

INDICE DE PRECIOS DE LA VIVIENDA USADA EN COLOMBIA¹ - I P V U -

Método de ventas repetidas

Julio Escobar, Carlos Huertas, Dora Alicia Mora,
José Vicente Romero²

jescobpo@banrep.gov.co, Chuertca@banrep.gov.co, dmoraper@banrep.gov.co,
jromerch@banrep.gov.co

Diciembre de 2005

Resumen

En este documento se presenta un Índice de Precios de Vivienda Usada (IPVU) para Colombia (1988 y 2004), calculado a partir de una adaptación de la metodología de ventas repetidas ponderadas propuesta por Case y Shiller (1989). En su construcción se usaron 26.189 avalúos de las mismas viviendas en distintos periodos de tiempo, según la información suministrada por las principales entidades que ofrecen crédito hipotecario en el país³. El respaldo matemático que subyace del modelo, la amplia literatura existente y las bondades del método seleccionado frente a las limitaciones de información disponible en el país, lo hacen el más recomendable para iniciar un proceso de medición de precios de vivienda usada.

En esta primera etapa de publicación se pretende dar a conocer la metodología de cálculo del IPVU y sus resultados, con el objeto de atender los diferentes comentarios de los gremios, comunidad académica y público en general. Por lo tanto, el IPVU debe ser visto como un indicador provisional, que puede servir como punto de partida para futuras investigaciones sobre el tema.

Con respecto a los resultados del IPVU, se encontró que los cambios del índice son mas “suaves”, pero con tendencia similar a los mostrados por otros índices de precios de los inmuebles calculados en Colombia. El IPVU muestra un auge del valor de dichos activos en la primera mitad de la década de los noventa y un posterior declive hasta el 2001, fecha a partir de la cual se vienen presentando incrementos del índice.

¹ Proyecto de investigación del Banco de la República (BR), bajo la dirección de José Tolosa, Subgerente Monetario y de Reservas del BR. Se agradece la colaboración del Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda (ICAV). También los valiosos aportes de Hernando Vargas, Juan Pablo Zarate, Norberto Rodríguez, Hector Zarate, Juan Manuel Julio y José Eduardo Gómez del Banco de la República, Shelly Dreiman (q.e.p.d.) de la OFHEO, así como los comentarios a una presentación previa de las directivas del BR y de los miembros afiliados al ICAV.

² En su orden: Jefe Centro Regional de Estudios Económicos de Cali, Jefe Sector Financiero, profesionales de Estadística y Sector Financiero de Estudios económicos de Bogotá. Las opiniones expresadas en este documento son de responsabilidad exclusiva de los autores.

³ Las entidades que ofrecen crédito hipotecario y que suministraron la información para el estudio fueron: CONAVI, GRANAHORRAR, COLPATRIA, DAVIVIENDA, GRANBANCO (BANCAFE), AV VILLAS Y COLMENA.

1. Introducción

El mercado de la vivienda usada y la evolución de su precio ha sido un tema de amplio interés en la literatura internacional, entre otras razones, por la alta ponderación que tiene el saldo de la cartera hipotecaria en las cuentas financieras de algunos países y, también, por la relación que existe entre el mercado inmobiliario y el ciclo económico de un país. De igual forma, sus efectos sobre la demanda agregada y la inflación, son variables que deben ser tenidas en cuenta en las decisiones de política monetaria y, por ello, es importante para un Banco Central contar con indicadores confiables y oportunos de la evolución del precio de la vivienda usada.

En el caso particular de Colombia, existen indicadores de precios de vivienda nueva y usada, calculados por gremios o entidades académicas. No obstante, como se explicará en la sección 6, dichos índices presentan varios inconvenientes, como por ejemplo una no adecuada fuente de información o limitantes en su cobertura. De igual forma, aunque varias de esas metodologías siguen la evolución del precio de una vivienda “tipo”⁴, los índices pueden involucrar altos sesgos debido a los cambios en la calidad del inmueble, ya que entre un período y otro el precio no corresponde a la misma vivienda. Por último, en todos ellos el precio se refiere al de oferta, y su comportamiento puede ser diferente al de transacción final. En este contexto, se requiere de un índice para la vivienda usada con mayor cubrimiento, que se aproxime en mejor medida al precio de transacción.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar un nuevo indicador del precio de la vivienda usada (IPVU), construido a partir de una muestra representativa de las viviendas que han sido transadas en el periodo 1988-2004, en las ciudades de Bogotá, Cali y Medellín. El precio a observar será el avalúo de la misma vivienda, presentado a las entidades hipotecarias al momento de la solicitud del crédito. En la construcción del índice se utiliza una técnica econométrica que estima el incremento promedio trimestral del índice para el total nacional y un crecimiento promedio anual para cada una de las ciudades.

El documento se divide en cinco secciones aparte de ésta introducción. En la segunda se describen de forma general las distintas metodologías de cálculo de un índice de precios de vivienda y, en la siguiente, se detalla la propuesta de Case y Shiller. En la cuarta sección se describe el proceso de construcción del índice, principalmente en lo referente a la recopilación de información e identificación de las ventas repetidas. En la quinta se exponen los principales resultados y por último se describen algunas conclusiones del proyecto.

2. Metodologías de cálculo de un Índice de Precios de Vivienda

Las diversas metodologías para la construcción de índices de precios de vivienda surgen por dos razones: i) la dificultad de calcular un precio medio

⁴ Por ejemplo, un número establecido de habitaciones y baños.

que refleje los cambios en las transacciones inmobiliarias y ii) por la necesidad de controlar las diferentes características físicas que las viviendas poseen, y por ende la heterogeneidad de sus elementos. Por lo tanto, en la construcción de un índice de precios de viviendas se debe utilizar una metodología diferente a las que comúnmente se utilizan para valorar otros precios de la economía, e incursionar en técnicas econométricas en su cálculo para controlar dichas diferencias.

Básicamente, existen las siguientes tres metodologías para la construcción de índices de precios dependiendo de la disponibilidad de las fuentes de datos (Pollakowski, Case y Szymanoski, 1995):

- *Ventas repetidas*: en este método, junto a su versión más moderna llamada ventas repetidas ponderadas (VRP), se construye un índice sobre los datos registrados de viviendas que hayan sido vendidas por lo menos dos veces dentro del periodo de estudio.
- *Precios hedónicos*: se parte de una estimación econométrica multivariada, mediante la cual se detectan las principales características que afectan el valor de una vivienda, y se le asigna una estimación a cada atributo el cual se denomina precio hedónico⁵. Posteriormente, una vez controladas estas características, se procede a construir el índice.
- *Método híbrido o combinado*: se refiere a una combinación de las dos técnicas anteriores.

Según lo anterior, si se quiere evaluar el método más adecuado de cálculo de un Índice de Precios de Vivienda Usada (IPVU) para Colombia, es necesario tener en cuenta el tipo de información disponible y utilizable en su estimación, hecho que de entrada no permite la aplicación de ciertas metodologías, como la de precios hedónicos.

Como lo menciona Case y Shiller, “la aproximación hedónica requiere de una gran cantidad de información sobre las unidades individuales vendidas, incluyendo sus características”⁶. Esto se debe a que el método requiere estimar un modelo, en el cual se calculan los efectos sobre el precio final de cada una de las características de las propiedades en el tiempo. Una vez hecha las estimaciones, se define un conjunto de atributos de una “casa ideal” o representativa, y se utilizan los parámetros estimados de cada una de dichas características para calcular índices de Laspeyres, Paasche, Fisher o Tornqvist, utilizando cada característica como un producto dentro de una cesta de bienes.

⁵ Por ejemplo, el número de habitaciones, tipo de piso, cercanía a vías de comunicación etc. de una vivienda.

⁶ Case, Karl. y Shiller, Robert. *Prices of Single - Family Homes since 1970: New Indexes for four Cities New England Economic Review*. (1987)

Los problemas del método hedónico surgen en la estimación del modelo econométrico dentro de los cuales sobresalen una inadecuada o desconocida especificación funcional, carencia o mala información de las características de la propiedad, omisión de variables relevantes y problemas de multicolinealidad. En el caso colombiano, no existe una base de datos lo suficientemente completa, que contenga el precio de una vivienda y sus principales características como son: número de cuartos y baños, metros cuadrados, tipo de cocina, tipo de piso, número de garajes, distancia a medios de transporte etc.

Con respecto al método de ventas repetidas ponderadas, éste fue desarrollado inicialmente por Case y Shiller, pero posteriormente adoptado por la OFHEO⁷. El punto de partida inicial del método radica en caracterizar el comportamiento del precio de una casa individual como un proceso estocástico en el cual su tasa de cambio media es representada por un índice de mercado, mientras que la dispersión y la volatilidad de los valores alrededor del precio promedio de mercado son modelados como un proceso de difusión log-normal (Calhoun, 1996). El método de ventas repetidas, se destaca, entre otros métodos, por su simplicidad econométrica y por utilizar directamente las variables propias del objetivo de medición a partir de los datos. Además, a diferencia del método hedónico, se aproxima más a un índice de precios de calidad constante, ya que exige que la propiedad se haya transado al menos dos veces durante el periodo de estudio sin haber sufrido modificaciones significativas. Además, citando de nuevo a Case y Shiller *“los defensores de la aproximación del modelo de ventas repetidas argumentan que este controla con mayor precisión las características de la propiedad ya que esta basado en la apreciación observada actual de las unidades de vivienda. La aproximación hedónica debe estimar primero el valor implícito de cada atributo. La precisión de dichos estimativos determina que tan bien la ecuación hedónica efectivamente controla y predice”*⁸.

Por otra parte, es de señalar entre otras ventajas, que se utiliza información de los valores de las mismas unidades en dos puntos del tiempo, así como la posibilidad de su reproducibilidad, es decir, que diferentes analistas dada la misma información de ventas disponibles, lograrán los mismos estimadores del cambio en el precio. Adicionalmente, la estimación del precio promedio de las viviendas individuales bajo este método presenta menor error estándar en comparación con precios hedónicos y de primera transacción, (Case, Pollakowski y Wachter, 1991), conservando esta particularidad en la mayoría de las características hedónicas medidas, excepto para la antigüedad y número de cuartos, entre otras.

No obstante las múltiples ventajas del método, es esencial señalar también las falencias que tiene. La primera es que sólo usa una parte de las transacciones de ventas disponibles (aquellas que han sido vendidas más de una vez durante el período de análisis) dejando de lado por ejemplo, el cambio en el precio de la vivienda usada que sólo se ha tenido un único dueño. Por otra parte, diversos estudios han probado que la antigüedad de la vivienda es una fuente de sesgo que infortunadamente no controla el método, violando el supuesto de no

⁷ Office of Federal Housing Enterprise Oversight

⁸ Case, Karl. y Shiller, Robert. Traducción de los autores.

cambio en las propiedades de la vivienda. Igualmente, el método no recoge las influencias que en el tiempo puedan tener ciertas características deseadas en las viviendas por parte de los compradores, como el efecto sobre el precio de la preferencia por dos o más garajes por vivienda, así como más baños, cercanía al lugar de trabajo, zonas verdes, y otras características, que son tendencias del mercado que influyen el precio final de demanda. Por último, por ser estimaciones econométricas, la serie histórica del índice puede cambiar cada vez que se incluye nueva información⁹. Sin embargo, a pesar de las falencias enunciadas, el método de ventas repetidas ponderadas (VRP), se sigue considerando por ahora, como el método más apropiado para la construcción del índice, esto debido a consideraciones tanto prácticas como econométricas.

3. El método de ventas repetidas ponderadas (VRP)¹⁰

El método de ventas repetidas aplicado al IPVU es una técnica de construcción del indicador que utiliza como la variable de interés el precio de la vivienda. El punto de partida de este método radica en caracterizar el comportamiento del precio de la misma casa como un proceso estocástico, en el cual, el precio de de una vivienda puede ser representado por:

$$(1) \quad \ln(P_{it}) = \mathbf{b}_t + H_{it} + N_{it}$$

Donde P_{it} es el precio de una vivienda i en el periodo t , H_{it} es una caminata aleatoria gaussiana que describe como la variación del precio de una vivienda individual se aleja en el tiempo frente a la variación del índice de mercado, y N_{it} representa las diferencias idiosincrásicas de las propiedades en un momento del tiempo.

La ecuación (1) implica que el cambio porcentual total en el precio de una vivienda esta dado de la siguiente manera:

$$(2) \quad \Delta V_i = \ln(P_{it}) - \ln(P_{is})$$

$$(3) \quad \Delta V_i = \mathbf{b}_t - \mathbf{b}_s + H_{it} - H_{is} + N_{it} - N_{is}$$

Sobre los términos de perturbación, se establecen cinco supuestos básicos:

- El valor esperado de la variación del término de caminata aleatoria H entre los periodos es cero.

$$(4) \quad E(H_{it} - H_{is}) = 0$$

- La variación al cuadrado del término de caminata aleatoria H se comporta de la siguiente manera:

$$(5) \quad E[(H_{it} - H_{is})^2] = A(t - s) + B(t - s)^2$$

⁹ El mayor cambio se da en los resultados más recientes. La variación en los resultados más antiguos del índice puede ser muy poco significativa.

¹⁰ La siguiente sección esta basada en la derivación descrita en Calhoun (1996).

- El valor esperado del término *ruido blanco* es cero.

$$(6) \quad E[N_{it}] = 0$$

- No existe correlación entre la *caminata aleatoria* y el *ruido blanco*. En otras palabras, la dispersión en el precio de venta de una vivienda usada por su tiempo de tenencia, no se encuentra correlacionada con la dispersión generada por el precio del mercado en el momento de la venta.

$$(7) \quad E[H_{it}N_{it}] = 0$$

- La varianza del término de ruido blanco es igual a una constante.

$$(8) \quad E[N_{it}^2] = C$$

Para una venta repetida de una vivienda i , la ecuación (2) puede ser expresada de la siguiente forma:

$$(9) \quad \Delta V_i = \sum_{t=0}^T \text{Ln}(P_{it})D_{it}$$

Donde D es una variable dummy que toma valores de 1 cuando el precio de la vivienda i es observado por segunda vez, -1 si el precio de la casa i fue observado por primera vez, y cero para los demás casos.

Sustituyendo (1) en la ecuación (9):

$$(10) \quad \Delta V_i = \sum_{t=0}^T (\mathbf{b}_t + H_{it} + N_{it})D_{it}$$

$$(11) \quad \Delta V_i = \sum_{t=0}^T \mathbf{b}_t D_{it} + \mathbf{e}_i$$

La ecuación (11) es la primera ecuación a estimar bajo el método de VRP. El parámetro \mathbf{b}_t , que refleja el índice de precios del mercado, se estima por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Cuando A o B son estadísticamente diferentes de cero (ecuación (5)), la varianza de \mathbf{e}_i cambia con la distancia entre las ventas repetidas, ya que entre más alejadas se encuentren las dos transacciones (compra y venta) se supone por razones de mercado que la variación del precio será mayor. Por lo tanto, para obtener estimadores más eficientes de \mathbf{b}_t , se debe utilizarse el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG).

Como lo menciona Calhoun (1996) se debe notar que el pronóstico del precio de la vivienda i comprada en el periodo s y vendida en el periodo t , esta dado por:

$$(12) \quad \text{Ln}(\hat{P}_{it}) = \text{Ln}(P_{is}) + (\hat{\mathbf{b}}_t - \hat{\mathbf{b}}_s)$$

La anterior ecuación indica que el precio estimado en el periodo t es igual al inicial de compra más una apreciación esperada del índice de precio de mercado entre los dos periodos. El error cuadrático de pronóstico estarían dado por:

$$(13) \quad \mathbf{e}_i^2 = \left[\text{Ln}(P_{it}) - \text{Ln}(\hat{P}_{it}) \right]^2 = \left[\text{Ln}(P_{it}) - \text{Ln}(P_{is}) - \hat{\mathbf{b}}_t + \hat{\mathbf{b}}_s \right]^2$$

Remplazando las ecuaciones (5) y (8) sobre la anterior ecuación se obtiene la siguiente expresión:

$$(14) \quad E[\mathbf{e}_i^2] = A(t-s) + B(t-s)^2 + 2C$$

La ecuación 14 constituye la segunda etapa de estimación del método. A través de esta estimación se pueden obtener valores estimados consistentes de A , B y C , y la evidencia directa acerca de la volatilidad y la dispersión de los precios individuales alrededor del índice de mercado.

La raíz cuadrada de los valores estimados en la ecuación (14) $\hat{\mathbf{e}}^2$, son los ponderadores en la última etapa de estimación por Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) de la siguiente manera:

$$(15) \quad \frac{\Delta V}{\sqrt{\hat{\mathbf{e}}_i^2}} = \sum_{t=0}^T \mathbf{b}_t \frac{D_{it}}{\sqrt{\hat{\mathbf{e}}_i^2}} + \frac{\mathbf{e}_i}{\sqrt{\hat{\mathbf{e}}_i^2}}$$

Finalmente, el índice se calcula de la siguiente manera, a partir de los parámetros $\hat{\mathbf{b}}_t$ obtenidos por MCG de la anterior ecuación:

$$(16) \quad I_t = 100 \cdot e^{\hat{\mathbf{b}}_t}$$

Debido a que el valor estimado de C obtenido en la ecuación (17) puede resultar negativo, los valores estimados de $\hat{\mathbf{e}}^2$ generan incoherencias con el supuesto de que este término representa la varianza del error. Cuando esta situación se presenta, la ecuación puede ser estimada como:

$$(17) \quad E[\mathbf{e}_i^2] = A(t-s) + B(t-s)^2$$

A diferencia de los índices convencionales, esta metodología arroja un error estándar asociado a cada estimación. Aunque este error puede representar ruido, se ha mostrado que su consistencia en el tiempo no afecta el desempeño del índice. El error asociado a cada estimación del índice viene dado por:

$$(18) \quad \mathbf{s}_{I_t} = I_t \cdot \mathbf{s}_{\hat{\mathbf{b}}_t}$$

Un problema del índice geométrico es que puede subestimar el cambio porcentual del valor promedio de un conjunto de viviendas, cuando el indicador está conformado por inmuebles de diferentes valores (viviendas de precios altos medios y bajos). Para solucionar dicho inconveniente, Shiller (1991) propuso la construcción de un índice aritmético, el cual no está directamente relacionado con un modelo que emplee valores individuales de vivienda, y además, su cálculo es poco práctico y complejo. Por lo anterior,

Goetzman (1992) propuso la siguiente corrección al índice geométrico, para solucionar en parte los anteriores sesgos:

$$(19) \quad \tilde{I}_t = 100 \cdot e^{\hat{b}_t + \frac{1}{2} s_t^2}$$

Donde \hat{b}_t es el parámetro estimado en la ecuación (18) y s_t^2 estaría dado por:

$$(20) \quad s_t^2 = \hat{A} \cdot t + \hat{B} \cdot t^2$$

4. Construcción del índice

La metodología de ventas repetidas requiere que se compare los precios de una vivienda con características estructurales similares en dos períodos de tiempo. Por lo tanto, en este documento se considera como “calidad constante” todas aquellas mejoras propias de su mantenimiento y su normal enlucimiento, sin incluir ampliaciones o cambios que afectaran sensiblemente su estructura. De esta manera, al observar la evolución del precio de una vivienda que no ha sufrido fuertes cambios estructurales, se pretende mantener el supuesto fundamental del método de ventas repetidas: *la calidad constante*.

4.1 Información básica

El IPVU se construyó a partir del año de 1988 y los cálculos de prueba y resultados se replican sobre el período comprendido entre 1988 - 2004, con base en la información de 26.189 ventas repetidas (viviendas vendidas más de una vez) sobre un total de 448.816 viviendas individuales financiadas en su adquisición por las entidades que ofrecen crédito hipotecario. Los datos son desagregados inicialmente para las tres principales ciudades de Colombia: Bogotá, Medellín y Cali (sin incluir municipios), cuya distribución se presenta en la tabla 1.

Tabla 1
Información básica para la construcción del IPVU
Método de Ventas repetidas ponderadas 1988 a 2004

	Viviendas financiadas	Número de Ventas repetidas Ya depuradas (viviendas vendidas)
Bogotá	319,506	19,773
Medellín	78,198	3,715
Cali	51,112	2,711
Total	448,816	26,198

Fuente: Cálculos de los autores, con información de desembolsos de las entidades del Sistema Financiero Colombiano afiliadas al ICAV.

La información sobre las viviendas financiadas, fue suministrada por las entidades del sistema financiero colombiano, afiliadas al ICAV, quienes proveyeron los registros de desembolsos efectuados para compra de vivienda tanto nueva como usada. Esta muestra representa cerca del 60% del financiamiento total de vivienda para las 3 principales ciudades entre el 2000 y 2004 y un porcentaje superior para años anteriores.

Las 26.198 ventas repetidas identificadas constituyen para el período 1986-2004, el 6% de la información base de viviendas financiadas en las 3 ciudades colombianas. Dicho porcentaje es superior al presentado en Estados Unidos cuando se inició el cálculo del índice (1970-1986), en donde las ventas representaban el 4% de la información base de 4 estados.

Entre los desarrollos más importantes del proyecto de construcción del IPVU, cabe resaltar la revisión y depuración de la información suministrada por la banca hipotecaria, con la cual en un principio se aspiraba a cubrir un periodo de 25 años (1980 y 2004). Sin embargo, por falta de consistencia y suficiencia en los primeros años, se estableció finalmente el análisis desde 1988 (17 años).

Inconvenientes como información no sistematizada, y los distintos formatos en que se encontraban las variables de interés en los archivos de las entidades hipotecarias, fueron los mayores limitantes para obtener una base de datos consistente. Pese a ello, y gracias a la colaboración de las entidades que participaron en el estudio, se logró consolidar una base de datos (1988 – 2004) con las variables necesarias para la construcción del índice. Entre ellas, la variable “llave” de identificación de la venta repetida y su precio, que corresponden en su orden a la dirección de la propiedad y a su avalúo. Las demás variables hacen referencia a la fecha de avalúo, fecha de desembolso y tipo de financiación (Vivienda de interés social -VIS- o no VIS) que lo define cada entidad financiera. Adicional a éstas, se obtuvo otras variables sobre las características de la vivienda, que ayudaron a depurar la información.

Aunque la dirección de la vivienda en cada ciudad no es la variable más apropiada para la búsqueda de ventas repetidas, debido entre otros inconvenientes a los diferentes formatos de escritura adoptados por las entidades hipotecarias y a los cambios de nomenclatura de cada ciudad, fue la única variable que hizo posible el cruce de información para la identificación de las ventas repetidas. Por tal motivo, fue necesario el diseño de programas para transformar y homologar un formato fijo de las direcciones para cada ciudad involucrada.

Se realizaron validaciones de información para cerca de 500.000 registros de las 3 principales ciudades y de 700.000 registros correspondientes a otras ciudades y municipios que actualmente se analizan. También se trabajó en colaboración con las entidades financieras, en la recuperación histórica de predios que tenían direcciones incompletas y en la revisión de incoherencias de información identificadas para las diferentes variables, entre ellas los avalúos. Mediante una serie de pruebas estadísticas y de análisis de medidas de tendencia central y de dispersión aplicadas a la base de datos, se definieron pautas de control para validar y posteriormente depurar la información individual de cada vivienda¹¹.

¹¹ Ante la importancia que representa la creación de una buena base de información, tanto para el análisis histórico como para el cálculo futuro del IPVU, en la actualidad se está trabajando en conjunto con entre el ICAV, las entidades financieras afiliadas a esta, la Titularizadota Colombiana y el Banco de la República.

Para la estimación econométrica e interpretación de los resultados, es importante tener en cuenta la limitación de muestra¹² por considerar únicamente las viviendas financiadas por el sistema hipotecario. El impacto y la importancia en diferentes años de este sesgo y su posible corrección es tema de un proyecto futuro, así como la viabilidad de incorporar la información de aquellas entidades que prestan para vivienda que no se contemplan en el cálculo actual del índice.

4.2 Identificación de las ventas repetidas

Este proceso se realiza en varias partes:

- Se *realizó* la *identificación* de aquellos predios vendidos por lo menos una vez, con base en la búsqueda exacta de las direcciones y/o matrículas inmobiliarias repetidas, sobre el período 1988-2004.
- Se excluyeron viviendas con valores de avalúo extremos, que pudieran generar ruido a la muestra. Se Eliminaron aquellas con valor superior a \$800'000.000 o inferiores a \$10'000.000 en pesos del año 2004. En términos de salarios mínimos legales mensuales (SML) corresponden a las mayores de 2.235 SML y menores de 28 SML del año 2004.
- Se *identificaron* los registros con inconsistencias en la información de acuerdo a diferentes filtros establecidos. Por ejemplo, direcciones incompletas, datos dudosos de avalúos y/o variaciones de precio y distancias muy cortas en una venta, entre otros. La revisión de una parte de estos registros la realiza cada entidad hipotecaria, quienes determinan que información es rescatable.
- Posteriormente, según resultados del paso anterior, se excluyeron aquellos pares de ventas que luego de su validación¹³ se consideraron que no debían hacer parte de la muestra.

Como consecuencia de este proceso, finalmente se rechazaron 2.465 ventas repetidas de viviendas transadas más de una vez, quedando una muestra de *26.198 pares de ventas repetidas depuradas* (tabla 1). La mayor muestra correspondió a la ciudad de Bogotá con el 75%, seguida de Medellín con el 14% y Cali con el 11%, participaciones similares a las percibidas con la información de viviendas financiadas.

Otro aspecto importante a resaltar es el gran número de avalúos concentrados en el año 1999. Esto último obedeció a la entrega masiva de viviendas que realizaron los agentes al sistema financiero para cancelar la totalidad de la deuda hipotecaria, ya que el saldo sus créditos era superior al avalúo comercial de sus inmuebles¹⁴.

¹² Este tema es profundizado en Heckman, James J. (1979).

¹³ Para esta etapa es significativo tener características físicas de los inmuebles, las cuales ayudan a definir si se mantiene la calidad constante del inmueble. Sin embargo, por la carencia actual de estas variables se recurre al análisis de los datos como tal, en ayuda de la identificación de inconsistencias en la información.

¹⁴ Según Decreto 2331 de noviembre 19 de 1998, las entidades de financiamiento estaban obligadas a recibir como pago total de la deuda hipotecaria la vivienda, en el caso que el saldo de la deuda fuera superior al avalúo comercial de la vivienda. En este contexto, como se muestra en el anexo 4, un porcentaje importante de la muestra se concentra en 1999. Por tal motivo se realizó una depuración con las respectivas entidades con el fin de solo incluir avalúos formales, que tuvo como resultado una reducción de las ventas repetidas registradas en 1999. No obstante, dicho año sigue siendo el que presenta una mayor participación dentro del total de ventas repetidas.

No obstante lo anterior, en la medida que en el futuro se cuente con un porcentaje mayor de ventas repetidas, el indicador necesariamente alcanzará mayor nivel de precisión y se facilitará corregir los problemas de la heterocedasticidad asociada a los largos intervalos transcurridos entre algunas transacciones.

5. Resultados

5.1 Clasificación utilizada:

De acuerdo a la información disponible, se estableció un *índice total nacional con periodicidad trimestral* y los siguientes seis índices de periodicidad anual:

IPVU Bogotá
 IPVU Medellín
 IPVU Cali
 IPVU Total Nacional
 IPVU viviendas de interés social (VIS)
 IPVU viviendas NO VIS

Las series producidas tanto anuales como trimestrales se encuentran en términos nominales y se denominarán reales cuando se les descuenta el IPC promedio del año ó del trimestre¹⁵.

5.2 Tiempo promedio de tenencia de la vivienda

En un análisis preliminar de los datos de ventas repetidas, 1988-2004, una variable central fue el tiempo de tenencia de la vivienda desde su penúltima transacción¹⁶. En efecto, el tiempo de tenencia mínima fue de un año y en este grupo se encontró el 11.4% de la muestra de ventas repetidas, mientras que aquellas con el tiempo máximo de 19 años, solo representaban el 0.1%.

Según intervalos de tiempo, las viviendas que se mantuvieron entre 1 y 5 años en poder del mismo dueño, cubrieron el 65.8% del total de las ventas repetidas; mientras entre 6 y 10 años el porcentaje se ubicó en 27.2% y entre 11 a 15 años el 6.2%. Finalmente, aquellas entre 16 y 19 años de tenencia representaron el 0.8% de cerca de 26 mil viviendas transadas más de una vez. Como se observa en la tabla 2, el promedio total de tenencia de la vivienda para las tres ciudades fue de 4.9 años, siendo Cali la de mayor media (5.3 años), seguida de Bogotá (4.9 años) y Medellín (4.6 años).

Tabla 2
Tiempo de tenencia de la vivienda
1988-2004

	Promedio de años
Bogotá	4.9
Medellín	4.6
Cali	5.3
Total	4.9

Fuente: Cálculos de los autores, con información de Entidades hipotecarias.

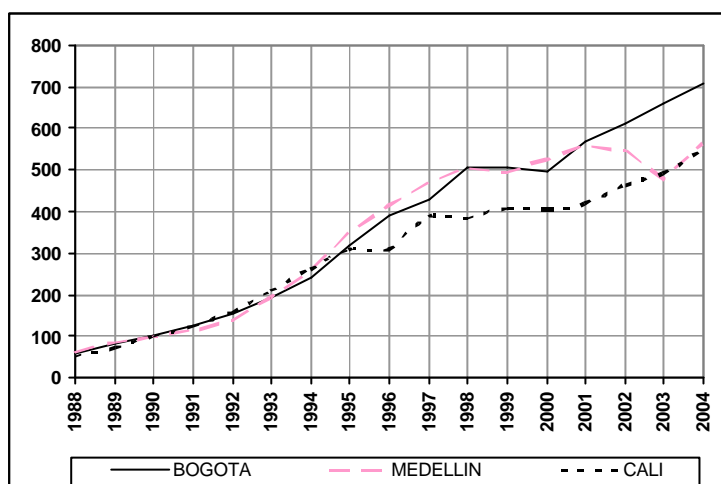
¹⁵ Entre las diferentes alternativas para deflactar el IPVU, se tomó el IPC por ser un indicador del consumo de hogares, frente al implícito del PIB del componente de construcción de viviendas o edificaciones.

¹⁶ Período de tiempo transcurrido, durante el cual la vivienda no es transada o negociada.

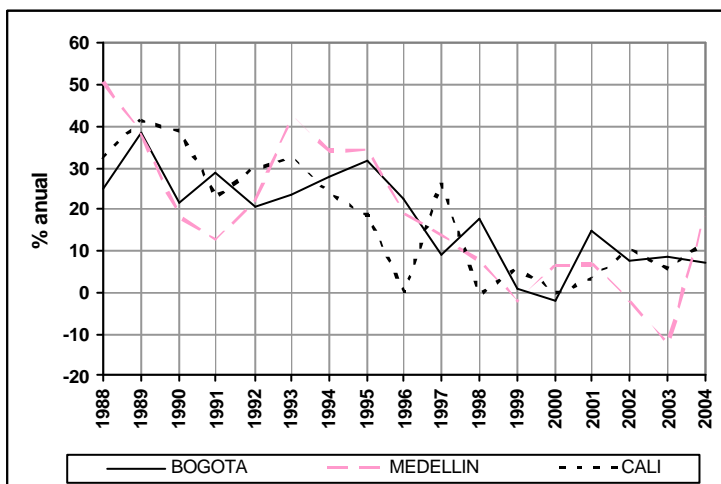
5.3 IPVU según ciudad

El cálculo del IPVU se realizó inicialmente para cada una de las tres principales ciudades de Colombia: Bogotá, Medellín y Cali, con periodicidad anual. Los índices nominales y reales con año base 1990=100, se presentan en los gráficos 1 y 2, y sus variaciones anuales en el 1A y 2A respectivamente.

**Gráfico 1: IPVU nominal por ciudad.
Base 1990 = 100**

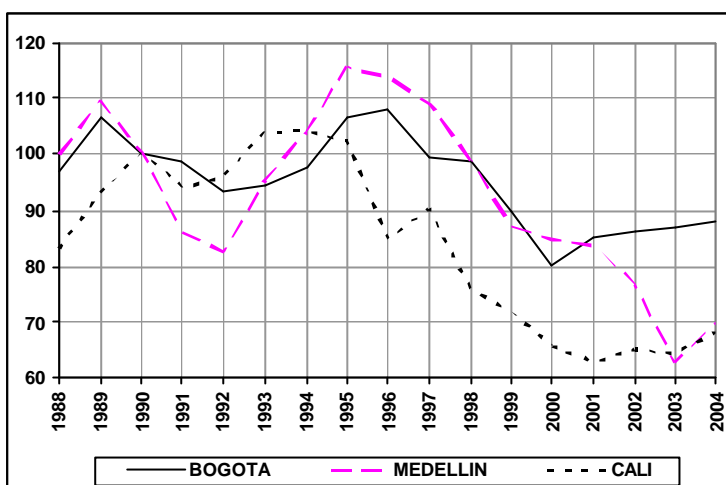


**Gráfico 1A: IPVU nominal por ciudad.
Variaciones anuales**

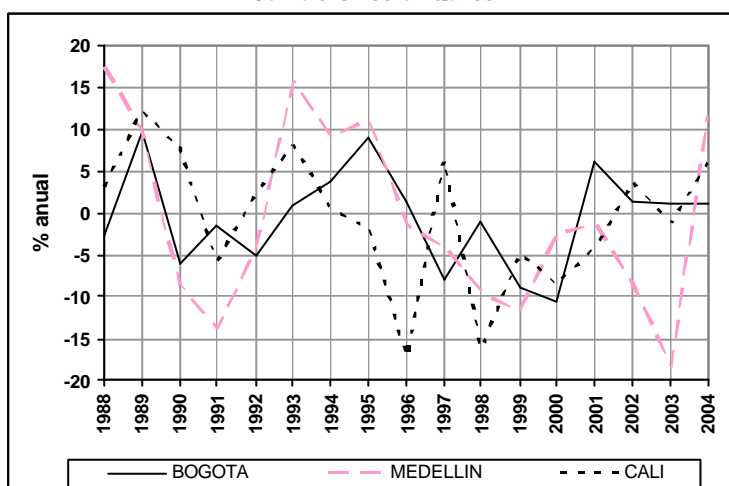


Entre 1995-2003, los IPVU nominales de Bogotá y Medellín son mayores que el de Cali. En términos reales, Cali fue la primera ciudad en donde se inició el descenso prolongado de precios, con una caída de 39.5% entre 1994-2001, mientras que en Medellín se inicia y termina más tarde este descenso con un declive en precios de 45.9% entre 1995-2003. El período más corto en disminución de precios reales lo presenta Bogotá con el 25.6% entre 1996-2000.

**Gráfico 2: IPVU real por ciudad.
Base 1990 = 100**



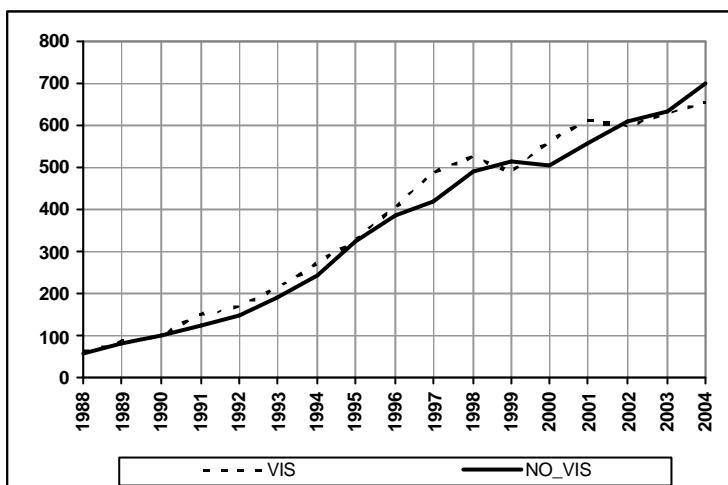
**Gráfico 2A: IPVU real por ciudad.
Variaciones anuales**



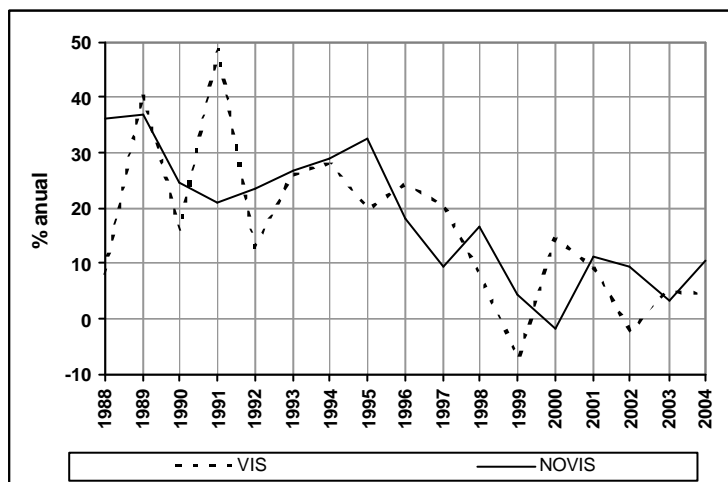
5.4 IPVU según VIS y no VIS

Dentro de los índices anuales, se calculó el de viviendas VIS y el de viviendas NO-VIS (Gráficos 3, 3A, 4 y 4A). Se resalta el nivel superior del índice nominal y real de las VIS con respecto a las NO-VIS, a excepción de los últimos tres años. En efecto, las NO-VIS presentaron una disminución en sus precios del 25.0%, en un lapso de 5 años, entre 1995-2000; mientras que para las viviendas VIS, el mayor descenso se presentó en un período tan solo de dos años, entre 1997-1999 con el 24.0% real.

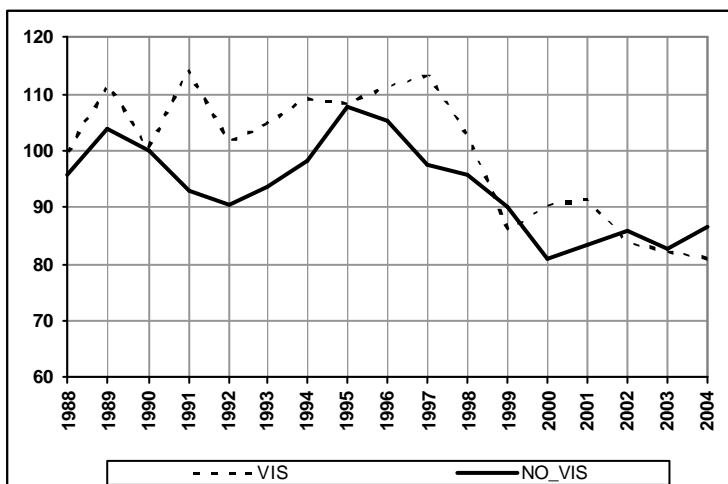
**Gráfico 3: IPVU nominal VIS y NO VIS.
Base 1990 = 100**



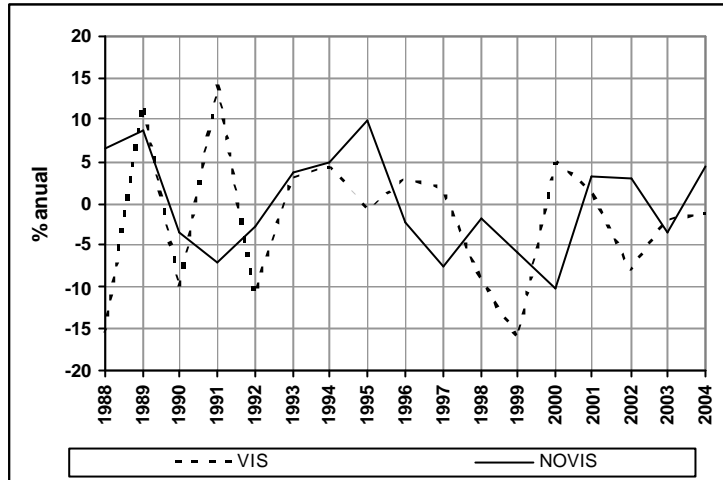
**Gráfico 3A: IPVU nominal VIS y NO VIS.
Variaciones anuales**



**Gráfico 4: IPVU real VIS y NO VIS.
Base 1990 = 100**



**Gráfico 4A: IPVU real VIS y NO VIS.
Variaciones anuales**

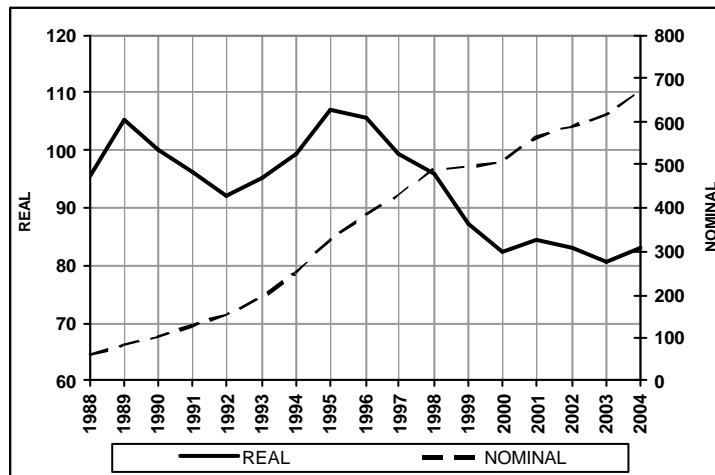


5.5 IPVU total tres ciudades

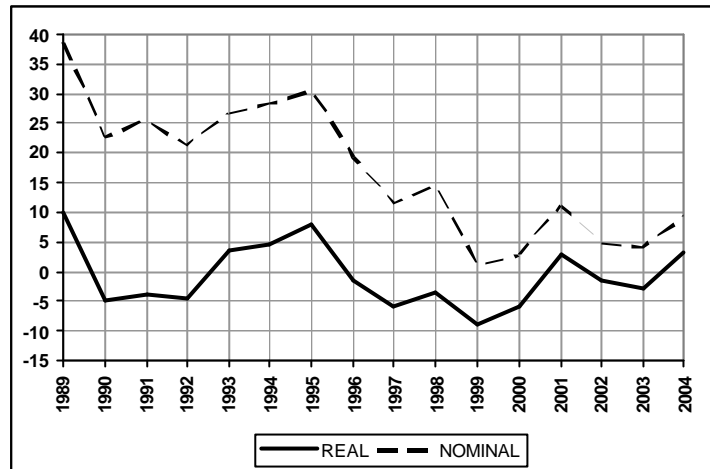
Para calcular un IPVU total de las tres ciudades se realizó un índice con toda la información de ventas. En el gráfico 5 se presentan las series anuales nominal y real, y en el gráfico 6 se muestran sus variaciones tanto nominales como reales.

El comportamiento del IPVU real se puede dividir en tres períodos de tiempo. El primero, 1989 y 1992, se caracterizó por una disminución de precios del 12.6% real. En el segundo período, 1992-2000, los precios se enmarca inicialmente en un incremento del 16.6% hasta el año 1995 (aumento del 5.2% por año) y posteriormente en una disminución del 23.4% hasta el 2000, fecha en la cual el índice se ubicó por debajo de su nivel mínimo histórico (1992). El tercer y último período, 2000-2004, se caracterizó por mostrar la estabilización y recuperación de los precios en forma sinusoidal, dando como resultado un aumento del 1.3% real al final de este período.

**Gráfico 5: IPVU anual Total Tres Ciudades.
Base 1990 = 100**

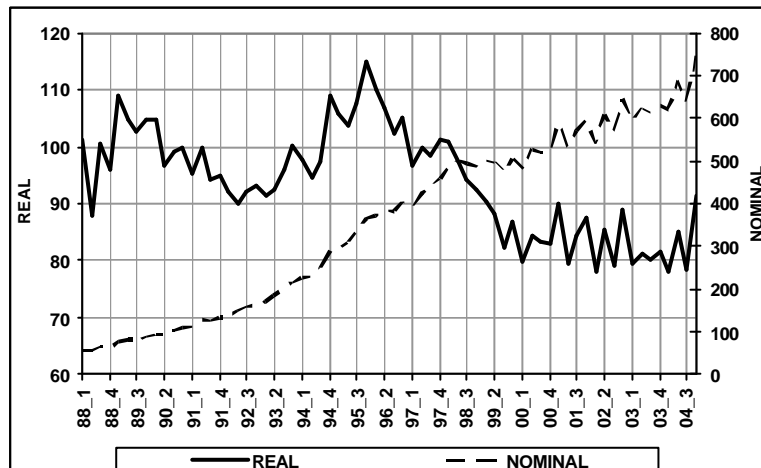


**Gráfico 6: IPVU anual Total Tres Ciudades .
Variaciones anuales**

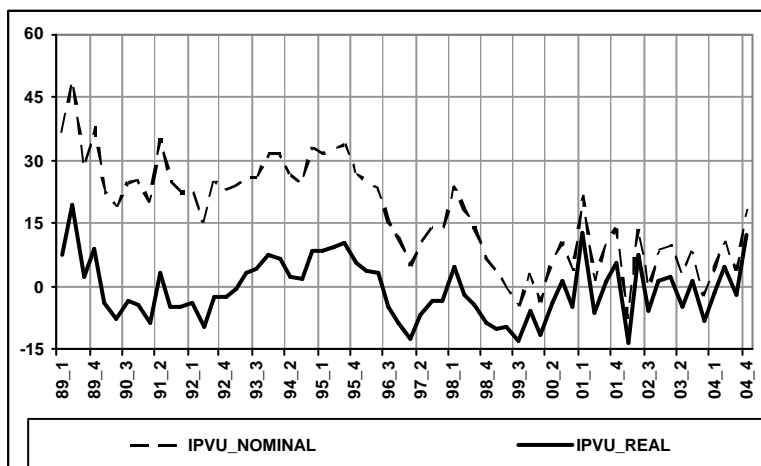


Si se unen las tres ciudades se cuenta con la información suficiente para producir un índice con periodicidad trimestral. Este último tiene un comportamiento similar al anual pero con mayor volatilidad debido a su mayor frecuencia (Gráfico 7 y 8).

**Gráfico 7: IPVU trimestral Total Tres Ciudades
Base 1990 = 100**



**Gráfico 8: IPVU trimestral Total Tres Ciudades
Variaciones anuales**



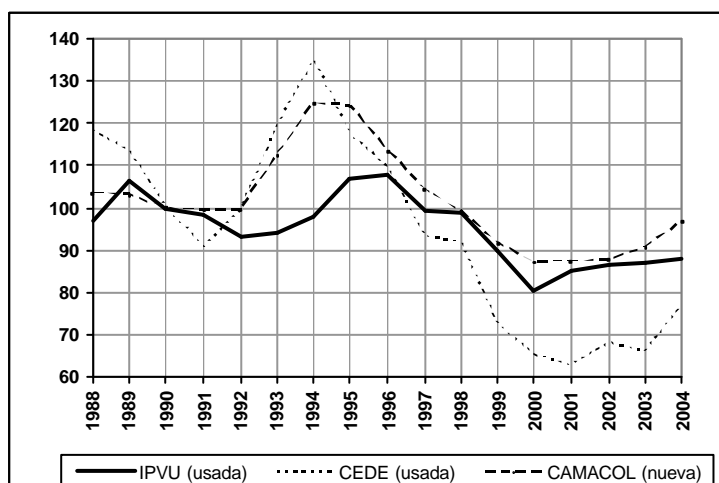
6. Comparación del IPVU con otros indicadores de precios de vivienda

En Colombia existen los siguientes indicadores relacionados con el precio de la vivienda:

- Índice de precios de la Vivienda Nueva (IPVN) para el total nacional y por ciudades, con resultados disponibles desde 1997, y calculado por el DANE
- Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) desde 1990, los cuales son publicados por el DANE.
- Índice de precios de la vivienda (IPV), para Bogotá y Medellín publicado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) desde 1994¹⁷.
- Índice de precios de la vivienda nueva de Camacol, cuya metodología se basa en el censo de edificaciones, y toma el precio promedio de oferta (metro cuadrado) de vivienda tipo NO-VIS, para Bogotá y Soacha. El índice es trimestral y ponderado según la cantidad ofertada en cuatro estratos establecidos por la entidad.
- Dentro de los índices publicados recientemente está el que realizó la Universidad de los ANDES, más específicamente el CEDE, en un estudio de precios inmobiliarios para Bogotá. Su cálculo se basa en los precios de la oferta de vivienda publicada en el periódico El Tiempo, homogenizando características de las viviendas y calculando el total como un promedio simple general de cálculos desagregados (Jaramillo, 2004).

En el gráfico 9 se presentan tres series anuales de índices de precios de vivienda para Bogotá. Dos de ellas corresponden a precios de vivienda *usada* (el IPVU de Bogotá y el índice del CEDE) y la tercera serie a los precios de vivienda *nueva* (índice de CAMACOL).

Gráfico 9: Índices reales de precios de vivienda para Bogotá
Base90=100

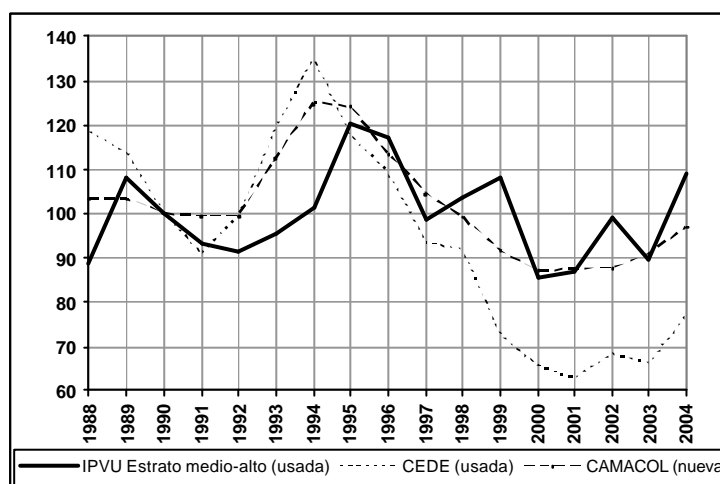


¹⁷ Adicionalmente el DNP produjo un índice para Cali el cual fue descontinuado en 1999, razón por la cual no se emplea en las comparaciones.

Los tres índices descritos señalan en su trayectoria la presencia de una onda durante la década de los 90. Entre 1992-2000 para el IPVU y Camacol con su punto máximo en 1996 y 1994 respectivamente. Y entre 1991-2001 para el CEDE con su punto máximo en 1994. Por otra parte, también se observa para las tres series una tendencia generalizada en la recuperación de los precios de la vivienda a partir del año 2001.

Las diferencias entre el IPVU de Bogotá y los otros índices de precios pueden ser explicadas por varias razones. La primera porque el índice del CEDE tiende a concentrar su cobertura a viviendas de estratos medios y altos de Bogotá, por ser las ofertas que más se publican en el periódico. Muestra de ello es que al compara el índice CEDE con un IPVU de viviendas de estratos medios y altos de Bogotá¹⁸, las distancias entre los dos índices se reducen (ver Gráfico 9A y Tabla 3). Un caso similar ocurre cuando se compara el IPVU de estratos medios y altos con el de CAMACOL¹⁹.

**Gráfico 9A: Índices reales de precios de vivienda para Bogotá
Base90=100**



**Tabla 3
Índice anual de precios de vivienda
Variaciones reales acumuladas 1988-2004 para varios periodos**

PERIODO	IPVU		CEDE	CAMACOL
	Bogotá	Bogotá Estratos medio-alto	Bogotá	Bogotá
88-92	-3.5	-15.6	-16.2	-3.8
92-95	14.0	31.7	18.4	25.0
95-00	-24.7	-28.7	-44.2	-30.0
00-04	9.8	27.4	17.4	11.3
88-92	-3.5	-15.6	-16.2	-3.8
92-94	4.72	10.93	36.0	25.5
94-00	-18.01	-15.29	-51.5	-30.3
00-04	9.8	27.4	17.4	11.3

¹⁸ Definidas como aquellas viviendas que a pesos de 2004 su avalúo fuera igual o superior a \$ 120 millones. Para mantener el valor constante de la anterior cifra se utilizó el IPC.

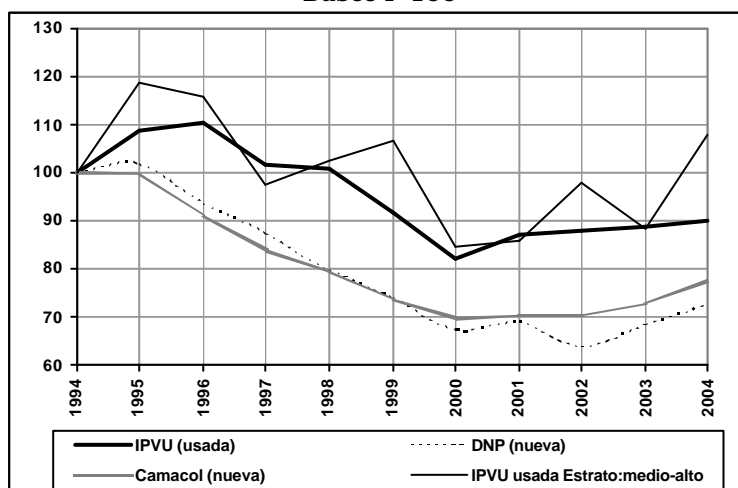
¹⁹ Con respecto al comportamiento del IPVU de estrato medio – alto de Bogotá debe considerarse el posible sesgo que genera la gran concentración de información de avalúos dados en 1999 (ver sección 4.2 y nota al pie de página No. 13). Como se muestra en el anexo 4, la mayoría de éstos avalúos utilizados para la conformación de ventas repetidas corresponden a viviendas que habían sido adquiridas entre 1993 y 1997 y, por lo tanto, su precio en nivel era mucho más bajo comparado con el del nuevo avalúo de 1999. Por tal motivo, en un año de recesión como lo fue 1999 el IPVU de estrato medio – alto para Bogotá presenta incrementos en los precios de dichos activos, en lugar de reflejar caídas como sería lo esperado.

En segundo lugar, aunque la metodología del CEDE sigue la evolución del precio de una vivienda “tipo”, el índice puede involucrar altos sesgos debido a los cambios en la calidad del inmueble, ya que entre un período y otro, el precio de oferta no corresponde a la misma vivienda. Ello podría explicar el porqué en la época del auge inmobiliario (año 94), el índice de precios del CEDE que corresponde a una vivienda usada, es más alto inclusive que el índice de precios del metro cuadrado de la vivienda nueva de CAMACOL.

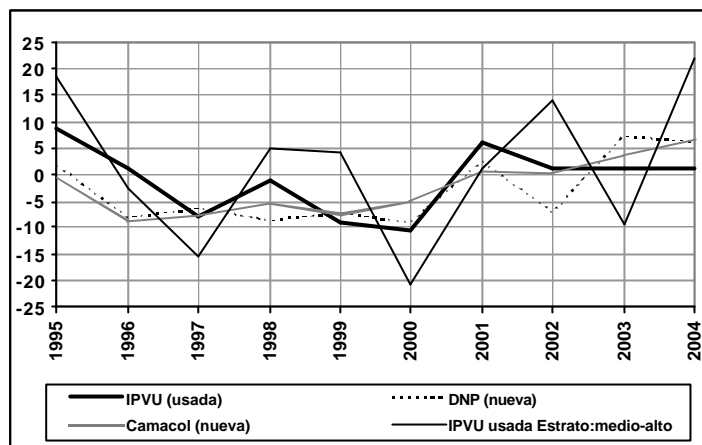
Por otra parte, dentro de los índices de precios de la vivienda *nueva* también se tiene la serie calculada por el DNP, cuya metodología hace referencia a los precios de la vivienda publicados en los avisos de la revista La Guía desde 1994, para las ciudades de Bogotá y Medellín. Se debe resaltar que tanto el índice del DNP como el de CAMACOL son precios de oferta, y su comportamiento puede ser diferente al de avalúo o al de transacción final. De igual forma, por ser vivienda nueva, la muestra no corresponde a los mismos inmuebles, y por lo tanto están sujetos a la crítica de cambio en calidad.

Como se observa en la Gráfica 10, entre 1994 Y 2004, los dos índices de vivienda usada (IPVU Bogotá e IPVU Bogotá ingresos medios y altos) y nueva (CAMACOL y DNP) para Bogotá con año base 1994=100, tienen una tendencia decreciente hasta el año 2000 y, posteriormente, se estabilizan y a partir de 2002 se incrementan. No obstante lo anterior, para el mismo periodo, los niveles y variaciones anuales (en valor absoluto) de los IPVU son superiores que los de vivienda nueva (ver gráfico 11).

**Gráfico 10: Índices reales de precios de vivienda para Bogotá
Base94=100**

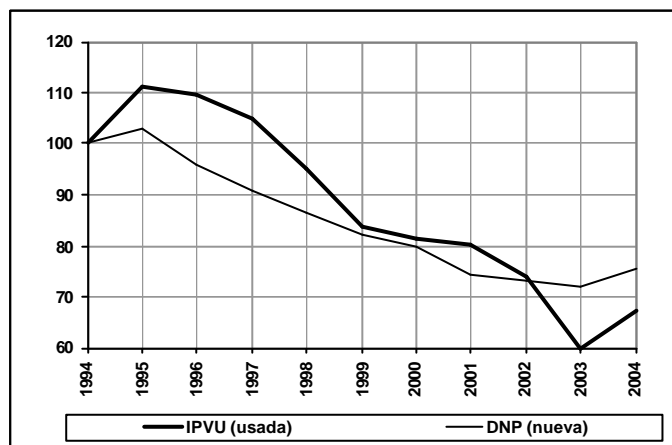


**Gráfico 11: Índices reales de precios de vivienda para Bogotá
Base94=100**

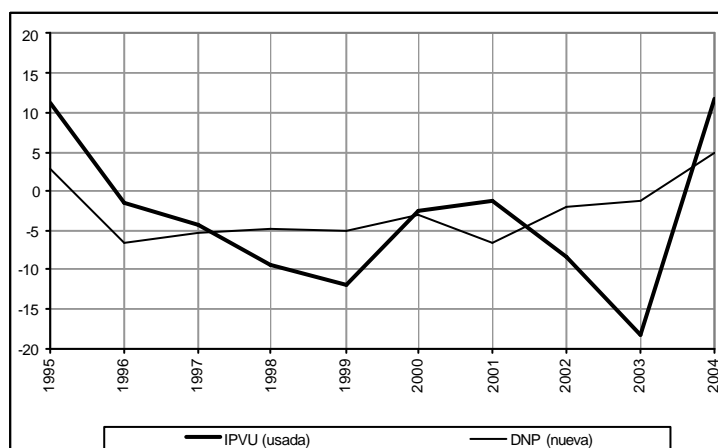


Con respecto a la ciudad de Medellín (gráficos 12 y 12A), los precios de vivienda nueva y usada tienen un comportamiento más afín. Se observa un descenso en los precios que se prolonga hasta el 2003 (39.9% real para el IPVU y del 29.9% para el DNP), y en el año 2004, la recuperación se refleja tanto en el IPVU como en el DNP, del orden de 11.7% y 5.0% real respectivamente.

**Gráfico 12: Índices reales de precios de vivienda para Medellín
Base94=100**



**Gráfico 12A: Índices reales de precios de vivienda para Medellín
Variaciones anuales**



Dejando el análisis particular de ciudades y volviendo al agregado nacional, es de interés observar la relación que debería presentarse entre el comportamiento de los arrendamientos y el de los precios de la vivienda. Teóricamente, ante un incremento (caída) en los precios de la vivienda, el propietario podría continuar exigiendo la misma tasa de rendimiento sobre la inversión y, por lo tanto, los arriendos también tenderían a subir (bajar).

Como se observa en las gráficas 13, 14 y 15, la serie de precios de vivienda que presenta mayor correlación con el comportamiento de los arrendamientos efectivos²⁰ es el IPVU (0.91), seguida de CAMACOL (0.79) y por último la del CEDE (0.54)²¹.

Gráfico 13: IPVU tres ciudades e IPC de arrendos efectivos
Variaciones anuales

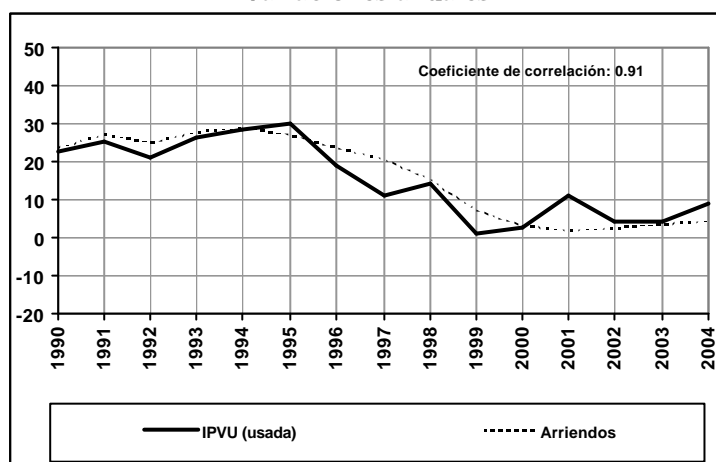
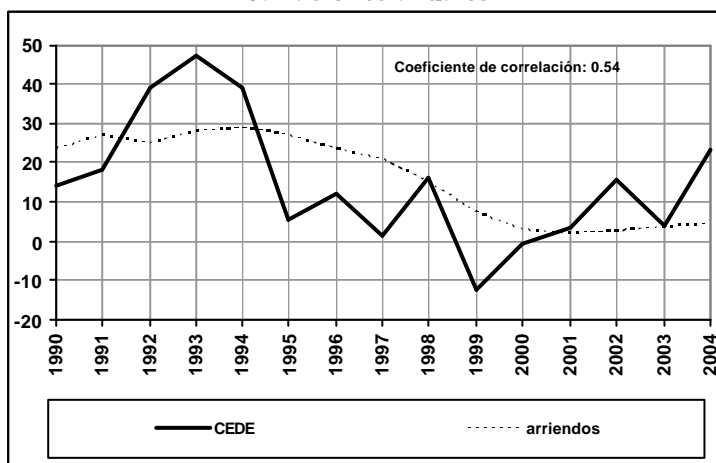


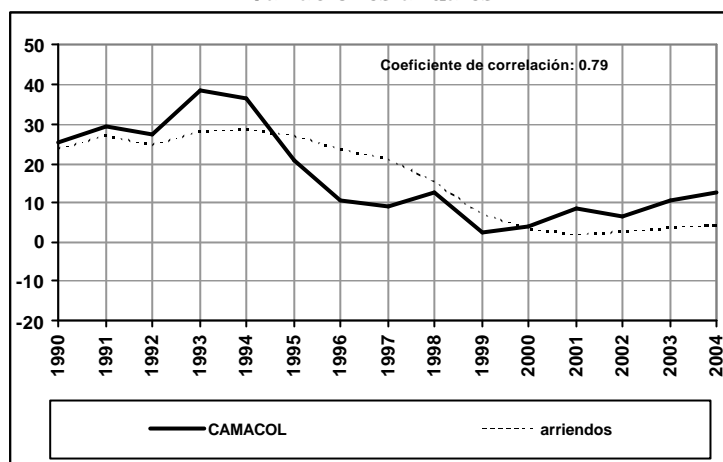
Gráfico 14: Índice del CEDE e IPC de arrendos efectivos
Variaciones anuales



²⁰ Serie de arriendos efectivos del IPC total nacional

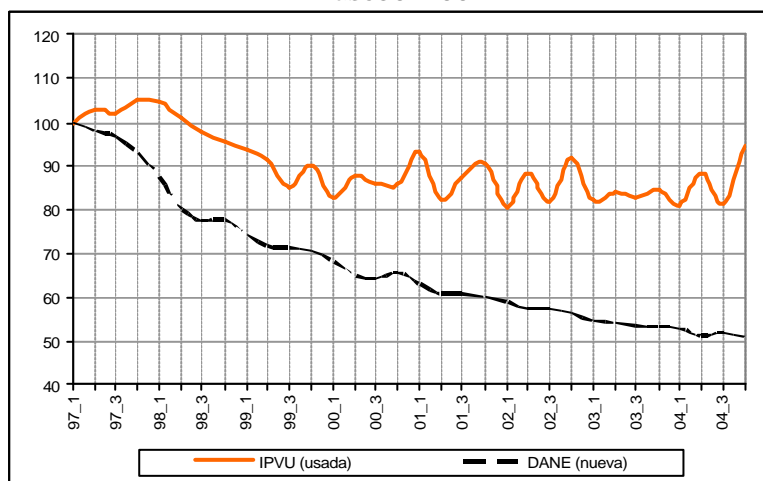
²¹ Con respecto al DNP (1994-2004), la correlación es 0.88, inferior en 2 pb que la del IPVU.

**Gráfico 15: Índice de CAMACOL e IPC de arriendos efectivos
Variaciones anuales**



Por último, el IPVU real trimestral para el total de las tres ciudades se comparó con el índice de precios de metro cuadrado de la vivienda nueva (IPVN), calculado por el DANE (1997-2004). Como se muestra en el gráfico 16, el (IPVU) termina su descenso continuo en el tercer trimestre de 1999. A partir del cuarto trimestre de dicho año y hasta el cuarto del 2004, se exhibe un comportamiento más sinusoidal de precios pero alrededor de un mismo nivel, reflejando una recuperación de precios del 5.1% en este intervalo de tiempo. Lo anterior es contrario al indicador de precios de vivienda nueva (DANE), el cual continúa en su descenso con una variación del -28.3% para este mismo período.

**Gráfico 16: Índices reales trimestrales de vivienda. Total nacional
Base90=100**



7. Conclusiones

En el presente documento se presentó un Índice de Precios de la Vivienda Usada (IPVU) para Colombia, según la metodología de ventas repetidas ponderadas, y se comentan algunas de sus ventajas de aplicación, dadas las

restricciones actuales de información. La metodología permite realizar un seguimiento de manera regular al precio de las viviendas usadas.

Con respecto al comportamiento del IPVU, los siguientes son los principales resultados:

- Entre 1992 y 1995, el IPVU total tres ciudades identificó un periodo de fuerte incremento en el precio de la vivienda usada (112.0% nominal y 16.6% real) y, posteriormente hasta el año 2000, presentó un descenso prolongado (-57.7% nominal y -23.3% real). En los primeros cuatro años de la presente década, el alza en el IPVU fue de 1.3% real y 31.4% nominal.
- En términos reales la caída más prolongada de los precios de la vivienda usada se dio en las ciudades de Medellín y Cali (entre 1995 y 2003), con descensos de 45.9% y 37.2% respectivamente. Este fenómeno se presentó también en Bogotá entre 1996 y 2000, con un descenso de 25.6% real.
- Los periodos de incremento y caída del IPVU se presentan, aunque más “suaves”, de manera similar a los registrados por otros indicadores de precios de vivienda como el del CEDE y CAMACOL. Lo anterior a pesar de tener muestras y metodologías diferentes. Por ejemplo, para Bogotá²², durante el periodo de auge de los precios de la vivienda (1992-1995) el IPVU registró un crecimiento real de 14.0%, frente al 18.4% del CEDE y el 25.0% de CAMACOL. Durante el periodo de declive (1995-2000) el IPVU muestra un descenso real de 24.7%, frente al 44.2% del CEDE y el 30.0% de CAMACOL. Finalmente, y en un periodo más reciente (2000-2004), los indicadores IPVU, CEDE y CAMACOL presentan una recuperación de 9.8%, 17.4% y 11.3%, respectivamente.
- Un caso particular fue Bogotá, en donde se encontró mayores similitudes entre el IPVU de estrato medio - alto de dicha ciudad con el indicador del CEDE. Ello ayuda a confirmar que la muestra de este último indicador está más concentrada en los estratos ya mencionados.
- Entre los indicadores de precios de vivienda, el comportamiento del IPVU total tres ciudades fue el que presentó mayor correlación con los movimientos de los arrendamientos efectivos, según los resultados del IPC total nacional.

Finalmente, debe resaltarse que este trabajo constituye una aproximación inicial a la medición de los precios de las viviendas usadas, y que en la actualidad se están realizando esfuerzos interinstitucionales con el fin de ampliar y mejorar la base de información, aumentando el número de variables que permitan una mejor depuración de la información e incrementando el número de ciudades para una mayor cobertura del indicador nacional.²³

²² Teniendo en cuenta que Bogotá presenta la mayor participación muestral del indicador, y que es la única ciudad para la cual se tienen otros indicadores de precios de vivienda para el mismo periodo de análisis.

²³ En respuesta a la necesidad futura de mejoramiento de información del IPVU, tanto en cantidad como en calidad, actualmente se desarrolla un proyecto conjunto entre la Titularizadora Colombiana, el ICAV, las entidades financieras afiliadas a esta y el Banco de la República, en la creación y aplicación de un formulario único de información para los predios financiados por la banca hipotecaria. Por otra parte, también se trabaja en la ampliación de la cobertura nacional, procesando información adicional que correspondiente a 10 ciudades y 5 municipios del país.

BIBLIOGRAFIA

Abraham, JM. And Schauman, W.S. (1991). "New Evidence on Home Prices from Freddie Mac Repeat Sales", AREUEA Journal. 19(3),333-352.

Calhoun, Charles (1996). OFHEO House Price Indexes: HPI Technical Description. Office of Federal Housing Enterprise Oversight.

Case, Bradford, Henry Pollakowski, and Susan Wachter, (1991). "On Choosing Among House Price Index Methodologies," AREUEA Journal, 19, 286-307.

Case, Karl E. y Shiller, Robert (1970). Prices of Single – Family Homes since 1970: New Indexes for Four Cities. New England Economic Review, Sep –Oct, pp 45 -56.

Case, K.E. and Shiller, R.J. (1987). "Prices of Single Family Real Estate Prices," New England Economic Review. 45-56.

Case, K.E. and Shiller, R.J. (1989). "The Efficiency of the Market for Single-Family Homes," The American Economic Review. 79, 125-137.

Case, Bradford y Szymanoski, Edward (1995). Precision in House Price Indices: Findings of a Comparative Study of House Price Index Methods. Journal of Housing Research, Volume 6, Issue 3: pp 483 – 496.

Conniffe, Denis y Duffy, David (1999). Irish House Price Indices – Methodological Issues. The Economic and Social Review. Volume 30, No. 4: pp 403 – 423.

Dalén, Jörgen. On the statistical objective of a Laspeyres' price index. Statistical Office of the European Communities.

De Aponte, Dora. Estudio de Prefactibilidad para la Elaboración de un Índice de precios Hedónico de Vivienda, Banco de la República, septiembre de 2000.

Dreiman H. Michelle and Pennington-Cross Anthony. Alternative Methods of Increasing the Precision of Weighted Repeat Sales House Prices Indices. OFHEO Working Paper 02-2, 2002.

Englund, Peter (1998). Improved Price Indexes for Real Estate: Measuring the Course of Swedish Housing Prices. Journal of Urban Economics. No. 44: pp 171 – 196.

Escobar, Julio, Romero José Vicente (2003). "Métodos de Construcción de Índices de Precios de Vivienda". Teoría y experiencia internacional. Banco de la República. Septiembre de 2003.

European Central Bank (2003). Structural factors in the EU Housing Markets.

Heckman, James J. (1979). Sample selection bias as a specification error.

Helen, Robert (2000). Laspeyres and his Index. Department of Economics, University of Chicago.

Jaramillo, Samuel (2004). Precios inmobiliarios en el Mercado de vivienda en Bogotá 1970-2004. Universidad de los andes, octubre de 2004.

Martínez, Jorge y Maza Luis Ángel (2003). Análisis del precio de la vivienda en España. Banco de España. Estudios Económicos No. 307.

Morandé, Felipe y Soto, Raimundo. ASSET PRICES IN CHILE: FACTS AND FADS Raphael Bergoeing. ILADES — Georgetown, Central Bank of Chile.

Myers, Dowell y Pitkin, John (1995). Evaluation of Price Indices by a Cohort Method. Journal of Housing Research, Volume 6, Issue 3: pp 497 – 517.

Olympia Bover y Pilar Velilla (2001). Precios hedónicos de la vivienda sin características: el caso de las promociones de viviendas nuevas. Banco de España. Estudios económicos No. 73.

Park, Honsoo (2002). The Reaction of Housing Prices to Spatial and Temporal Variations. Department of Urban Economics and Regional Planning, Chung –Ang University.

Pindick, Robert y Rubinfeld Daniel. (1998). Econometric models and economic forecast.

Pollakowsky, Henry (1995). Data Sources for Measuring House Price Change. Journal of Housing Research, Volume 6, Issue 3: pp 377 – 387.

Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. Journal of Political Economy, enero-febrero, pp 34-55.

Shiller, Robert (1991). Arithmetic Repeat Sales Price Estimators. Journal of Housing Research, Volume 1: pp 110 – 126.

Wim Schoutens. An Introduction to Financial Mathematics Leuven, 2002-2003. Universidad de Lovaina

_____ (1991) Price Index Construction,” Journal of American Statistical Association. 58, 933-942.

_____ (1991) “Estimating Changes in Housing Values from Repeat Transactions,” presented at the 1991 Western Economic Association International meetings, Seattle, Washington, June 30-July 3.

Anexo 1
Índices nominales de precios de la vivienda usada en Colombia
- IPVU -

Tabla 4
Series anuales nominales - Base90=100

	DESAGREGACION					
FECHA	TOTAL	BOGOTA	MEDELLIN	CALI	VIS	NOVIS
1988	58.8	59.6	61.4	51.0	61.3	58.7
1989	81.5	82.3	84.9	72.0	86.2	80.4
1990	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1991	125.5	128.4	112.3	122.6	148.8	121.0
1992	152.2	154.8	136.4	159.0	168.1	149.4
1993	192.8	191.3	193.3	210.5	212.2	189.6
1994	247.4	243.9	258.9	259.8	271.8	244.2
1995	322.6	320.9	347.9	308.4	325.4	324.4
1996	384.2	392.7	414.0	308.0	404.6	383.2
1997	428.6	428.8	470.2	388.4	487.7	420.1
1998	490.3	504.2	505.4	385.9	525.4	490.1
1999	495.2	509.2	493.8	407.0	487.4	510.4
2000	508.7	497.2	525.0	406.4	559.0	500.6
2001	564.0	569.0	559.8	420.2	610.2	557.4
2002	590.0	612.8	544.7	463.2	595.8	610.8
2003	614.0	663.9	476.0	490.1	625.7	630.7
2004	671.0	711.1	563.0	549.2	653.9	697.0

Anexo 1
(Continuación)
Índices nominales de precios de la vivienda usada en Colombia
- IPVU -

Tabla 5
Series **trimestrales nominales - Base90=100**

FECHA	TRIMESTRE			
	1	2	3	4
1988	56.4	53.6	63.7	63.1
1989	77.3	79.7	81.5	87.1
1990	94.5	94.6	101.7	109.2
1991	113.4	127.7	126.7	133.3
1992	138.9	146.9	158.3	163.8
1993	172.4	184.8	199.4	215.5
1994	226.5	233.8	248.1	286.4
1995	297.7	310.5	331.9	363.2
1996	372.4	383.7	381.6	404.1
1997	390.4	423.9	433.9	459.5
1998	483.7	501.3	493.4	488.4
1999	499.4	497.8	469.6	503.3
2000	481.0	525.2	518.9	522.1
2001	585.6	531.6	569.1	594.2
2002	539.8	605.9	566.2	644.1
2003	592.3	621.8	612.9	628.9
2004	618.1	687.5	637.7	745.9

Anexo 2

Estimación de resultados econométricos

Como se describió en la teoría metodológica, el índice de ventas repetidas ponderadas está basado en un procedimiento de regresión en tres etapas.

- En la primera etapa, se estimó la diferencia del logaritmo de los precios entre la primera y segunda venta, frente al conjunto de variables dummy definidas de acuerdo al período de venta.
- En la segunda, se estimó una regresión ponderada de los residuos al cuadrado de la primera etapa, en función de un término constante y el intervalo de tiempo transcurrido entre las ventas, con un ajuste cuadrático.
- En la tercera etapa, se estimó por mínimos cuadrados generalizados ponderados, la ecuación de la primera etapa, pero dividiendo cada observación por la raíz cuadrada del error cuadrático ajustado en la segunda etapa.

Los resultados obtenidos de las regresiones se presentan en la tabla 6 (índice anual) y tabla 7 (índice trimestral). En los resultados del índice anual, se puede observar en la etapa 2, que los coeficientes de los parámetros, tanto de la distancia como de la distancia al cuadrado son significativos al nivel del 1% y arrojaron los signos esperados para las diferentes clasificaciones del índice. Con esto, se puede concluir que el modelo provee una buena estimación de la varianza del término de error aleatorio del modelo de la primera etapa (ecuación 12). Caso particular se presenta para la ciudad Cali, donde el parámetro del cuadrado de la distancia entre ventas, no da significativo. Se considera que la causa más probable de este hecho es la carencia de un mayor número de ventas repetidas para esta ciudad. No obstante, se espera poder contar con mayor información futura, lo que mejorará la estimación.

Con respecto a la estimación del modelo en la segunda etapa, esta se efectúa sin la constante definida como C, debido a que el parámetro da negativo y de acuerdo a la teoría y la práctica, genera discrepancia con el supuesto de que representa dos veces la varianza del error aleatorio específico de una vivienda. Asumiendo la solución planteada por la metodología y descrita en la formulación del método, se realiza la estimación sin el término constante.

Por otro lado, el hecho de que los coeficientes estimados no sean muy pequeños, genera que la corrección por mínimos cuadrados generalizados que se hace en la tercera etapa, proporcione diferencias importantes de los resultados finales, con respecto a la primera etapa. Por ejemplo, en la regresión anual para Medellín, los coeficientes son 0.012 y 0.0004 (tabla 6), lo que significa que si pasa un período de tiempo largo entre las ventas de una vivienda particular, 17 años, el valor ajustado en esta regresión es 0.32, mucho mayor que el valor ajustado de la regresión para una vivienda cuyo intervalo de venta es un año, 0.0124. De esta manera, el método asigna menos ponderación a observaciones con intervalos de tiempo prolongados entre las ventas.

Tabla 6
Resultados de la regresión en tres etapas - Índice anual

	TOTAL	BOGOTA	MEDELLIN	CALI
ETAPA1				
R2	0.87	0.86	0.92	0.9
RMSE	0.37	0.39	0.28	0.37
ETAPA2				
R2	0.17	0.18	0.15	0.15
RMSE	0.42	0.43	0.22	0.41
DIST	0.018	0.017	0.012	0.025
(P-VALUE)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)
DIST2	0.0015	0.0016	0.0004	0.0002
(P-VALUE)	(0.0001)	(0.0001)	(0.003)	(0.50)
ETAPA3				
R2	0.89	0.88	0.94	0.91
RMSE	0.19	0.21	0.09	0.17

Tabla 7
Resultados de la regresión en tres etapas - Índice trimestral

TOTAL	
Etapa1	
R2	0.88
RMSE	0.37
Etapa2	
R2	0.17
RMSE	0.41
DIST	0.005
(P-VALUE)	(0.0001)
DIST2	0.00008
(P-VALUE)	(0.0001)
Etapa3	
R2	0.89
RMSE	0.19

Anexo 3

Análisis de residuales

Dentro de las diferentes etapas de estimación del modelo econométrico, la tercera se caracteriza por ser aquella en la cual se corrige la heterocedasticidad del modelo. Hecho que se verifica utilizando el test de Goldfeld-Quandt, que consiste inicialmente en ordenar todas las observaciones de acuerdo a la variable independiente que se considera relacionada con la varianza del error, en nuestro caso, la distancia entre ventas. Con base en este ordenamiento, se crean dos grupos, el primero está asociado con valores bajos de esta variable y el segundo con valores altos y para ambos grupos se realiza un ajuste de regresión lineal, independiente. El cociente entre la SSE (suma de cuadrados del error) del modelo asociado a valores altos, sobre la SSE del modelo asociado con valores bajos, cada uno dividido por sus respectivos grados de libertad, estará distribuido como una estadística F, donde la hipótesis nula es que el modelo es homocedástico (varianza constante de los errores). Algunos de los resultados de esta prueba se presentan en la tabla 8 revelando que de acuerdo al valor crítico de cada modelo efectivamente no hay evidencia para rechazar la hipótesis de homocedasticidad.

Tabla 8
Prueba de homocedasticidad

	Bogotá	Medellín	Cali	Total
Estadística F	0.73	0.57	0.95	0.74
Valor crítico	1.044	1.102	1.102	1.038

Anexo 4
Distribución de las ventas repetidas depuradas
Total para las tres ciudades.

YY1: AÑO DE VENTA

YY0	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total
1985	135	223	164	134	210	205	255	137	166	192	116	86	8	18	21	41	31	2,142
1986	48	78	78	65	93	66	115	67	86	88	64	63	4	10	11	11	21	968
1987	41	69	79	65	157	117	145	89	84	114	79	77	8	9	17	29	25	1,204
1988		68	101	94	171	135	199	105	135	140	112	125	6	12	17	26	38	1,484
1989			51	79	126	108	180	105	106	141	79	112	3	16	22	22	30	1,180
1990				58	81	99	177	116	108	121	79	97	12	11	26	29	34	1,048
1991					66	120	138	118	147	169	109	155	13	26	21	38	28	1,148
1992						163	252	195	196	276	144	267	23	39	45	57	57	1,714
1993							227	231	265	336	170	594	38	47	69	87	94	2,158
1994								224	275	378	244	1,164	54	70	80	119	153	2,761
1995									210	551	245	1,045	66	90	85	103	129	2,524
1996										618	584	1,570	58	105	109	159	149	3,352
1997											235	1,622	64	97	106	164	217	2,505
1998												523	39	52	83	179	203	1,079
1999													27	60	49	101	125	362
2000														30	22	16	15	83
2001															35	23	33	91
2002																69	236	305
2003																	90	90
Total	224	438	473	495	904	1,013	1,688	1,387	1,778	3,124	2,260	7,500	423	692	818	1,273	1,708	26,198
Participación %	0.86	1.67	1.81	1.89	3.45	3.87	6.44	5.29	6.79	11.92	8.63	28.63	1.61	2.64	3.12	4.86	6.52	100.00