



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS
Y DE ADMINISTRACIÓN



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

DETERMINANTES Y
PREDICCIÓN DEL PRECIO
DE LA VIVIENDA EN
MONTEVIDEO

por

Natalia Prevettoni

Tesina propuesta para la

Maestría en Economía

IECON - Instituto de Economía
FCEA - Facultad de Ciencias
Económicas y de Administración
Universidad de la República Uruguay

2018

Tutor:
Jorge Ponce

Director Académico:
Carlos Bianchi

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	3
Capítulo 1 Introducción.....	4
Capítulo 2 Revisión de literatura	10
Capítulo 3 Marco conceptual – estrategia empírica.....	14
Capítulo 4 Datos	19
Capítulo 5 Resultados modelo 1 de precios de compraventa.....	28
Capítulo 6 Resultados modelo 2 de precios de tasación.....	34
Capítulo 7 Discusión: modelo de precios de compraventa vs tasación....	40
Capítulo 8 Predicción y validación del modelo 2 valor de tasación.....	46
Capítulo 9 Comentarios finales	50
Bibliografía.....	52
Anexo 1: Tabla Variables.....	1
Datos de individualización del inmueble: barrio de Montevideo.....	1
Datos referidos a la zona	3
Datos referidos al bien (sistema constructivo)	3
Datos referidos al bien (generales).....	4
Origen / Motivo del estudio de tasación.....	4
Anexo 2: Estadígrafos	5
Anexo 3: Validación/predicción modelo 2 valor de tasación.....	17
Anexo 4: Comparación entre las tasaciones con lo predicho por el modelo..	22
Anexo 5: Marco Teórico: Entorno Conceptual – Economía de la Vivienda..	23
Anexo 6: Modelos Teóricos: Procesos Urbanos y decisión de Localización..	40
Anexo 7: Modelos de fijación de Precios Hedónicos: una revisión selectiva y aplicada.....	42

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su más sincero agradecimiento al tutor Jorge Ponce por su colaboración en la preparación de esta tesina. Además, manifiesta su agradecimiento especial a los profesores Carlos Bianchi, Verónica Amarante y Andrés Rius, cuyo aporte resultó de enorme utilidad durante la fase inicial de programación de este trabajo.

R e s u m e n

Este trabajo analiza las características del mercado de vivienda, evaluando la utilidad que éstas generan. Esto ha sido desarrollado en la literatura con el objetivo de generar índices de precios de viviendas a través de modelos de precios hedónicos. Es un método de extensiva aplicación en la construcción de índices ajustados por calidad, fundamentalmente en la realización de valuaciones automáticas que permiten monitorear desvíos y estudio de la variación en los precios. Esta técnica permite valorar los atributos que se transfieren con la propiedad de la vivienda, deseables o no, que son inseparables de la vivienda y que la vuelven única. También permite medir la disposición a pagar por determinados atributos, a partir del efecto positivo o negativo en el valor de las propiedades.

Se mide el aporte al valor de las viviendas de sus características, en particular sus características físicas y cualitativas. Se identifican heterogeneidades en el mercado inmobiliario de Montevideo y se estima la valoración e importancia relativa de los atributos de las viviendas como por ejemplo el área edificada, la antigüedad, el estado de conservación, el tipo de edificación, el barrio donde está ubicada entre otros.

Se analizan dos modelos diferentes para las variables dependientes “Precios de Compraventa” y “Valor de Tasación”, resultando que el modelo de valores de tasación presenta una mayor bondad de ajuste lo que se evidencia en mayor significación global y mejores pruebas de normalidad. Se realiza la validación y predicción del modelo concluyendo que no hay diferencias significativas y por lo tanto el modelo es bueno para predecir.

Cabe realizar un disclaimer respecto el efecto tasador y el efecto de posibles definiciones y lineamientos comerciales que pueden afectar el valor de tasación y no se consideran en este trabajo.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Motivación

La importancia e interés de este trabajo radica en comprender el funcionamiento del mercado de vivienda en Montevideo, y su impacto en el desarrollo económico.

Resulta de interés generar índices de precios de la vivienda que tengan en cuenta las diferencias de calidad de cada vivienda, y los métodos hedónicos que expresan los precios de la vivienda en función de un vector de características físicas, cualitativas y del entorno son particularmente útiles para este propósito.

Importa analizar la relación entre Precio de Compraventa y Valor de Tasación, en particular resulta de interés utilizar los modelos para contrastar los precios con los valores de tasación.

Motiva también esta investigación la base de datos utilizada que ofrece una muy buena calidad y desagregación de los atributos de las viviendas, que permiten una correcta descripción del activo, así como características específicas de la vivienda que usualmente no son fácilmente observables.

Objetivo

El objetivo de la investigación es realizar una aplicación empírica del modelo de precios hedónicos para el caso de Montevideo, utilizando una amplia base de datos con información de tasaciones de inmuebles realizadas para el Banco Hipotecario del Uruguay (BHU) para valuar el colateral de los créditos hipotecarios.

Qué se hace

La metodología aplicada es un análisis de regresión lineal múltiple por el proceso matemático de mínimos cuadrados ordinarios. La forma funcional utilizada en la lineal ya que es la que explica la mayor variabilidad del modelo.

Se analizan dos modelos diferentes para las variables dependientes 1. “Precio de Compraventa” y 2. “Valor de Tasación”. Como parte de la discusión para comparar estos dos modelos, se estima un modelo para la variable dependiente 3. “Precio de Compraventa” con la variable “Valor de Tasación” como variable independiente además del resto de las variables independientes. Se analizan los siguientes modelos:

Modelo 1: Variable Dependiente Valor de Tasación

Modelo 2: Variable Dependiente Valor de Compraventa

Para poder generalizar el modelo resultante a la población se verifica el cumplimiento de los supuestos de estilo y del tamaño de la muestra mínimo¹:

- Transformación de datos a tipo de variables de entrada cuantitativas u ordinales y variables de salida cuantitativas.
- Independencia de las observaciones.
- No multicolinealidad perfecta entra las variables de entrada verificando que no sean altamente correlacionadas unas con otras a través del máximo factor de inflación de varianza $FIV^2 < 10$ y media de los FIV similar a 1.
- Independencia de los residuos verificando que no exista una relación entre los residuos y las variables predictoras a través del test de Durbin-Watson similar a 2, no siendo mayor a 3 ni menor a 1.
- Homocedasticidad de los residuos que implica que la varianza es igual en todos los valores posibles de las variables de entrada, lo que se verifica en los gráficos.
- Linealidad de los residuos verificando la distribución uniforme y que se verifica en los gráficos.

¹ Tamaño de la muestra mínimo:

- $n = 10*k$ (número de variables predictoras)
- $n = 50+8*k$

² El factor de inflación de la varianza (FIV, ó variance inflation factor VIF) cuantifica la intensidad de la multicolinealidad en un análisis de regresión normal de mínimos cuadrados. Proporciona un índice que mide hasta qué punto la varianza (el cuadrado de la desviación estándar estimada) de un coeficiente de regresión estimado se incrementa a causa de la colinealidad.

– Por último, la distribución normal de los residuos a través del test K-S.

Cómo se hace

El análisis de regresión lineal múltiple muestra la existencia de una relación entre las variables que viene explicada por la ecuación:

$$Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5+gX_6+hX_7+iX_8+jX_9$$

Donde:

Y es valor del inmueble que según el modelo de que se trate puede ser el Valor de Tasación o el Valor de Compraventa.

Las características físicas: X1 la variable “Área Edificada”, X2 la “Cantidad de Dormitorios”, X3 el “Régimen de Propiedad Común u Horizontal”.

Las características cualitativas: X4 la variable “Antigüedad”, X5 el “Estado de Conservación”, X6 el tipo de “Edificación”, X7 el tipo de “Cubierta”, X8 el tipo de “Categoría”.

Y X9 la “Localización y el mercado en que se encuentra”.

Regresión: Se realiza la regresión y se analiza la significatividad del modelo a través de los estadísticos F y R^2 , y de las variables a través del estadístico t.

Identificación de correlación: para evaluar el poder predictivo del modelo se analiza la existencia de correlación entre variables independientes y de colinealidad o multicolinealidad con variables dependientes. Los datos deben estar libres de multicolinealidad. La multicolinealidad tiene lugar cuando variables diferentes miden de hecho el mismo constructo, lo que implica una correlación muy elevada entre ellas. Existen dos modos principales de detectar la multicolinealidad: 1. Examinar la matriz de correlaciones (0,90 o superiores). 2. Calcular la correlación múltiple al cuadrado entre cada variable y todas las demás (R^2_{smc} - valores superiores a 0.90 sugieren multicolinealidad). En STATA, deberemos revisar los indicadores Tolerancia ($1 - R^2_{smc}$; >0,1 debe estar próximo a 1) y FIV (< 10). Se complementa el análisis con gráficos de dispersión individual a través de nubes de puntos y ajuste de la recta. Se espera concluir acerca de la existencia de relación lineal fuerte. También se analiza la correlación a través de la matriz de correlaciones y coeficientes de correlación de Pearson (mide cuánta varianza se puede explicar con la varianza de las otras

variables y cómo de fuerte es la relación lineal entre las variables) y se espera confirmar la existencia de relación entre las variables dependiente e independiente, y la no existencia de relación entre las variables independientes. Se calcula el factor de inflación de la varianza y la tolerancia como indicadores de colinealidad, y el estadístico Durbin Watson. De esta forma y aplicando el juicio profesional se eligen las variables que más aportan al modelo y se eliminan las que aportan menos y estén asociadas a la variable asociada a colinealidad. En caso de existir multicolinealidad se procede a omitir las variables correlacionadas eligiendo las que menos aportan.

Para la selección de las variables se aplica la metodología stepwise de pasos sucesivos ya que a priori no sabemos qué variables explican y se fueron incorporando variables con nivel de significación a través del estadístico F con probabilidad menor a 0,05. Se utiliza el método stepwise ya que puede solucionar parcialmente problemas de multicolinealidad en caso de existir.

Se realiza el cálculo de estimadores y residuales. Se realizan pruebas de heterocedasticidad. Se realizan pruebas de normalidad (coeficientes de asimetría y kurtosis y conjunta) y análisis gráficos e histogramas para seguir confrontando en caso de existir ambigüedades y determinar si los residuos estandarizados responden a la distribución normal estándar y verificar que no haya valores atípicos o outliers.

Para la selección del modelo se consideró el modelo con mayor correlación directa R, mayor R^2 que explica qué porcentaje de la variabilidad del valor de un inmueble se explica a través de cada variable, y menor error.

Se analizó la significancia global y la significancia parcial considerando que si están correlacionadas tienen problemas de multicolinealidad.

Para generalizar el modelo se realiza la validación cruzada. Para la validación interna se obtiene el modelo con una parte de la muestra (observaciones entre

2014 y 2016) y la evaluación del modelo se realiza sobre la muestra restante (observaciones de 2017 y parte de 2018) a través de los errores de estimación.

Resultados

Esta investigación permite identificar los determinantes del precio de la vivienda en Montevideo. En particular mide el aporte al precio de la vivienda en Montevideo de sus características físicas, cualitativas y del mercado en que se encuentra. La características significativas resultan ser: el área edificada, la cantidad de dormitorios, el régimen de propiedad común u horizontal, la antigüedad, el estado de conservación, el tipo de edificación, el tipo de estructura (hormigón armado, mixta, prefabricada), el tipo de cubierta (hormigón armado, prefabricada, a la porteña, bovedilla, liviana), tipo de muro (ladrillo, bloques, madera), de categoría (superior a comfortable, comfortable, media, económica, media, modesta, popular), y el barrio de Montevideo donde está ubicada.

El modelo presentado corresponde a una forma funcional lineal debido a que se ajusta muy bien estadísticamente, además que los signos en los resultados son los esperados. El resultado de la estimación de los modelos para las variables dependientes “Precio de Compraventa” y “Valor de Tasación” es el siguiente:

Modelo 1:

$$\begin{aligned} \text{Valor_Compraventa} = & - 151534 + 245 \text{ Area_Edificada} + 18796 \\ & \text{Cantidad_Dormitorios} - 5369 \text{ PH} - 176 \text{ Antigüedad_Anios} + 5366 \\ & \text{Estado_Conservacion} + 15129 \text{ Edificacion} + 2419 \text{ Cubierta} + 19461 \text{ Categoría} \\ & + 1176 \text{ Barrio_Valor_M2_Promedio} \end{aligned}$$

Todas las variables resultaron estadísticamente significativas al 1%.

Modelo 2:

$$\begin{aligned} \text{Valor_tasacion} = & - 156247 + 264 \text{ area_edificada} + 21624 \text{ cantidad_dormitorios} \\ & - 9050 \text{ ph} - 242 \text{ antigüedad_anios} + 4749 \text{ estado_conservacion} + 13900 \\ & \text{edificacion} + 2655 \text{ cubierta} + 22142 \text{ categoría} + 1298 \\ & \text{barrio_valor_m2_promedio} \end{aligned}$$

Todas las variables resultaron estadísticamente significativas al 1%.

Respecto a la discusión Modelo 1 de “Precios de Compraventa” versus Modelo 2 de “Valor de Tasación”, el Modelo 2 de valores de tasación presenta una mayor bondad de ajuste lo que se evidencia en mayor significación global y mejores pruebas de normalidad.

Al realizar la validación y predicción del modelo 2 de “Valores de Tasación” se concluye que no hay diferencias significativas para dos submuestras temporales (1. “training” tasaciones entre años 2014 a 2016 y 2. “test” tasaciones año 2017) al estimar el modelo con la submuestra1 “trainig” y predecir en la submuestra2 “test” y comparar con los valores de tasación reales. Podemos concluir que no hay diferencias significativas entre los valores reales de tasación y los valores predichos por el modelo 2 Valor de Tasación, por lo que concluimos que el modelo 2 es bueno para predecir.

Capítulo 2

REVISION DE LITERATURA

Investigaciones previas

El trabajo clásico en el área es del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) quien publica anualmente desde 1999 el estudio *“Indicadores de Actividad y Precios del Sector Inmobiliario”*, el cual estudia la evolución del precio por metro cuadrado y el número de compraventas del sector inmobiliario en Montevideo y Maldonado. Éste es el principal índice de precios del sector inmobiliario disponible para Uruguay y contiene exclusivamente datos cuantitativos aportados por la Dirección General de Registros y la Dirección Nacional de Catastro.

Existen escasos estudios de caso sobre la vivienda en Uruguay que expliquen la formación de precios de la vivienda en centros urbanos. A modo de ejemplo se mencionan tres trabajos: Amarante y Caffera (2001), Casacuberta (2006), y Veneri y Lanzilotta (2016).

En Amarante y Caffera (2001), se analizan los factores económicos en la formación de asentamientos irregulares, y se establece hipótesis sobre cómo inciden algunos aspectos cualitativos en la decisión de localización de las personas en la ciudad. Este estudio evidencia la importancia de estudiar aspectos cualitativos como el funcionamiento del mercado de tierras y su regulación, el funcionamiento del mercado de alquileres, el funcionamiento del mercado de vivienda y las políticas públicas de acceso a la vivienda.

En el trabajo de Carlos Casacuberta (2006) publicado por el INE, se presenta un informe sobre la situación de la vivienda en Uruguay realizado en base a datos del módulo de vivienda de la Encuesta Nacional de Hogares Ampliada 2006 (ENHA). Estudia la situación de tenencia de la vivienda e incorpora

aspectos cualitativos de la misma, como ser servicios que ofrece la vivienda, calidad y estado de conservación.

En el estudio aplicado entre 2001-2014 de Federico Veneri y Bibiana Lanzilotta (2016) “Variación geográfica del precio de la vivienda en Montevideo: análisis de determinantes y medición de efecto barrios” se estima la existencia de efectos idiosincráticos (denominados “efectos barrios”) que tengan incidencia en los precios de las viviendas en Montevideo. Para ello, se recurre a modelos de econometría espacial para datos de panel y mediante la derivación de efectos fijos es posible derivar una aproximación a los efectos idiosincráticos.

Adicionalmente, las publicaciones recientes sobre la vivienda en Uruguay del Banco Central del Uruguay (BCU) han contribuido con enfoques y resultados novedosos e interesantes, en algunas de las cuales utilizan la metodología de precios hedónicos aplicada en esta tesina. A modo de ejemplo se mencionan dos trabajos: Ponce y Tubio (2013), Landaberry y Tubio (2015).

El documento de trabajo del BCU 2013.05 “Precios de inmuebles: aproximaciones metodológicas y aplicación empírica” de Jorge Ponce y Magdalena Tubio, realiza una aplicación de modelos hedónicos para el caso de Uruguay utilizando una base de datos con información de inmuebles ofertados a través de la web, donde se identifican heterogeneidades en el mercado inmobiliario de Montevideo y se estima la valoración de los atributos en diferentes segmentos de mercado.

En el documento de trabajo del BCU 2015/11 “Estimación de índices de precios de inmuebles en Uruguay” de María Victoria Landaberry y Magdalena Tubio, para el caso de Montevideo se proponen índices de precios hedónicos segmentando por régimen de construcción (Propiedad Horizontal y Régimen Común) que permiten controlar los cambios cualitativos, identificar heterogeneidades y estimar precios sombra para los atributos de las viviendas.

Antecedentes internacionales del mercado de vivienda:

Robert J. Hill (2013) “Hedonic price indexes for residential housing: a survey, evaluation and taxonomy” *Journal of Economic Surveys* (2013) Vol. 27, No. 5, pp. 879–914. Destaca la importancia de que los índices de precios de la vivienda tengan en cuenta las diferencias de calidad y considera algunos desarrollos en la metodología hedónica para la realización de una taxonomía de índices hedónicos. También destaca la necesidad de aplicar métodos econométricos espaciales para aprovechar la disponibilidad de datos geoespaciales.

Sofie R. Walzl (2016) “Variation Across Price Segments and Locations: A Comprehensive Quantile Regression Analysis of the Sydney Housing Market”. El análisis encuentra una variación significativa entre los submercados a lo largo del tiempo y, en particular, durante el ciclo de auge y caída que alcanzó su máximo en 2004. Las tasas de apreciación fueron más altas para los inmuebles suburbanos, de bajo precio, y más bajas para las casas de barrios urbanos y de alto precio.

Contribución de esta investigación:

El presente trabajo se incorpora al esfuerzo general de investigación en esta área aportando al análisis de índices de precios, elementos cualitativos y de composición de los inmuebles. Además del contribuir al análisis de los determinantes del precio de la vivienda en Montevideo, aporta una aproximación a un modelo de valuación a través de la predicción del valor de un inmueble en base a información hedónica. Cabe destacar especialmente que se diferencia del resto de los estudios respecto a una original y nueva fuente de información a partir de datos de tasaciones del BHU lo que constituye una nueva contribución con respecto a los trabajos anteriores. Para esta investigación se utilizaron los micro datos de valores de tasación de viviendas que contiene datos de valores de tasación y de precios de compra venta de inmuebles financiados por el BHU. Las variables de la base de datos incluye información detallada de los inmuebles que se complementa con la base de

tasaciones histórica que cuenta con un relevamiento de más de 20 atributos relevantes entre los que se destaca: “Padrón”, “Cantidad de Dormitorios”, “Régimen de Propiedad”, “Tipo de Edificación”, “Estructura”, “Estado de Conservación”, entre otros.

Capítulo 3

MARCO CONCEPTUAL – ESTRATEGIA EMPIRICA

A continuación se explicitan los fundamentos teóricos del problema de investigación.

Para la teoría económica es importante reflexionar sobre el papel desempeñado por las ciudades en el proceso de desarrollo económico. En la literatura se ha utilizado la idea de servicios de vivienda. Las características de este bien se pueden clasificar en las que corresponden a la estructura física de la casa (construcción, material, número de cuartos); de acceso al resto de bienes en la ciudad (la distancia al centro de empleo, a las redes de transporte) o el entorno socio económico de la misma. Lo que interesa es la utilidad que estas características en su conjunto generan, es decir, el nivel de servicios de vivienda. También se puede analizar a la vivienda como bien de inversión. El activo vivienda tiene una durabilidad extensa y representa un porcentaje importante de la riqueza de los hogares³.

Se presentan las hipótesis teóricas que van a ser investigadas empíricamente. La hipótesis bajo investigación supone que las características físicas (el área edificada, la cantidad de dormitorios, el régimen de propiedad común u horizontal) y las características cualitativas (la antigüedad, el estado de conservación, el tipo de edificación, de estructura, de cubierta, de muro, de categoría) de la vivienda, la ubicación y el mercado en que se encuentra aportan al valor de las viviendas. Esta hipótesis es consistente con las líneas principales de desarrollo teórico.

³ Chiovone, Mogni, Macellaro (2008); El precio de las viviendas de Montevideo Determinantes Económicos

A continuación, se citan los puntos más importantes de la literatura del tema y que sostienen la hipótesis planteada:

Las características físicas y cualitativas y los atributos de localización y son los principales factores que afectan el precio de las viviendas. Los efectos de los atributos sobre los precios de las viviendas representan la valoración de esos atributos por parte de las familias en el largo plazo. Estas valoraciones son estables en el tiempo, los precios relativos de localizaciones cambian muy poco. Según Di Pasquale, 1996, esta estabilidad de los precios relativos resulta de dos causas: el alto grado de movilidad de las personas y las firmas dentro del mercado, y de la forma de determinación del precio. La competencia, la elasticidad de la demanda y el arbitraje implican que los precios de una localización no se moverán independientemente de los precios de otras localizaciones. La segunda causa resulta de la forma que se determinó dicho precio. El precio de una propiedad en una localización debe reflejar el valor presente descontado de la utilidad del consumidor o de los costos ahorrados de esa localización respecto a otras. Si las características físicas y de localización cambian lento, si las valoraciones de los consumidores de los atributos son razonablemente fijas, entonces los precios relativos entre las propiedades cambian poco. Los precios relativos de diferentes propiedades deberían cambiar sólo en dos situaciones: la valoración de los consumidores de un atributo físico o locacional particular cambia, lo que generalmente ocurre muy lento porque se basan en cambios en los gustos y en las costumbres, o existen cambios en la propia vivienda (ampliación, rehabilitación, etc.) así como en el vecindario (construcción de autopista, aumento del crimen, cambios en la calidad del servicio escolar, etc.).

En el mercado de vivienda los precios relativos de diferentes viviendas son estables en el tiempo, y tienen pequeños cambios a través de los ciclos, fluctuaciones o crecimiento de largo plazo. Éstos tienden a subir o bajar todos los precios de las viviendas proporcionalmente.

La única forma de que los precios relativos de las viviendas cambien es cuando se alteran las características de las propiedades donde están ubicadas. Estas alteraciones incluyen cambios físicos de las propiedades, así como cambios en las características asociadas a la localización o al vecindario (es el caso de grandes intervenciones urbanas, que reacondicionan zonas enteras de las ciudades cambiando radicalmente las cantidades de atributos de las propiedades).

Modelo de análisis

De acuerdo a la teoría de la Economía Urbana el modelo teórico de Precios Hedónicos busca identificar los determinantes del precio de mercado de viviendas.

En este trabajo se aplica el modelo a los datos de tasación y compraventa de los inmuebles de Montevideo entre los años 2014 y 2017 que son garantía de créditos hipotecarios del BHU. Se estiman modelos de regresión lineal con la metodología de precios hedónicos. Se seleccionan las variables más relevantes en la formación del precio de las viviendas y se calculan los precios hedónicos de las diferentes características, de forma de identificar las variables determinantes más importantes del valor de las viviendas. Este modelo y metodología han sido extensamente usados en estudios de esta naturaleza.

El modelo teórico de Precios Hedónicos presentado por Sherwin Rosen (1974) desarrolla el método de precios hedónicos en el análisis de la vivienda. Esta metodología analiza bienes heterogéneos y con múltiples atributos, como es el caso de la vivienda, cuya utilidad para el consumidor depende de la utilidad que brinden cada una de las características o atributos que los componen.

La técnica estima económicamente ecuaciones hedónicas que tienen como regresores los atributos o características de las viviendas. La técnica hedónica permite estimar tanto los precios implícitos de las características que contiene la vivienda, como la demanda de éstas.

Para determinar los atributos relevantes de las viviendas, se utiliza un análisis de regresión de corte transversal en el que la variable dependiente es un vector de los precios de mercado de las viviendas y las variables independientes una matriz de atributos seleccionados. Es decir, se postula y estima económicamente una ecuación del tipo:

$$P = p(A_1, A_2, \dots, A_n) + u$$

Donde:

P es el precio de la vivienda, en esta investigación se calcula para el Precio de Compraventa y para el Valor de Tasación por lo que puede ser uno u otro

A_i , son las magnitudes de sus atributos, por ejemplo:

- A_1 son las características físicas de la vivienda
 - A_2 son las características cualitativas
 - A_3 son las características de la localización
- p representa una función de las variables dentro del paréntesis
u es el término aleatorio

Los coeficientes estimados son los precios marginales implícitos de los atributos.

Siguiendo el modelo teórico, las características del entorno donde está ubicada la vivienda son atributos que influyen en el precio de la misma. Este aspecto se debe a que la vivienda tiene la característica de ser inamovible. ¿Cuáles son los aspectos de ese entorno que tiene en cuenta el individuo para demandar o localizar su vivienda?. Intuitivamente, una vivienda ubicada en el centro de la ciudad, con acceso a un importante número de servicios sociales, comerciales, policiales, culturales, de transporte, normalmente tiene un precio diferente que la misma vivienda ubicada en una zona periférica de la ciudad, donde el acceso a estos servicios es más restringido. En teoría, cuando una persona accede a una vivienda, no sólo está accediendo a los servicios propios de un bien que cubre necesidades básicas como el abrigo y la seguridad, sino que también está

accediendo a toda una gama de servicios y de posibilidades que provienen de la ubicación de la misma en la ciudad.

De esta forma este modelo prevé vincular y capturar la esencia del modelo teórico.

Capítulo 4

DATOS

Fuentes de datos

En este trabajo se aplica el modelo a datos de valores de tasación y de precios de compraventa de inmuebles que son garantía de créditos hipotecarios otorgados por el BHU. Para esta investigación se utilizaron los micro datos de tasaciones de precios de viviendas que contiene datos de tasaciones y de precios de compra venta de inmuebles financiados por el BHU.

Se realiza el ejercicio de estimación del modelo hedónico para una muestra representativa de datos. Se utilizaron las siguientes fuentes de datos:

1. Se accedió a las bases de tasaciones y de operaciones de crédito del BHU con información de los inmuebles garantía: se obtuvieron microdatos de tasaciones de inmuebles originadas en operaciones de crédito del BHU, seleccionando para este trabajo las tasaciones de inmuebles del Departamento de Montevideo durante el período 2014-2017.
2. Datos catastrales de padrones de Montevideo publicados por el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) y de la Dirección Nacional de Catastro (DNC).
3. Datos de índices de precios de la vivienda en régimen de propiedad común y horizontal para Montevideo y datos de tipo de cambio publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).
4. Bases de datos de elaboración propia para índices de precios de la vivienda y de padrones urbanos de Montevideo a partir de base de datos elaborada por el BCU y complementada con los datos publicados por el Sistema de Información Geográfica de la Intendencia Municipal de Montevideo y de la Dirección Nacional de Catastro.

La validez de la base de datos se justifica en su extensión ya que son datos recogidos a partir de 2014 y contiene tasaciones originadas en operaciones

asociadas a créditos del BHU lo que a su vez constituye un segmento representativo de más del 50% del mercado de créditos hipotecarios con destino a la compra de vivienda de Uruguay lo que fortalece la representatividad de la muestra. Si bien no es representativo de todo el mercado, es una muy buena base de datos del mercado cubierto por el BHU que a su vez es una buena parte del mercado. Nada asegura que los resultados sean representativos del resto del mercado no cubierto por el BHU.

El número de observaciones es de aproximadamente 6.000 registros de tasaciones realizadas entre los años 2014 y 2017. Las variables de la base de datos incluyen información detallada de los inmuebles que se complementa con la base de tasaciones histórica que cuenta con un relevamiento de más de 20 atributos relevantes entre los que se destaca: “Padrón”, “Cantidad de Dormitorios”, “Régimen de Propiedad”, tipo de “Edificación”, tipo de “Estructura”, “Estado de Conservación”, tipo de “Cubierta”, tipo de “Muro”, entre otros.

Los datos fueron proporcionados por el BHU y la base de tasaciones “TSN” representa la totalidad de tasaciones históricas disponibles a la fecha. En esta investigación se trabajará con un muestra conformada por las tasaciones asociadas a transacciones de operaciones de crédito entre los años 2014 y 2017 para el Departamento de Montevideo, y que incluye solamente tasaciones presenciales. La base de datos de tasaciones “TSN” contiene valores omitidos, la causa de estas omisiones se originan en distintas metodologías y contenidos vigentes a lo largo del tiempo. Esto explica que estas no aparecen en forma aleatoria sino que tienen sistematicidad en el tiempo y esta se verifica con algunas variables que no serán tenidas en cuenta en la investigación. La descripción y el significado de las variables significativas seleccionadas de la base de datos se presentan en el ANEXO 2.

Cobertura de años – región

Los datos utilizados son de tasaciones de inmuebles ubicados en el Departamento de Montevideo entre los años 2014 y 2017.

Presentación de los datos

Los datos principales son los valores de tasación y precios de compraventa de las viviendas de la muestra seleccionada, contiene asimismo una descripción de las características físicas y cualitativas principales así como la localización de las viviendas en el Departamento de Montevideo.

Las características físicas a considerar en el modelo son: “Área Edificada”, la “Cantidad de Dormitorios”, el “Régimen de Propiedad” Común u Horizontal, etc.

Las características cualitativas a considerar son: la “Antigüedad”, el “Estado de Conservación”, el tipo de “Edificación”, tipo de “Estructura”, tipo de “Cubierta”, tipo de “Muro”, tipo de “Categoría”, la ubicación y el “Barrio” en que se encuentra.

Los datos de tasaciones del BHU entre los años 2014 y 2017 son registros identificados por su fecha y la ubicación geográfica se toma de la base de tasaciones “TSN” y del SGI de la IMM: padrón, bloque, nivel, unidad y barrio.

Características especiales de los datos considerados: Mayoritariamente las tasaciones que se realizan en este período son únicas por vivienda y corresponden al período de incremento de la actividad inmobiliaria que ocurre a partir del 2006. En este período de recuperación de la actividad inmobiliaria, el BHU es responsable de buena parte del financiamiento a la compra de vivienda nueva y usada captando más del 50% del mercado de crédito a la vivienda.

Al tomar los datos del BHU sólo se considera una parte del mercado formal de vivienda. El mercado informal, el de los asentamientos, de loteos fuera de la

ley, de sub-divisiones de propiedades urbanas no se considera, por lo que los resultados y las conclusiones corresponden sólo al mercado formal de vivienda y no estarían afectados por un sesgo de selección. Por otro lado no se incluye información de las viviendas que integran la oferta pero que no se venden. Esta limitación no permite saber si efectivamente existe sesgo de selección y por lo tanto tampoco corregirlo en los modelos estimados.

Exploración y descripción de las bases de datos

Usando las bases de tasaciones (“Sol_inmuebles-aasociados”, “TSN” y “DTA”) y la tabla de parámetros (“PRM”) disponibles en BHU, se elabora una única base de tasaciones entre 2014 y 2017. Se identifica y unifica las variables disponibles según la tabla de parámetros disponible. Se depuran registros incompletos e inconsistentes y se identifican valores faltantes.

Se construye una variable llamada “Valor_Tasacion” que representa la valoración que determina cuál es el valor del bien garantía del crédito y cuál es el riesgo que asume con la operación hipotecaria. En general el valor de tasación es el que se emplea por las entidades financieras para conceder las hipotecas, salvo que el precio de compraventa sea mayor. Se construye como la mayor de las siguientes variables disponibles:

- el “ValorVenal”: es el importe que obtendría el propietario de un bien usado, si en un momento dado decidiera su venta, y está sujeto a su antigüedad, a su estado de desgaste o conservación y a la ley de la oferta y la demanda. El valor intrínseco por otro lado, es el resultado de la suma del valor del terreno, o la cuota parte del mismo que corresponda, mas las inversiones que serían necesarias para construir otro inmueble de las mismas características, utilizando tecnología actual, deducida la depreciación física y funcional del inmueble por su antigüedad.
- el “ValorCdo”: es el precio mas probable al que podría venderse el inmueble, luego de una negociación. El valor de mercado ó contado es el precio en que se hace una transacción entre un comprador y un vendedor debidamente informados y libremente.
- y el “ValorRemate” (es el valor de rápida convertibilidad, es el precio que se obtendría por el inmueble al ofrecerlo para su rápida venta o en subasta pública, generalmente es inferior al valor venal y valor contado).

Se genera una variable “Antigüedad_Años” a partir de las diferentes variables de antigüedad disponibles y tomando la más reciente considerando que refleja la antigüedad de la última reforma o construcción.

Se generan variables de tendencia que se incorporan al análisis: “Año_Tasacion”, “TC”, “Log_TC”, “IPrecioVivienda” que fueron elaboradas a partir de datos disponibles en INE y BCU. Se corre el modelo para verificar evidencia de tendencia, y el modelo general no mejora sustancialmente por lo que se descarta la necesidad de incorporar una variable de tendencia al análisis. Finalmente estas variables son desestimadas ya que no aportan buena información al correr el modelo de regresión lineal múltiple.

A partir del número de padrón de la base BHU se cruza con la base “Padrones Urbanos Montevideo” proporcionada por el BCU para tomar el dato de la variable Dummy que representa el régimen de propiedad, "PH", en donde 0 indica que es Padrón Común, y 1 que es Propiedad Horizontal. De la misma forma se toman datos de los barrios para cada padrón en función de la variable “NroBarrio” que es la codificación de barrios para zonificación del Departamento de Montevideo de mayor desagregación proporcionada por la Dirección Nacional de Catastro. De esta forma se genera la variable “Barrio_Valor_M2_Promedio” que numera y ordena los barrios de Montevideo según el valor promedio del M² de forma ascendente.

Por último se toma la variable “Area_Edificada” de la base de datos catastrales de padrones de Montevideo publicados por el SIG de la IMM a partir del padrón que surge de la base “TSN” del BHU.

Descripción de las variables explicativas o independientes

Se trabaja con los siguientes grupos de variables⁴:

⁴ Se espera influya de manera positiva al valor de las viviendas salvo indicación en contrario.

1. Variables estructurales (características físicas):

- X1 “Área Edificada” (en metros cuadrados): variable cuantitativa continua
- X2 “Cantidad de Dormitorios”: variable cuantitativa discreta
- X3 “Tipo de Régimen de Propiedad: Común u Horizontal”: variable dicotómica Dummy con valores PC=0 y PH=1, se espera influya de manera negativa al valor de las viviendas.

2. Variables no estructurales (características cualitativas de la vivienda) y variables de localización (ubicación y el mercado en que se encuentra):

- X4 “Antigüedad” en cantidad de años: se espera influya de manera negativa al valor de las viviendas.
- X5 “Estado de Conservación”: variable categórica que puede tomar los valores (que han sido re-numerados y ordenados en el mismo sentido) que están asignados a cada posible característica cualitativa de acuerdo a la siguiente tabla:

Variable Cualitativa	# Valores mismo sentido (Vbles Cual) y . Missing	Descripción
ESTADO CONSERVACION	1	MALO
	5	REGULAR
	5	REGULAR / EN OBRA
	6	BUENO/REGULAR
	7	BUENO
	7	BUENO / EN OBRA
	11	MUY BUENO
	11	NUEVO ⁵
	11	MUY BUENO / EN OBRA
	.	SIN ACCESO
	.	A CONSTRUIR
.	SIN DATO	

⁵ El tipo “Estado de Conservación” “Nuevo” se asimila al mejor estado de conservación según juicio profesional.

– X6 tipo de “Edificación”: variable categórica que puede tomar los valores (que han sido re-numerados y ordenados en el mismo sentido) que están asignados a cada posible característica cualitativa de acuerdo a la siguiente tabla:

Variable Cualitativa	# Valores mismo sentido (Vbles Cuali) y . Missing	Descripción
EDIFICACION	<i>1</i>	<i>MODESTA</i>
	<i>2</i>	<i>BUENA Y MODESTA</i>
	<i>3</i>	<i>BUENA</i>
	<i>4</i>	<i>MUY BUENA</i>
	<i>5</i>	<i>SUNTUOSA</i>
	<i>.</i>	<i>SIN DATO</i>

– X7 tipo de “Cubierta”: variable categórica que puede tomar los valores (que han sido re-numerados y ordenados en el mismo sentido) que están asignados a cada posible característica cualitativa de acuerdo a la siguiente tabla:

Variable Cualitativa	# Valores mismo sentido (Vbles Cuali) y . Missing	Descripción
CUBIERTA	<i>1</i>	<i>LIVIANAS</i>
	<i>1</i>	<i>OTRAS</i>
	<i>5</i>	<i>PREFABRICADA</i>
	<i>6</i>	<i>BOVEDILLA</i>
	<i>6</i>	<i>A LA PORTEÑA</i>
	<i>7</i>	<i>H.ARMADO Y LIVIANO</i>
	<i>8</i>	<i>H.ARMADO</i>
	<i>.</i>	<i>SIN DATO</i>

– X8 tipo de “Categoría”: variable categórica que puede tomar los valores (que han sido re-numerados y ordenados en el mismo sentido) que están asignados a cada posible característica cualitativa de acuerdo a la siguiente tabla:

Variable Cualitativa	# Valores mismo sentido (Vbles Cual) y . Missing	Descripción
CATEGORIA	<i>1</i>	<i>POPULAR (I)</i>
	<i>2</i>	<i>MODESTA (II)</i>
	<i>3</i>	<i>ECONOMICA (II)</i>
	<i>4</i>	<i>MEDIA (III)</i>
	<i>5</i>	<i>CONFORTABLE (IV)</i>
	<i>6</i>	<i>SUP. A CONFORTABLE (IV)</i>
	<i>.</i>	<i>SIN DATO</i>

3. Variables de localización (ubicación y el mercado en que se encuentra):

– X9 “Barrio de Montevideo” donde se ubica la vivienda: variable categórica generada y ordenada en sentido ascendente según el valor de tasación promedio en USD del metro cuadrado edificado para cada barrio de Montevideo (calculado a partir de la base de datos de tasaciones del BHU y del SGI de la IMM) y que toma los valores asignados al barrio donde se ubica la vivienda de acuerdo a la tabla ANEXO 1.

Estadísticas descriptivas

En el ANEXO 2 se presentan estadígrafos básicos de las variables utilizadas para la muestra de tasaciones entre los años 2014 y 2017 para el Modelo 1 y para el Modelo 2. Se incluye, para cada variable, la media, desviación estándar o varianza muestral, máximo, mínimo, y el número de observaciones. También se incluye la matriz de correlaciones y algunas pruebas estadísticas sobre estos datos.

Comando “Correlate” del paquete STATA: en la matriz de correlaciones, lo deseable es que en la relación entre variables independientes y variables dependientes exista asociación significativa al 1 y/ó al 5%. Entre las variables independientes entre sí es deseable no exista asociación significativa, o no

significatividad de los coeficientes de Pearson (Pearson menor de 0,05 es significativo).

Pruebas estadísticas aplicadas cuyos resultados se presentan en el ANEXO 2 y cuyos resultados esperados son:

- VIF: No multicolinealidad de variables independientes: $VIF < 10$ y media VIF aprox 1
- Test Wald
- DW: Independencia de residuos DurbinWatson similar 2, no < 1 ni > 3
- Estadístico Hetttest: Homocedasticidad de residuos y gráficos
- Hist/Pnorm: gráficos de linealidad de residuos, distribución uniforme
- Sktest: distribución normal de residuos estadístico K-S

Selección de variables: stepwise (pasos sucesivos, cuando no sabemos que variables explican) incorporando variables con nivel de significación estadístico F probabilidad $< 0,05$.

Capítulo 5

RESULTADOS MODELO DE PRECIOS DE COMPRAVENTA

El análisis de regresión lineal múltiple mostró la existencia de una relación entre las variables que viene explicada por la ecuación:

$$Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5+gX_6+hX_7+iX_8+jX_9$$

Donde:

Y es “Valor de Compraventa Inmueble“,

Las características físicas: X1 la variable “Área Edificada”, X2 la “Cantidad de Dormitorios”, X3 el “Régimen de Propiedad” (Común u Horizontal),

Las características cualitativas: X4 la variable “Antigüedad”, X5 el “Estado de Conservación”, X6 el tipo de “Edificación”, X7 el tipo de “Cubierta”, X8 el tipo de “Categoría”,

Y X9 la variable “Ubicación y el Mercado en que se encuentra”.

Medidas de ajuste del modelo⁶:

– $F(9, 2096) = 317.85$

Este es el estadístico F de Fisher y corresponde al MS explicado dividido por el MS del residuo (MS-modelo/MS-Residual). En paréntesis aparecen los gl del ANOVA asociados a la varianza del modelo y la varianza del residuo. Este estadístico permite testear la significancia conjunta del modelo. Cuando un modelo está muy mal especificado el modelo podría resultar no significativo.

– $\text{Prob} > F = 0.0000$

Este es el valor “p” asociado al estadístico F. Sirve para testear la hipótesis nula de que todos los parámetros del modelo (coeficientes) son iguales a cero.

– $R\text{-squared (R cuadrado)} = 0.5771$

Mide la bondad de ajuste del modelo, varía entre 0 y 1. Donde cero es la ausencia de ajuste y 1 ajuste perfecto de la recta estimada. Se computa como la proporción de la varianza explicada por el modelo sobre la varianza total. La formula es la siguiente: $(SS\text{-Modelo}/SS\text{-Total})$. Este valor aumenta a medida que se incluyen más variables en el modelo.

– $\text{Adj R-squared (R cuadrado ajustado)} = 0.5753$

Este estimador es un estimador del ajuste del modelo que penaliza la inclusión de nuevos regresores, es decir, no aumenta necesariamente e incluso podría disminuir. De este modo este R cuadrado ajustado busca dar una medida de la bondad de ajuste para obtener como resultado un modelo parsimonioso. La

⁶ Se utilizó el paquete estadístico STATA 15.

forma en que se computa este estadístico es como el cociente entre la variación media del modelo y la variación media total: (MS-Modelo/Ms-Total).

– Root MSE (Raíz del ECM)= 36141

Es la raíz del Error Cuadrático Medio, representa la desviación estándar del término de error o residuo, y se obtiene como la raíz cuadrada del MS-Residual.

Estimación de parámetros

– Variable dependiente: VALOR_COMPRAVENTA

– Coef: Corresponde a los coeficientes estimados beta para las variables independientes y para la constante. Los valores de los coeficientes beta sin estandarizar son los utilizados para estimar en la ecuación. Los valores de los coeficientes beta estandarizados (sin unidad de medida) sirven para comparar e identificar el aporte de cada variable, comparando en valor absoluto sin considerar el signo.

– Std. Err.: Corresponde al Error Estándar del Coeficiente

– T: Estadístico t para la hipótesis nula de coeficiente igual a cero

– P>|t|: El p-value asociado al test

– Variables independientes: En la tabla a continuación se muestran los coeficientes beta:

	Coeficientes B	Error estándar de coeficientes SE B	Coeficientes tipificados B estadarizado
Constante	-151533.9	8515.764	**
Area_edificada	244.6879	16.38288	.2666776 **
Cantidad_dormitorios	18796.31	1013.95	.3069455 **
PH	-5368.887	1923.951	-.0455157 **
Antigüedad_años	-176.2081	32.82666	-.0876384 **
Estado_conservacion	5365.804	440.2906	.1945571 **
Edificacion	15129.41	1839.29	.1379597 **
Cubierta	2418.853	732.7131	.0488161 **
Categoria	19460.53	1524.898	.1956075 **
Barrio_valor_m2_promedio	1176.44	66.67905	.3042713 **

** significativas p-value<0,01

VARIABLES NO CONSIDERADAS Y ELIMINADAS DEL MODELO: Para las variables cualitativas independientes (Estructura y Muro) el valor del estadístico t resulta no significativo por lo que se eliminan del modelo. Para las variables de tendencia (IPrecioVivienda, Anio_Tasacion, TC, Log_TC) se detectaron problemas de multicolinealidad tanto para el VIF como para el valor de la tolerancia por lo que fueron eliminadas del modelo.

Resultados: Al observar la salida de STATA 15 el R^2 que posee un valor de 0,58 (Modelo 1: Precio de Compraventa) y el R^2 ajustado que posee otro valor de 0,58 indicando que más del 58% de las observaciones contenidas en la base de datos se encuentran en línea de regresión, por ende el conjunto de variables independientes seleccionadas aporta una buena información sobre el comportamiento del valor de las viviendas, es decir que se presenta una buena bondad de ajuste a la realidad.

También se observa el estadístico F que contiene los grados de libertad, que son el número de variables, estas fueron 9 (Modelo 1: Precio de CompraVenta), también tiene el número de observaciones que fue de 2096, el cual arrojó un resultado de 318, con un estadístico F de 0,0000 lo que indica que las variables independientes utilizadas en esta regresión explican la variable dependiente que es el valor de la vivienda. Gracias a esto se puede realizar una prueba para una hipótesis general la cual dice:

H₀: Las variables escogidas para este modelo como lo son las variables estructurales y cualitativas, así como la ubicación y el mercado en que se encuentra determinan el valor de la vivienda, y poseen una influencia ya sea positiva o negativa en este valor.

H_a: Las variables escogidas para este modelo como lo son las variables estructurales y cualitativas, así como la ubicación y el mercado en que se encuentra, no influyen en la determinación del valor de la vivienda.

Teniendo en cuenta que el nivel de confianza que es de un 95%, el cual deja un valor tope de 0,05, se observa que el estadístico F que es de 0,0000 se encuentra en el rango de aceptación, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula.

Observando los resultados obtenidos en el modelo de regresión se puede construir la función hedónica del valor de la vivienda con las 9 variables utilizadas.

Valor_Compraventa = - 151534 + 245 Area_Edificada + 18796
Cantidad_Dormitorios - 5369 PH - 176 Antigüedad_Años + 5366
Estado_Conservacion + 15129 Edificacion + 2419 Cubierta + 19461 Categoria
+ 1176 Barrio_Valor_M2_Promedio

Análisis de las variables

Existen diferentes tipos de variables incluidas en el modelo las cuales se explican a continuación:

1. Análisis de variables estructurales (características físicas) que influyen en la determinación del valor de la vivienda:

– X1 “Área Edificada” (metros cuadrados): La disposición a pagar de los montevideanos en promedio por un metro cuadrado construido adicional es de 245USD. Además se realiza la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: El área edificada (en metros cuadrados) influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada metro cuadrado adicional influye de manera positiva a su valor.
- Ha: El área edificada (en metros cuadrados) no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada metro cuadrado adicional influye de manera positiva a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– X2 “cantidad de dormitorios”: La disposición a pagar de los montevideanos en promedio por un cuarto adicional es de 18796USD. Además se realiza la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t cuyo valor es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: El número de dormitorios influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada cuarto adicional influye de forma positiva a su valor.
- Ha: El número de cuartos no posee influencia para determinar el valor de la vivienda y por cada cuarto adicional influye en una forma positiva a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– X3 “tipo de régimen de propiedad: común u horizontal” (variable dummy: PC=0; PH=1): En esta variable se observa que el valor de la vivienda varía en -5369USD al ser propiedad horizontal. Se realizó la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: La variable tipo de régimen de propiedad influye en la determinación del valor de la vivienda y por ser tipo de propiedad horizontal influye de manera negativa.
- Ha: La variable tipo de régimen de propiedad no influye en la determinación del valor de la vivienda y por ser propiedad horizontal se comportaría de manera negativa.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que ésta posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

2. Análisis de variables no estructurales (características cualitativas de la vivienda) y de la variable de localización (ubicación y el mercado en que se encuentra) que influyen en la determinación del valor de la vivienda:

– X4 “Antigüedad” en cantidad de años: En esta variable se observa que el valor de la vivienda varía en -176USD en promedio por cada año de antigüedad adicional. Se realizó la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: La antigüedad de la vivienda (en cantidad de años) influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada año adicional influye de manera negativa a su valor.
- Ha: La antigüedad de la vivienda (en cantidad de años) no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada año adicional influye de manera negativa a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– Resumen para el resto de las variables cualitativas categóricas X5 a X9: se observa que el valor de la vivienda varía en el mismo sentido y con las magnitudes indicadas por los coeficientes beta de la tabla resumen presentada más arriba. Se realizaron las pruebas de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t los cuales son de 0,000. Las hipótesis para estas variables son:

- H0: La variable influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada categoría adicional influye de manera positiva.
- Ha: La variable no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada categoría adicional se comportaría de manera positiva.

Para cada una de las variables no se rechaza la hipótesis nula y se observa que poseen un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

Conclusión: El modelo presentado corresponde a una forma funcional lineal debido a que se ajusta muy bien estadísticamente, además que los signos en los resultados son los esperados. Se puede aclarar que en un modelo de precios hedónicos una forma funcional preestablecida no existe, por ende los resultados empíricos dependen de la robustez y el ajuste del modelo.

Capítulo 6

RESULTADOS MODELO DE PRECIOS DE TASACION

El análisis de regresión lineal múltiple mostró la existencia de una relación entre las variables que viene explicada por la ecuación:

$$Y=a+bX_1+cX_2+dX_3+eX_4+fX_5+gX_6+hX_7+iX_8+jX_9$$

Donde:

Y es “valor de tasación”,

Las características físicas: X1 la variable “área edificada”, X2 la “cantidad de dormitorios”, X3 el “régimen de propiedad común u horizontal”,

Las características cualitativas: X4 la variable “antigüedad”, X5 el “estado de conservación”, X6 el tipo de “edificación”, X7 el tipo de “cubierta”, X8 el tipo de “categoría”,

Y X9 la variable “ubicación y el mercado en que se encuentra”.

Medidas de ajuste del Modelo 2:

- $F(9, 2096) = 432.10$
- $\text{Prob} > F = 0.0000$
- $R\text{-squared (R cuadrado)} = 0.6498$
- $\text{Adj R-squared (R cuadrado ajustado)} = 0.6483$
- $\text{Root MSE (Raíz del ECM)} = 33966$

Estimación de parámetros

- Variable dependiente: valor_tasacion
- Variables independientes: En la tabla a continuación se muestran los coeficientes beta.

	Coefficientes B	Error estándar de coeficientes SE B	Coefficientes tipificados B estandarizado
Constante	-156247.1	8003.395	
Area_edificada	264.279	15.39717	.2789022 **
Cantidad_dormitorios	21623.97	952.9439	.3419317 **
PH	-9049.869	1808.192	-.0742907 **
Antiguedad_anios	-242.114	30.85157	-.1166013 **
Estado_conservacion	4749.213	413.7996	.1667436 **
Edificacion	13900	1728.625	.1227327 **
Cubierta	2655.194	688.6279	.0518877 **
Categoria	22141.73	1433.149	.2155051 **
Barrio_valor_m2_promedio	1297.95	62.66717	.3250605 **

** significativas p-value<0,01

Al observar la salida de STATA 15 el R^2 que posee un valor de 0,65 (Modelo 2: Valor de Tasación) y el R^2 Ajustado que posee otro valor de 0,65 indicando que más del 65% de las observaciones contenidas en la Base de Datos se encuentran en línea de regresión, por ende el conjunto de variables independientes seleccionadas aporta una buena información sobre el comportamiento del valor de las viviendas, es decir que se presenta una buena bondad de ajuste a la realidad.

También se observa el estadístico F que contiene los grados de libertad, que son el número de variables, estas fueron 9 (Modelo 2: Valor de Tasación),

también tiene el número de observaciones que fue de 2096, el cual arrojó un resultado de 432, con un estadístico F de 0,0000 lo que indica que las variables independientes utilizadas en esta regresión explican la variable dependiente que es el valor de la vivienda. Gracias a esto se puede realizar una prueba para una hipótesis general la cual dice:

H0: Las variables escogidas para este modelo como lo son las variables estructurales y cualitativas, así como la ubicación y el mercado en que se encuentra determinan el valor de la vivienda, y poseen una influencia ya sea positiva o negativa en este valor.

Ha: Las variables escogidas para este modelo como lo son las variables estructurales y cualitativas, así como la ubicación y el mercado en que se encuentra, no influyen en la determinación del valor de la vivienda.

Teniendo en cuenta que el nivel de confianza que es de un 95%, el cual deja un valor tope de 0,05, se observa que el estadístico F que es de 0,0000 se encuentra en el rango de aceptación, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula.

Observando los resultados obtenidos en el modelo de regresión se puede construir la función hedónica del valor de la vivienda con las 9 variables utilizadas.

Valor_tasacion = - **156247** + **264** area_edificada + **21624** cantidad_dormitorios - **9050** ph - **242** antiguedad_anios + **4749** estado_conservacion + **13900** edificacion + **2655** cubierta + **22142** categoria + **1298** barrio_valor_m2_promedio

Análisis de las variables

Existen diferentes tipos de variables incluidas en el modelo las cuales se explican a continuación:

1. Análisis de variables estructurales (características físicas) que influyen en la determinación del valor de la vivienda:

– X1 “Área Edificada” (metros cuadrados): La disposición a pagar de los montevideanos en promedio por un metro cuadrado construido adicional es de 264USD. Además se realiza la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: El área edificada (en metros cuadrados) influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada metro cuadrado adicional influye de manera positiva a su valor.
- Ha: El área edificada (en metros cuadrados) no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada metro cuadrado adicional influye de manera positiva a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– X2 “Cantidad de Dormitorios”: La disposición a pagar de los montevideanos en promedio por un cuarto adicional es de 21624USD. Además se realiza la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t cuyo valor es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: El número de dormitorios influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada cuarto adicional influye de forma positiva a su valor.
- Ha: El número de cuartos no posee influencia para determinar el valor de la vivienda y por cada cuarto adicional influye en una forma positiva a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– X3 “Tipo de Régimen de Propiedad: Común u Horizontal” (variable dummy: PC=0; PH=1): En esta variable se observa que el valor de la vivienda varía en -9050USD al ser propiedad horizontal. Se realizó la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

–

- H0: La variable tipo de régimen de propiedad influye en la determinación del valor de la vivienda y por ser tipo de propiedad horizontal influye de manera negativa.
- Ha: La variable tipo de régimen de propiedad no influye en la determinación del valor de la vivienda y por ser propiedad horizontal se comportaría de manera negativa.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que ésta posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

2. Análisis de variables no estructurales (características cualitativas de la vivienda) y de la variable de localización (ubicación y el mercado en que se encuentra) que influyen en la determinación del valor de la vivienda:

– X4 “Antigüedad” en cantidad de años: En esta variable se observa que el valor de la vivienda varía en -242USD en promedio por cada año de antigüedad adicional. Se realizó la prueba de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t el cual es de 0,000. Las hipótesis para esta variable son:

- H0: La antigüedad de la vivienda (en cantidad de años) influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada año adicional influye de manera negativa a su valor.
- Ha: La antigüedad de la vivienda (en cantidad de años) no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada año adicional influye de manera negativa a su valor.

Para esta variable no se rechaza la hipótesis nula y se observa que posee un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

– Resumen para el resto de las variables cualitativas categóricas X5 a X9: se observa que el valor de la vivienda varía en el mismo sentido y con las magnitudes indicadas por los coeficientes beta de la tabla resumen presentada más arriba. Se realizaron las pruebas de hipótesis teniendo en cuenta el estadístico t los cuales son de 0,000. Las hipótesis para estas variables son:

- H0: La variable influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada categoría adicional influye de manera positiva.
- Ha: La variable no influye en la determinación del valor de la vivienda y por cada categoría adicional se comportaría de manera positiva.

Para cada una de las variables no se rechazan las hipótesis nulas y se observa que poseen un efecto considerable en el comportamiento del valor de la vivienda.

Conclusión: El modelo presentado corresponde a una forma funcional lineal debido a que se ajusta muy bien estadísticamente, además que los signos en los resultados son los esperados.

Capítulo 7

**DISCUSION: MODELO DE PRECIOS DE COMPRAVENTA
VERSUS MODELO DE PRECIOS DE TASACION**

En este apartado se realiza una comparación de los dos modelos estimados: Modelo 1 “Precio de Compraventa” y Modelo 2 “Valor de Tasación”. El objetivo es proveer una primera aproximación al análisis de qué variables explican precios de compraventa y valores de tasaciones, y si hay diferencias o coincidencias en las mismas.

Tabla resumen Modelo 1 y 2: Análisis, Interpretación de Coeficientes y Conclusiones

Descripción	Modelo 1	Modelo 2
Variable dependiente	Valor_Compraventa	Valor_tasacion
Variables independientes:		
Area_Edificada	245	264
Cantidad_Dormitorios	18796	21624
PH	-5369	-9050
Antiguedad_Anios	-176	-242
Estado_Conservacion	5366	4749
Edificacion	15129	13900
Cubierta	2419	2655
Categoria	19461	22142
Barrio_Valor_M2_Promedio	1176	1298
Coficiente	-151534	-156247
R² ⁷	0.5771	0.6498
R² Ajustado ⁸	0.5753	0.6483
Root MSE ⁹	36141	33966

⁷ Mide la bondad de ajuste del modelo, varía entre 0 y 1. Donde cero es la ausencia de ajuste y 1 ajuste perfecto de la recta estimada.

⁸ Estimador del ajuste del modelo que penaliza la inclusión de nuevos regresores.

⁹ Raíz del Error Cuadrático Medio, representa la desviación estándar del término de error o residuo, y se obtiene como la raíz cuadrada del MS-Residual.

Significancia Global¹⁰ (F, significancia F)	F=318	F=432
	Sí es significativo: p-valor=0,000 <0,05	Sí es significativo: p-valor=0,000 <0,05
Significancia Parcial (t-Stat)	X1 a X9: Sí son significativas: P> t =0,00<0,05	X1 a X9: Sí son significativas: P> t =0,00<0,05
Multicolinealidad (Coeficientes Pearson >0,5 si hay, < 0,5 no hay)	X1 X2= 0,5018 >0,5 Sí hay (**)	X1 X2= 0,5018 >0,5 Sí hay (**)
	X4 X5= -0,4265 (*) X6 X9= 0,4954 (*)	X4 X5= -0,4265 (*) X6 X9= 0,4954 (*)
	En el resto es<0,5 No hay	En el resto es<0,5 No hay

(*) Casos cercanos a 0,5 (X4Antigüedad, X5Estado_Conservacion, X6Edificacion, y X9Barrio)

(**) Observación: X1Area_Edificada y X2Cantidad_Dormitorios están correlacionadas, no las elimino de acuerdo al juicio profesional.

De la comparación de los modelos se evidencia que las mismas variables que son significativas para los precios de compraventa también lo son para los valores de tasación, con los mismos signos y coeficientes también similares. Es necesario seguir estudiando la relación entre tasación y precio, para lo cual esta comparación es un primer paso en ese sentido.

Análisis de correlación y estadísticos: En el ANEXO 2 se presentan las matrices de correlaciones para los Modelos 2 y 1 así como las pruebas estadísticas para las que se presenta el análisis a continuación:

- Estadístico Durbin-Watson: Se verifica la independencia de residuos a través de un valor de DW similar 2, no < 1 ni >3.
- Test Wald: Al poner a prueba el verdadero valor de los parámetros basado en la estimación de la muestra, para ambos modelos el p-valor es menor que 0.05, y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de que ese coeficiente es cero,

¹⁰ F permite testear la significancia conjunta del modelo. p-valor: sirve para testear la hipótesis nula de que todos los parámetros del modelo (coeficientes) son iguales a cero.

y se entiende entonces que el coeficiente no es cero y que, por lo tanto, el modelo es útil para representar la relación, es decir las variables influyen a la hora de determinar la variable dependiente del modelo de regresión.

– Prueba VIF: Se verifica la no multicolinealidad de variables independientes: $VIF < 10$ y media VIF aprox 1 para ambos modelos.

– Estadístico Hetttest: Se verifica la homocedasticidad de residuos en ambos modelos.

– Histogramas/Pnorm: Las pruebas gráficas de linealidad de residuos y distribución uniforme evidencian que el Modelo 2 “Valor de Tasación” muestra un ajuste mejor que el Modelo 1 de “Precios de Compraventa”. Del histograma de los residuos se evidencia la existencia de normalidad, simetría y no se detectan observaciones atípicas de relevancia. Del análisis del gráfico p-p “Pnorm” (compara la función de distribución acumulada empírica con la función de distribución normal estándar), se evidencia que en el Modelo 2 de “Valores de Tasación” los puntos se aproximan más al comportamiento lineal señalado en el gráfico por lo que se puede considerar que la función empírica de la distribución acumulada es similar a la teórica, y por tanto se comporta “normalmente”. En el caso del Modelo 1 de “Precio de Compraventa” los puntos se alejan un poco más de la línea recta en comparación con el Modelo 2, por lo que se aleja un poco más de una distribución normal que el Modelo 2.

– Prueba de normalidad Skstest: Distribución normal de residuos estadístico K-S (Skewness-Kurtosis) presenta una prueba de normalidad basada en la asimetría y otra sustentada en la curtosis y finalmente combina las dos pruebas en un estadístico resumen. Del resultado se verifica el supuesto de normalidad de los errores.

Para la selección del modelo se consideró el modelo con mayor correlación directa R , mayor R^2 que explica que % de la variabilidad del valor de un inmueble se explica a través de cada variable, y menor error.

Conclusiones:

Para los Modelos 1 y 2 todas las variables resultaron estadísticamente significativas al 1%.

Respecto a la discusión Modelo 1 de “Precios de Compraventa” versus Modelo 2 de “Valor de Tasación”, el Modelo 2 de valores de tasación presenta una mayor bondad de ajuste lo que se evidencia en mayor significación global y mejores pruebas de normalidad.

Modelo 3 Precio de Compraventa explicado por el Valor de Tasación y el resto de las Variables Independientes

Como parte de la discusión para comparar los dos modelos presentados, se estima un modelo para la variable dependiente 3. “Precio de Compraventa” con la variable “Valor de Tasación” como variable independiente además del resto de las variables independientes. El análisis de regresión lineal múltiple mostró la existencia de una relación entre las variables que viene explicada por la ecuación:

$$Y=a+bX1+cX2+dX3+eX4+fX5+gX6+hX7+iX8+jX9+kX10$$

Donde:

Y es “Valor de Compraventa Inmueble“,

Las características físicas: X1 la variable “Área Edificada”, X2 la “Cantidad de Dormitorios”, X3 el “Régimen de Propiedad: Común u Horizontal”,

Las características cualitativas: X4 la variable “Antigüedad”, X5 el “Estado de Conservación”, X6 el tipo de “Edificación”, X7 el tipo de “Cubierta”, X8 el tipo de “Categoría”,

X9 la “Ubicación y el Mercado en que se encuentra”,

Y X10 es “Valor de Tasación”.

Medidas de ajuste del modelo:

- F(10, 2095)= 2259.40
- Prob > F=0.0000
- R-squared (R cuadrado)= 0.9151
- Adj R-squared (R cuadrado ajustado)= 0.9147
- Root MSE (Raíz del ECM)= 16193

Estimación de parámetros

- Variable dependiente: Valor_Compraventa
- Variables independientes: En la tabla a continuación se muestran los coeficientes tipificados y sus valores de probabilidad:

	Coefficientes B	Error estándar de coeficientes SE B	Coefficientes tipificados B estandarizado
Constante	-2897.756	4148.072	*
Area_edificada	-6.717936	7.839576	-.0073217 *
Cantidad_dormitorios	-1774.344	507.0623	-.0289752
PH	3240.158	867.1965	.027469
Antiguedad_anios	54.11231	14.9231	.0269131
Estado_conservacion	847.9279	203.3847	.0307448
Edificacion	15129.41	1839.29	.1379597 **
Cubierta	1906.488	329.4675	-.0021595 *
Categoria	-1602.663	721.1138	-.0161092 **
Barrio_valor_m2_promedio	-58.28602	32.79189	-.0150749 *
VALOR_TASACION	.929565	.0077977	.960694

* $P > |t| > 0.05$ no significativa al 95%

** $P > |t| > 0.01$ no significativa al 99%, significativa al 95%

Para algunas variables independientes cualitativas y de localización “Area_Edificada”, “Cubierta”, “Barrio_Valor_M2_Promedio” así como para la constante el valor del estadístico t resulta no significativo al 99%. Para las variables “Edificacion” y “Categoria” resulta no significativo al 95%.

Se volvió a correr el modelo eliminando las variables no significativas y los resultados mejoran pero las conclusiones no cambian por lo que por simplicidad seguimos el análisis con el resultado de la primer corrida del Modelo 3 que tiene la mismas variables que los Modelos 1 y 2.

Al observar la salida de STATA 15 el R^2 que posee un valor de 0,92 (Modelo 3: Precio de Compraventa s/Valor de Tasación) y el R^2 ajustado que posee otro valor de 0,92. También se observa el estadístico F que contiene los grados de libertad, que son el número de variables, estas fueron 10 (Modelo 3: “Precio de Compraventa” / “Valor de Tasación”), también tiene el número de observaciones que fue de 2095 el cual arrojó un resultado de 2259, con un estadístico F de 0,0000.

Existe correlación entre “Precios de Compraventa” y “Valor de Tasación” y se evidencian problemas de doble causalidad por lo que no se pudo concluir respecto a la significatividad de la variable valor de tasación dados estos problemas. Esto es un análisis preliminar de otro tema previsto ampliar a futuro: continuar trabajando el análisis de las relaciones entre tasación y precio, entre otros.

Conclusión del Modelo 3: Este es un análisis preliminar que está previsto ampliar a futuro: seguir estudiando la relación entre tasación y precio, para lo cual esta comparación es un primer paso en ese sentido.

Capítulo 8

PREDICCIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO 2 VALOR DE TASACIÓN

Validación por división de datos (Split-sample validation)

Existen diferentes técnicas de validación interna¹¹, en este caso utilizamos la validación por división de datos (Split-sample validation). Es el método más simple de validación interna. Consiste en dividir la muestra original en dos submuestras, una donde se desarrolla el modelo – training – y otra donde se valida el modelo – test –. El porcentaje de la muestra original que se destina para el desarrollo del modelo y el que se aparta para la validación no está estandarizado, es habitual encontrarse divisiones 50:50 o 70:30.

En el caso de esta investigación el tamaño de la muestra es suficientemente amplio por lo que admite dividir la muestra por el tiempo – validación temporal –. De esta forma el porcentaje de la muestra original que se destina para el desarrollo del modelo es 74% y el que se aparta para la validación es 26% y refiere a las 2 submuestras de las tasaciones entre los años 2014 a 2016 (training con las que se estima el modelo) y entre los años 2017 y 2018 (test con las que se predice y compara).

¹¹ Validación interna de modelos predictivos de regresión logística. Comando validation (Stata). Borja M. Fernández Félix.

A continuación, se presenta una tabla descriptiva de la cantidad de tasación por año disponibles en la base:

ANIO_TASACION	# tasaciones		
2006	1		
2009	2		
2012	8		
2013	106		
2014	1354		
2015	1520		
2016	1186	4177	74%
2017	1152		
2018	342	1494	26%
Total general	5671		

Los softwares estadísticos no tienen implementada ninguna función que permita realizar este método de validación de forma automatizada, sin embargo, se puede hacer de forma manual. En casos de validación temporal como esta investigación, lo más habitual es dividir el conjunto de datos en dos subconjuntos según el tiempo, y a través de las opciones de filtros se utiliza un subconjunto para desarrollar el modelo y el otro para validarlo.

En el ANEXO 3 y 4 se presentan estadígrafos básicos del modelo de regresión sobre la submuestra training (2014-2016) y la predicción de ese modelo sobre los datos de la submuestra test (2017-2018). Se presenta la matriz de correlaciones y algunas pruebas estadísticas descriptivas de los residuos:

- Prueba VIF: se verifica la no multicolinealidad de variables independientes: $VIF < 10$ y media VIF aprox 1.
- Histogramas/Pnorm: las pruebas gráficas de linealidad de residuos y distribución uniforme
- Prueba de normalidad Sktest: distribución normal de residuos estadístico K-S (Skewness-Kurtosis) presenta una prueba de normalidad basada en la asimetría y otra sustentada en la curtosis y finalmente combina las dos pruebas en un estadístico resumen.

Algunas medidas como el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación R^2 , pueden dar una idea equivocada sobre las capacidades predictivas del modelo de estimación. Por lo tanto, se examinan también medidas predictivas, como son el Nivel de Predicción y la Magnitud Media del Error Relativo.

Los valores que se han obtenido para el coeficiente R^2 son valores explicativos, no predictivos.¹² Tanto el R^2 como el coeficiente de correlación no son las medidas más adecuadas para evaluar la predicción del modelo ya que se trata de medidas del ajuste de la ecuación a los datos, no de la capacidad predictiva del modelo.

Las variables utilizadas para la evaluación son PRED(0,25), nivel de predicción al 25%, y MMRE, magnitud media del error relativo, definidas en [Conte et al., 1986], y descritas en el ANEXO 4.

El resultado de la MMRE para los valores predichos por el modelo 2 Valor de Tasación es $MMRE = -0,10 < 0,25$. Se concluye que no hay diferencias significativas entre los valores reales de tasación y los estimados por el modelo.

El resultado de la predicción de nivel 0,25 para los valores predichos por el modelos 2 Valor de Tasación es $PRED(0,25) = 0,71$. Para este trabajo se toma como criterio aceptable un resultado $\geq 0,65$. Se concluye en el 71% de los casos tienen estimaciones dentro del 25% de sus valores reales.

¹² Validez de las Predicciones en la Estimación de Costes. Javier Dolado © dolado@si.ehu.es (5-Enero-1999). Trabajo realizado con apoyo de los proyectos CICYT TIC98 1179-E y UPV-EHU 141.226 EA083/98.

Conclusiones:

Al realizar la validación y predicción del modelo de “Valores de Tasación” se concluye que no hay diferencias significativas en la significación de las variables entre los modelos de ambas muestras y la misma conclusión surge de estimar el modelo con la submuestra trainig y predecir en la submuestra test y comparar con los valores de tasación reales.

Podemos concluir que no hay diferencias significativas entre los valores reales de tasación y los valores predichos por el modelo 2 Valor de Tasación, por lo que concluimos que el modelo es bueno para predecir.

Capítulo 9

COMENTARIOS FINALES

Ambos Modelos 1 y 2 presentan una buena bondad de ajuste a la realidad. El conjunto de variables independientes seleccionadas aporta una buena información sobre el comportamiento del valor de las viviendas, todas las variables son significativas al 1%. Las variables escogidas para este modelo como lo son las variables estructurales y cualitativas, así como la ubicación y el mercado en que se encuentra determinan el valor de la vivienda, poseen una influencia ya sea positiva o negativa en la determinación de este valor.

Respecto a la discusión Modelo de “Precios de Compraventa” versus Modelo de “Valor de Tasación”, el Modelo 2 de valores de tasación presenta una mayor bondad de ajuste lo que se evidencia en mayor significación global y mejores pruebas de normalidad.

Al realizar la validación y predicción del Modelo 2 de “Valores de Tasación” se concluye que no hay diferencias significativas al estimar el modelo con la submuestra training y predecir en la submuestra test y comparar con los valores de tasación reales, es decir no hay diferencias entre las tasaciones efectivamente realizadas con lo predicho por el Modelo 2 “Valor de Tasación”.

De esta forma el método de precios hedónicos utilizado permite construir índices ajustados por calidad, lo que es de utilidad en la realización de valuaciones automáticas que permitan monitorear desvíos.

Trabajo a futuro

Una de las áreas más interesantes para extender los modelos hedónicos es hacer uso de la estructura espacial de los datos, utilizando la tecnología emergente de los sistemas de información geográfica y la auto correlación espacial. Resulta de interés hacer uso de métodos econométricos espaciales y no paramétricos que permitan explotar los datos geoespaciales disponibles para profundizar el

análisis del impacto en el valor de las viviendas de sus características de **localización** a través de la generación de variables geo-referenciadas y a través de la generación de variables de acceso a **servicios** que brinda la ciudad. Resulta importante caracterizar las cualidades asociadas a la **calidad de vida** teniendo en cuenta los aspectos naturales como los parques, el mar, las zonas verdes por su cercanía o por las vistas que ofrecen, de los ‘pulmones’ de la ciudad, del acceso a los paseos y servicios de un parque; variables asociadas al acceso a los servicios y al **transporte**.

Para esto, es necesario acceder a datos geográficos: coordenadas geográficas, información sobre normativa vigente y planes especiales, capas de espacios verdes, centralidades, sistema vial, complejos habitacionales, asentamientos, valores del suelo por manzana.

BIBLIOGRAFÍA

- Amarante, V. y M. Caffera. "Determinantes Económicos de la Formación de Asentamientos Irregulares". *Revista de Ciencias Empresariales y Economía de la FCEE*, Universidad de Montevideo. 2, 61 – 95, 2003.
- Artle, R. and P. Varaiya. "Life cycle consumption and homeownership". *Journal of Economic Theory*. 18. (pp. 38-58), 1978.
- Bouillon, César Patricio. *Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, 2012.
- Brueckner, J., and S. Lall. "Cities in Developing Countries: Fueled by Rural–Urban Migration, Lacking in Tenure Security, and Short of Affordable Housing". *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 5, chapter 21, 1399-1455. Amsterdam: North-Holland, 2015.
- Casacuberta, Carlos. 2006.
- Chiavone, Moggi, Macellaro. *El precio de las viviendas de Montevideo Determinantes Económicos*. 2008.
- DiPasquale D., and W. Wheaton. *Urban Economics and Real Estate Markets*. Prentice Hall, Englewood Cliffs (N.J.). Capítulos 1, 2 y 4, 1996.
- Gibb, K., and T. O'Sullivan. *Housing Economics and Public Policy*. Oxford, Blackwell Science, UK. Capítulos 2,3 y 8, 2003.
- Hill, Robert J. *Hedonic price indexes for residential housing: a survey, evaluation and taxonomy*. *Journal of Economic Surveys*, Vol. 27, No. 5, pp. 879–914, 2013.
- Landaberry Maria Victoria, Tubio Magdalena. *Estimación de índice de precios de inmuebles en Uruguay*. Documento de trabajo del Banco Central del Uruguay, 2015.11.
- Ponce Jorge, Tubio Magdalena. *Precios de inmuebles: aproximaciones metodológicas y aplicación empírica*. Documento de trabajo del Banco Central del Uruguay, 2013.05.
- Rosen, Sherwin. 1974.
- Rosenthal, S., and S. Ross. "Change and Persistence in the Economic Status of Neighborhoods and Cities". *Handbook of Regional and Urban Economics*, Volume 5, Chapter 16, 1047-1120. Amsterdam: North-Holland, 2015.
- Rosenthal, Stuart S.. "Are Private Markets and Filtering a Viable Source of Low-Income Housing? Estimates from a "Repeat Income" Model.". *American Economic Review*, 104(2): 687-706, 2014.
- Sinai, T., and N. Souleles. "Owner-Occupied Housing as a Hedge Against Rent Risk". The Wharton School, University of Pennsylvania, and NBER, 2001.
- Tiebout, Ch. *A Pure Theory of Local Expenditure*. *The Journal of Political Economy*, Vol 64. No. 5, pp 416-424, 1956.
- Venery Federico, Lanzilotta Bibiana. *Variación geográfica del precio de la vivienda en Montevideo: análisis de determinantes y medición*

de efecto barrios. CEEIC, Junio
2016.

Von Thünen. Camagni, 2005.

Waltl, Sofie R. *Variation Across Price
Segments and Locations: A
Comprehensive Quantile Regression
Analysis of the Sydney Housing
Market*. 2016.

ANEXO 1: TABLA VARIABLES

DATOS DE INDIVIDUALIZACIÓN DEL INMUEBLE: BARRIO DE MONTEVIDEO

Variable independiente X9 “Barrio de Montevideo” donde se ubica la vivienda: es una variable categórica generada y ordenada en sentido ascendente según el valor de tasación promedio en USD del metro cuadrado edificado para cada barrio de Montevideo (calculado a partir de la base de datos de tasaciones del BHU y del SGI de la IMM) y que toma los valores asignados al barrio donde se ubica la vivienda de acuerdo a la siguiente tabla:

# Valor variable Cualitativa BARRIO	BARRIO
1	BAÑADOS DE CARRASCO
2	CASAVALLE
3	PTA. RIELES, BELLA ITALIA
4	PIEDRAS BLANCAS
5	LA PALOMA, TOMKINSON
6	VILLA GARCIA, MANGA RUR.
7	CASABO, PAJAS BLANCAS
8	LAS ACACIAS
9	BRAZO ORIENTAL
10	MANGA
11	PASO DE LA ARENA
12	JARDINES DEL HIPODROMO
13	CERRO
14	CONCILIACION
15	ITUZAINGO
16	PEÑAROL, LAVALLEJA
17	LEZICA, MELILLA
18	TRES OMBUES, VICTORIA
19	COLON SURESTE, ABAYUBA
20	COLON CENTRO Y NOROESTE
21	LA TEJA
22	NUEVO PARIS
23	MANGA, TOLEDO CHICO
24	FLOR DE MAROÑAS
25	BELVEDERE

26	VILLA MUÑOZ, RETIRO
27	CASTRO, P. CASTELLANOS
28	VILLA ESPAÑOLA
29	CERRITO
30	SAYAGO
31	MALVIN NORTE
32	BARRIO SUR
33	PASO DE LAS DURANAS
34	LA FIGURITA
35	REDUCTO
36	LAS CANTERAS
37	CIUDAD VIEJA
38	LA COMERCIAL
39	ATAHUALPA
40	UNION
41	MARÑAS, PARQUE GUARANI
42	AIRES PUROS
43	MERCADO MODELO, BOLIVAR
44	CARRASCO NORTE
45	AGUADA
46	LA BLANQUEADA
47	PRADO, NUEVA SAVONA
48	CAPURRO, BELLA VISTA
49	CENTRO
50	PQUE. BATLLE, V. DOLORES
51	LARRAÑAGA
52	PALERMO
53	BUCEO
54	CARRASCO
55	JACINTO VERA
56	CORDON
57	MALVIN
58	PUNTA GORDA
59	TRES CRUCES
60	PARQUE RODO
61	POCITOS
62	PUNTA CARRETAS

DATOS REFERIDOS A LA ZONA

X6 Edificación:

- Suntuosa
- Muy Buena
- Buena
- Buena y Modesta
- Modesta

DATOS REFERIDOS AL BIEN (SISTEMA CONSTRUCTIVO)

X7 Cubierta:

- Hormigón Armado
- Liviana:
 - Estructura de Cubierta (Metal o Madera)
 - Cubierta propiamente dicha (Madera y Teja Asfáltica – Madera y Teja Cerámica – Chapa de Fibrocemento – Chapa Galvanizada)
 - No tiene Cielorraso.
 - Tiene Cielorraso (Madera – Yeso – Espuma Plast)
- Hormigón Armado y Liviana
- Isopanel
- A la porteña
- Bovedillas:
 - Perfilería metálica o
 - Tirantería de madera.
- Prefabricada
- Otras

DATOS REFERIDOS AL BIEN (GENERALES)

X4 Antigüedad de las construcciones.

- De no contar con documentación, el técnico actuante determina de acuerdo a su experiencia el año de las construcciones originales.
- En caso de tratarse de edificaciones compuestas por partes de diferentes épocas se especifican los distintos años de construcción.

ORIGEN / MOTIVO DEL ESTUDIO DE TASACIÓN

Motivo	Descripción motivo
Adq.viv.nueva	Tasaciones de inmuebles nuevos ofrecidos en garantía de un préstamo hipotecario.
Adq.viv.usada	Tasaciones de viviendas usadas ofrecidos en garantía de un préstamo hipotecario.
Condiciones de venta	Tasaciones para determinar el valor de inmuebles propiedad del BHU y establecer el precio o la base de oferta y la factibilidad de venderlo con préstamo.
Novación	Tasaciones para gestionar solicitudes de novación por sustitución de deudor o cesiones de derecho de promitente comprador. Incluye las pre tasaciones realizadas para informar las condiciones en que puede novarse o cederse el crédito.
Reestructura	Tasaciones para actualizar el valor de las garantías de préstamos a reestructurar.
Reformas y refacción	Tasaciones de inmuebles ofrecidos en garantía de un préstamo hipotecario para reforma.
Remate	Tasaciones para actualizar el valor de las garantías de préstamos a ejecutar.

ANEXO 2 ESTADIGRAFOS BASICOS

Se presentan estadígrafos básicos de las variables utilizadas para la muestra de tasaciones realizadas para el Modelo 2 y para el Modelo 1. Se incluye, para cada variable, la media, desviación estándar o varianza muestral, máximo y mínimo, el número de observaciones. También se publica la matriz de correlaciones y algunas pruebas estadísticas sobre estos datos.

ESTADIGRAFOS MODELO 2 VALOR DE TASACIÓN

```
. correlate VALOR_TASACION AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS PH ANTIGUEDAD_ANIOS EDIFICACION CUBIERTA EST
> ADO_CONSERVACION CATEGORIA BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO, means
(obs=2,106)
```

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
VALOR_TASA-N	123982.2	57272.98	11336	550000
AREA_EDIFI-A	82.17284	60.44202	0	1519
CANTIDAD_D-S	2.288699	.9056358	1	12
PH	.6704653	.4701559	0	1
ANTIGUEDAD-S	44.16049	27.58248	0	118
EDIFICACION	2.881292	.5057028	1	5
CUBIERTA	7.647198	1.119227	1	8
ESTADO_CON-N	7.133428	2.010838	1	11
CATEGORIA	3.429725	.557437	2	5
BARRIO_VAL-O	42.8433	14.34353	1	62

	VALOR_-N	AREA_E-A	CANTID-S	PH	ANTIGU-S	EDIFIC-N	CUBIERTA	ESTADO-N	CATEGO-A	BARRIO-O
VALOR_TASA-N	1.0000									
AREA_EDIFI-A	0.4272	1.0000								
CANTIDAD_D-S	0.4920	0.5018	1.0000							
PH	-0.1610	-0.3902	-0.1636	1.0000						
ANTIGUEDAD-S	-0.2088	0.0837	0.0768	0.1503	1.0000					
EDIFICACION	0.3391	-0.0580	0.0178	0.1451	0.0378	1.0000				
CUBIERTA	0.0637	-0.1586	-0.0930	0.2069	-0.0071	0.1199	1.0000			
ESTADO_CON-N	0.2592	-0.0860	-0.0736	-0.0389	-0.4265	0.1142	0.0845	1.0000		
CATEGORIA	0.4549	0.1091	0.1428	-0.0032	-0.1301	0.2569	0.0512	0.1357	1.0000	
BARRIO_VAL-O	0.4305	-0.1119	-0.0276	0.2285	-0.1099	0.4954	0.1924	0.1271	0.2706	1.0000

. pwcorr AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS

	AREA_E~A	CANTID~S
AREA_EDIFI~A	1.0000	
CANTIDAD_D~S	0.1357	1.0000

. pwcorr AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS, obs sig

	AREA_E~A	CANTID~S
AREA_EDIFI~A	1.0000	
	5376	
CANTIDAD_D~S	0.1357	1.0000
	0.0000	
	5140	5393

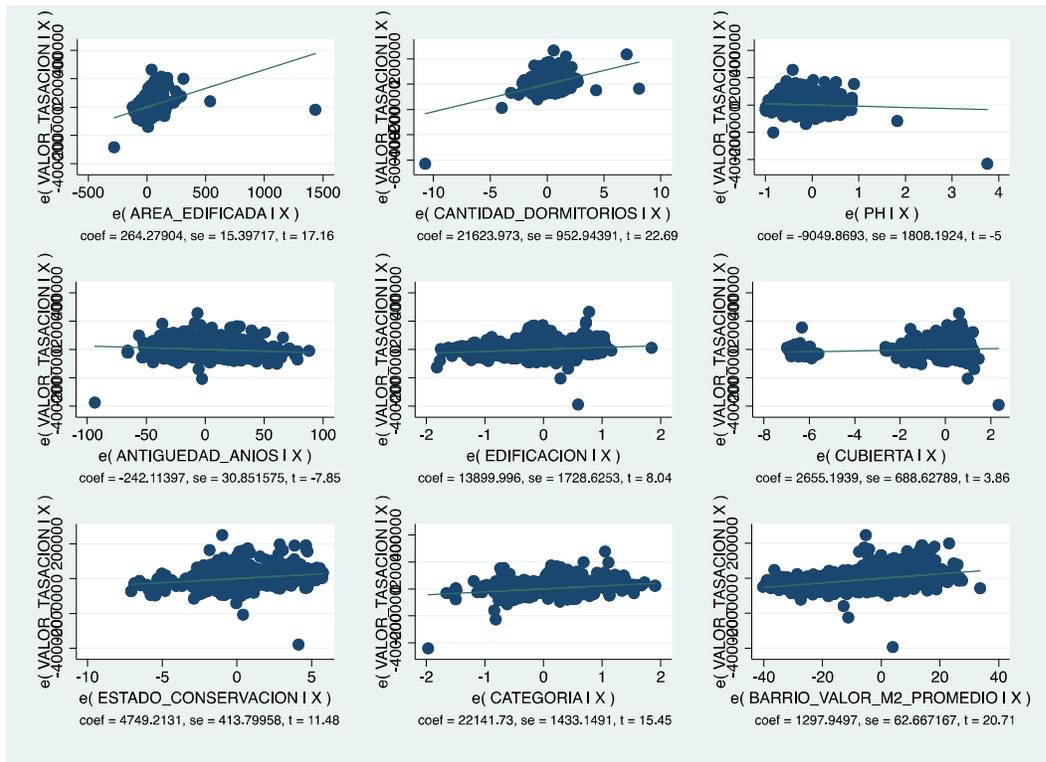
. pw corr EDIFICACION BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO, obs sig
command pw is unrecognized
r(199);

. pwcorr EDIFICACION BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO, obs sig

	EDIFIC~N	BARRIO~O
EDIFICACION	1.0000	
	4814	
BARRIO_VAL~O	0.4520	1.0000
	0.0000	
	4810	5664

.
 . pwcorr ANTIGUEDAD_ANIOS ESTADO_CONSERVACION, obs sig

	ANTIGU~S	ESTADO~N
ANTIGUEDAD~S	1.0000	
	5647	
ESTADO_CON~N	-0.4185	1.0000
	0.0000	
	2318	2321



```
. estat dwatson
```

```
Number of gaps in sample: 856
```

```
Durbin-Watson d-statistic( 10, 2106) = 1.018051
```

Test de Wald:

```
test (AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS PH ANTIGUEDAD_ANIOS EDIFICACION CUBIERTA ESTADO_CONSER
TEGORIA BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO)
```

- 1) AREA_EDIFICADA = 0
- 2) CANTIDAD_DORMITORIOS = 0
- 3) PH = 0
- 4) ANTIGUEDAD_ANIOS = 0
- 5) EDIFICACION = 0
- 6) CUBIERTA = 0
- 7) ESTADO_CONSERVACION = 0
- 8) CATEGORIA = 0
- 9) BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO = 0

```
F( 9, 2096) = 432.10
Prob > F = 0.0000
```

```
. vif
```

Variable	VIF	1/VIF
AREA_EDIFI~A	1.58	0.632820
BARRIO_VAL~O	1.47	0.678341
EDIFICACION	1.39	0.717212
CANTIDAD_D~S	1.36	0.735865
ANTIGUEDAD~S	1.32	0.756866
PH	1.32	0.758346
ESTADO_CON~N	1.26	0.791600
CATEGORIA	1.16	0.858748
CUBIERTA	1.08	0.922645
Mean VIF	1.33	

```
. estat hetttest
```

```
estat hetttest not valid
```

```
r(321);
```

```
. estat hetttest
```

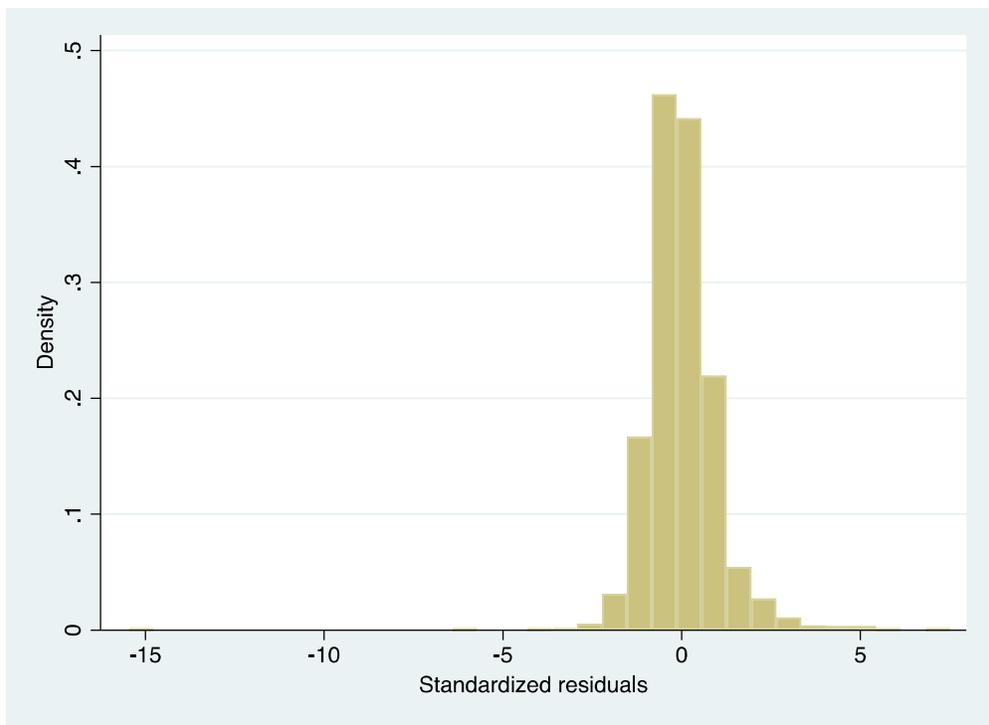
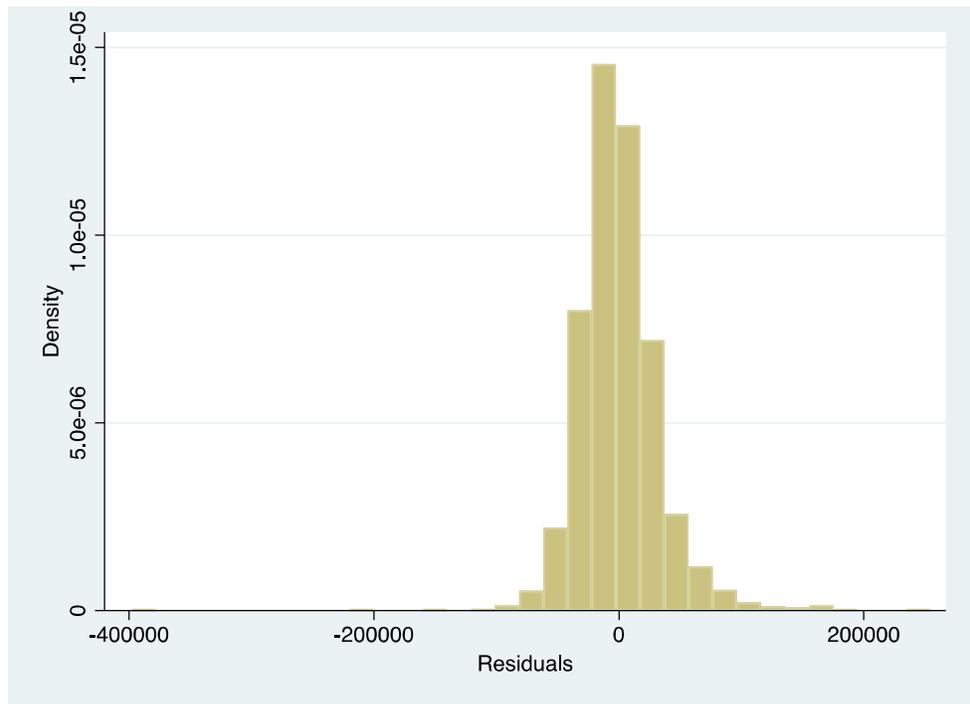
```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
```

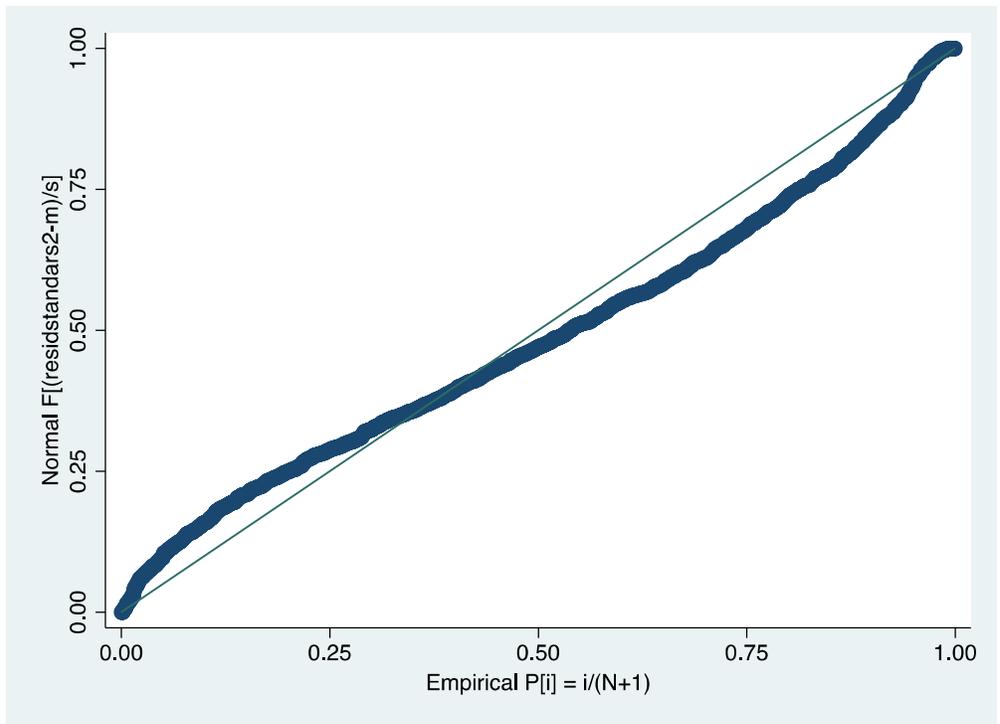
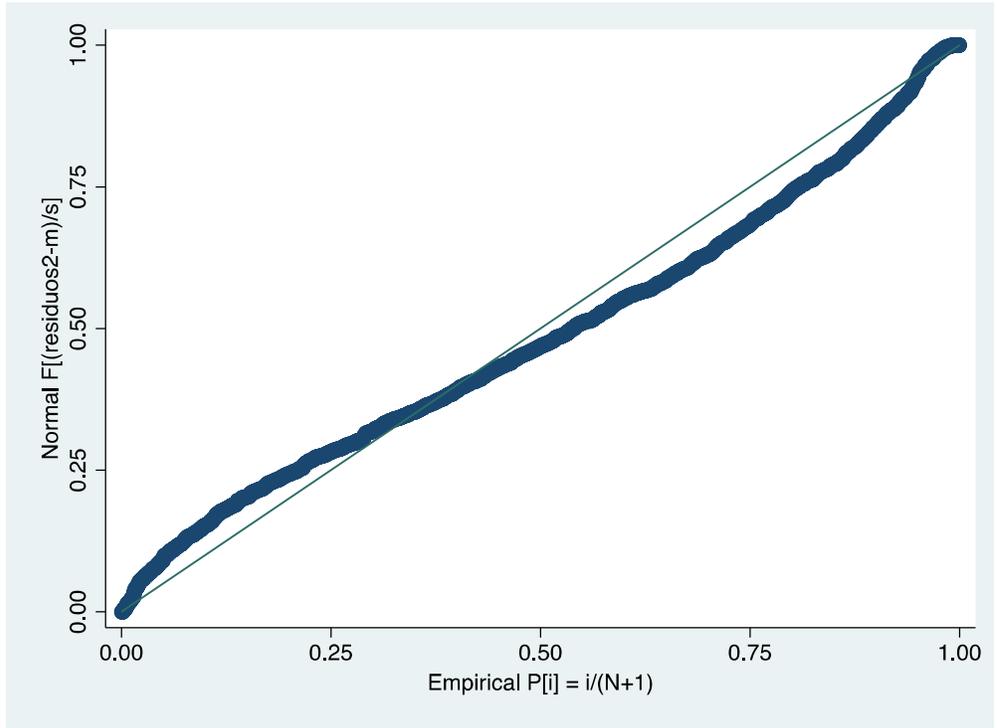
```
Ho: Constant variance
```

```
Variables: fitted values of VALOR_TASACION
```

```
chi2(1) = 2133.72
```

```
Prob > chi2 = 0.0000
```





. sktest residuos2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
residuos2	2,106	0.0001	0.0000	.	0.0000

. sktest residstandars2

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
residstand-2	2,106	0.0000	0.0000	.	0.0000

. sfrancia residuos2

Shapiro-Francia W' test for normal data

Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
residuos2	2,106	0.89760	134.803	11.779	0.00001

. sfrancia residstandars2

Shapiro-Francia W' test for normal data

Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
residstand-2	2,106	0.86675	175.415	12.411	0.00001

. sum residstandars2

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
residstand-2	2,106	-.0017508	1.025367	-15.46624	7.520948

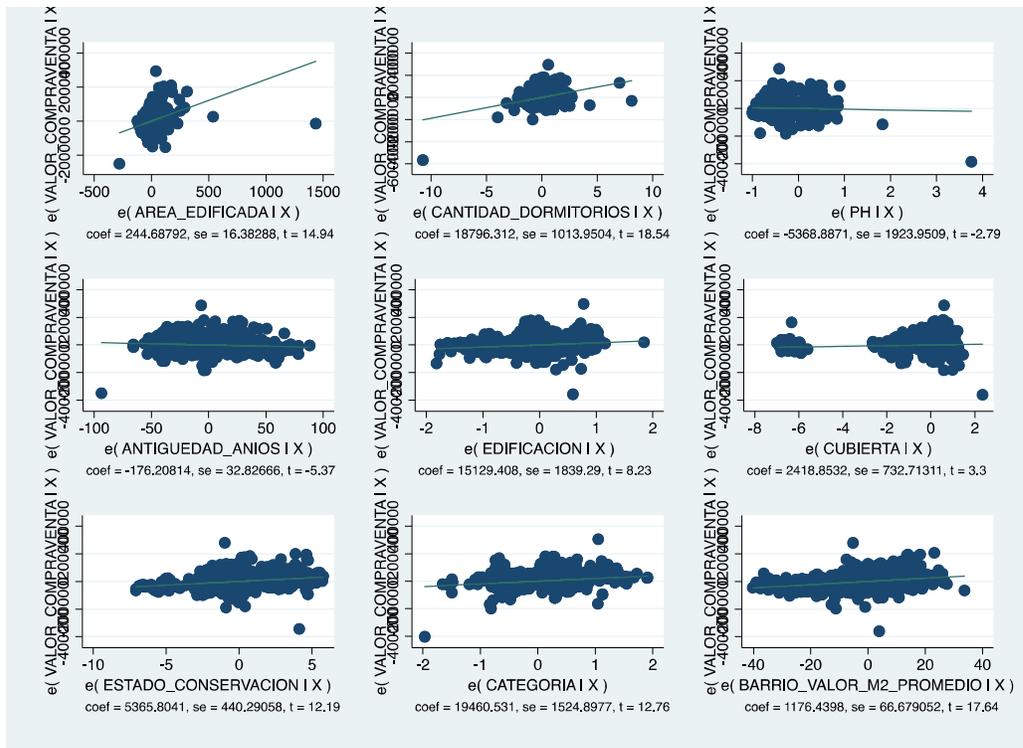
ESTADIGRAFOS MODELO 1 PRECIO DE COMPRAVENTA

```

. . correlate VALOR_COMPRAVENTA AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS PH ANTIGUEDAD_ANIOS EDIFICACION CUBIERTA
> A ESTADO_CONSERVACION CATEGORIA BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO, means
(obs=2,106)
    
```

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
VALOR_COMP-A	117723.9	55458.09	20967	530000
AREA_EDIFI-A	82.17284	60.44202	0	1519
CANTIDAD_D-S	2.288699	.9056358	1	12
PH	.6704653	.4701559	0	1
ANTIGUEDAD-S	44.16049	27.58248	0	118
EDIFICACION	2.881292	.5057028	1	5
CUBIERTA	7.647198	1.119227	1	8
ESTADO_CON-N	7.133428	2.010838	1	11
CATEGORIA	3.429725	.557437	2	5
BARRIO_VAL-O	42.8433	14.34353	1	62

	VALOR_-A	AREA_E-A	CANTID-S	PH	ANTIGU-S	EDIFIC-N	CUBIERTA	ESTADO-N	CATEGO-A	BARRIO-O
VALOR_COMP-A	1.0000									
AREA_EDIFI-A	0.3859	1.0000								
CANTIDAD_D-S	0.4446	0.5018	1.0000							
PH	-0.1215	-0.3902	-0.1636	1.0000						
ANTIGUEDAD-S	-0.1856	0.0837	0.0768	0.1503	1.0000					
EDIFICACION	0.3471	-0.0580	0.0178	0.1451	0.0378	1.0000				
CUBIERTA	0.0707	-0.1586	-0.0930	0.2069	-0.0071	0.1199	1.0000			
ESTADO_CON-N	0.2733	-0.0860	-0.0736	-0.0389	-0.4265	0.1142	0.0845	1.0000		
CATEGORIA	0.4268	0.1091	0.1428	-0.0032	-0.1301	0.2569	0.0512	0.1357	1.0000	
BARRIO_VAL-O	0.4206	-0.1119	-0.0276	0.2285	-0.1099	0.4954	0.1924	0.1271	0.2706	1.0000



ESTADIGRAFOS MODELO 3 MODELO DE PRECIOS DE
 COMPRAVENTA / MODELO DE PRECIOS DE TASACION Y
 OTRAS VARIABLES INDEPENDIENTES

```
. gen time=_n

. tsset time
    time variable:  time, 1 to 5671
                  delta: 1 unit

. estat dwatson

Number of gaps in sample:  856

Durbin-Watson d-statistic( 11, 2106) = .6848652
```

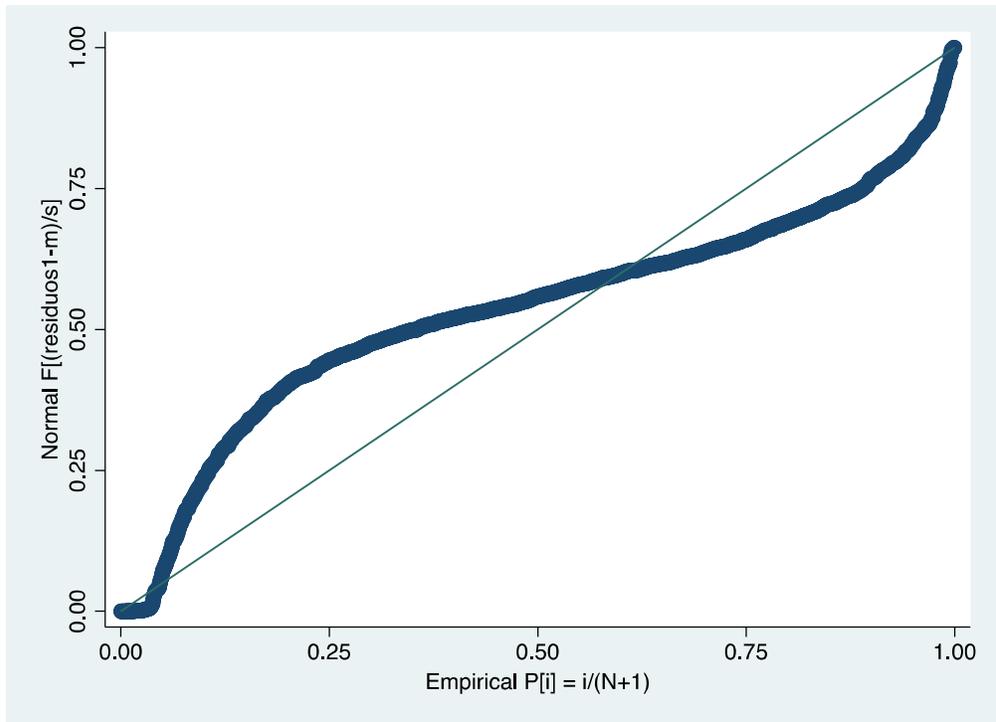
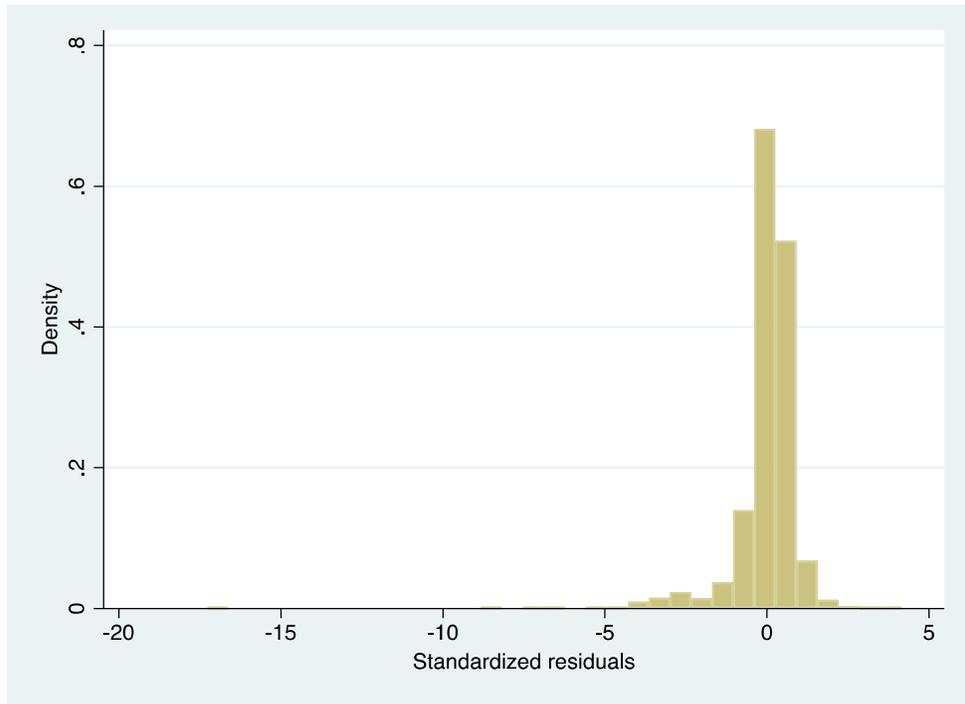
```
. vif
```

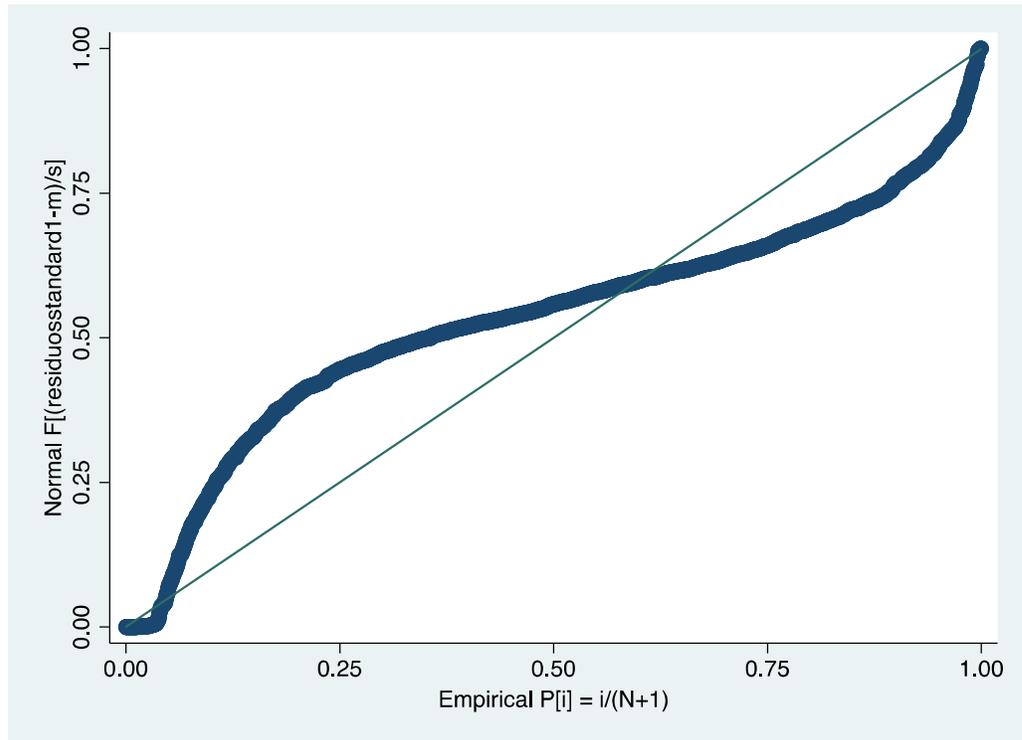
Variable	VIF	1/VIF
VALOR_TASA~N	2.86	0.350213
AREA_EDIFI~A	1.80	0.554835
BARRIO_VAL~O	1.78	0.563095
CANTIDAD_D~S	1.69	0.590740
EDIFICACION	1.44	0.695749
ANTIGUEDAD~S	1.36	0.735262
ESTADO_CON~N	1.34	0.744793
PH	1.33	0.749390
CATEGORIA	1.30	0.770952
CUBIERTA	1.09	0.916147
Mean VIF	1.60	

```
. estat hettest
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
 Ho: Constant variance
 Variables: fitted values of VALOR_COMPRAVENTA

chi2(1) = 1783.22
 Prob > chi2 = 0.0000





```
. sktest residuos1
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	joint	
				adj chi2(2)	Prob>chi2
residuos1	2,106	0.0000	0.0000	.	.

```
. sum residuosstandard1
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
residuosst-1	2,106	.0000858	1.001552	-17.28588	4.155115

```

1 . correlate VALOR_COMPRAVENTA AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS PH ANTIGUEDAD_ANIOS EDIFICACION CUBIERTA
> ESTADO_CONSERVACION CATEGORIA BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO VALOR_TASACION, means
(obs=2,106)

```

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
VALOR_COMP-A	117723.9	55458.09	20967	530000
AREA_EDIFI-A	82.17284	60.44202	0	1519
CANTIDAD_D-S	2.288699	.9056358	1	12
PH	.6704653	.4701559	0	1
ANTIGUEDAD-S	44.16049	27.58248	0	118
EDIFICACION	2.881292	.5057028	1	5
CUBIERTA	7.647198	1.119227	1	8
ESTADO_CON-N	7.133428	2.010838	1	11
CATEGORIA	3.429725	.557437	2	5
BARRIO_VAL-O	42.8433	14.34353	1	62
VALOR_TASA-N	123982.2	57272.98	11336	550000

	VALOR_-A	AREA_E-A	CANTID-S	PH	ANTIGU-S	EDIFIC-N	CUBIERTA	ESTADO-N	CATEGO-A	BARRIO-O
VALOR_COMP-A	1.0000									
AREA_EDIFI-A	0.3859	1.0000								
CANTIDAD_D-S	0.4446	0.5018	1.0000							
PH	-0.1215	-0.3902	-0.1636	1.0000						
ANTIGUEDAD-S	-0.1856	0.0837	0.0768	0.1503	1.0000					
EDIFICACION	0.3471	-0.0580	0.0178	0.1451	0.0378	1.0000				
CUBIERTA	0.0707	-0.1586	-0.0930	0.2069	-0.0071	0.1199	1.0000			
ESTADO_CON-N	0.2733	-0.0860	-0.0736	-0.0389	-0.4265	0.1142	0.0845	1.0000		
CATEGORIA	0.4268	0.1091	0.1428	-0.0032	-0.1301	0.2569	0.0512	0.1357	1.0000	
BARRIO_VAL-O	0.4206	-0.1119	-0.0276	0.2285	-0.1099	0.4954	0.1924	0.1271	0.2706	1.0000
VALOR_TASA-N	0.9549	0.4272	0.4920	-0.1610	-0.2088	0.3391	0.0637	0.2592	0.4549	0.4305

VALOR_-N

VALOR_TASA-N	1.0000
--------------	--------

ANEXO 3 VALIDACION/PREDICCION MODELO 2 “VALOR DE TASACION”

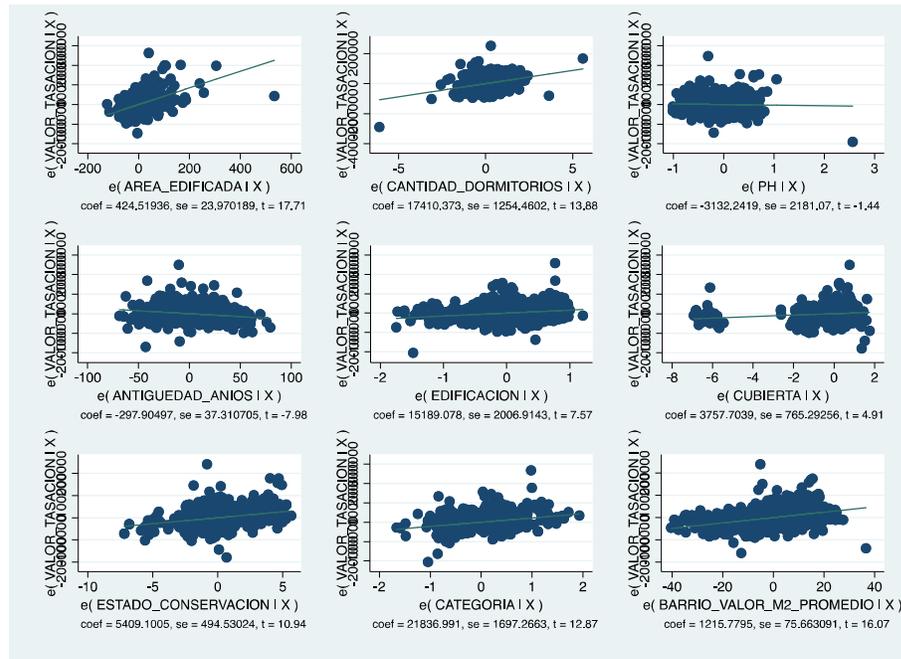
```

. . regress VALOR_TASACION AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS PH ANTIGUEDAD_ANIOS EDIFICACION CUBIERTA EST
> ADO_CONSERVACION CATEGORIA BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO in 1/4177, beta

```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,264
Model	2.8596e+12	9	3.1773e+11	F(9, 1254)	=	324.28
Residual	1.2287e+12	1,254	979792726	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.6995
				Adj R-squared	=	0.6973
Total	4.0882e+12	1,263	3.2369e+09	Root MSE	=	31302

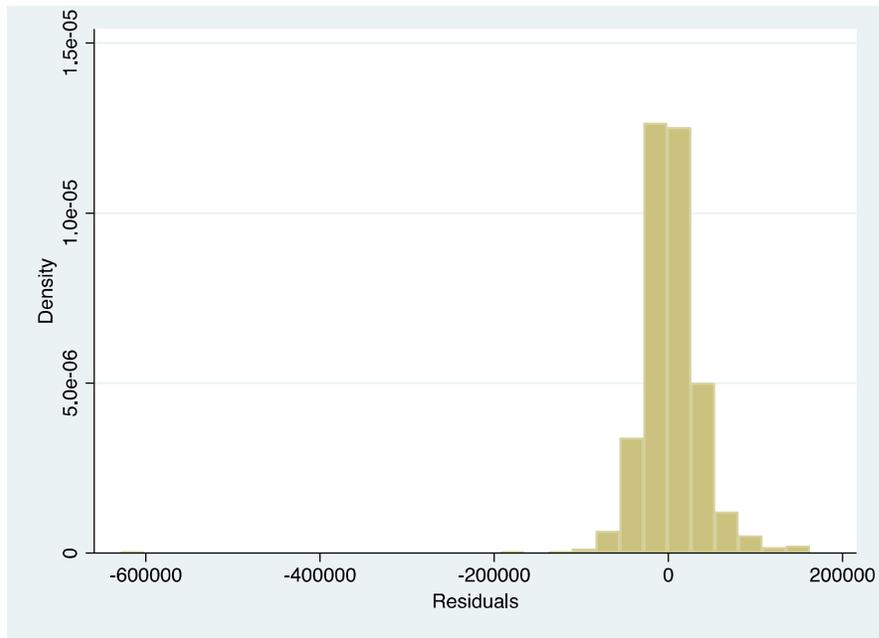
VALOR_TASACION	Coef.	Std. Err.	t	P> t	Beta
AREA_EDIFICADA	424.5194	23.97019	17.71	0.000	.3950415
CANTIDAD_DORMITORIOS	17410.37	1254.46	13.88	0.000	.2780139
PH	-3132.242	2181.07	-1.44	0.151	-.0260189
ANTIGUEDAD_ANIOS	-297.905	37.31071	-7.98	0.000	-.143597
EDIFICACION	15189.08	2006.914	7.57	0.000	.1415667
CUBIERTA	3757.704	765.2926	4.91	0.000	.0792811
ESTADO_CONSERVACION	5409.101	494.5302	10.94	0.000	.19065
CATEGORIA	21836.99	1697.266	12.87	0.000	.2161782
BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO	1215.78	75.66309	16.07	0.000	.3089923
_cons	-174635.8	9191.404	-19.00	0.000	.

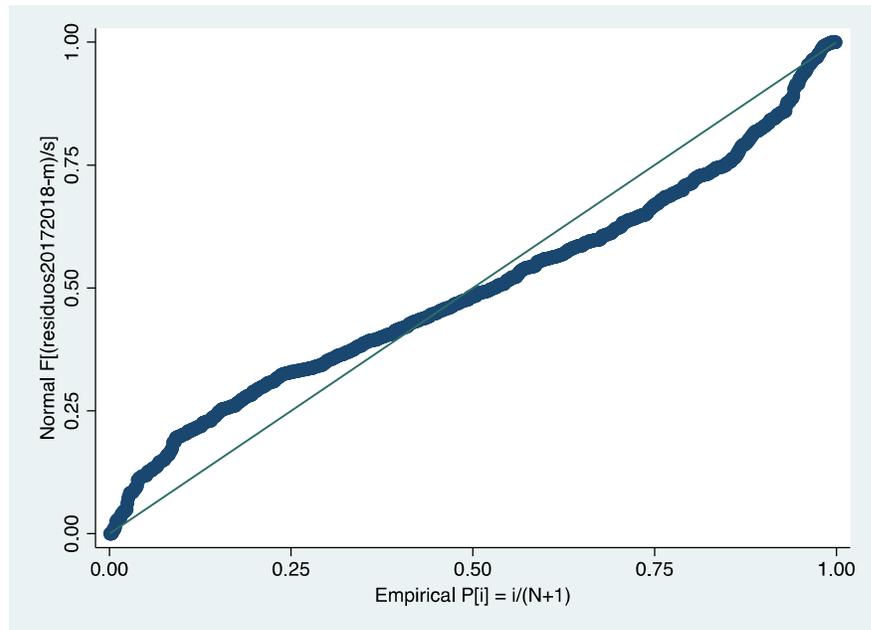
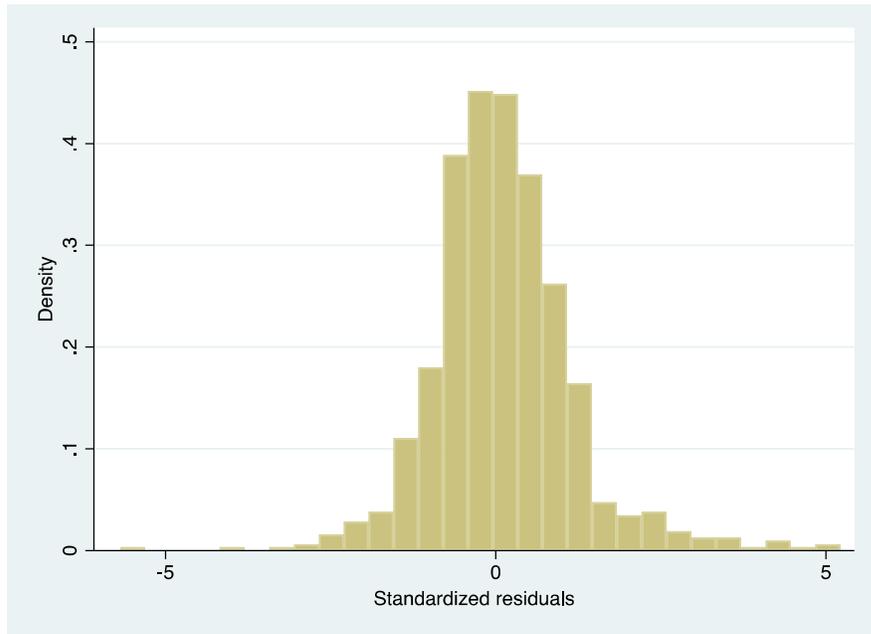


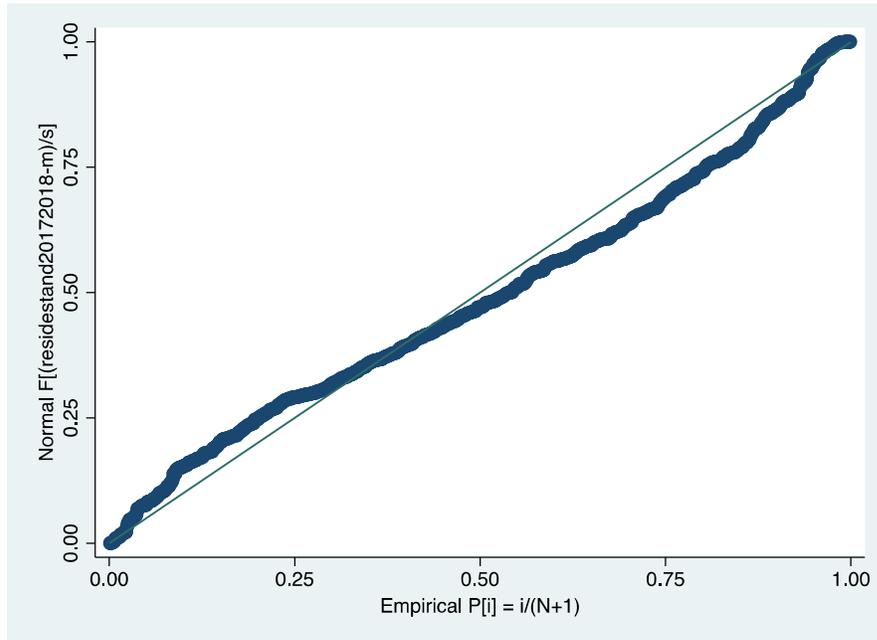
```
. . predict estimados20172018 in 4178/5671, xb
(4,829 missing values generated)

. predict residuos20172018 in 4178/5671, residuals
(4,829 missing values generated)

. predict residestand20172018 in 4178/5671, rstandard
(4,829 missing values generated)
```







```
. summarize residestand20172018 in 4178/5671
```

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
residestan-8	842	.109822	1.063423	-5.685201	5.216757

```
. . correlate VALOR_TASACION AREA_EDIFICADA CANTIDAD_DORMITORIOS BARRIO_VALOR_M2_PROMEDIO EDIFICACION PH AN
> TIGUEDAD_ANIOS CUBIERTA ESTADO_CONSERVACION CATEGORIA in 4178/5671
(obs=842)
```

	VALOR_-N	AREA_E-A	CANTID-S	BARRIO-O	EDIFIC-N	PH ANTIGU-S	CUBIERTA	ESTADO-N	CATEGO-A	
VALOR_TASA-N	1.0000									
AREA_EDIFI-A	0.3744	1.0000								
CANTIDAD_D-S	0.4807	0.3806	1.0000							
BARRIO_VAL-O	0.4469	-0.0627	-0.0054	1.0000						
EDIFICACION	0.3204	-0.0215	0.0276	0.4579	1.0000					
PH	-0.1983	-0.3716	-0.1950	0.2184	0.1681	1.0000				
ANTIGUEDAD-S	-0.2243	0.0246	0.0198	-0.0969	0.0297	0.1788	1.0000			
CUBIERTA	0.0474	-0.1282	-0.0607	0.1866	0.1648	0.2199	-0.0117	1.0000		
ESTADO_CON-N	0.2491	-0.0293	-0.0343	0.1165	0.0825	-0.1259	-0.4371	0.0768	1.0000	
CATEGORIA	0.4313	0.0989	0.1523	0.2626	0.2361	-0.0140	-0.1436	0.0551	0.1361	1.0000

. . sktest residuos20172018 in 4178/5671

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
residuos20-8	842	0.0000	0.0000	.	0.0000

. . sktest residestand20172018 in 4178/5671

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
residestan-8	842	0.0000	0.0000	.	0.0000

. . vif

Variable	VIF	1/VIF
AREA_EDIFI-A	2.08	0.481688
CANTIDAD_D-S	1.67	0.597267
BARRIO_VAL-O	1.54	0.648105
EDIFICACION	1.46	0.684986
PH	1.37	0.730115
ANTIGUEDAD-S	1.35	0.740964
ESTADO_CON-N	1.27	0.788842
CATEGORIA	1.18	0.848909
CUBIERTA	1.09	0.919285
Mean VIF	1.45	

ANEXO 4: COMPARACION ENTRE LAS TASACIONES
EFECTIVAMENTE REALIZADAS EN 2017 Y 2018 CON LO
PREDICHO POR EL MODELO 2 VALOR DE TASACIÓN

Las variables usadas para la evaluación son PRED(0,25), nivel de predicción al 25%, y MMRE, magnitud media del error relativo, definidas en [Conte et al., 1986], y descritas a continuación.

1. Magnitud Media del Error Relativo, MMRE, se define como

$$MMRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i - \hat{e}_i}{e} \right|$$

, donde e es el valor real de la variable, \hat{e} es su valor estimado y n es el número de proyectos. Así si el MMRE es pequeño, entonces tenemos un buen conjunto de predicciones. Un criterio habitual para considerar un modelo como bueno es el de $MMRE < 0,25$.

– El resultado de la MMRE para los valores predichos por el modelo 2 Valor de Tasación es $MMRE = -0,10 < 0,25$. Se concluye que no hay diferencias significativas entre los valores reales de tasación y los estimados por el modelo, por lo que concluimos que el modelo es bueno.

2. Predicción de Nivel 1 -PRED(l)-, donde l es un porcentaje, se define como el cociente del número de casos en los que las estimaciones están dentro del límite absoluto l de los valores reales entre el número total de casos. Por ejemplo $PRED(0.1) = 0,9$ quiere decir que 90% de los casos tienen estimaciones dentro del 10% de sus valores reales; $PRED(0,25) = 0,9$ quiere decir que el 90% de los casos tiene estimaciones dentro del 25% de sus valores reales.

– El resultado de la predicción de nivel 0,25 para los valores predichos por el modelos 2 Valor de Tasación es $PRED(0,25) = 0,71$. Para este trabajo se toma como criterio aceptable un resultado $\geq 0,65$. Se concluye en el 71% de los casos tienen estimaciones dentro del 25% de sus valores reales, por lo que concluimos que el modelo es bueno.

ANEXO 5 MARCO TEÓRICO: ENTORNO CONCEPTUAL – ECONOMÍA DE LA VIVIENDA

I. ECONOMÍA URBANO HABITACIONAL: TEMAS QUE LA CIENCIA ECONÓMICA ADOPTA PARA LA COMPRESIÓN DEL FENÓMENO URBANO

1) Economía de la vivienda: atributo asociado a su localización

a) Es un bien requerido para el consumo como para la inversión en tanto es durable: Esta doble condición complejiza la decisión de los hogares respecto a su demanda.

i) Según O’Sullivan y Gibb (2003), la vivienda es algo difícil de teorizar. Una característica inherentemente compleja, con la rigidez espacial como característica definitoria, y las dimensiones de activos, inversión y consumo a tener en cuenta, la economía de la vivienda sigue siendo un desafío para aquellos que buscan mejoras de equidad y eficiencia para la sociedad hasta nuestros días.

ii) Para Maclennan (1982), los problemas de información son características centrales del mercado de la vivienda, al igual que las externalidades espaciales y los costos de transacción asociados con la movilidad. La demanda de "vivienda" en el mundo real implica necesariamente la demanda de lugar, el acceso a los servicios públicos y privados, y refleja el hecho de que la vivienda es en parte al menos un "bien posicional" (Hirsch 1976). Maclennan incorporó estos factores en su trabajo desde el principio y reconoció las implicaciones para la estructura espacial de los mercados de la vivienda. En consecuencia, el espacio y el lugar ocupan un lugar destacado en todo el trabajo de Maclennan, tanto como una fricción clave para comprender la complejidad de la vivienda y su impacto en el comportamiento del hogar y el mercado. Maclennan ha investigado las implicaciones del espacio en diferentes escalas de mercado de

la vivienda. Una preocupación perdurable ha sido examinar el proceso de cambio de vecindario, dentro del cual los vecindarios se definen como espacios de producción y consumo residencial relativamente abiertos. Maclennan ha buscado a lo largo de su carrera aplicar modelos económicos útiles al problema de interés. Un ejemplo a escala de vecindario ha sido su intento de capturar el cambio de precio de la vivienda en propiedades no mejoradas después de que las propiedades cercanas hayan recibido ayuda financiera para mejorar su tejido, midiendo así la externalidad del vecindario (Maclennan 1993b). En términos más generales, en colaboración con colegas estadounidenses (Grigsby et al., 1987), ayudó a desarrollar un marco integral para descifrar el cambio del vecindario.

b) Decisión de los hogares refiere la elección de la tenencia de la vivienda: como propietario o como inquilino

i) Según Artle y Varaiya (1978) en su artículo sobre Ciclo de vida del consumo y propiedad de la vivienda, analiza los Perfiles de Consumo y la Teoría del Ciclo de Vida. Como objeto del análisis, selecciona un componente particular de la riqueza indivisible, la vivienda residencial; comprar una casa es generalmente la inversión más grande que un hogar hace en su ciclo de vida.

ii) Según Artle y Varaiya, todos los estudios empíricos disponibles, demuestran una fuerte relación entre el estado de propiedad de la vivienda y la etapa en el ciclo de vida, y generalmente sólo un vínculo débil entre la propiedad de la vivienda y el ingreso actual, lo que respalda la teoría del ciclo de vida pura. Por otro lado, el ingreso actual es mucho más significativo, de acuerdo con muchos de esos estudios, como un predictor de la compra de vivienda - dando apoyo a la versión restrictiva de la teoría del ciclo de vida de Tobin. Es así que en su artículo presenta un análisis formal de los efectos de la tenencia (propiedad de vivienda versus alquiler) y su cronología, sobre la forma del perfil óptimo de consumo a lo largo del ciclo de vida. La mayoría de la literatura sobre la teoría del ciclo de vida ignora las restricciones de liquidez y especifica sólo una

restricción de riqueza general. Por lo tanto, investiga cómo cambia el perfil del consumo óptimo del ciclo de vida, si la restricción de liquidez está ausente.

iii) El perfil óptimo del inquilino: Artle y Varaiya analizan y describen cómo la elección de la tenencia (propiedad de la vivienda frente a alquiler) influye en el perfil óptimo del consumo del ciclo de vida. Comienzan con el caso analíticamente más simple: el del consumidor que alquila una unidad de vivienda a lo largo del ciclo de vida. Incluso si las circunstancias del consumidor son tales que, en algún momento del ciclo de vida, se puede obtener un préstamo hipotecario suficiente, el consumidor puede preferir seguir siendo inquilino, a pesar de que, de acuerdo con nuestras suposiciones, el costo de ser propietario es menor que el costo de alquilar. La explicación radica en la restricción de liquidez impuesta. El consumidor debe ahorrar suficiente dinero para realizar el pago inicial requerido. Por lo tanto, el beneficio de un menor costo de la vivienda, en el caso de la propiedad de vivienda, debe sopesarse contra la pérdida de utilidad como resultado de la reducción del consumo al principio del ciclo de vida (y posiblemente no superado por la ganancia del consumo posterior). Por lo tanto, si el factor de descuento subjetivo del consumidor es suficientemente alto, y el salario del consumidor y los activos iniciales son suficientemente bajos, el perfil del inquilino podría ser el óptimo.

iv) El perfil óptimo del propietario: Artle y Varaiya señalan que si el consumidor considera que vale la pena comprar una casa, entonces el perfil óptimo de consumo se describe mejor como una secuencia en tres segmentos de tiempo: un período inicial durante el cual se alquila una casa, y durante el cual el consumidor es obligado a guardar hasta que se haya acumulado al menos el anticipo; un período medio durante el cual el consumidor es propietario de una vivienda; y período final al comienzo del cual se vende la casa, liquidando así el capital social. Dependiendo del tamaño de los activos iniciales del individuo y de la forma del motivo del legado, el período inicial o final puede estar vacío.

c) Modelos simples que relacionan el mercado de inmuebles con el mercado de activos financieros

d) Modelos teóricos que enfatizan en la relación stock-flujo y en el efecto derrame de la inversión en mercados segmentados de las ciudades (filtering down):

i) Si bien se ha pensado durante mucho tiempo que el efecto derrame es el mecanismo principal por el cual los mercados suministran viviendas de bajos ingresos, no ha habido estimaciones directas de ese proceso. Esto ha contribuido a las dudas sobre la viabilidad de los mercados y también a políticas de asistencia a la vivienda erradas/equivocadas, incluida la construcción de viviendas subsidiadas de bajos ingresos en áreas donde las tasas de derrame han sido altas. Stuart S. Rosenthal (2011) estudia la mejor manera de proporcionar asistencia de vivienda para familias de bajos ingresos, para lo cual estima un modelo de "ingresos recurrentes" utilizando datos de panel de 1985-2009. Los resultados indican que la vivienda de alquiler tiene un efecto derrame a una tasa real anual promedio de 2 por ciento. Las tasas de derrame son más bajas para las viviendas ocupadas por propietarios y también varían inversamente con la inflación del precio de la vivienda. Estos hallazgos sugieren que el efecto derrame es una fuente viable de largo plazo de viviendas para personas de bajos ingresos, y especialmente dado que las viviendas de alquiler son el hogar tradicional de los pobres. Según Rosenthal, para la mayoría de los estudios, los hallazgos apoyan a los programas de cupones de vivienda basados en el mercado por sobre la construcción subsidiada.

(1) Según Rosenthal, los defensores de la asistencia a la vivienda deben tener en cuenta los siguientes conceptos. En primer lugar, los responsables de las políticas deben tomar en serio la capacidad del mercado para generar viviendas de bajos ingresos, y especialmente en el sector del mercado de alquiler. En segundo lugar, en la medida en que las tasas a largo plazo de la inflación del precio de la vivienda difieran según las ubicaciones, las tasas de derrame

también serán diferentes y esto puede tener implicancias en la forma deseada de asistencia a la vivienda a nivel local.

(2) En términos más generales, Rosenthal encuentra en su estudio que la inflación de los precios reales de la vivienda a largo plazo ha sido cercana a cero, lo que presumiblemente se debe a las amplias oportunidades para desarrollar terrenos abiertos y/o para intervenir en desarrollos existentes hacia una mayor densidad. Afirma que si ese patrón persiste, como parece probable en la mayoría de las áreas analizadas, entonces el efecto derrame continuará siendo una fuente viable de viviendas para personas de bajos ingresos en las próximas décadas. Esto debilita los argumentos a favor de los programas de construcción de subsidios place-based, y en su lugar apunta a los programas de tipo de vouchers como el vehículo preferido para proporcionar asistencia de vivienda.

ii) Kenett Gibb (2003) ha estudiado el efecto derrame en mercados de vivienda urbana. Los modelos de derrame, con su enfoque en procesos y dinámicas, y la relación entre viviendas nuevas, reformadas y el stock de viviendas usadas (de segunda mano), a menudo están muy alejados de los resultados de equilibrio a largo plazo de la nueva economía urbana. Este tipo de modelo ha sido a menudo la base del trabajo económico aplicado y, por supuesto, tiene un lugar central y controvertido en los debates sobre políticas de vivienda. Gibb (2003) revisa brevemente el desarrollo, la diferenciación y la evaluación de los procesos y modelos de derrame y señala su continua relevancia (la literatura anterior se puede revisar en Maclennan 1982, pp. · 22-35).

(1) Homer Hoyt (1939) proporcionó el primer estudio que podría etiquetarse como “derrame”. Impulsado por los crecientes ingresos y la preferencia por la novedad entre los grupos de alto ingreso, Hoyt sugirió que los hogares más ricos se mudarían a los suburbios de reciente desarrollo. Los barrios anteriormente ocupados serían a su vez reemplazados por el próximo grupo

socioeconómico, desencadenando una serie de vacantes y descendiendo por una jerarquía de ingresos por precios y submercados (Maclennan, 1982).

(2) Además de los fuertes supuestos implícitos y explícitos en este modelo estilizado, abordados por Maclennan y respondidos por una serie de autores como Grigsby (1963), también hubo importantes ramificaciones de política. El proceso de derrame en la forma presentada sugirió que promover el desarrollo del mercado privado de la vivienda para los hogares de altos ingresos podría mejorar la calidad de la vivienda para todos los hogares en todo el sistema de vivienda e implicaba que había razones para subsidiar ese nuevo desarrollo. Lowry (1960) sostiene que la política de vivienda urbana ha sido "embrujada" por las implicaciones de este enfoque (p. · 362).

(3) El modelo de derrame crudo o *laissez-faire* ha sido ampliamente criticado (Robinson 1979, Maclennan 1982, Quigley 1998). En primer lugar, a menudo no está bien definido (Lowry 1960). En segundo lugar, se basa en suposiciones que pueden ser desafiadas empíricamente, por ejemplo, sobre la distribución del ingreso y la ubicación del crecimiento del ingreso, así como sobre las suposiciones sobre el comportamiento de los hogares que no se mueven (Maclennan 1982). En tercer lugar, como dice Lowry, la "efectividad del derrame como un medio para elevar los estándares de vivienda depende de la velocidad del declive del valor en relación con el declive de la calidad" (1960 p. · 364). Si la depreciación ocurre más rápidamente de lo que bajan los precios unitarios (como sugiere mucha evidencia) entonces el proceso de derrame beneficioso no puede ocurrir. En cuarto lugar, como indica Quigley (1998), el comportamiento de la oferta es endógeno. El derrame de las viviendas, por lo tanto, no solo dependerá de los ingresos y preferencias del lado de la demanda y de la depreciación física del lado de la oferta, sino también del entorno regulatorio y las estructuras de costos que enfrentan los proveedores y las demandas heterogéneas de los hogares reales. (p. · xiv). En quinto lugar, desde el punto de vista de las políticas, Maclennan enfatiza que puede haber preocupaciones éticas sobre la focalización de subsidios implícita en el modelo.

Puede exacerbar la descentralización y el derrame puede llevar mucho tiempo para operar en el sistema (especialmente dados los impactos del trading-down en el sistema).

(4) Grigsby (1963) propuso una interpretación diferente del concepto de derrame. Su preocupación era con el derrame como resultado, y buscó desarrollar una mejor comprensión de las relaciones empíricas entre el stock de viviendas, los hogares y las decisiones en movimiento. Grigsby desarrolló un modelo matricial donde los movimientos de los hogares se observan a través de la calidad de la vivienda o rangos de precios. A medida que la matriz del mercado evoluciona con el tiempo, los hogares se mueven alrededor del sistema y esto a su vez tiene efectos reforzadores, al cambiar la combinación de ingresos y el valor promedio de barrios enteros. Usando este enfoque, el estudio de una dinámica más amplia se vuelve posible, por ejemplo, los efectos colaterales, derrames y retro lavados que afectan vecindarios de vivienda después de que tienen lugar choques exógenos o cuando, por ejemplo, se produce regeneración o rehabilitación (reciclajes y reformas) (Maclennan (1982) presenta un buen resumen del enfoque de Grigsby).

(5) Desde una perspectiva muy diferente, Olsen (1968) aborda el derrame a través de su modelo competitivo, que utiliza el dispositivo de una unidad no visible de "servicio" de vivienda. Olsen argumenta que el derrame representa cambios en la cantidad de viviendas, de modo que el filtering up (down) sólo puede tener lugar si la cantidad de viviendas aumentó (disminuyó). El derrame es un proceso mediante el cual la cantidad de servicios de vivienda que produce una vivienda se ajusta al patrón de demanda como resultado de incentivos de ganancias competitivas (p. · 615-16). Para Olsen, el derrame es un mecanismo de mercado esencial que permite a los productores de vivienda maximizadores de beneficios ajustar el comportamiento de la oferta y del mantenimiento para mover el mercado competitivo hacia el equilibrio en términos del precio por unidad de servicio de alojamiento.

(6) De hecho, el uso del enfoque de derrame se ha visto obstaculizado por la falta de claridad sobre cómo debe definirse el concepto. Grigsby et al. (1987, Capítulo 4) identifican diez enfoques diferentes para el derrame en los mercados de vivienda urbana:

(a) Dependiendo de la definición, el derrame es un proceso o conjunto de resultados y, si es éste último, podría implicar, en diferentes combinaciones, cambios o no cambios en: ocupación, ingresos de ocupantes, valor o alquiler de unidades de vivienda, precio por unidades de vivienda o alrededores del vecindario... No es sorprendente que la literatura esté repleta de controversia sobre si el derrame ocurre o funciona "(p.109)

(7) Galster y Rothenberg (1991) también distinguen entre las diferentes formas de derrame, que consideran dentro de un marco de submercado de viviendas diferenciadas por calidad. Primero, cuando los precios relativos caen en un submercado dado, algunos de los hogares que anteriormente se encontraban en submercados de menor calidad ahora pueden estar dispuestos y en condiciones de comerciar con los estratos de mayor calidad, ahora más baratos. Esto se puede llamar derrame de precios. En segundo lugar, la caída de los precios relativos dentro de un submercado también alentará a algunos propietarios a cambiar la calidad de su vivienda para mejorar su tasa de rendimiento, conocida como derrame de viviendas. En tercer lugar, si las viviendas convertidas se concentran espacialmente, los hogares en dichos barrios pueden derramar pasivamente como resultado de la externalidad espacial en el valor total del paquete de vivienda. En cuarto lugar, más allá del corto plazo, estos cambios inducidos por los precios conducirán a una dinámica parecida al derrame en submercados relacionados a través de cambios en los precios, los movimientos de los hogares y las conversiones de calidad.

(8) Se pueden ver elementos del enfoque de derrame en muchos modelos de viviendas urbanas (Sweeney 1974; de Leeuw y Struyck 1975; Ingram 1979; Anas y Arnott 1991; Rothenberg et al 1991; McDonald 1997). La discusión de

estos procesos continúa (Somerville y Holmes 2001). El valor inherente del concepto de derrame, como proceso y resultado, lo convierte en una herramienta importante para la investigación del mercado de la vivienda urbana. Sin embargo, el verdadero potencial del concepto aún no se ha realizado plenamente.

e) Las políticas públicas de vivienda que buscan atraer la participación del sector privado en la construcción de vivienda de interés social en razón de las características particulares de los mercados de vivienda.

i) Según O'Sullivan y Gibb (2003), una cuestión específica relacionada con el precio de la vivienda es la de los subsidios a la vivienda: su definición, medición e impacto (sin mencionar su razón de ser). A menudo, estos toman la forma de concesiones fiscales. En los últimos 20 años se ha realizado un trabajo considerable en esta área, tras una crítica temprana de los efectos de eficiencia y equidad de tales subsidios (en el contexto del Reino Unido véase, por ejemplo, Robinson 1981; Maclennan y Wood 1982b; Maclennan y O'Sullivan 1987; Sullivan 1984, 1987). Sin embargo, muchas subvenciones a la vivienda, particularmente en un contexto europeo, se han vinculado a la provisión directa a través de viviendas públicas o sociales. Esto ha planteado problemas no sólo sobre las implicaciones de bienestar de los precios de la vivienda, sino también sobre la eficiencia comparativa de la provisión pública frente a la privada. Con respecto a los precios en sí, se ha desarrollado una considerable literatura, a la cual Maclennan ha contribuido (Atkinson y King 1980, Gray y colaboradores 1981, Ericsson 1984, Hills 1991, 2000, Maclennan 1986b).

ii) En la cuestión de la provisión pública versus privada, los proveedores de vivienda tradicionalmente no mercantiles han operado a través de jerarquías burocráticas, brindando una rica oportunidad para aplicar los conceptos y las percepciones de los costos de las transacciones Coasianas desde el trabajo más amplio de Oliver Williamson a los detalles de la eficiencia organizativa en la vivienda pública. Maclennan contribuyó a dicho análisis a finales de la década

de 1980 al considerar la eficiencia comparativa de diferentes proveedores de vivienda en el Reino Unido (Center for Housing Research 1989).

2) Economías de aglomeración: la dimensión espacial para comprender la distribución concentrada de población y actividad económica en el espacio.

3) El mercado del suelo urbano y su relación con el mercado de vivienda: distribución de la actividad económica y de la población dentro de una ciudad

4) Regulación del suelo urbano y financiamiento de la ciudad: La intervención del gobierno, a través de la regulación del suelo, de la inversión que realiza o del financiamiento de los servicios que presta, tiene un impacto significativo en la ciudad.

a) Según Brueckner (2014), la cuestión de la inseguridad de la tenencia en los países en desarrollo, esta asociada a la economía de la ocupación ilegal desde perspectivas teóricas y empíricas. Ocupaciones ilegales son en parte una respuesta a la asequibilidad de la vivienda limitada en los países en desarrollo.

i) Tras una comparación macro orientada de la inversión en vivienda en países de bajos y altos ingresos, la discusión argumenta que las políticas equivocadas de gestión de la tierra en el mundo en desarrollo a menudo limitan la asequibilidad de la vivienda, al tiempo que señala que los servicios públicos urbanos deben ser parte de un paquete de vivienda.

ii) De manera más general, distinguir entre urbanización, por un lado, y desarrollo urbano, por otro, puede ser beneficioso para comprender la experiencia de los países en desarrollo. Esta visión implica que la urbanización es un proceso complicado, donde los aumentos en la densidad de población preceden a las inversiones fijas necesarias para alojar, transportar y dar servicio a la población urbana. Para gestionar este proceso complicado, es necesario identificar políticas beneficiosas o cambios de política que puedan ser

implementados por países con capacidades administrativas y financieras limitadas. Tres instancias son particularmente relevantes.

(1) Primero, la administración de la tierra debe mejorarse eliminando aquellas políticas que inadvertidamente aumentan el costo de la vivienda.

(2) En segundo lugar, la provisión de infraestructura urbana debe gestionarse de manera más efectiva a fin de mejorar la prestación de los servicios públicos.

(3) En tercer lugar, la inversión en vivienda puede ser impulsada por mejoras en el mercado de capitales, que también deberían ser un objetivo de política. Dado que la inseguridad de la tenencia inhibe el desarrollo de los mercados hipotecarios, los pasos para acelerar el proceso de transmisión de títulos a los residentes en viviendas formales podrían estimular el desarrollo de los mercados hipotecarios, desencadenando un aumento de la inversión en vivienda financiado por las hipotecas. Otorgar títulos a ocupantes ilegales y otros residentes informales tendría un efecto paralelo.

II. POLÍTICAS SOCIALES Y URBANO-HABITACIONALES Y SU RELACIÓN CON EL ESTADO DE BIENESTAR. INCIDENCIA DE ASPECTOS DE INTEGRACIÓN Y HETEROGENEIDAD SOCIO-TERRITORIAL EN LA ESTRUCTURA DE OPORTUNIDADES DE LAS PERSONAS:

La literatura y mejores prácticas sugieren como objetivo de política urbano-habitacional promover la mejora de la integración y heterogeneidad socio-territorial en la estructura de oportunidades de las personas a través de políticas que procuren contrarrestar los efectos no deseados de la ampliación de la mancha urbana existente en zonas periféricas, actuando en zonas céntricas procurando su revitalización.

En zonas periféricas se evidencia fragmentación socio urbana con déficit en su estructuración y equipamientos urbanos, y ausencia de espacios públicos acondicionados para la recreación y esparcimiento.

La política debiera procurar lograr la integración social con heterogeneidad social en el territorio, lo que enriquece las estructuras de oportunidades de las familias.

Las intervenciones de política urbano-habitacional deben contribuir también a revertir el proceso de densificación de la ciudad periférica y la expansión de la mancha urbana con baja densidad y precarios servicios de infraestructura urbana.

Para esto, la literatura indica la necesidad de contar con importantes inversiones públicas y privadas y con políticas continuas y potentes que cumplan con los siguientes objetivos de política:

- fortalecimiento de la política de garantías de alquiler para hogares de bajos ingresos,
- impulsar la mayor inversión posible para proveer préstamos blandos orientados a la reparación de viviendas existentes y la compra de vivienda usada,
- control de las expansiones de las manchas urbanas de las ciudades existentes,
- la densificación urbano-habitacional de la ciudad intermedia con sus correspondientes servicios,
- mejorar la movilidad urbana en su acceso universal, y en la eficacia y eficiencia de los propios servicios de transporte colectivo, tanto para el traslado al empleo como para acceder a los espacios de ocio,
- y el mejoramiento de los espacios públicos en la ciudad de altos ingresos.

Las densidades debieran ser mayores para que la ecuación urbano-habitacional resulte apropiada, ya que la mayor densidad facilita el logro de mejores calidades espaciales y ambientales.

Todos estos objetivos se encuentran detrás de la política implementada que se analiza en este trabajo y fundamentan la definición de la localización de la intervención para lograr los objetivos de consolidación de ciudades compactas en línea con los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

III. MODELOS DE PRECIOS HEDÓNICOS:

Según O'Sullivan y Gibb (2003), definir el producto 'vivienda' es un tema básico en la conceptualización de la demanda de vivienda, el suministro y el 'mercado' de la vivienda. Igualmente fundamental es obtener un manejo adecuado del concepto del "precio" de la vivienda. Con el tiempo, el análisis hedónico se ha convertido en el enfoque elegido para la mayoría de los economistas, pero tiene algunas limitaciones bastante importantes. Estos ciertamente no invalidan el uso de esta técnica, pero indican la necesidad de tener cuidado en su aplicación. Maclennan, que ha utilizado la técnica con frecuencia en su trabajo, proporcionó un resumen temprano y convincente de estas limitaciones (Maclennan 1977b).

Stephen Malpezzi revisa la investigación sobre una de las herramientas más importantes en economía de la vivienda: modelos de precios hedónicos. Existe una voluminosa literatura relacionada con la construcción del índice de precios de la vivienda y un campo de trabajo más pequeño que examina la demanda subyacente de atributos individuales. Malpezzi (en O'Sullivan y Gibb (2003)) ofrece una exposición clara de los problemas conceptuales y empíricos fundamentales que a menudo se ignoran al emprender el trabajo aplicado en esta área. En particular, considera el problema de la forma funcional (no hay una forma funcional a priori obvia para adoptar y la que se elige suele basarse únicamente en la conveniencia). Malpezzi revisa los problemas econométricos

asociados con la identificación, la falta de especificación, la falta de solidez de los coeficientes, la no linealidad y las tendencias de desequilibrio.

Malpezzi proporciona una visión general de las principales aplicaciones del análisis hedónico en la vivienda e identifica las áreas que pagarían más estudios. Se basa en el trabajo de Maclennan (1977b) para sugerir, dada la continua dependencia de la economía de la vivienda en esta clase de modelos, que los modelos hedónicos deberían tener tres características: su uso en cualquier aplicación específica debería tener una base teórica firme; su especificación debe ser completa y si no las consecuencias prácticas deben ser exploradas por completo; y, quizás lo más importante, el diseño de un modelo de fijación de precios debería ser adecuado para su propósito previsto. Estas recomendaciones son pertinentes a una literatura que con demasiada frecuencia se consume en una batalla estéril entre los protagonistas de diferentes escuelas de índices, cuyo rendimiento no siempre es estrictamente comparable.

Ejemplos de aplicaciones

Uno de los primeros y aún más importantes usos de los modelos hedónicos es hacer mejoras generales en los índices de precios de la vivienda, ya sean series de tiempo, place-to-place, o índices de precios de datos de panel. Se han llevado a cabo algunos estudios hedónicos para construir índices de precios de vivienda de propósito especial, por ejemplo, para mejorar la medición de los umbrales de pobreza (Short et al.1999).

Los precios hedónicos también han sido examinados dentro de las ciudades. Además de las pruebas de submercado discutidas, se han llevado a cabo muchas pruebas del 'modelo urbano estándar' de Alonso, Muth y Mills. El modelo estándar predice un patrón de precios en general decreciente con la distancia desde el centro de la ciudad. Los modelos en competencia basados en servicios localizados y modelos con centros múltiples tienen otras predicciones. Tal vez, como era de esperar, los resultados para el "modelo

estándar" son mixtos; aunque hay algunas tendencias generales para que los precios de la vivienda caigan con la distancia del CDB, los servicios y los subcentros generalmente también juegan un papel importante.

Los modelos hedónicos también se han utilizado para desarrollar medidas de calidad ambiental. Un enfoque común es examinar si los precios de la vivienda aumentan cuando están cerca de "bienes" ambientales, o si caen cuando están cerca de "males".

Se han realizado muchos otros estudios interesantes que se centran en las interpretaciones de los coeficientes individuales. Siempre se debe tener cuidado al interpretar los coeficientes individuales a la luz de los problemas de especificación discutidos. Con esta advertencia, varios estudios han examinado las diferencias raciales, étnicas y socioeconómicas en los precios de la vivienda. Otros estudios han utilizado coeficientes de la edad hedónica para medir la depreciación.

Los precios hedónicos se han aplicado a las unidades de tasa de mercado y luego se han utilizado para establecer precios de unidades subsidiadas o provistas públicamente, a fin de calcular los costos y beneficios de los diferentes programas de subsidio de vivienda. Olsen y Barton (1983), Buchel & Hoesli (1995), De Borger (1986), Quigley (1982a), Satsangi (1991), Turner (1997), Gibb y MacKay (2001) y Willis y Cameron (1993) son representantes ejemplos. Estrechamente relacionados están los estudios que llevan a cabo un costo-beneficio regulatorio, que incluye el control del alquiler; por ejemplo, Olsen (1972), Malpezzi (1998) y Willis y Nicholson (1991).

Otro uso importante de los modelos hedónicos es la evaluación de unidades de vivienda individuales. Tasadores y otros profesionales del mercado inmobiliario utilizan cada vez más modelos hedónicos. Se pueden utilizar para mejorar la práctica profesional de tasadores y peritos (Dubin 1998), o para llevar a cabo una evaluación masiva de los impuestos a la propiedad y otros fines públicos.

Los modelos hedónicos también se utilizan para examinar la capitalización de una amplia gama de servicios, así como los costos. Una de las primeras literaturas en este sentido se desarrolló para estudiar si las tasas impositivas locales diferenciales se capitalizaban en precios de la vivienda.

Por último, a pesar de los problemas discutidos, muchos estudios han tratado de recuperar parámetros de demanda (y, a veces, parámetros de oferta y demanda) para las características de la vivienda individual o grupos de características.

Algunas conclusiones

Una forma alternativa de pensar en modelos hedónicos es un proceso de dos etapas de un tipo diferente: las muestras utilizadas para la estimación hedónica no son necesariamente extracciones aleatorias de la población de viviendas, sino que son muestras seleccionadas (especialmente cuando se utilizan bases de datos basadas en transacciones). Ermisch et al. (1996), Jud y Seaks (1994) y Clapp et al. (1991) son ejemplos de estudios que abordan cuestiones de selección.

En términos de forma funcional, una de las áreas de vanguardia es evitar por completo las formas paramétricas. Pero quizás una de las áreas más interesantes para extender los modelos hedónicos es hacer uso de la estructura espacial de los datos, utilizando la tecnología emergente de los sistemas de información geográfica y la auto correlación espacial. Entre otras contribuciones recientes en esta área, ver Can (1992), Dubin (1992), Pace & Gilley (1997), Basu y Thibodeau (1998), Gillen et al. (2001) y Thibodeau (2002). Thibodeau (2002), por ejemplo, encuentra una mejora de aproximadamente el 20% en el ajuste de modelos hedónicos usando estas técnicas. Especialmente en aplicaciones relacionadas con la evaluación masiva, estas técnicas son extremadamente prometedoras.

Sin embargo, también hay un sinnúmero de aplicaciones que podrían no considerarse técnicamente de vanguardia, que no se han hecho, pero que son

terriblemente útiles. Muchos programas y políticas de vivienda aún no se han sometido a un riguroso análisis de costo-beneficio. La mejora de los sistemas de evaluación masiva sigue siendo importante; por ejemplo, Rusia se está embarcando en el desarrollo de un sistema de valoración para todas las propiedades en todo el país.

Si bien se han citado estudios hedónicos individuales de todos los continentes, hay un claro margen para hacer más y mejores comparaciones internacionales de los precios de la vivienda. Recientemente ha habido un resurgimiento en las comparaciones entre países, en parte impulsadas por el proyecto de Indicadores de Vivienda y Desarrollo Urbano del Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Angel (2000) y Malpezzi y Mayo (1997) presentan datos y comparaciones, pero en general se basan en la mediana simple de los precios de vivienda de ciudades seleccionadas; un análisis más cuidadoso, incluida la estimación de modelos hedónicos entre países, queda por hacer. Una cuestión de importancia fundamental para el trabajo hedónico futuro es la recopilación de más y mejores datos para la estimación hedónica (así como otros tipos de análisis de vivienda). Por ejemplo, todavía se necesitan buenos datos de referencia en muchos países. Las guías para una mejor recopilación de datos de vivienda incluyen Malpezzi y Mayo (1994) y Malpezzi (2000).

ANEXO 6 MODELOS TEÓRICOS: PROCESOS URBANOS Y FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN

El modelo de Von Thünen

La decisión de localización se realizará optimizando las variables: accesibilidad, costo del suelo y tamaño de la vivienda respecto a la utilidad total del individuo.

Según el modelo monocéntrico desarrollado por Von Thünen (Camagni 2005), las decisiones de localización se realizan optimizando el costo de acceso al centro (en términos de tiempo y de dinero) y el tamaño de la vivienda, bajo la hipótesis de que a medida que se aleja del centro, el metro cuadrado de suelo es más barato, y a su vez desplazarse desde la periferia al centro para acceder al trabajo o a los servicios tiene mayores costos.

Una variación del modelo de Von Thünen es el modelo de urbanización en círculos concéntricos. Ofrece un análisis temporal de la evolución de las ciudades, las zonas de mayor valor se desplazan sucesivamente desde el centro a la periferia de manera concéntrica. La cercanía al centro y a los servicios compete con el acceso a servicios más modernos y seguramente la mejor conservación de los edificios de vivienda. *La calidad del vecindario y el deterioro de las zonas céntricas aparecen como determinantes de la formación de precios de la vivienda.*

El Modelo de Charles Tiebout (1956) en su artículo ‘A Pure Theory of Local Expenditures’: Bienes públicos locales y decisiones de localización de las familias

El modelo de Tiebout (1956)¹³ hace referencia a las *condiciones en que se encuentra el entorno donde se ubica la vivienda*, no tiene relación necesariamente con la distancia al centro. Integra el concepto de *externalidades negativas y positivas*

¹³ Tiebout, Ch. (1956) A Pure Theory of Local Expenditure. The Journal of Political Economy, Vol 64. No. 5, pp 416-424.

derivadas del análisis del uso del suelo industrial y las *condiciones medioambientales del entorno donde se ubica la vivienda*. Se incorporan a los factores que determinan el precio de la vivienda la *localización en la ciudad en relación a otros focos de interés, como pueden ser ambientales y sociales*. Se destacan los estudios que analizan *la calidad del barrio en términos socioeconómicos*, donde el *perfil económico, racial, cultural o religioso del barrio determina la demanda por vivienda y en última instancia los precios de las mismas*. Otras *externalidades* pueden ser la *cercanía a servicios educativos, de salud, de seguridad*, y entre las negativas podemos citar la *cercanía a asentamientos irregulares o a fábricas contaminantes*. Se trata de externalidades pecuniarias que pueden ser valoradas por su efecto en el precio de los bienes.

ANEXO 7 MODELOS DE FIJACIÓN DE PRECIOS
HEDÓNICOS: UNA REVISIÓN SELECTIVA Y APLICADA:
MALPEZZI (EN O’SULLIVAN Y GIBB (2003))

¿Qué es un índice de precios hedónico?

A continuación, recogemos los conceptos de Malpezzi (en O’Sullivan y Gibb (2003)), según quien el método de ecuaciones hedónicas es una manera en que los gastos en vivienda pueden descomponerse en precios y cantidades mensurables, de modo que las rentas para diferentes viviendas o para viviendas idénticas en diferentes lugares pueden predecirse y compararse. En su forma más simple, una ecuación hedónica es una regresión de los gastos (rentas o valores) en las características de la vivienda. Las variables independientes representan las características individuales de la vivienda, y los coeficientes de regresión pueden transformarse en estimaciones de los precios implícitos de estas características.

LA ECUACIÓN HEDÓNICA FUNDAMENTAL

Las regresiones hedónicas son básicamente regresiones de la renta o del valor de la casa en comparación con las características de la unidad que determinan la renta o el valor. La regresión hedónica asume que uno conoce los determinantes de la renta de una unidad:

$$(1) \quad R = f(S, N, L, C, T)$$

donde

R = renta/alquiler (sustituto V, valor, si se estiman índices de precios hedónicos para, por ejemplo, propietarios usando datos de ventas);

S = características estructurales;

N = características del vecindario;

L = ubicación dentro del mercado;

C = condiciones o características del contrato, tales como si los servicios están incluidos en el alquiler; y

T = el tiempo en que se observa el alquiler o el valor.

Malpezzi (en O'Sullivan y Gibb (2003)) se refiere a un modelo hedónico como un modelo de "ecuación única" o la "primera etapa" de un modelo de "dos etapas". Los modelos de dos etapas intentan ir más allá de la estimación inicial de una superficie de precio hedónico, y en la segunda etapa recuperan los parámetros de oferta y demanda estructurales para las características de la vivienda individual.

Colapsando los vectores S, N, L y C en un vector X más grande por el momento puramente por conveniencia de notación, y adoptando una forma funcional semilogarítmica común (pero a veces criticada, véase a continuación), (5.1) puede reescribirse de forma compacta como:

$$(2) R = e^{X\beta\epsilon}$$

para que

$$(3) \ln R = X\beta + \epsilon$$

y estimamos:

$$(4) \ln R = Xb + e$$

donde β y ϵ son, los parámetros verdaderos desconocidos, y b y e son estimaciones reales.

Ahora, por las propiedades de los logaritmos, la renta prevista de una unidad se puede calcular como $R = e^{xb}$; el precio de un atributo individual, X_1 , en un nivel dado de X_1 , dado el nivel de los *otros* $m-1$ atributos, $X_{i \neq 1}$, se puede calcular en unidades monetarias (dólares por ejemplo) como:

$$(5) P = e^{xb}$$

Observe que con tal especificación logarítmica, el precio en dólares de X_1 , o cualquier otra característica individual, varía con el nivel de X_1 , así como con el nivel de otros X_i . Los precios no son lineales, un punto importante a tener en cuenta.

MODELOS HEDÓNICOS DE "SEGUNDA ETAPA": RECUPERACIÓN DE PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Gran parte de la literatura hedónica se centra en la relación hedónica básica discutida en los párrafos precedentes. Sin embargo, como ponen de manifiesto los documentos discutidos a continuación por Rosen y otros, la ecuación hedónica discutida anteriormente es una forma reducida. Bajo ciertas hipótesis, las ecuaciones hedónicas también admiten una interpretación estructural: por ejemplo, si la oferta de todas y cada una de las características es perfectamente elástica, los coeficientes hedónicos revelan la demanda de esas características. Pero en la mayoría de los contextos del mundo real, una hipótesis tan estricta es insostenible. Varios documentos intentan recuperar parámetros estructurales de demanda y oferta; o al menos la demanda de las características.

Específicamente, dado que los precios en dólares varían dentro de una muestra, si el nivel de las características también varía, se puede usar esta variación para estimar las elasticidades precio de los coeficientes individuales. Por ejemplo, una especificación que se ha utilizado en una serie de papers es suponer un modelo de demanda lineal en la segunda etapa, después de una primera etapa hedónica logarítmica. No es raro colocar precios de cada característica en el lado izquierdo, es decir, asumir una relación de demanda inversa, y luego estimar una ecuación para cada característica, de la forma:

$$\begin{aligned}
P_{1i} &= D_i \alpha_1 + S_i \gamma_1 + \mu_{1i} \\
P_{2i} &= D_i \alpha_2 + S_i \gamma_2 + \mu_{2i} \\
&\vdots \\
(6) \quad P_{mi} &= D_i \alpha_m + S_i \gamma_m + \mu_{mi}
\end{aligned}$$

donde $P_{1i} = e^{x_i}$ como antes. Notar que el precio monetario de cada una de las m características variará de una observación a la siguiente (variará con i) debido a la propiedad de la determinación conjunta de los precios discutidos anteriormente. Provisto con esta variación en el precio, la estimación de la demanda puede continuar.

Papers como Follain y Jiménez (1985b) y Witte, Sumka y Erekson (1979) presentan estimaciones de la demanda de las características de la vivienda a partir de dichos modelos. Los vectores D y S representan cambios exógenos de la demanda y la oferta, como el ingreso o los costos de los insumos (generalmente, la tierra). Con frecuencia, se supone que la oferta es elástica, por lo que sólo se incluyen los cambios en la demanda, como el ingreso familiar o el tamaño de la familia, que están más disponibles. Por lo tanto, un conjunto de datos prototípico para la primera etapa incluiría datos a nivel del hogar sobre alguna variable dependiente como el precio de alquiler o de venta; y en las características S , N , L y C . El conjunto de datos prototípicos para la segunda etapa agregaría información sobre el nivel de la demanda y oferta del hogar/unidad frente a cambios exógenos. A veces, los datos a nivel de barrio se agregan a datos a nivel de hogar.

Un punto ahora bien comprendido por los profesionales más experimentados, pero sólo discutido ocasionalmente en la literatura, es cuán central es el papel de la forma funcional en la configuración para la mayoría de las demandas de dos etapas para los modelos de características. Considere que si la regresión hedónica de la primera etapa fuera lineal, no habría variación en los precios característicos dentro de la muestra, y por lo tanto no habría un sistema de segunda etapa para estimar. De hecho, es la *diferencia* entre las formas

funcionales hedónicas y las formas funcionales de demanda de segunda etapa lo que hace que dichos sistemas sean potencialmente estimables. Este punto fue claramente planteado por la crítica perspicaz de Nelson (1982a) del temprano estudio ejemplar de Witte, Sumka y Erekson (1979). Witte et al. (WSE) estimaron las funciones hedónicas logarítmicas y de demanda logarítmicas; Nelson demostró que estos no eran, de hecho, estimables, y Nelson sugiere que el hecho de que WSE obtuviera estimaciones numéricas fue, paradójicamente, debido a un error de redondeo. Por otro lado, los modelos que implican (digamos) ecuaciones hedónicas logarítmicas de primera etapa y ecuaciones lineales de demanda de segunda etapa pueden ser estimables (aunque sujetas a los problemas restantes que se analizan).

PROBLEMAS DE ESPECIFICACIÓN

Elección de la variable dependiente

En primer lugar, la elección de la variable dependiente consiste en elegir el alquiler o el valor de la vivienda. El término "precio de la vivienda" a menudo se utiliza de forma general como sinónimo de "valor de la vivienda", cuando, por supuesto, es un verdadero "precio" sólo en condiciones especiales. Pero el uso está tan arraigado que incluso los economistas de la vivienda generalmente confían en el contexto para mantener el significado claro.

Los "precios" de venta recientes (valores de viviendas de transacciones recientes observadas) tienen algunas ventajas obvias como variables dependientes. Los datos de transacciones recientes pueden presentar un menor sesgo potencial y una mayor precisión potencial que las autoevaluaciones de los ocupantes o propietarios. Pero las ventas recientes no son necesariamente un sorteo al azar del total de viviendas. Si el propósito es indexar el mercado de unidades disponibles, esto puede no ser de gran preocupación, pero si el propósito es indexar el stock total, debemos preocuparnos por el posible sesgo de selección. Varios artículos como Gatzlaff y Haurin (1997) han probado la

presencia de tales sesgos. Los test estadísticos a menudo rechazan el nulo, pero hasta ahora la mayoría de los estudios han encontrado que la magnitud del sesgo es modesta.

Selección de variables independientes

Hay literalmente cientos de posibles características de vivienda que podrían incluirse en el lado derecho. Butler (1982) y Ozanne y Malpezzi (1985) muestran que, desafortunadamente, las estimaciones de los coeficientes no son robustas con respecto a las variables omitidas. Pero, curiosamente, la misma correlación entre las variables omitidas y las variables incluidas que sesgan las estimaciones de los coeficientes individuales puede, y a menudo, ayuda a mejorar la predicción a partir de un modelo "disperso". Esto sugiere que las aplicaciones hedónicas que se basan en predicciones generales, (como los índices de precios place-to-place, o el análisis de costo-beneficio de los subsidios de vivienda), pueden avanzar rápidamente, incluso cuando los papers que depositan confianza en la interpretación de los coeficientes individuales deben interpretarse con más cautela .

Si bien la teoría no es una gran guía, la experiencia de muchos estudios sugiere que, cualquiera que sea el propósito, un conjunto completo de datos incluiría lo siguiente:

- habitaciones, a nivel agregado, y por tipo (dormitorios, baños, etc.)
- superficie construida de la unidad
- tipo de estructura (unifamiliar, adjunta (propiedad horizontal) o separada (padrón único), si es multifamiliar la cantidad de unidades en la estructura, cantidad de plantas)
- tipo de sistemas de calefacción y refrigeración
- edad de la unidad
- otras características estructurales, como la presencia de sótanos, chimeneas, garajes, etc.
- principales categorías de materiales estructurales y calidad de acabado

- variables del vecindario, tal vez una calificación (rating) general del vecindario, calidad de las escuelas, características socioeconómicas del vecindario
- distancia al distrito central de negocios (área o barrio céntrico), y quizás a los subcentros de empleo; acceso a tiendas, escuelas y otros servicios importantes
- características del inquilino que afectan los precios: duración de la tenencia (especialmente para inquilinos), si los servicios públicos están incluidos en el alquiler; y posiblemente características raciales o étnicas (si se supone que afectan el precio por unidad de servicios de vivienda que enfrenta el ocupante)
- fecha de recopilación de datos (especialmente si los datos se recopilan en un período de meses o años).

Sin embargo, esta lista, aunque todavía incompleta, también es general. Hocking (1976), Amemiya (1980) y Leamer (1978) se encuentran entre las guías útiles para la selección real de variables.

Forma funcional en general

No existe una base teórica sólida para elegir una forma funcional específica para una regresión hedónica (véase Halvorsen y Pollakowski (1981) y Rosen (1974)). Follain y Malpezzi (1980b), por ejemplo, probaron una forma funcional lineal así como también una especificación log-lineal (también conocida como semi-log). Pero encontraron que la forma log-lineal tenía una serie de ventajas sobre la forma lineal, que se detalla a continuación.

La forma log-lineal fue definida:

$$\ln R = \beta_0 + S\beta_1 + N\beta_2 + L\beta_3 + C\beta_4 + \varepsilon$$

donde $\ln R$ es el logaritmo natural del alquiler imputado, S, N, L y C son características estructurales, de vecindario, de ubicación y de contrato de la vivienda, y β_i y ε son los coeficientes de regresión hedónicos y el término de error, respectivamente.

La forma log-lineal tiene cinco cosas para recomendarla. Primero, el modelo semi-log permite la variación en el valor en dólares de una característica particular, de modo que el precio de un componente depende en parte de las otras características de la casa. Por ejemplo, con el modelo lineal, el valor agregado por un tercer baño a una casa de un dormitorio es el mismo que se agrega a una casa de cinco habitaciones. Esto parece poco probable. El modelo semi-log permite que el valor agregado varíe proporcionalmente con el tamaño y la calidad del hogar.

En segundo lugar, los coeficientes de un modelo semilogarítmico tienen una interpretación simple y atractiva. El coeficiente puede interpretarse como aproximadamente el cambio porcentual en la renta o el valor dado un cambio de unidad en la variable independiente. Por ejemplo, si el coeficiente de una variable que representa el aire acondicionado central es 0.219, entonces agregarlo a una estructura agrega aproximadamente 22% a su valor o su renta. (En realidad, la interpretación porcentual es una aproximación, y no es necesariamente precisa para las variables dummy. Halvorsen y Palmquist (1980) muestran que una aproximación mucho mejor del cambio porcentual viene dada por $e^b - 1$, donde b es el coeficiente estimado y e es la base de los logaritmos naturales. Por lo tanto, una mejor aproximación es que el aire acondicionado central agregará $\exp(0.219) - 1 = 24\%$.)

En tercer lugar, la forma semilogarítmica a menudo mitiga el problema estadístico común conocido como heterocedasticidad (heteroskedasticity), o cambio de la varianza del término de error. En cuarto lugar, los modelos semilogarítmicos son computacionalmente simples y muy adecuados para los ejemplos. El único riesgo endémico de la forma semilogarítmica es que el anti-log del precio log pronosticado de la vivienda no da una estimación imparcial del precio previsto. Sin embargo, esto puede solucionarse con un ajuste (ver Goldberger 1968). Por último, es posible crear flexibilidad en la especificación en el lado derecho, utilizando variables dummy (o indicadores), splines

(ranuras?) y similares (de aquellos mas brevemente). Esto permite una buena cantidad de flexibilidad en la estimación, incluso con la forma semilogarítmica.

Sin embargo, algunos autores han recomendado formas más flexibles que el semi-log. Una forma flexible común es la forma funcional translog, sugerida por Christensen et al. (1973):

$$\ln R = \beta_0 + \sum_m \beta_m \ln X_m + \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} \ln X_m \ln X_n$$

donde $\ln R$ representa nuevamente el logaritmo de la renta (el valor puede ser sustituido), y hay m características denotadas como X . Los ejemplos de la forma de translog pueden encontrarse en Capozza et al. (1996, 1997).

Existe una clase de funciones aún más general y flexible, dentro de las cuales se incluyen funciones lineales, logarítmicas y translog; estas formas flexibles son cuidadosamente analizadas por Box y Cox (1964) y aplicadas a los precios hedónicos por Halvorsen y Pollakowski (1981):

$$R^\theta = \beta_0 + \sum_m \beta_m X_m^\lambda + \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \gamma_{mn} X_m^\lambda X_n^\lambda$$

Tal forma es bastante flexible, con los parámetros θ y λ que limitan la forma funcional. Por ejemplo, cuando θ y λ son ambos 1 y γ_{mn} son todos idénticamente cero, la forma de Box-Cox se convierte en un modelo lineal simple. Cuando θ y λ se acercan a cero y γ_{mn} son todos idénticamente cero, la forma de Box-Cox se convierte en un modelo logarítmico. Cuando θ y λ se acercan a cero y algunos γ_{mn} son distintos de cero, la forma de Box-Cox se convierte en el modelo translogarítmico.

Este es un buen lugar para reiterar el papel especial que desempeña la forma funcional en los modelos estructurales de dos etapas de características demanda y oferta. Ya habíamos notado este hecho importante: es la forma funcional -de hecho, las diferencias en la forma funcional entre etapas- lo que

hace que el sistema de funciones de demanda (o la oferta y la demanda) sea potencialmente estimable. Por lo tanto, es particularmente problemático que la teoría ofrezca poca orientación a la forma funcional de la relación hedónica, y sólo una orientación tenue a la forma funcional para la estimación de la segunda etapa de la demanda de características.

Forma funcional y variables independientes

Si los datos lo permiten, puede ser útil el uso juicioso de dummy o variables indicadoras para las variables independientes. Por ejemplo, al ingresar una variable para el número total de habitaciones en (por ejemplo) una regresión hedónica semilogarítmica, limita el aumento porcentual del valor de adicionar una unidad a una unidad de 3 habitaciones, a que sea el mismo porcentaje de incremento en el valor de una adición de una unidad a una unidad de 6 habitaciones. Si los grados de libertad lo permiten, al menos los valores más comunes se pueden codificar como variables dummy, impartiendo más flexibilidad a la forma. Malpezzi et al. (1980) proporcionan detalles adicionales, por ejemplo cómo codificar combinaciones de dummy y variables continuas. Ver también la crítica clásica de Harold Watts (1964) y Suits (1984). El tema especial de cómo interpretar las variables ficticias cuando la variable dependiente es logarítmica se trata en Halvorsen & Palmquist (1980) y Kennedy (1981).

Por supuesto, las dummy o variables de indicador no son el único método que se puede usar para incorporar flexibilidad en el lado derecho. Las variables continuas pueden ingresarse en forma cuadrática (o cúbica o incluso de mayor potencia); de hecho, se puede construir fácilmente tanta flexibilidad como sea necesario utilizando técnicas spline por partes (Suits et al., 1978).

Definición de mercado y submercado

La definición y prueba de submercados es un tema recurrente importante en el trabajo de Maclennan. Los mercados de vivienda son locales y diversos, y la

estimación de precios hedónicos requiere una consideración cuidadosa de los submercados.

Las suposiciones del submercado en modelos hedónicos se pueden categorizar de la siguiente manera. La primera categoría comprende documentos que definen un mercado como una nación completa, o al menos una gran región, o tal vez un estado. Linneman (1981) y Struyk (1980) entran en la categoría de modelos hedónicos nacionales, y Mills y Simenauer (1996) presentan un modelo regional. La segunda categoría, que incluye muchos de los propios estudios de Malpezzi y otros (1980) y Follain & Malpezzi (1980a), adopta el área metropolitana como la unidad de análisis. Las áreas metropolitanas generalmente se consideran mercados laborales, más o menos, y es ciertamente atractivo considerar que los mercados de vivienda y los mercados laborales son más o menos coincidentes. La tercera categoría, que incluye muchos de los propios estudios de Maclennan, así como artículos como Straszheim (1975), Gabriel (1984), Grigsby et al. (1987), Rothenberg et al. (1991), Maclennan & Tu (1996), y Bourassa et al. (1999), examinan los submercados por debajo del nivel metropolitano. Estos pueden ser segmentados por ubicación (ciudad central / suburbio), o por nivel de calidad de la vivienda, o por raza o nivel de ingresos.

Los estudios que obtienen grandes conjuntos de datos y prueban la existencia de submercados, generalmente segmentando la muestra y realizando tests F para la igualdad de coeficientes hedónicos a través de submuestras, generalmente los encuentran: los tests F usualmente rechazan la nula. Ohta y Griliches (1975) sugieren un método más conservador que se centra en los cambios en el error estándar de la regresión, en efecto, sobre qué tan bien predice el modelo segmentado.

