medio y bajo) y está disponible desde 1960. Sin embargo, para el lapso 1960-1987, *La Lonja de Bogotá* reportó información cada dos o tres años, por lo que la serie del índice se completó mediante una linealización.

2.2.3. Ventajas y Desventajas

Los números índices tienen varias ventajas dentro de las cuales se resalta la facilidad de implementación en comparación con otros métodos que requieren de estimaciones econométricas e información detallada de los inmuebles. En el caso del de Fisher es posible controlar por los cambios en la cantidad (composición de la oferta) y en los precios. Adicionalmente, para el caso colombiano, el índice de Fisher calculado por el Banco de la República es uno de los indicadores con menor rezago de publicación y mayor frecuencia.

Por su parte, el índice de Fisher tiene como desventaja que no permite determinar qué parte de la variación del precio es explicada por cambios en la calidad de los inmuebles y qué parte obedece a valorización, puesto que dicho índice no supone calidad constante asociada al período base.

2.3. Método de Precios Hedónicos

Los modelos de precios hedónicos consisten en una regresión del precio de un bien generalmente heterogéneo, en función de un vector de sus características, con el fin de medir la contribución marginal de cada uno de sus atributos en el precio. En el caso de la vivienda, son muy utilizados para construir índices de precios ajustados por la calidad de los inmuebles. Bajo este contexto, un modelo hedónico parte del supuesto de que una vivienda es un bien heterogéneo y puede valorarse por la utilidad que generan sus características, las cuales pueden ser de tipo estructural (*e.g.*: área, número de habitaciones, tipo de cocina) y de ubicación (*e.g.*: barrio, zonas comunes cercanas, transporte público).

De esta manera, la demanda y oferta de las viviendas determinan la contribución marginal de sus características en el precio. Esta idea surge del hecho de que los atributos no se transan explícitamente en los mercados ni se conocen sus precios por separado, sino que componen un paquete de características que se transfieren junto con los derechos de propiedad de la vivienda.

Este enfoque fue propuesto por Court (1939) y Griliches (1961) cuyos trabajos estuvieron orientados al mercado de automóviles en los Estados Unidos. Posteriormente, Rosen (1974) desarrolló las bases teóricas de esta metodología, partiendo de la hipótesis de que los bienes diferenciados son valorados de acuerdo con la cantidad de cada una de las características asociadas al bien, y la utilidad que representa para cada individuo. En este sentido, un modelo hedónico establece que el precio p_n^t de un bien n en el período t , es una función de un número fijo de K características, medidas por las cantidades z_{nK}^t :

$$p_n^t = f(z_{n1}^t, \dots, z_{nK}^t, \epsilon_n^t) \quad t = 0, \dots, T \quad (8)$$

donde ϵ_n^t es el término de error, y el lapso de análisis va desde $t = 0$ hasta T .

Con el fin de estimar la contribución marginal de las características sobre el precio del inmueble, es necesario especificar la anterior ecuación como un modelo paramétrico. Las dos especificaciones hedónicas más utilizadas son el modelo lineal y el logarítmico-lineal, las cuales se presentan a continuación:

$$p_n^t = \beta_0^t + \sum_{k=1}^K \beta_k^t z_{nk}^t + \epsilon_n^t \quad (9)$$

$$\ln p_n^t = \beta_0^t + \sum_{k=1}^K \beta_k^t z_{nk}^t + \epsilon_n^t \quad (10)$$

donde β_0^t es el intercepto y captura los cambios en los precios de la vivienda que no están explicados por sus características; y β_k^t es el coeficiente asociado con las características (precios implícitos).

Cabe resaltar que el vector de características puede incluir tanto variables de tipo categórico, representadas por *dummies* que toman el valor de 1 si el inmueble dispone del atributo en cuestión (e.g.: salón comunal, gimnasio, ascensor) o 0 en caso contrario, como variables continuas (e.g. número de habitaciones). En las ecuaciones (9) y (10) el coeficiente asociado a las características, β_k^t , depende del tiempo, lo cual va en línea con la idea de que si las condiciones de oferta y demanda cambian, se esperaría que los precios implícitos también varíen (Pakes (2003)). Sin embargo, algunos trabajos como el de Eurostat (2013) afirman que lo más probable es que las condiciones del mercado cambien lentamente, por lo que se podría suponer que al menos en el corto plazo el parámetro de cada característica es constante. Así, la ecuación (10) se restringe de la siguiente manera:

$$\ln p_n^t = \beta_0^t + \sum_{k=1}^K \beta_k z_{nk}^t + \epsilon_n^t \quad (11)$$

donde el intercepto, β_0^t , puede utilizarse para calcular el índice de precios ajustado por calidad.

Eurostat (2013) considera que los modelos de precios hedónicos en el contexto de la vivienda se llevan a cabo mediante dos tipos de enfoques: el *time-dummy method* y el método de las características e imputación¹³.

El primero de ellos es el más sencillo de implementar en términos econométricos, y el más utilizado en el contexto de la vivienda. El *time-dummy method* fue desarrollado por Court (1939) y parte de la idea de incluir dentro de la especificación del modelo *dummies* de tiempo que indiquen el período en que el inmueble fue vendido. En ese sentido, los coeficientes que acompañan estas *dummies* estarían capturando la tendencia en el tiempo de los precios de la vivienda con respecto a una referencia base, aislando los efectos de la calidad. Este modelo está representado por la ecuación (12):

$$\ln p_n^t = \beta_0 + \sum_{\tau=1}^T \delta^\tau D_n^\tau + \sum_{k=1}^K \beta_k z_{nk}^t + \epsilon_n^t \quad (12)$$

El índice de precios ajustado por calidad se deriva directamente de los coeficientes estimados de las *dummies* de tiempo de la ecuación (12), los cuales estiman el efecto fijo asociado al precio de cada período, después de controlar por los efectos de las características. Para el caso del modelo logarítmico-lineal, el índice de precios P_t se obtiene del exponencial del coeficiente estimado $\hat{\delta}^\tau$ del modelo hedónico:

$$\hat{P}_t = \exp(\hat{\delta}^\tau) \quad (13)$$

Por otro lado, los métodos de las características e imputación realizan regresiones separadas para todos los períodos de análisis y construyen el índice a partir de los precios estimados que surjan de dichas regresiones. El método es flexible en el sentido que permite que los coeficientes estimados varíen en el

¹³En un contexto más general, diferente al de la vivienda, algunos autores consideran que pueden existir más de dos enfoques; por ejemplo Triplett (2004) considera, además de los enfoques mencionados, un enfoque híbrido.

tiempo, lo que significa que el precio implícito de las características también. Tanto en la aproximación de características como en la de imputación se pueden construir números índices del tipo Laspeyres, Paasche y Fisher. Para mayor detalle véase Hill (2011), Hill & Melser (2008) y Eurostat (2013).

2.3.1. Caso Colombiano

En Colombia, Castaño et al. (2013) utilizan el enfoque de *time-dummy method* para construir un índice de precios de vivienda nueva para Bogotá, ajustado por los cambios en la calidad mediante un modelo de precios hedónicos. Para su cálculo, se emplea la base de datos de *La Galería Inmobiliaria*, la cual contiene información individual de los inmuebles vendidos. Esta base registra el detalle de las características de las viviendas, lo que permite calcular un índice de precios que controle por calidad.

El índice se calcula a partir de una estimación alternativa del modelo hedónico, en la que se incorporan efectos fijos aditivos por proyecto inmobiliario. Esto permite controlar no solo por los cambios en la calidad de los inmuebles sino también por la influencia de factores no observados como el tráfico, los niveles de contaminación y la cercanía a espacios públicos. El modelo estimado tiene la siguiente especificación:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{ijt} + \eta_j + \sum_m^n \phi_m c_{mit} + \epsilon_{ijt} \quad (t = 1, \dots, T) \quad (14)$$

donde p_{ijt} es el logaritmo del precio del inmueble i en el proyecto j para el período t , δ_s es el coeficiente asociado a la *dummy* de tiempo d_{sit} , la cual toma el valor de 1 cuando $s = t$, indicando el momento en que se transa la vivienda i , y 0 en otro caso. Por su parte, a_{ijt} es el logaritmo del área del inmueble i perteneciente al proyecto j en t , medido en metros cuadrados y β su coeficiente asociado. La variable η_j captura los efectos fijos por proyecto, c_{mit} son las características que varían para los inmuebles dentro de un proyecto, es decir la que no está recogida en los efectos fijos, y ϕ_m son los precios implícitos. Finalmente, ϵ_{ijt} es el término de error.

Una especificación adicional propuesta por Bover & Velilla (2002) y utilizada por Castaño et al. (2013) consiste en incluir además de los efectos aditivos, un efecto multiplicativo al coeficiente asociado al área de las viviendas. Esta idea surge porque la contribución marginal del área en el precio podría variar por zonas¹⁴. Adicionalmente se supone que las características de los inmuebles que conforman un mismo proyecto son constantes, por tanto, su efecto estaría contenido en el efecto fijo aditivo. La especificación con ambos efectos se expresa de la siguiente manera:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta_j a_{ijt} + \eta_j + \epsilon_{ijt} \quad (t = 1, \dots, T). \quad (15)$$

Al permitir que β_j varíe por proyecto inmobiliario se están capturando las diferencias en la valoración marginal del área. Cabe señalar que la ecuación (15) no incluye el vector de las características observadas de los inmuebles, debido a que los efectos aditivos y multiplicativos estarían recogiendo todos los posibles factores que incidirían en la determinación del precio.

¹⁴Por ejemplo, el precio del metro cuadrado puede ser significativamente superior en una determinada cuadra de un barrio, por considerarse exclusiva o por mayores preferencias de los individuos, en comparación con un inmueble ubicado en la cuadra siguiente y con características similares.

Todas las especificaciones anteriores se estiman mediante el método de mínimos cuadrados generalizados (MCG) y por una regresión por cuantiles de la mediana, la cual es menos sensible a verse afectada por datos extremos.

Por último, la variación del precio de la vivienda con respecto al año base se aproxima a partir de una transformación exponencial de los coeficientes asociados a las *dummies* de tiempo (δ_t), dada la forma funcional de las especificaciones:

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} \approx e^{(\delta_t)} - 1, \quad (16)$$

donde P_t y P_0 es el precio de la vivienda en t y en el año base, respectivamente.

Cabe resaltar que el índice tiene una frecuencia anual, se calculó para el lapso entre 2003 y 2013, y se desagregó a nivel de estrato socioeconómico. Este indicador no está disponible al público.

2.3.2. Ventajas y Desventajas

Respecto a las fortalezas del método de precios hedónicos se resalta, en primer lugar, que permite controlar por los cambios en la calidad con mayor precisión frente a otras metodologías. Eurostat (2013) y Hoffmann & Lorenz (2006) afirman que los modelos hedónicos son los más adecuados para construir índices de precios de calidad constante. Por otro lado, mediante una estratificación adecuada de la muestra es posible construir índices a nivel micro, como por tipo de vivienda, barrio, zona, rango de precios, entre otros. Otra ventaja es que es uno de los métodos más eficientes en el uso de la información disponible.

Dentro de las debilidades de esta metodología, se encuentran críticas en torno a la cantidad de información detallada que se requiere a nivel individual de las viviendas, por lo que es un método difícil de implementar. Adicionalmente, al igual que en el método de ventas repetidas, no cumple con la propiedad de temporalidad fija que garantiza que a medida que se actualiza la serie, esta se mantenga inalterada. Por otro lado, podrían presentarse problemas de variable omitida en el caso de que no se incluyan efectos fijos en la especificación del modelo. No obstante, según Hill (2011) esto no es un problema cuando el objetivo de análisis es estimar un índice de precios sin analizar los precios marginales o precios implícitos de las características.

2.4. Método de Ventas Repetidas

La metodología de ventas repetidas, propuesta por Bailey et al. (1963) y posteriormente generalizada por (Case & Shiller 1987, Case & Shiller 1989), permite calcular un índice de precios de vivienda a partir de la información de inmuebles que han sido vendidos al menos dos veces. Este método sigue un modelo estocástico para explicar los cambios en los precios de las viviendas; para ello se estima una regresión con *dummies* que identifican los períodos en los cuales los inmuebles fueron transados. A continuación se presenta una generalización del modelo estocástico, que es el punto de partida para la estimación de ventas repetidas:

$$\ln p_n^t = \beta^t + H_n^t + \varepsilon_n^t \quad (17)$$

En la ecuación (17), p_n^t es el precio del inmueble n en t , β^t es un término común para todos los inmuebles que corresponde al índice del precio de mercado, H_n^t es una caminata aleatoria Gaussiana que

representa la tendencia del valor de cada vivienda en el tiempo y ε_n^t es un error que se comporta como un ruido blanco.

Para estimar el índice del precio del mercado, es necesario realizar algunas transformaciones: primero, se define la variación del precio de la vivienda n mediante la ecuación (18):

$$\ln p_n^t - \ln p_n^s = \ln(p_n^t/p_n^s) = (\beta^t - \beta^s) + (H_n^t - H_n^s) + (\varepsilon_n^t - \varepsilon_n^s) \quad (18)$$

Se supone que los términos de perturbación cumplen con las siguientes cinco condiciones: i) el valor esperado de la variación del término de caminata aleatoria H es igual a cero; ii) la variación al cuadrado del término de caminata aleatoria H depende del tiempo entre transacciones $(t - s)$; iii) el valor esperado del término ruido blanco es igual a cero; iv) la varianza del término ruido blanco es igual a una constante \bar{c} ; v) no existe correlación entre la caminata aleatoria y el ruido blanco.

$$\begin{aligned} E(H_n^t - H_n^s) &= 0 \\ E(H_n^t - H_n^s)^2 &= A(t - s) + B(t - s)^2 \\ E(\varepsilon_n^t) &= 0 \\ E(\varepsilon_n^t)^2 &= \bar{c} \\ E(H_n^t \varepsilon_n^t) &= 0 \end{aligned} \quad (19)$$

Posteriormente, la ecuación (18) se reescribe de la siguiente manera:

$$\ln p_n^t - \ln p_n^s = \sum_{t=0}^T \ln(p_n^t) D_n^t \quad (20)$$

Donde D_{nt} es una *dummy* que toma el valor de 1 cuando el precio de la vivienda n es observado por segunda vez en t , -1 si se registra por primera vez, y cero para los demás casos.

Por último, sustituyendo la ecuación(17) en la ecuación(20) y teniendo en cuenta los supuestos mencionados para H_n^s y ε_n^t , se puede obtener la especificación econométrica para la estimación del índice de precios:

$$\ln p_n^t - \ln p_n^s = \sum_{t=0}^T \beta^t D_n^t + \mu_n^t \quad (21)$$

Otra alternativa para llegar a la especificación del modelo de ventas repetidas, es a partir del modelo de precios hedónicos log-lineal restringido con parámetros de características constantes en el tiempo:

$$\ln p_n^t = \beta_0^t + \sum_{k=1}^k \beta_k Z_{nk} + \varepsilon_n^t \quad (22)$$

donde Z_{nk} se denota como la k -ésima característica de la propiedad n , β_0^t como el intercepto y β_k como el vector de parámetros asociado al vector de características, el cual se restringe a ser fijo en el tiempo. Nótese que en el análisis de ventas repetidas se supone que las características Z_{nk} de los inmuebles permanecen constantes en el tiempo.

Para el cálculo de la variación en los precios de cada inmueble n , en dos períodos s y t ($0 \leq s < t \leq T$), se sustrae la ecuación (22):

$$\begin{aligned} \ln p_n^t - \ln p_n^s &= \ln(p_n^t/p_n^s) = (\beta_0^t - \beta_0^s) + (\epsilon_n^t - \epsilon_n^s) \\ \ln(p_n^t/p_n^s) &= \ln P^{st} + \epsilon_n^t - \epsilon_n^s \end{aligned} \quad (23)$$

en la ecuación (23), si se supone que el efecto del término de error $\epsilon_n^t - \epsilon_n^s$ es marginal, entonces el cambio en el precio es el mismo para todas las propiedades y se denota P^{st} .

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede desarrollar el modelo de ventas repetidas con *dummies* de tiempo a partir de una muestra de inmuebles que se han transado más de una vez en el período de análisis ($t = 0, \dots, T$). A pesar de que el lapso que tarda en revenderse cada vivienda puede diferir, bajo este modelo la ecuación (23) garantiza que el cambio esperado del precio es igual para todas las viviendas y entonces la información de ventas repetidas puede ser agrupada y así se puede estimar la ecuación estándar de este modelo:

$$\ln(p_n^t/p_n^s) = \sum_{t=0}^T \gamma^t D_n^t + \mu_n^t \quad (24)$$

donde D_n^t es una variable *dummy* que toma el valor de -1 en el período que el inmueble es vendido por primera vez, 1 en el período que la segunda venta ocurre, y 0 en el resto de períodos; μ_n^t es el término de error, el cual debe cumplir con los supuestos de media igual a cero y varianza constante. Esta regresión puede estimarse por medio de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

El índice de precios de la vivienda basado en el método de ventas repetidas que va del período 0 al t se obtiene del exponencial de los coeficientes obtenidos bajo cada aproximación β^t ó γ^t .

$$\begin{aligned} P^{0t} &= \exp(\beta^t) \\ P^{0t} &= \exp(\gamma^t) \end{aligned} \quad (25)$$

La información necesaria para utilizar el método de ventas repetidas es el precio de transacción de cada inmueble, la fecha en que se vendió y su identificación (*e.g.*: ubicación). La metodología considera toda la información disponible de las transacciones con el fin de identificar inmuebles que se hayan vendido al menos en dos momentos (*matched model approach*), y de esta manera, al tener en cuenta el mismo inmueble en el tiempo se logra controlar que las variaciones en los precios no se vean afectadas por cambios en la calidad¹⁵.

A nivel internacional, muchos índices de precios de vivienda se calculan a partir de la metodología de ventas repetidas. Dentro de los más conocidos se encuentra para los Estados Unidos *Standard and Poor's/Case-Shiller Home Price Index* y el índice construido por el *Office of Federal Housing Oversight* (OFHEO). En Australia también existen dos índices de este tipo, calculados por *Residex* y *CoreLogic*, así

¹⁵Una crítica a este argumento es que un inmueble que ha sido vendido en dos momentos distantes de tiempo, no necesariamente sería idéntico en términos de calidad, debido a factores como la depreciación o remodelaciones.

como para el Reino Unido y los Países Bajos, en donde las entidades de registro de tierras tienen a cargo su publicación.

2.4.1. Caso Colombiano

En Colombia, Escobar et al. (2005) desarrollaron una versión de esta técnica (método de ventas repetidas ponderadas) para construir el Índice de Precios de la Vivienda Usada (IPVU), el cual es publicado por el Banco de la República.

Teniendo en cuenta que el tiempo en que tarda en venderse un inmueble puede variar significativamente, no necesariamente se cumple el supuesto de homocedasticidad en el término de error. Case & Shiller (1987) y Case & Shiller (1989) afirman que los cambios en los precios de las viviendas incluyen componentes cuyas varianzas están relacionadas con los períodos que transcurren entre las ventas, por lo que los autores rechazan el supuesto de que la varianza del término de error sea constante entre los diferentes inmuebles. Para corregir este problema, proponen el método de mínimos cuadrados generalizados (MCP).

Como se plantea en Case & Shiller (1987), el método de MCP consta de tres etapas: la primera corresponde a la aproximación de ventas repetidas descrita anteriormente, en donde se estima una regresión cuya variable dependiente es la variación en el precio del inmueble (el logaritmo del precio del inmueble n cuando es vendido por segunda vez menos el logaritmo del precio del mismo inmueble cuando es vendido por primera vez), y las variables independientes son *dummies* que denotan cada uno de los períodos de la muestra, excepto el inicial. De esta primera estimación se calcula el pronóstico del precio de la vivienda n comprada en el período s y vendida en el período t , y un vector de residuales al cuadrado.

$$\begin{aligned} \ln(\hat{p}_n^t) &= \ln(p_n^s) + (\hat{\beta}^t - \hat{\beta}^s) \\ \mu_n^2 &= [\ln p_n^t - \ln \hat{p}_n^t]^2 = [\ln p_n^t - \ln p_n^s - \hat{\beta}^t + \hat{\beta}^s]^2 \end{aligned} \quad (26)$$

En la segunda etapa, se estima la ecuación (27) que está definida como la regresión entre los errores al cuadrado de la etapa uno (variable dependiente), el intervalo de tiempo entre las ventas y un término constante. Esta estimación permite obtener las ponderaciones que se van a utilizar en la tercera etapa.

$$E(\mu_n^2) = A(t - s) + B(t - s)^2 + C \quad (27)$$

Finalmente, se estima por MCP la misma ecuación de la primera etapa, dividiendo cada término entre la raíz cuadrada de los errores estimados en la segunda etapa.

$$\frac{\ln p_n^t - \ln p_n^s}{\sqrt{\hat{\mu}_n^2}} = \sum_{t=0}^T \beta^t \frac{D_n^t}{\sqrt{\hat{\mu}_n^2}} + \frac{\mu_n^t}{\sqrt{\hat{\mu}_n^2}} \quad (28)$$

La diferencia entre el método de ventas repetidas tradicional y el ponderado radica en que el segundo le asigna menor peso dentro del índice a los inmuebles cuyo intervalo entre ventas es mayor. Esto es importante si se tiene en cuenta que entre mayor sea el tiempo de venta, el precio del inmueble estaría más expuesto, por ejemplo, a cambios aleatorios en la calidad del barrio o a diferencias aleatorias entre los gastos por mantenimiento destinados a cada una de las viviendas.

Finalmente, el índice I_t se calcula a partir de los coeficientes estimados por MCP:

$$I_t = 100 \cdot e^{\tilde{\beta}_t} \quad (29)$$

Para el caso colombiano, el IPVU se construye con la información de los avalúos de los inmuebles reportados a las entidades crediticias (Davivienda, BBVA, AV Villas, Bancolombia, BCSC y Colpatria) obtenida cuando un individuo solicita un crédito de vivienda. Por tanto, solo se tienen en cuenta aquellas viviendas adquiridas con préstamos y no aquellas que se han comprado mediante otras fuentes. En este escenario, el avalúo constituye una aproximación del precio de mercado en el momento en que la entidad financiera realiza el desembolso; sin embargo, en la medida que esta valoración presente rezagos, el avalúo se aleja del comportamiento del mercado¹⁶.

El índice se publica tanto con una frecuencia trimestral como anual; para la serie trimestral la publicación tiene un rezago de hasta cuatro meses y es calculado para el total nacional (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Cúcuta, Manizales, Neiva y Villavicencio, además los municipios de Soacha en Cundinamarca y Bello, Envigado e Itagüí, en Antioquia). La serie anual se publica en mayo de cada año y es calculado para el total nacional y desagregado para Bogotá, Cali, Medellín y el agregado de otras ciudades (Barranquilla, Bucaramanga, Cúcuta, Manizales, Neiva y Villavicencio), además de construirse por tipo de vivienda: de interés social (VIS) y diferente de VIS (BanRep (2014)). Cabe resaltar que el IPVU es el segundo índice de precios de vivienda de mayor longitud que se tiene en Colombia, pues se calcula desde el primer trimestre de 1988.

2.4.2. Ventajas y Desventajas

Respecto a las principales ventajas de este tipo de índices se resalta que se requiere solo información de los precios de venta, fecha de venta y la identificación de los inmuebles; esta información generalmente está disponible. Otra ventaja es la facilidad de su cálculo puesto que la estimación es sencilla y el índice se deriva directamente. Por otro lado, algunos autores como Case & Shiller (1987) y Escobar et al. (2005) afirman que este método permite la construcción de índices ajustados por calidad, sin embargo, esto podría ser debatible dado que es difícil garantizar que una misma vivienda mantenga su calidad constante durante el tiempo entre una venta y otra.

Una de las desventajas de este método es que es ineficiente en el uso de la información disponible, dado que solo utiliza aquellos precios de transacción de inmuebles que han sido vendidos más de una vez, dejando de lado parte de la muestra de viviendas usadas como aquellas que sólo han tenido un único dueño. Adicionalmente, esta metodología está sujeta a problemas de sesgo de selección; algunos autores como Silverstein (2014) consideran que las viviendas más baratas se venden con mayor frecuencia. Asimismo, otros como Clapp & Giaccotto (1992) argumentan que los inmuebles de menor calidad son los más transados debido a que usualmente son las viviendas más asequibles para los hogares que están buscando su primera vivienda propia, y en la medida en que aumentan sus ingresos acceden a una de mejor calidad. Por último, el índice está sujeto a revisión cada vez que se genera una nueva transacción puesto que debe reestimarse la serie histórica.

¹⁶En el 40% de los casos los avalúos son reportados en el mismo trimestre en que se realiza el desembolso, mientras que en el 60% restante, la información es reportada con al menos un trimestre de rezago.

2.5. Método de Tasación

El método basado en la tasación combina información del valor de los avalúos y precios de venta de los inmuebles con el fin de aprovechar toda la información disponible de las viviendas transadas. Dicha metodología, propuesta por Bourassa et al. (2006), se conoce en la literatura como *Sale Price Appraisal Ratio* (SPAR) y consiste en relacionar el valor de los precios de transacción de las viviendas con el de los avalúos, los cuales generalmente están disponibles en todos los países por razones tributarias. Esto implica que para cada inmueble se conoce tanto el precio de venta en un determinado momento como su tasación en un período de referencia, lo que permite hacerle seguimiento a una misma vivienda en el tiempo.

El método SPAR es un enfoque alternativo al de ventas repetidas, ya que ambos parten de una base de viviendas emparejadas (*matched pairs*). La diferencia radica en que el SPAR no tiene la restricción de seleccionar únicamente aquellos inmuebles que se hayan vendido al menos dos veces en el lapso de análisis, dado que utiliza el valor de los avalúos como *proxy* del precio de los inmuebles en el período base. De esta manera, el método considera todas las transacciones de inmuebles en un momento dado, y por tanto, se minimiza el problema de sesgo de selección que presentan los índices de ventas repetidas.

Siguiendo a Bourassa et al. (2006), los índices calculados a partir del método SPAR son índices aritméticos y se definen de la siguiente manera:

$$I_{E_t} = \frac{\sum_{j=1}^{n_t} \frac{S_{jt}/A_{j0}}{n_t}}{\sum_{j=1}^{n_{t-1}} \frac{S_{jt-1}/A_{j0}}{n_{t-1}}} \cdot I_{E_{t-1}} \quad (30)$$

Donde I_{E_t} es el índice de precios en t ; S_{jt} corresponde al precio de venta del inmueble j en t ; A_{j0} es el valor del avalúo de la vivienda j en el período base y n es el número de transacciones.

El índice de la ecuación (30) se construye como la multiplicación de dos componentes; el primero es la razón entre el promedio simple de la relación precio de transacción y avalúo de los inmuebles en t y el mismo promedio para el período anterior¹⁷. El segundo componente es el número índice en $t - 1$ para el período base equivale a 100. Dada la forma en que se construye el indicador, este se clasifica en la categoría de índices de promedio simple¹⁸.

Esta metodología ha sido utilizada para la construcción de índices de precios de vivienda usada en Nueva Zelanda desde 1960 por el *Reserve Bank of New Zealand*, y posteriormente en otros países como Dinamarca por el *Danmarks Nationalbank*, en Holanda por *Statistics Netherlands* y en Suecia por *Statistics Sweden*.

Cabe resaltar que usualmente los avalúos se actualizan con cierta frecuencia y, por tanto, el período de referencia para calcular el índice de precios debe cambiar. De ahí que sea necesario hacer un empalme entre la serie anterior y la nueva¹⁹. Además, si la actualización del valor de los avalúos se hace periódicamente es posible aminorar los efectos generados por los cambios en la calidad de los inmuebles en el precio²⁰.

¹⁷Nótese que al incluir el valor del avalúo tanto en el numerador como en el denominador permite corregir una posible subestimación o sobreestimación de los mismos con respecto al precio de transacción en el período base. No obstante, Eurostat (2013) reconoce que al eliminar valores atípicos de los avalúos, se obtiene índices menos volátiles.

¹⁸De Haan et al. (2009) clasifican los indicadores SPAR en dos tipos: índices de promedio simple e índices ponderados por el valor de inmueble.

¹⁹Por ejemplo, en Holanda los inmuebles son avaluados cada año lo que permite construir un índice de precios anual encadenado, donde el período del avalúo (enero) sirve como el mes de enlace.

²⁰Bourassa et al. (1999) mencionan que los índices calculados a partir del método SPAR son de calidad constante siempre y cuando los avalúos del período base se actualicen y reflejen aquellas mejoras de los inmuebles que requieren permisos de construcción.

En el caso que los avalúos no se actualicen frecuentemente, los inmuebles nuevos no podrían ser incluidos en el cálculo dado que no cuentan con la tasación en el período base.

2.5.1. Caso Colombiano

Para el caso Colombiano, no se conoce ningún índice para el mercado de la vivienda que haga uso del método de tasación; no obstante, la información necesaria para construir un índice de este tipo esta disponible. Las oficinas de catastro municipal son las encargadas de calcular y actualizar el avalúo catastral de los inmuebles con el objetivo de fijar las tarifas del Impuesto Predial²¹.

2.5.2. Ventajas y Desventajas

La principal ventaja de esta metodología es que permite obtener índices ajustados por cambios en la composición de la muestra en la medida en que toma pares de viviendas para hacer seguimiento a los precios. A diferencia de otros métodos, éste no exige una base de datos detallada y es fácil de calcular pues no requiere estimaciones. Otra fortaleza de esta metodología es su eficiencia en el uso de la información, puesto que emplea todos los registros de ventas de inmuebles para cada momento y la información de los avalúos está disponible en la mayoría de países. Por tanto, los índices resultantes son menos propensos a presentar problemas de sesgo de selección de la muestra, tal y como ocurre en el método de ventas repetidas. Adicionalmente, el método de avalúos cumple con la propiedad de temporalidad fija, dado que la serie es consistente en la medida en que se va actualizando el índice.

En cuanto a las debilidades de la metodología se resalta que el valor de los avalúos puede ser impreciso bien sea porque se ubique por encima o por debajo del precio de transacción (valor de mercado en ese momento) de las viviendas. Existen algunos estudios como los de Edelstain & Quan (2006) y Leventis (2006) que ponen en discusión la exactitud de esta medida, especialmente cuando se trata de inmuebles que han sido refinanciados, dado que los avalúos pueden estar sesgados hacia arriba. No obstante, en la mayoría de los países la valoración de las viviendas se hace con propósitos tributarios, por lo que legalmente debería reflejar el valor de mercado de las mismas. Por otro lado, el método SPAR no permite obtener índices ajustados por calidad, a menos que la actualización del valor de los avalúos incorpore las modificaciones de los inmuebles en el tiempo en términos de las mejoras o deterioro de los mismos.

3. Evaluación de los Índices de Precios de Vivienda existentes en Colombia

En esta sección se presenta una breve descripción de la evolución de los precios de la vivienda a nivel nacional y para Bogotá a partir de los índices disponibles para cada región. Posteriormente, se realiza una comparación entre los mismos teniendo en cuenta sus tendencias, y se presentan algunas estadísticas descriptivas de sus tasas de crecimiento. A continuación, el Cuadro 2 muestra un resumen de los índices de precios de la vivienda existentes en Colombia clasificados según el tipo de método.

²¹En Bogotá, la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital actualiza anualmente desde 2010 el Censo Inmobiliario Anual de la ciudad de acuerdo con tres criterios: elementos físicos, jurídicos y económicos de los predios. Este último consiste en la fijación del avalúo catastral mediante investigación y análisis del mercado inmobiliario, siendo el de mayor interés para el objetivo de este trabajo.

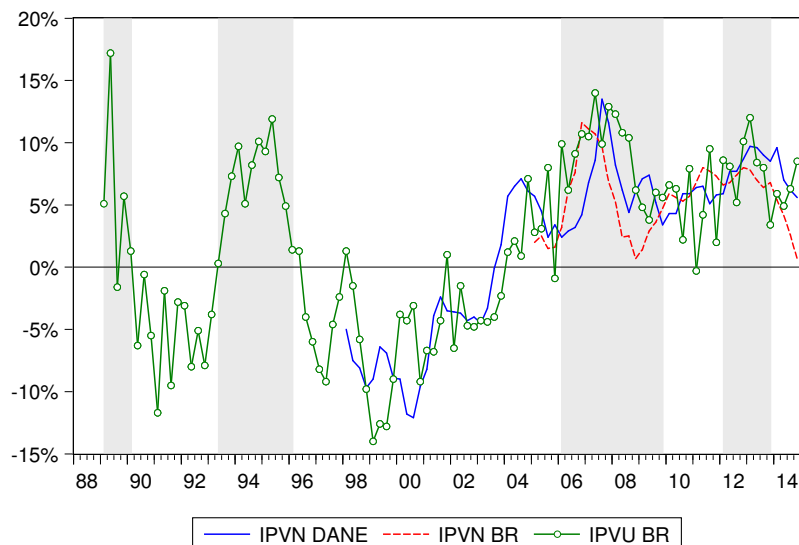
CUADRO 2: Índices de precios de la vivienda y del suelo existentes en Colombia

Índices	Metodología	Requerimientos	Ciudades	Fuente	Tipo de precio	Institución	Frecuencia	Fecha de Inicio	Rezago
IPVN DANE	Índice de Fisher de base fija	Precios y cantidades (área en m2)	Armenia, Barranquilla, Cali, Bogotá, Bucaramanga, Medellín y Pereira	Censo de Edificaciones del DANE	Precio de oferta (lista)	DANE	Trimestral	I trimestre de 1997	Un trimestre
IPVN BR	Índice de Fisher de base fija	Precios y cantidades (área en m2)	Bogotá, Cali y Medellín	La Galería Inmobiliaria	Precio de oferta (lista)	Banco de la República	Mensual	Diciembre de 2004	Un mes
IPVN DNP	Medias o Medianas con estratificación	Precios	Bogotá	Revista La Guía	Precio de oferta (lista)	DANE	Mensual	Enero de 1993	Un mes
IPVN CEDE	Medias o Medianas con estratificación	Precio localización y tamaño	Bogotá	Clasificados periódico El Tiempo	Precio de oferta (lista)	CEDE	Anual y Semestral	1970	Un semestre
IPVN CAMACOL	Medias o medianas	Precios y cantidades (unidades)	Bogotá	Censo Coordinada Urbana	Precio de oferta (lista)	CAMACOL	Mensual	Marzo de 2006	Un mes
IPVU	Ventas repetidas ponderadas	Avalúo comercial, ID para la vivienda (dirección)	Bogotá, Medellín, Cali, otros (Barranquilla, Cúcuta, Manizales, Neiva, Bucaramanga, Soacha, Bello, Envigado e Itagüí)	Davivienda, BBVA, BCSC Bancolombia, AV Villas, y Colpatria.	Avalúo comercial	Banco de la República Anual	Trimestral y	I trimestre de 1988	Un trimestre
IPVN Hedónico BR	Precios Hedónicos	Precios, area (m2), características (e.g # habitaciones, tipo cocina, piso, ascensor, estrato.)	Bogotá	La Galería Inmobiliaria	Precio de oferta (lista)	Banco de la República	Anual	2003	Dos años
IPSB	Índice de Laspeyeres encadenado	Precios y cantidades (área en m2)	Bogotá	Lonja de Propiedad Raíz- Bogotá	Valor promedio m2 del suelo	Banco de la República	Anual	1960	Un año
IPS CEDE	Medias o Medianas con estratificación	Precio localización y tamaño	Bogotá	Lonja de Propiedad Raíz- Bogotá	Valor promedio m2 del suelo	CEDE	Anual	1970	Un año

Fuente: Banco de la República, CAMACOL, CEDE, DANE, DNP; cálculos de los autores.

Entre los índices de vivienda construidos a nivel nacional se encuentran los calculados por el DANE (IPVN-DANE) y el Banco de la República (IPVN-BR e IPVU-BR). En el Gráfico 1 se presenta la evolución de los indicadores desde 1988 hasta 2014, y se observa que los tres índices presentan una dinámica similar. En particular, se identificaron los períodos en los que las viviendas presentaron los mayores crecimientos: el primero va de 1989 hasta 1990, el segundo desde 1993 a 1996, el tercero desde 2006 hasta 2009 y el período más reciente del 2012 hasta finales de 2013.

GRÁFICO 1: Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para el total nacional



Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

En el Cuadro 3 se resumen las estadísticas descriptivas de las tasas de crecimiento de los índices de precios de la vivienda, relativos al IPC, a nivel nacional para el período 2007-2014. El indicador con la mayor variación real promedio (7,34%) y volatilidad (3,38) es el IPVU-BR, mientras que el indicador con menor variación real promedio (5,74%) es el IPVN-BR y el de menor volatilidad es el IPVN-DANE. La tasa máxima de crecimiento fue 14,01% (junio de 2007) y la mínima -0,28% (marzo de 2011), ambas corresponden al IPVU-BR.

CUADRO 3: Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices del total nacional

	IPVN-DANE	IPVN-BR	IPVU-BR
Promedio (%)	7,12	5,74	7,34
Desv. Est	2,19	2,65	3,38
Maximo (%)	13,49	11,07	14,01
Minimo (%)	3,38	0,68	-0,28

Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

En cuanto a los índices para la ciudad de Bogotá se encuentran los calculados por: i) el DNP, CEDE y CAMACOL, los cuales se construyeron utilizando el método de estratificación; ii) los del Banco de la

República y DANE, que emplean el método de índices de Fisher; iii) el de vivienda usada a partir del enfoque de ventas repetidas, y iv) el de precios hedónicos construido por el Banco de la República.

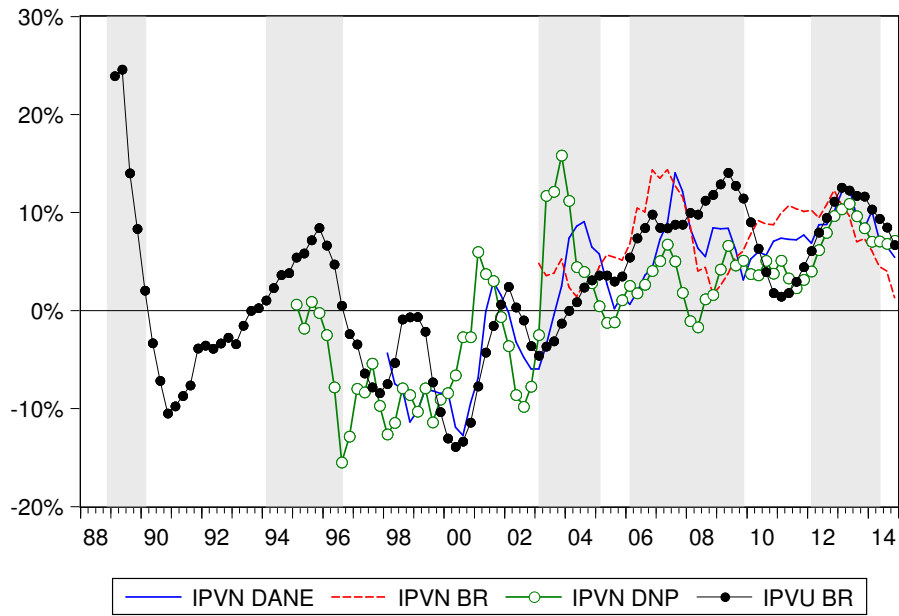
En el Gráfico 2, paneles A y B, se presenta la variación anual de los precios de la vivienda nueva en Bogotá, relativos al IPC de la ciudad. En general, se puede observar que los índices registran una evolución menos homogénea que la observada a nivel nacional, con algunos períodos de altas tasas de expansión coincidentes. Del Gráfico 2, es posible identificar que los períodos en los que se presentaron los crecimientos más altos fueron durante la primera mitad de la década de los 90s, el lapso entre finales de 2002 y comienzos de 2005, el período que va de 2006 a 2009 y el más reciente desde finales de 2011 hasta comienzos de 2014.

Las estadísticas descriptivas para Bogotá de estos indicadores para el período 2007-2014, muestran que el índice de CAMACOL es aquel que presenta las variaciones reales promedio anuales más altas (10,95 %) mientras que el del DNP presenta las más bajas (5,14 %). El índice que registra mayores desviaciones estándar en sus variaciones anuales es el del CEDE (7,44) mientras que las más bajas las presenta el de precios hedónicos (1,40). Por su parte, el índice del CEDE registra tanto la tasa máxima (22,85 %) como la tasa mínima (-6,89 %) de crecimiento, observadas en junio de 2008 y septiembre de 2009, respectivamente. El resumen de los datos se presenta en el Cuadro 4.

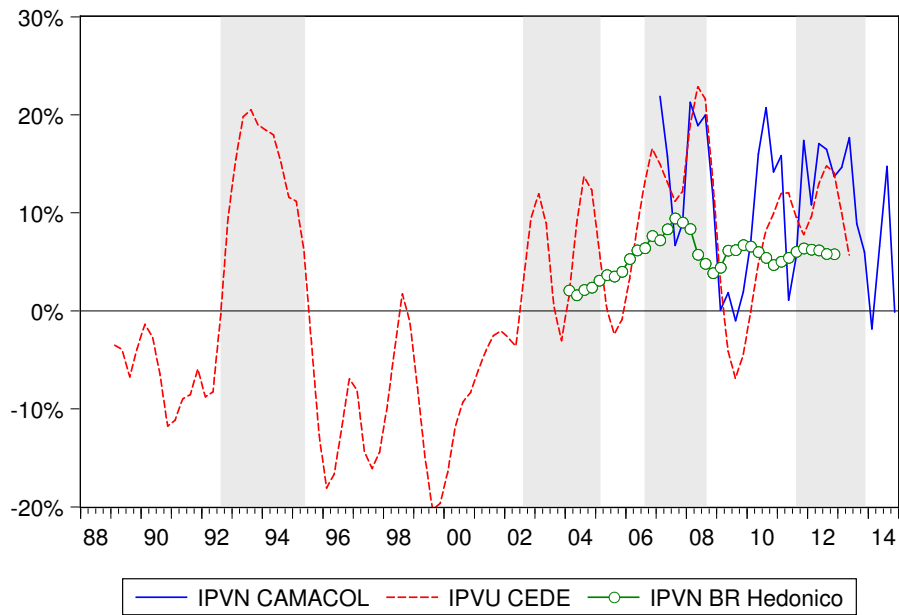
Los Gráficos y Cuadros para las ciudades de Cali y Medellín se pueden consultar en el Anexo 5.2.

GRÁFICO 2: Variación real anual del índice de precios de la vivienda para Bogotá

Panel A



Panel B



Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.

Fuente: DANE, Banco de la República, DNP, CEDE, CAMACOL; cálculos de los autores.

CUADRO 4: Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices de Bogotá

	IPVN DANE	IPVN BR	IPVN DNP	IPVU CEDE	IPVN CAMACOL	IPVNBR Hedónico	IPVU BR
Promedio (%)	8,03	8,06	5,14	9,49	10,95	6,25	8,69
Desv. Est	2,36	3,50	3,05	7,44	7,32	1,40	3,51
Máximo (%)	14,04	14,36	10,91	22,85	21,89	9,43	14,06
Mínimo (%)	3,14	1,31	-1,70	-6,89	-1,84	3,87	1,44

Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.

Fuente: DANE, Banco de la República, DNP, CEDE, CAMACOL; cálculos de los autores.

4. Comentarios Finales

En este documento se revisaron los principales métodos para construir índices de precios de la vivienda, haciendo énfasis en aquellos existentes en Colombia. Dentro de las metodologías se resalta la aproximación de medias y medianas con estratificación, números índices, precios hedónicos y ventas repetidas. Adicionalmente, se describió brevemente la evolución de estos índices en el país. En este sentido, este trabajo constituye un primer manual de índices de precios de vivienda en Colombia, el cual contribuye a la literatura con un análisis estándar de las metodologías, resaltando sus exigencias en términos de datos, así como sus ventajas y desventajas.

El análisis muestra que en Colombia los índices de vivienda disponibles permiten realizar un estudio completo del mercado, dado que: i) la mayoría de métodos sugeridos por la literatura internacional se han implementado, a excepción del método de tasación; ii) existen series extensas de los precios, donde la más antigua inicia en 1970; iii) se encuentran índices para los segmentos de vivienda nueva y usada; y iv) existen indicadores para las principales ciudades, por estrato socioeconómico y tipo de vivienda (casa, apartamento, VIS y no VIS). No obstante, cada uno utiliza bases de datos con características distintas, por lo que capturan aspectos particulares. Por ejemplo, el IPVN del Banco de la República emplea información de *La Galería Inmobiliaria*, la cual considera aquellos inmuebles ofrecidos en salas de ventas (sobre planos, en proceso de construcción y terminados), mientras que el DNP construye el IPVN con información de las viviendas a la venta publicadas en la revista *La Guía*. A pesar de ese tipo de diferencias, cuando se analiza la evolución de los indicadores se observa que en general presentan ciclos similares.

A futuro es importante recolectar la información y analizar estos índices de manera centralizada para facilitar un estudio conjunto de los precios y del mercado de vivienda. Una propuesta podría ser la de crear un centro de datos dedicado, además de la compilación de la información, a hacer su seguimiento periódico (*e.g.:IMF Global Housing Watch*) y a implementar nuevas metodologías. Asimismo, es necesario tener en cuenta las diferencias entre los índices al momento de interpretar sus tendencias, ya que estas no solo se explican por las diferencias en los enfoques metodológicos sino también por la información utilizada, pues captura aspectos distintos de la evolución de los precios de la vivienda.

5. Anexos

5.1. Bases de Datos

5.1.1. Revista La Guía-DNP

La Revista La Guía es un portal web especializado en finca raíz, en el que se encuentran anuncios clasificados de constructoras, inmobiliarias y particulares, que ofrecen para la venta y arriendo, viviendas nuevas y usadas, inmuebles comerciales y otras propiedades (*e.g.*: vacacionales). Dicho portal cubre la totalidad de municipios del país, siendo Cundinamarca, Antioquia, Risaralda y Eje Cafetero, Valle del Cauca y Pacífico, Santander y Caldas, las regiones con mayor número de anuncios.

La información contenida en el portal comprende el precio de venta y/o arriendo del inmueble, área, zona, barrio, estrato, y en algunos casos la descripción de las características interiores, exteriores y del sector. En el primer caso, se encuentra el detalle del número de habitaciones, baños y garajes, la disponibilidad de zona de lavandería, estudio y depósito, tipo de cocina, piso en el que está ubicado el inmueble y la antigüedad. En cuanto a los atributos exteriores, se encuentran variables como la disponibilidad de ascensor, garajes, planta eléctrica, vigilancia, gimnasio, salón comunal, terraza, entre otros. Por último, las características del sector incluyen la facilidad de acceso a colegios, universidades, transporte público cercano, supermercados, parques, entre otros.

5.1.2. Censo de Edificaciones (CEED)-DANE

El DANE desarrolla el Censo de Edificaciones (CEED) desde 1997, el cual contiene información trimestral sobre la evolución, producción y comportamiento de la actividad edificadora. Este censo abarca la totalidad de edificaciones en proceso de construcción, aplicando la técnica estadística de panel longitudinal que hace posible el seguimiento detallado a través del tiempo de cada una de las observaciones. Los estados de obra que cubre el CEED son: i) obras en proceso de construcción (obras que al momento del censo generan algún proceso constructivo); ii) obras paralizadas (edificaciones que al momento del censo no están generando ninguna actividad constructora); y iii) obras culminadas (obras que durante el período intercensal finalizaron actividad constructora).

La cobertura geográfica del CEED consta de tres áreas metropolitanas (Medellín²², Bucaramanga²³ y Cúcuta²⁴ y doce áreas urbanas (Bogotá, Cali, Barranquilla, Pereira, Armenia, Cartagena, Neiva, Ibagué, Villavicencio, Pasto, Popayán, Manizales²⁵).

Dentro de las variables que se encuentran en el censo se resaltan: metros cuadrados iniciados, área total construida, área total vendible, número de unidades del destino, precio de venta por metro cuadrado, estado de obra (proceso, culminada y paralizada), destino de la obra y estrato socioeconómico.

²²El área metropolitana de Medellín incluye Bello, Envigado, Itagüí, Barbosa, Copacabana, Caldas, La Estrella, Girardota y Sabaneta.

²³Incluye también Girón, Floridablanca y Piedecuesta.

²⁴Incluye los municipios de Los Patios, El Zulia, Villa del Rosario.

²⁵El área urbana de Bogotá incluye Soacha, el de Cali incluye Yumbo, Barranquilla incluye Soledad, Pereira incluye Dosquebradas y Manizales incluye Villamaría.

5.1.3. La Galería Inmobiliaria

La base de datos de *La Galería Inmobiliaria* contiene información estadística del mercado inmobiliario y constructor de las principales ciudades del país desde 2002. Dicha base se construye a partir de encuestas mensuales a los proyectos de vivienda nueva que se encuentran en salas de ventas. Cada proyecto es observado individualmente y se le hace seguimiento desde el momento en que es lanzando en sala de venta, hasta que la última unidad del mismo es vendida. Esta metodología de recolección de datos permite obtener un panel longitudinal, el cual analiza las mismas observaciones de manera repetida en el tiempo.

El censo consta de aproximadamente 2.600 proyectos activos a junio de 2015 e incluye las siguientes ciudades: Bogotá, Cali, Medellín y los municipios aledaños de estas, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Valledupar, Montería, Bucaramanga, Villavicencio, Manizales, Pereira, Armenia, Cúcuta, Ibagué y Tunja.

En cuanto al tipo de información que contiene la base, se resalta que para cada proyecto se conoce información de su ubicación (*e.g.*: estrato, zona, barrio), fecha de inicio y finalización, estado de la obra, disponibilidad de atributos comunes (*e.g.*: parque infantil, canchas, gimnasio, guardería, portería, ascensor) y el tipo de acabados en ventanas, carpintería, cocina, baños, entre otros. Adicionalmente, se cuenta con información detallada de los inmuebles que conforman los proyectos, dentro de la que se destacan las siguientes variables: precio, número de unidades disponibles, lanzadas y vendidas, área, piso en el que está ubicada la vivienda en el caso en que sea apartamento, número de alcobas, baños y garajes, la disponibilidad de depósito, cuarto y baño de servicio, estudio, entre otros.

5.1.4. Coordenada Urbana-CAMACOL

La base de datos empleada por CAMACOL para el cálculo de sus índices de precios de vivienda es *Coordenada Urbana*, la cual contiene información del comportamiento histórico de las obras edificadas para vivienda y destinos no residenciales, desde 2006. Dicha base resulta de un censo georreferenciado mensual a aquellos proyectos nuevos con área mayor a 300 metros cuadrados. El seguimiento se realiza de manera individual y contempla todas las etapas del proceso constructivo: proyectado/lanzamiento (*e.g.*: publicidad en vallas antes lanzar sala de ventas), preventa, iniciación, construcción y terminación.

La cobertura del censo es de aproximadamente el 75 % de la actividad constructora del país, correspondiente a 5.400 proyectos activos. El censo se realiza a través de visitas presenciales, las cuales se llevan a cabo en 17 regiones del país²⁶, que a su vez incluyen 90 municipios.

En cuanto al tipo de información que contiene la base, se encuentran variables de localización, evolución constructiva, evolución comercial y atributos de los proyectos. El primer grupo incluye variables como la dirección del proyecto, estrato socioeconómico, zona y barrio. Dentro del segundo tipo de variables se encuentran la fecha de iniciación de ventas y obra, el estado constructivo y la fase de construcción (*e.g.*: sin iniciar, cimentación, obra negra). A la tercera categoría pertenecen variables como el precio de venta de los inmuebles (precio de lista) y el número de unidades lanzadas, disponibles y vendidas. Por último, se identifica información detallada de las viviendas, tal como el número de habitaciones, baños y parqueaderos; la disponibilidad de otras dotaciones como estudio, terraza, chimenea; el tipo de aca-

²⁶Antioquia, Bolívar, Boyacá y Casanare, Caldas, Caribe, Cundinamarca, Huila, Montería, Nariño, Norte de Santander, Risaralda, Santander, Santa Marta, Tolima, Valle, Meta y Cesar.

bados en pisos, cocina, baños, muros; y características técnicas como el tipo del sistema constructivo y cimentación.

5.1.5. Avalúos Comerciales de las Entidades Bancarias

Las principales entidades especializadas en crédito de vivienda (AV Villas, Bancolombia (Conavi), BBVA (Granahorrar), BCSC (Colmena), Colpatria y Davivienda (incluye Bancafé)) reportan información de los desembolsos, avalúos comerciales, dirección y matrícula de los inmuebles al Banco de la República. Esta información permite identificar aquellas viviendas que han sido vendidas más de una vez y construir así el IPVU. La información registra una frecuencia trimestral y se encuentra disponible desde 1988.

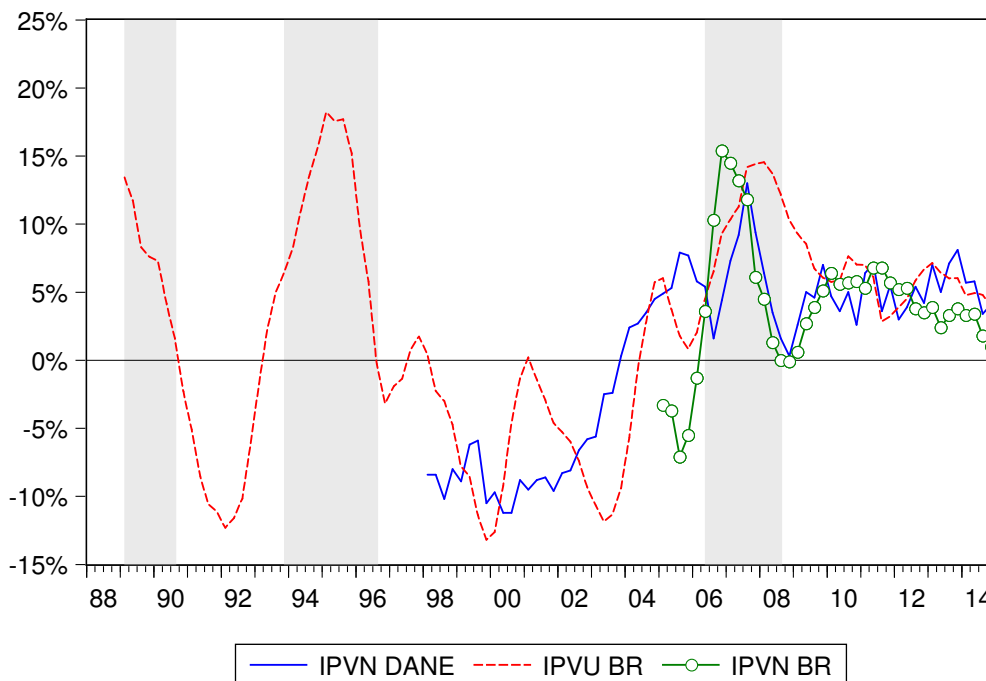
5.1.6. La Lonja de Propiedad Raíz de Bogotá

Los estudios y bases de *La Lonja* contienen información del valor del suelo urbano en Bogotá, entendido como aquel que ya cuenta con redes de infraestructura, bien sea que esté o no edificado. En particular, *La Lonja* publica en su portal *Lonjimap.co* información del valor del suelo urbano desagregada según el destino y e nivel económico: i) áreas centrales de comercio y servicios distrito central de negocios; ii) zonas comerciales y de servicios estratos altos; iii) áreas comerciales populares; iv) zonas industriales y de bodegas; v) zonas residenciales de estratos altos; vi) zonas residenciales de estrato medio-alto; vii) zonas residenciales de estrato medio-medio ; viii) zonas residenciales de estrato medio-bajo y ix) zonas residenciales populares.

Cabe resaltar que para el cálculo del IPSB se utilizan los documentos del *Estudio sobre el valor del suelo urbano en Bogotá*, los cuales se publican desde 1960 y de manera sistemática. El estudio cubre zonas representativas pero no la totalidad de la ciudad y tiene las siguientes fuentes de información: i) la consignada en su base de datos de avalúos; ii) los datos suministrados por sus afiliados y iii) la recolección directa que hace esta entidad en distintas zonas de la ciudad.

5.2. Índices de precios de la vivienda para Medellín y Cali

GRÁFICO 3: Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para Medellín



Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.

Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

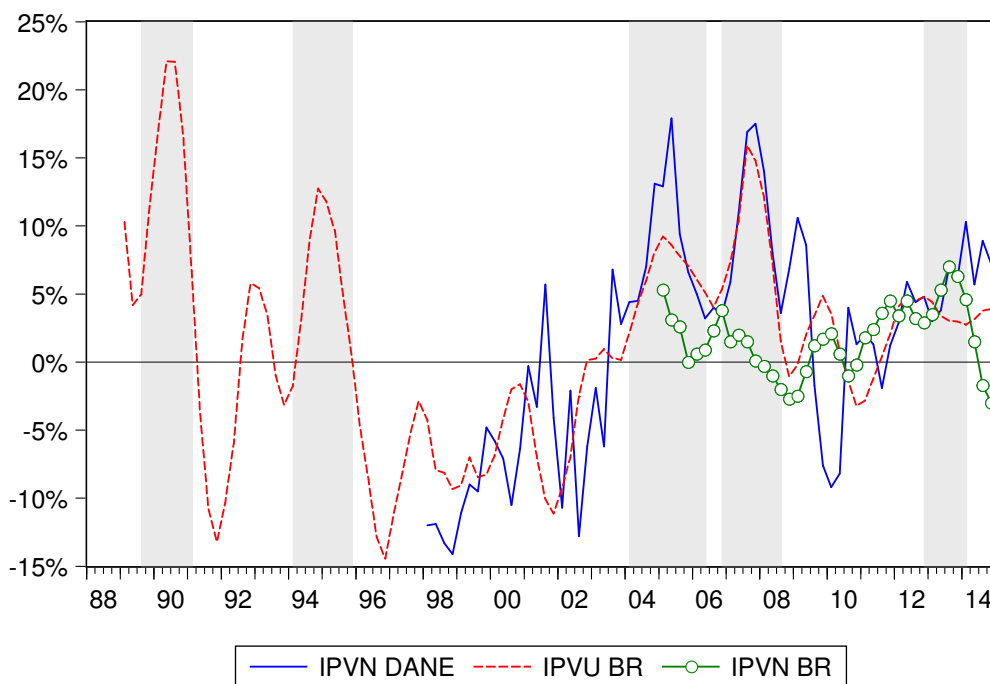
CUADRO 5: Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices para Medellín

	IPVN-DANE	IPVU-BR	IPVN-BR
Promedio (%)	5,35	7,56	4,76
Desv. Est	2,51	3,37	3,37
Max (%)	13,00	14,54	14,50
Min (%)	0,30	2,86	-0,10

Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.

Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

GRÁFICO 4: Variación real anual de los índices de precios de la vivienda para Cali



Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.
 Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

CUADRO 6: Estadísticas descriptivas de las variaciones reales anuales de los índices para Cali

	IPVN-DANE	IPVU-BR	IPVN-BR
Promedio (%)	4.82	3.81	1.57
Desv. Est	6.27	4.50	2.64
Max (%)	17.50	15.93	7.00
Min (%)	-9.20	-3.23	-3.00

Nota: Los índices con frecuencia anual se trimestralizaron utilizando una interpolación por spline cúbicos.
 Fuente: DANE, Banco de la República; cálculos de los autores.

Referencias

- Bailey, M., Muth, R. & Nourse, H. (1963), 'A regression method for real estate price construction', *Journal of the American Statistical Association* (58), 933–942.
- BanRep (2014), Comportamiento del Índice de precios de la vivienda usada IPVU: 1988-2013, Nota metodológica, Banco de la República.
- Bourassa, S., Hamelink, F., Hoesli, M. & MacGregor, B. (1999), 'Defining housing submarkets', *Journal of Housing Economics* 8(2), 160–183.
- Bourassa, S., Hoesli, M. & Sun, J. (2006), 'A simple alternative house price index method', *Journal of Housing Economics* 15, 80–97.
- Bover, O. & Velilla, P. (2002), Hedonic house prices without characteristics: The case of new multiunit housing, Working Paper 117, European Central Bank.
- Brunnermeier, M. K. & Oehmke, M. (2012), Bubbles, financial crises and systemic risk, NBER Working Papers 18398, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Case, K. & Shiller, R. (1987), 'Prices of single-family homes since 1970: new indexes for four cities', *New England Economic Review* .
- Case, K. & Shiller, R. (1989), 'The efficiency of the market for the single-family homes', *The American Economic Review* (79), 125–137.
- Castaño, J., Laverde, M., Morales, M. & Yaruro, A. (2013), Índice de precios de la vivienda nueva para Bogotá: Metodología de precios hedónicos, Temas de estabilidad financiera, Banco de la República.
- Claessens, S. & Kose, M. A. (2013), Financial crises explanations, types and implications, IMF Working Papers 13/28, International Monetary Fund.
- Clapp, J. & Giaccotto, C. (1992), 'Estimating price trends for residential property: A comparison of repeat sales and assessed value methods', *Journal of Real Estate Finance and Economics* 5(4), 357–374.
- Court, A. (1939), 'Hedonic price indexes with automotive examples', *Automobile Manufactures Association* .
- De Haan, J., Van der Wal, E. & Vriesc, P. (2009), 'The measurement of house prices: A review of the sale price appraisal ratio method', *Journal of Economic and Social Measurement* 34(2-3), 51–86.
- Edelstain, R. & Quan, D. (2006), 'How does appraisal smoothing bias real estate returns measurement?', *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 32(1), 41–60.
- Escobar, J., Huertas, C., Mora, D. & Romero, J. (2005), Índice de precios de la vivienda usada en Colombia, Borrador de economía, Banco de la República.
- Eurostat (2013), 'Handbook on residential property price indices (textscRPPIs)', *Methodologies and Working Papers* .
- Goodman, A. & Thibodeau, T. (2003), 'Housing market segmentation and hedonic prediction accuracy', *Journal of Housing Economics* 12(3), 181–201.

- Griliches, Z. (1961), 'Hedonic price indexes for automobiles: An econometric analysis of quality change', *NBER* .
- Hansen, J. (2006), 'Australian house prices: a comparison of hedonic and repeat-sales measures', *Reserve Bank of Australia* .
- Hansen, M. H., Hurwitz, W. & Madow, W. G. (1953), 'Sample survey methods and theory', *John Wiley and Sons* **1**, 638pp.
- Hill, R. (2011), 'Hedonic price indexes for housing', *Statistics Working Papers* .
- Hill, R. J. & Melsner, D. (2008), 'Hedonic imputaion and the price index problem,: an aplication to housing', *Economic Inquiry* **46**(4), 593–609.
- Hoffmann, J. & Lorenz, A. (2006), 'Real estate price indices for Germany: Past, present and future', *OECD-IMF Workshop on Real Estate Price Indexes* .
- Jaramillo, S. (2014), Dinámica de los precios del suelo urbano en Bogotá 1970-2012, Documentos CEDE 011941, Universidad de los Andes-CEDE.
- Jaramillo, S. & Cuervo, N. (2014), Precios inmobiliarios de vivienda en Bogotá 1970-2013, Documentos CEDE 011942, Universidad de los Andes-CEDE.
- Leventis, A. (2006), 'Removing appraisal bias from a repeat-transactions house price index: a basic approach', *OFHEO Working Paper* (06-1).
- OIT, FMI, OCDE, Eurostat, ONU & Mundial, B. (2006), 'Manual del índice de precios al consumidor: teoría y práctica', *Fondo Monetario Internacional* .
- Pakes, A. (2003), 'A reconsideration of hedonic price indexes with an application to PCs', *American Economic Review* .
- Prasad, N. & Richards, A. (2006), Measuring housing price growth - using stratification to improve median-based measures, Research discussion paper, Reserve Bank of Australia.
- Rosen, S. (1974), 'Hedonic prices and implicit markets: product diferentiation in pure competition', *Journal of Political Economy* .
- Scatigna, M., Szemere, R. & Tsatsaronis, K. (2014), Residential property price statistics across the globe, BIS Quaterly Review 2014, Bank of International Settlement (BIS).
- Silver, M. (2014), Real estate prices availability, importance, and new developments, Second IMF statistical forum: statistics for policymaking identifying macroeconomic and financial vulnerabilities, International Monetary Fund.
- Silverstein, J. (2014), 'House price indexes: Methodology and revisions', *Research Rap* .
- Triplett, J. (2004), Handbook on hedonic indexes and quality adjustments in price indexes: special application to information technology products, OECD science, technology and industry working papers 2004/9, OECD Publishing.