

Estimación del precio de la vivienda a través de la metodología de precios hedónicos, una aplicación al mercado inmobiliario de segmento medio y semi lujo de la ciudad de Morelia Michoacán, México

Estimation of the Price of housing through the methodology of hedonic prices, an application to the mid-segment and semi-luxury real estate market of the of Morelia Michoacán, México

Juan Carlos Preciado Carrillo ^a *

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal verificar las bondades que aportan la metodología de precios hedónicos a la valoración de inmuebles, mediante la obtención de una muestra con precios de oferta del segmento medio y semilujo, siendo en nuestro estudio el precio como la variable dependiente y una serie de variables independientes que influyen en el precio, se pretende explicar de una manera más objetiva el valor de mercado.

La estimación de valor de mercado de un activo fijo es de gran importancia para infinidad de trámites y toma de decisiones, tal es el caso de las instituciones financieras para tomar en garantía de préstamo, a las empresas para conocer cuánto valen sus activos fijos, gobierno para cobrar impuestos y una infinidad de usos que se le pueden dar, se trata de verificar que variables explican el precio que reflejen las condiciones de mercado.

Palabras claves: clasificación de materia, economía urbana, valoración económica, activos inmobiliarios, regresión hedónica.

Clasificación JEL: R33, R31, C13, C51 y C53.

^a Especialista en Valuación de Bienes Inmuebles, Maquinaria y Equipo, por las Universidades Autónoma del Estado de México y la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Especialista en Metodología Multicriterio por la Universidad Politécnica de Valencia España.

Diplomado en estudio avanzados en Urbanismo, Construcción y Valoraciones, por la Universidad Politécnica de Valencia España.

Maestro en Valuación por la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Doctor en Urbanismo, Construcción y Valoraciones, con premio Cum Laude, por la Universidad Politécnica de Valencia España.

Valuación & Consultoría Inteligente

E-mail: carlospreciadoc@yahoo.com.mx

* Autor de correspondencia

Abstract

The main objective of this research work is to verify the goodness of the hedonic pricing methodology to the valuation of real estate, by obtaining a sample with offer prices of the middle and semi-luxury segment, being in our study the Price as the dependent variable and a series of independent variables that influence the price, it is intended to explain in a more objective way the market value segment, being in our study the price as the dependent variable and a series of independent variables that influence the Price, it is intended to explain in a more objective way the market value.

Keywords: matter classification, urban economy, economic valuation, assets, hedonic regression

JEL Codes: R33, R31, C13, C51 y C53.

1. Introducción

Tratándose de valoración en las diferentes disciplinas o especialidades como son; bienes inmuebles, bienes muebles, empresas, bienes rurales, en otros.

A través del tiempo se han utilizado en sus diferentes etapas multitud de métodos de valoración, entre los que se encuentran los denominados clásicos. Entre ellos se pueden mencionar los métodos sintéticos o factores de corrección directa, que consisten en comparar de manera directa a través de diferentes variables explicativas una serie de muestras de mercado con el activo o inmueble a valorar. En buena medida los resultados a los que se llega no son justificables, pues se basan en un número de comparables muy limitado y en la subjetividad del valorador a la hora de ponderar las diferentes variables que influyen en el valor de mercado del activo. Existe la necesidad académica y profesional de investigar y proponer nuevas metodologías que ayuden a resolver estas deficiencias.

En la actualidad se aplican con carácter general tres enfoques básicos de valoración para la obtención del precio de un inmueble a su vez infinidad de métodos. El primero de ellos es el denominado enfoque de coste, consistente en obtener el valor del terreno, más el de su construcción con sus respectivas depreciaciones por edad, uso, conservación, etc., en caso de no ser vivienda nueva, y sus instalaciones u obras complementarias (baldas perimetrales, jardines, etc.).

El segundo enfoque es el de actualización de flujos de caja (actualización de rentas), en el que el valor se obtiene descontando los flujos de caja que resultan por el alquiler del inmueble. Está basado en el principio económico de actualización, y considera valores en relación con el valor presente de beneficios futuros derivado del ingreso por renta (alquiler) de la propiedad, utilizando una tasa de actualización, apoyada por algún instrumento financiero, menos gastos inherentes o de mantenimiento del activo.

Por último destacamos el enfoque comparativo o de mercado, consistente en estimar el precio aplicando factores por corrección de bienes iguales o similares al bien objeto en estudio que han sido vendidos o que se encuentran compitiendo en el mercado.

La mayor parte de las investigaciones empíricas desarrolladas sobre temas de valoración se basan en el enfoque comparativo o de mercado, utilizando como muestras principalmente precios de oferta, pues tratándose de un mercado que no es transparente y tan heterogéneo se recurre a este tipo de información.

En la actualidad en cualquier ciudad o país existe la necesidad de comprar un bien inmueble a través de algunos de los instrumentos de hipoteca que ofrecen las diferentes instituciones financieras, por tanto se está en la posibilidad de destinar gran parte de los ingresos para llevar a cabo la compra del activo, tomando en cuenta diferentes atributos o variables que tienen que satisfacer las necesidades del comprador, a estas necesidades que debe cumplir un bien se le denomina hedónica.

La presencia de bienes con características propias con otros que podrían ser diferenciados, cercanos a ellos es muy habitual en el mercado, García (2006). Por ejemplo las empresas que se dedican a la fabricación de prendas de vestir para satisfacer la demanda de la población, buscan hacer más atractivo sus productos, van incorporando atributos que hacen estos bienes diferenciados, a su vez que sean fácilmente identificables, con una infinidad de oferta los consumidores pueden acceder a estos productos para satisfacer sus necesidades a sus deseos o decisiones de comprar. A estos efectos de análisis económicos han motivado a nuevas metodologías de interpretar mediante la oferta y la demanda los precios marginales que están dispuestos a pagar los consumidores.

A mediados del siglo XX, empieza a utilizarse el análisis económico para la investigación relacionada con la utilidad o satisfacción de algún producto de consumo con características heterogéneas o diferenciadas, conocidas con el nombre de teorías de precios hedónicos.

2. Evolución histórica del modelo de precios hedónicos

Refiriéndonos a modelos de precios hedónicos, podemos citar a Hass (1922) pionero de un estudio hedónico que aplico mediante un análisis de precios de explotaciones agrarias, analizando dos variables independientes una de ellas la distancia entre el centro de explotación y de la ciudad. Hass realizó su estudio en el condado de Blue Earth Minnesota en los Estados Unidos de Norte América y la otra variable fue el tamaño de la ciudad.

Por otra lado Wallace (1926) citado por García (2006), en su estudio denominado una aproximación a la aplicación de la metodología hedónica espacial referencia al caso del mercado de la vivienda el segundo investigador en utilizar esta metodología. Según Colwell y Dilmore (1999), el segundo investigador que utilizó esta metodología para analizar también el valor de las explotaciones agrarias este fue realizado en el estado de Iowa Estados Unidos de América, pero debido a la menor sofisticación del modelo utilizado su importancia se ha visto minimizado, según indican Colwell y Dilmore (1999).

Waught (1928 y 1929), citado por García (2006), su aportación consistió en el análisis de precios de cierta producción agrícola concretamente de los espárragos ofertados en el mercado de Boston durante los meses de mayo y julio de 1927, intentando explicar los determinantes de las diferencias, los mismos precios medios de una unidad de venta en espárragos. Por ello Waught implemento una estimación de parámetros de una regresión lineal de la forma.

$$\text{Precio} = f(\text{Atributos o características del bien})$$

$$\text{Precio} = f(V_i + V_{in} + V_{eu})$$

Donde V_i son las variable internas o estructurales, V_{in} variables externas infra estructura y V_{eu} Variable externa equipamiento urbano.

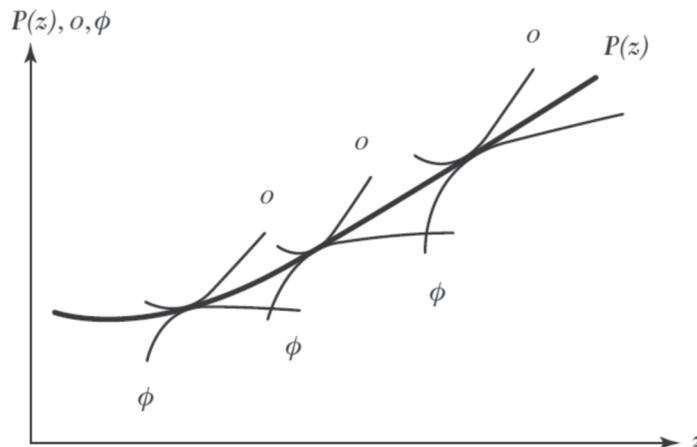
Los primeros intentos por construir una formulación teórica de este enfoque fueron concretados por Houthakker (1952) y por Tinbergen (1956), citados por García (2007) si bien, no es hasta mediados de los años sesenta cuando se realiza, por parte de Lancaster (1966, 1971 y 1979), un desarrollo de la teoría del comportamiento del consumidor orientado hacia la demanda de bienes heterogéneos con características identificables y valorables objetivamente. De esta forma, y como señala Hulten (2003), citado por García (2007). Se le puede considerar a la Lancaster (1966), el primero aportar la literatura básica de la economía elaborada para la comprensión de los precios de los atributos de un bien. El afirma que un bien por sí mismo no genera utilidad para los consumidores, sino que esta proviene de las múltiples características o cualidades intrínsecas que el bien posee.

En 1974, con el artículo de Sherwin Rosen, (1974), se establece por primera vez las bases teóricas consistente y metodológica suficientemente para justificar la utilización de la técnica. Rosen analiza que varios tipos de bienes diferenciados pueden ser descritos por un vector de características: $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, donde z_i mide la cantidad de la característica i de la observación del precio de cada bien y la cantidad de características asociadas a él, resulta un conjunto particular de precios hedónicos o implícitos. Oferentes y demandantes distinguen perfectamente entre cantidades de las características, eso implica que toda una variedad de alternativas (diferentes tipos de combinaciones de cada z_i) esté disponible. Así los mercados de estos productos implícitamente revelan una función $P(Z) = P(z_1, \dots, z_n)$, que relaciona precios y características o atributos, por tanto el consumidor y el productor toman sus decisiones de consumo y producción en este precio.

Rosen definió los precios hedónicos como aquellos precios implícitos en base a las características o atributos reflejados por los agentes económicos a partir de precios observados en el mercado de productos diferenciados y de las cantidades específicas con sus respectivas características.

Por otra parte es entendible estos precios hedónicos no es fácil estimar, debido a que las observaciones $P(Z)$, representan un conjunto de funciones de valoración y otra de funciones de oferta lo que lleva a un problema de identificación, ver figura (2.1).

Figure 2.1 Función de precio hedónico



Fuente: Quispe (2012)

En resumen una función de precios hedónicos (FPH), es la función de equilibrio de mercado provocada por la interacción de las funciones de precios de los compradores y las funciones de precios de los vendedores. En nuestro caso que nos ocupa si la vivienda es un bien heterogéneo diferenciado por un conjunto de atributos $H = (h_1, h_2, \dots, h_k)$, la función de precios hedónicos establece la relación funcional entre los gastos observados de los hogares en vivienda $P(H)$ y el nivel de características incluidas en el vector H . Esta igualdad se puede representar como sigue:

$$P(H) = f(h_1, h_2, \dots, h_k) \quad (2.1)$$

Por tanto el precio de cualquier atributo o característica contenido en H , $P_k (= \partial P(H) / \partial h_k)$ puede ser contemplado como el precio implícito de equilibrio de ese atributo. Con la debida especificación funcional de la FPH, los coeficientes estimados proporcionarán los precios marginales estimados de las características. Por tanto una manera de interpretar la función de precios hedónicos; es asumiendo si el precio de una vivienda es 2000 unidades monetarias mayor que otra con las mismas características, excepto el garaje, entonces estaríamos asumiendo. Esta diferencia es el precio marginal o implícito que estaría dispuesto a pagar los demandantes por esta diferencia.

3. Modelo de Precios Hedónicos

A partir del desarrollo empírico se pretende estimar la relación existente entre los diferentes precios de las distintas viviendas de un mismo bien diferenciado o heterogéneo $P(Z) = P(Z_1, \dots, Z_n)$ y las distintas características o atributos que componen cada una de esas viviendas $P(H) = f(h_1, h_2, \dots, h_k)$, utilizando para ello la técnica de regresión. Intentaremos estimar la relación.

$$P(H) = f(h_{1i}, h_{2i}, h_{3i}, \dots, h_{ni}, \epsilon_i) \quad (3.1)$$

La explicación anterior entre precio y características (relación hedónica), podemos obtener las valoraciones marginales implícitas (precios hedónicos) de cada uno de los atributos, aplicando la derivadas parciales de cada característica: $\partial P(H) / \partial h_k$

O expresado en forma de regresión:

$$Y = f P = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon \quad (3.2)$$

Donde P es la variable dependiente, en nuestro caso sería el precio, β_0 es la constante o intercepto en el eje de la ordenada, X_i es la i -ésima variable explicativa o atributo y β_i es el coeficiente asociado a la i -ésima variable explicativa o pesos marginales de los atributos o características.

La interpretación de los coeficientes varías con respecto a las variables explicativas asociadas en el modelo.

El coeficiente β_0 es la intercepción o regresando de Y , cuando todas las variables explicativas toman valor cero. El β_1 es la cantidad en qué Y cambia cuando la variable X_i se incrementa en una unidad, manteniendo constante el resto de las variables, *ceteris paribus*, ε representa el error cometido entre el precio observado y el precio estimado.

Tratándose de bienes heterogéneo como es el caso de las viviendas, la mayoría de las investigaciones han aplicado el modelo de forma semilogarítmica, tal como se muestra a continuación:

$$\ln(P) = \beta X + \varepsilon \quad (3.3)$$

Donde P representa el vector de precio de venta de las viviendas observadas, β es matriz de coeficientes, es la cantidad en qué P cambia cuando la variable X_i se incrementa en una unidad, manteniendo constante el resto de las variables, *ceteris paribus*, ε representa el error cometido entre el precio observado y el precio estimado.

La ecuación (3.3), al trabajar con más de dos variables independientes se transforma en la siguiente ecuación:

$$\ln(P) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (3.4)$$

4. Métodos de Valuación

En la actualidad se aplican con carácter general tres métodos básicos de valoración para la obtención del precio de un inmueble.

El primero de ellos es el denominado método de costo, consistente en obtener el valor del terreno, más el de su construcción con sus respectivas depreciaciones por edad, uso, conservación, etc., en caso de no ser vivienda nueva, y sus instalaciones u obras complementarias (bardas perimetrales, jardines, etc.).

El segundo método es el de actualización de flujos de caja (actualización de rentas), en el que el valor se obtiene descontando los flujos de caja que resultan por el alquiler del inmueble. Está basado en el principio económico de actualización, y considera valores en relación con el valor presente de beneficios futuros derivado del ingreso por renta (alquiler) de la propiedad, utilizando una tasa de actualización, apoyada por algún instrumento financiero, menos gastos inherentes o de mantenimiento del activo.

Por último destacamos el método comparativo o de mercado, consistente en estimar el precio aplicando factores por corrección de bienes iguales o similares al bien objeto en estudio que han sido vendidos o que se encuentran compitiendo en el mercado.

La mayor parte de las investigaciones empíricas desarrolladas sobre temas de valuación se basan en el método comparativo o de mercado, utilizando como muestras principalmente precios de oferta, pues tratándose de un mercado que no es transparente y tan heterogéneo se recurre a este tipo de información.

Como parte fundamental de nuestro análisis, se hará la modelización de la valoración de inmuebles de naturaleza urbana.

Para medir el grado de explicación del modelo, se realizarán algunas pruebas estadísticas, una de estas pruebas es el coeficiente de correlación lineal de Pearson, se mide en qué grado o qué tan relacionada está la variable dependiente y la independiente.

Mediante la siguiente ecuación se obtiene dicho coeficiente de correlación lineal.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]} \quad (4.1)$$

Dónde:

n es el número de pares de observaciones.

$\sum X$ es la suma de las variables X.

$\sum Y$ es la suma de las variables Y.

$(\sum X^2)$ es la suma de los cuadrados de la variable X.

$(\sum X)^2$ es la suma de las variables X, elevada al cuadrado.

$(\sum Y^2)$ es la suma de los cuadrados de la variable Y.

$(\sum Y)^2$ es la suma de las variables Y, elevada al cuadrado.

$\sum XY$ es la suma de los productos de X e Y.

Otra de las pruebas que se deben de realizar es el cálculo del coeficiente de determinación, con el cual se trata de medir en qué proporción las variables o la variable independiente X, explica el valor de la variable dependiente Y.

Mediante la siguiente ecuación se obtendrá el coeficiente de determinación que mide la proporción de la variación de Y, variable explicada y X variable explicativa independiente.

$$r^2 = \frac{SCR}{SCT} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y}_i)^2 / \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 \quad (4.2)$$

SCR: Suma cuadrática de los residuos

SCT: Suma cuadrática total

\hat{Y}_i : Precio estimado de las observaciones

\bar{Y}_i : Precio medio de observados

Y_i : Precios observados

r^2 : Coeficiente de determinación

r² ajustada

Si se quieren comparar diferentes modelos, para verificar cual explica mejor el precio no se debe realizar a través del estadístico r^2 , sino a través de una variante del mismo; el estadístico r^2 corregido o ajustado, que toma en cuenta tanto el número de observaciones como el número de variables explicativas del modelo. Pues un modelo será mejor que otro si el r^2 ajustado es mayor, con independencia del r^2 . Por lo tanto a partir de ahora se debe de observar el r^2 ajustado, que a diferencia del r^2 sí tiene en cuenta el diferente número de variables y observaciones entre dos modelos de regresión.

Su expresión matemática es la siguiente.

$$r^2_{ajustada} = 1 - \frac{\text{Suma de cuadrados del error (SCE)}}{\text{Suma de cuadrados residuos del modelo (SCR)}} \quad (4.3)$$

Dónde:

r^2 = r cuadrada ajustada.

SCE = Suma de los cuadrados del error = $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$, diferencia entre valor observado y valor estimado.

Y = Valor observado.

\hat{Y} = Valor estimado por el modelo.

SCR = Suma de los cuadrados del modelo = $\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$, suma de los cuadrados de las diferencias entre cada valor estimado y el valor promedio de las observaciones.

Otra forma de medir la bondad entre dos o varios modelos, es determinar cual explica mejor el precio de los inmuebles, lo cual es posible saber mediante el error absoluto medio entre el precio observado y el precio explicado. Su ecuación es la siguiente.

$$EAM = \sum_{i=1}^n \frac{|\hat{Y}_i - Y_i|}{n} \tag{4.4}$$

Dónde:

EAM = Error absoluto medio

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria desde i hasta n

\hat{Y}_i = Precio estimado.

Y_i = Precio observado.

n = Número de observaciones

Otra de las bondades que se medirán entre el precio observado y el precio estimado, para comparar entre un modelo y otro, es la raíz del error cuadrático medio, utilizando la siguiente ecuación

$$RECM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \tag{4.5}$$

Dónde:

RECM = Raíz del error cuadrático medio

$\sum_{i=1}^n$ = Sumatoria desde i hasta n

\hat{Y}_i = Precio estimado

Y_i = Precio observado

$\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$ = Sumatoria de la diferencia entre el precio estimado y el precio observado elevado al cuadrado.

n = Número de observaciones

5. Caso de Aplicación

La muestra utilizada de 240 viviendas, se ha obtenido en la ciudad de Morelia Michoacán, de segmento de mediana calidad y semi-lujo de los barrios de la ciudad, del año 2019; Precios de oferta.

Las variables utilizadas tipo cuantitativas y cualitativas (nominales), Guijarro, citado por (Preciado 2015.)¹, las que mayor explicación aportan al precio de los inmuebles. Entre ellas se encuentran las siguientes.

Superficie de terreno. Se trata de la variable independiente, misma que se cuantifica en metros cuadrados.

Superficie construida o vendible. Variable independiente que se cuantifica en metros cuadrados, se trata de la distribución de todos los espacios de la vivienda.

Número de baños. Variable independiente en la que se cuantifica el número de baños completos y medios baños.

Número de recamaras. Variable independiente que cuantifica el número de recamaras del inmueble.

Antigüedad. Variable independiente que cuantifica la edad en años que tiene el inmueble.

Número de niveles. Variable independiente que cuantifica el número de niveles con el que fue construido el inmueble (1, 2, 3, etcétera).

Infraestructura. Variable independiente cualitativa, porque incluye los servicios como agua potable, drenaje, alcantarillado, energía eléctrica, banquetas, guarniciones y tipo de pavimentos en las calles; algunos corresponden a variables numéricas y otras a variables ordinales.

Para las variables nominales se usará la siguiente clasificación.

➤ 3 *Muy bueno*, 2 *bueno*, 1 *suficiente* y 0 *deficiente*.

En la cual están consideradas las siguientes variables².

Equipamiento urbano o entorno urbano

Esta variable en realidad es una metavariante que está compuesta por muchos atributos³, algunos de ellos cuantitativos y otros cualitativos, que influyen directamente y otros que lo hacen inversamente proporcional al precio.

6. Resultados

De las 10 variables originales, algunas de ellas se han transformado en binarias para su mejor análisis, quedando 5 originales por ser de tipo cuantitativas y 5 cualitativas transformadas quedando 20 variables transformadas, siendo un total de 25 cuantitativas y cualitativas.

El primer modelo analizado fue el modelo de regresión múltiple obteniéndose los siguientes resultados:

¹ *Variables nominales o categóricas.*- “Se definen a partir de diferentes categorías que no guardan relación (orden) entre sí. Ejemplo: Código postal, Orientación de la vivienda, Guijarro, citado por (Preciado 2015).

² Abastecimiento de agua, drenaje sanitario, electrificación, alumbrado público, transporte público, vigilancia, recolección de basura, banquetas, y guarniciones.

³ Escuelas primarias, secundarias, preparatorias, universidades etc., su medición será cuantificable en metros lineales como son; consultorios o centros médicos, transporte urbano y tiempo en espera del mismo, mercado o supermercados, plaza o jardines, centros deportivos, centros comunitarios, contaminación general, servicios (hospitales, restaurantes, bancos, escuelas, etcétera).

Tabla 6.1 Resumen del modelo^b

<i>Modelo</i>	<i>R</i>	<i>R cuadrado</i>	<i>R cuadrado ajustado</i>	<i>Error estándar de la estimación</i>	<i>Durbin - Watson</i>
1	.967 ^a	0.935	0.933	308058.02	1.427

a. Predictores: (Constante), Sup_terreno, InfraestructuraS1, Antigüedad, Nivelrentaalta3,

b. Variable dependiente: Precio

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.1.] muestra el resumen del modelo, en la columna 2 se observa el resultado del coeficiente de correlación, columna 3 el coeficiente de determinación, columna 4 el r^2 cuadrado ajustado, columna el error estándar de estimación y en la columna 5 el coeficiente de Durbin-Watson

Tabla 6.2 Representa el análisis de la varianza

<i>Modelo</i>		ANOVA (<i>Análisis de la Varianza</i>)				<i>Sig</i>
		<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	
1	Regresión	307178805128359.00	7	43882686446908.500	462.411	.000 ^b
	Residuo	21257542888895.50	224	94899745039.712		
	Total	328436348017255.00	231			

a. Variable dependiente: Precio

b. Predictores : (Constante), Sup_terreno, InfraestructuraS1, Antigüedad, Nivelrentaalta3, Numrecámaras5,

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.2.] muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA), compara las medias de la variable dependiente entre los grupos o categorías de las variables independientes, en columna 3 se observan resultados de la suma de cuadrados, columna 4 los grados de libertad, columna 4 resultados de media cuadrática, columna 5 resultado de F (Snedecor) y la columna 6, se observa la significancia (sig.) del modelo en general.

Tabla 6.3 Representa los coeficientes de las variables significativas del modelo

Modelo	Coeficientes ^a						Estadísticas de colinealidad	
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig	Tolerancia	VIF	
	B	Desv. Error	Beta					
1 (Constante)	1040918.473	70429.076		14.780	0.000			
Sup_Const	5292.240	459.562	0.380	11.516	0.000	0.265	3.768	
No.garage3	1689403.937	168941.487	0.259	10.000	0.000	0.430	2.323	
Numrecàmas5	2613610.164	200168.453	0.286	13.057	0.000	0.603	1.660	
Nivelrentaalta3	587411.259	63664.918	0.185	9.227	0.000	0.722	1.386	
Antigüedad	-14036.326	2113.431	-0.122	-6.641	0.000	0.851	1.176	
InfraestructuraS1	-328495.894	57465.730	-0.105	-5.716	0.000	0.851	1.175	
Sup_terreno	1319.997	367.047	0.103	3.596	0.000	0.353	2.831	

a. Variable dependiente: Precio

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.3.] muestra los resultados de los coeficientes del modelo, en columna 1 se observa la constante y las variables independientes que explican el precio de la vivienda, columna 2 los coeficientes no estandarizados, columna 3 el error de la desviación, columna 4 los coeficientes estandarizados, columna 5 la t de student, columna 6 la significancia de forma particular de cada variable independiente, columna 7 tolerancia y la columna 8 el factor inflado de la varianza (FIV).

En la tabla 6.1., columna 4 el r^2 ajustado, se observa un factor por arriba del 0.85 factor mínimo considerado como un modelo calibrado, en la tabla 6.2., denominada análisis de la varianza (ANOVA), en la columna 6 (sig.), igual a cero, significa que el modelo es significativo en lo particular y en la tabla 6.3., se observan los coeficientes de las variables independiente, en la columna 6, se observa la significancia en particular de cada variable, valores por debajo de 0.05, a su vez en la columna 8 el factor inflado de la varianza (FIV), que mide la multicolinealidad valores menores a 4, se considera baja, de 4 a 7 moderada y de 10 en adelante alta.

La ecuación resultante sería la siguiente:

$$Y = 1040918.473 + 5292.240 * \text{Superficieconstruida} + 1689403.937 * \text{No. garage3} + 2613610.164 * \text{Numrecamaras5} + 587411.259 * \text{Nivelrentaalta3} - 14036.326 * \text{Antigüedad} - 328495.894 * \text{InfraestructuraS1} + 1319.997 * \text{Sup.terreno.}$$

Mediante la ecuación anterior se estimará el precio de un inmueble fuera de la muestra con las siguientes características:

Cuenta con 540 metros cuadrado construidos, 5 recamaras, 3 cajones de estacionamiento o garaje, 5 años de antigüedad, Nivel de renta alta3, Infraestructura3 y superficie de terreno 307 metros cuadrados.

A continuación se estima el precio con las características antes mencionadas.

Tabla 6.4 Representa la estimación del valor de un inmueble

<i>Nombre de la Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Cantidad de la variable</i>	<i>Valor parcial</i>
Constante	1040918.47	1	1040918.47
Sup_Const	5292.24	540	2857809.38
No.garage3	1689403.94	1	1689403.94
Numrecámas5	2613610.16	1	2613610.16
Nivelrentaalta3	587411.26	1	587411.26
Antigüedad	-14036.33	5.0	-70181.63
InfraestructuraS1	-328495.89	0.0	0.00
Sup_terreno	1320.00	307	405239.20
Precio estimado del inmueble			\$ 9,124,211

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.4] muestra el valor obtenido mediante el modelo lineal múltiple.

El segundo modelo analizado fue el modelo de regresión de forma semilogarítmica obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 6.5 Resumen del modelo^b

<i>Modelo</i>	<i>R</i>	<i>R cuadrado</i>	<i>R cuadrado ajustado</i>	<i>Error estándar de la estimación</i>	<i>Durbin - Watson</i>
1	.904 ^a	0.817	0.811	0.06200	1.380

a. Predictores: (Constante), Sup_terreno, InfraestructuraS1, Antigüedad,

b. Variable dependiente: Logprecio

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.5.] muestra el resumen del modelo, en la columna 2 se observa el resultado del coeficiente de correlación, columna 3 el coeficiente de determinación, columna 4 el r² cuadrado ajustado, columna 5 el error estándar de estimación y en la columna 6 el coeficiente de Durbin-Watson.

Tabla 6.6 Representa el análisis de la varianza

Modelo	ANOVA (Análisis de la Varianza)					Sig
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F		
1	Regresión	3.84	7	0.548	142.684	.000 ^b
	Residuo	0.86	224	0.004		
	Total	4.70	231			

a. Variable dependiente: logprecio

b. Predictores : (Constante), Sup_terreno, InfraestructuraS1, Antigüedad, Nivelrentaalta3, Numrecámaras5, No garage3, Sup_Const

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.6] muestra resultados del análisis de la varianza (ANOVA), compara las medias de la variable dependiente entre los grupos o categorías de las variables independientes, en columna 3 se observan resultados de la suma de cuadrados, columna 4 los grados de libertad, columna 4 resultados de media cuadrática, columna 5 resultado de F (Snedecor) y la columna 6, se observa la significancia (sig.) del modelo en general.

Tabla 6.7 Representa los coeficientes de las variables significativas del modelo

Modelo	Coeficientes ^a						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig	Estadísticas de colinealidad	
	B	Desv. Error				Tolerancia	VIF
1 (Constante)	6.137	0.140		432.993	0.000		
Sup_Const	0.001	0.000	0.500	9.000	0.000	0.265	3.768
No.garage3	0.070	0.034	0.090	2.063	0.040	0.430	2.323
Numrecámaras5	0.078	0.040	0.071	1.925	0.055	0.603	1.660
Nivelrentaalta3	0.112	0.013	0.294	8.748	0.000	0.722	1.386
Antigüedad	-0.002	0.000	-0.151	-4.875	0.000	0.851	1.176
InfraestructuraS1	-0.061	0.012	-0.162	-5.239	0.000	0.851	1.175
Sup_terreno	0.000	0.000	0.153	3.186	0.002	0.353	2.831

a. Variable dependiente: logprecio

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.7] muestra los resultados de los coeficientes del modelo, en columna 1 se observa la constante y las variables independientes que explican el precio de la vivienda, columna 2 los coeficientes no estandarizados, columna 3 el error de la desviación, columna 4 los coeficientes estandarizados, columna 5 la t de student, columna 6 la significancia de forma particular de cada variable independiente, columna 7 tolerancia y la columna 8 el factor inflado de la varianza (FIV), que mide la multicolinealidad valores menores a 4, se considera baja, de 4 a 7 moderada y de 10 en adelante alta.

La ecuación resultante sería la siguiente:

$$Y = 6.1370 + 0.0010 * \text{Superficieconstruida} + 0.0700 * \text{No.garage3} + 0.0780 * \text{Numrecamaras5} + 0.1120 * \text{Nivelrentaalta3} - 0.0020 * \text{Antigüedad} - 0.0610 * \text{InfraestructuraS1} + 0.0000 * \text{Superficie de terreno}$$

Mediante la ecuación anterior se estimará el precio de un inmueble fuera de la muestra con las siguientes características:

Cuenta con 540 metros cuadrado construidos, 5 recamaras, 3 cajones de estacionamiento o garaje, 5 años de antigüedad, Nivel de renta alta3, Infraestructura3 y superficie de terreno 307 metros cuadrados.

A continuación se estima el precio con las características antes mencionadas.

Tabla 6.8 Representa la estimación del valor de un inmueble

Nombre de la Variable	Coefficiente	Cantidad de la variable	Valor parcial
Constante	6.1370	1	6.1370
Sup_Const	0.0010	540	0.5400
No.garage3	0.0700	1	0.0700
Numrecâmas5	0.0780	1	0.0780
Nivelrentaalta3	0.1120	1	0.1120
Antigüedad	-0.0020	5.0	-0.0100
InfraestructuraS1	-0.0610	0.0	0.0000
Sup_terreno	0.0000	307	0.0000
		Suma de logaritmo	6.9270
		Precio estimado del inmueble	\$ 8,452,788

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [6.8] en la primer columna contiene las variables del modelo, en la segunda los coeficientes de logaritmo de cada variable, en la tercer columna la cantidad de la variable y en la cuarta columna el valor parcial del logaritmo de cada variable, aplicando antilogaritmo en la suma de la cuarta columna de la siguiente manera y = 10 ^ 6.9270, da como resultado la cantidad de 8, 452,788.452, que corresponde al valor estimado del inmueble.

7. Conclusiones y trabajos futuros

En esta investigación se han utilizado dos modelos el primero de ellos el modelo de regresión múltiple y el segundo muy similar solo cambiando la variable dependiente en vez del predio a logaritmo del precio.

Tabla 7.1 Se observan los resultados de ambos modelos

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Valor estimado de un inmueble fuera de la muestra	Precio observado	Diferencia precio estimado-Precio observado	% Porcentaje entre precio estimado y precio observado
1	.967	0.935	0.933	308058.02	\$ 9,1224,211	\$ 8,500,000	\$ 624,211	6.84 %
Variable dependiente: Precio								
2	.904	0.817	0.811	0.062	\$ 8,452,788	\$ 8,500,000	-\$ 47,212	-0.56 %
Variable dependiente: Logaritmo del precio								

Fuente: Elaboración propia.

La tabla [7.1], contiene los resultados de ambos modelos, en la columna 4, se observa el r^2 ajustado que toma en cuenta en número de muestras y el número de variables utilizadas, el primero de ellos cuenta mejor bondad de ajuste y calibración, las columnas 6 tenemos el valor estimado por el modelo y columna 7 el precio observado, la columna 8 la diferencia entre precio estimado y precio observado y la columna 9 las diferencias entre ambos precios.

Se pudiera interpretar que el modelo 2 donde la variable dependiente es el logaritmo del precio, tiene menor porcentaje de diferencia, es mejor que el primero; la realidad es que no es así pues el modelo 1 cuenta con mejor r^2 ajustado una vez clarificado el mejor esta diferencia el valor estimado por el modelo 1 es el que mejor explicado y reflejaría las condiciones de mercado basado en la muestra utilizada para esta investigación.

Para esta investigación se utilizaron 240 observaciones resultando 9 de ellas atípicas (anómalas), reduciéndose a 231 que cumplieron con todas las pruebas estadísticas para el análisis, asimismo 10 variables originales, algunas de ellas se han transformado en binarias para su mejor análisis, quedando 5 originales por ser de tipo cuantitativas y 5 cualitativas transformadas quedando 20 variables transformadas, siendo un total de 25 cuantitativas y cualitativas, de esta cantidad de variables resultaron ser de importancia o significativa 7 variables siendo las siguientes:

Superficie construida, numero de garaje 3, numero de recamaras 5, nivel de renta alta 3, antigüedad, infra-estructura 1 y la superficie de terreno. De acuerdo a la definición de precios hedónicos se confirma que estas mismas variables antes mencionadas son las que explican el precio de las viviendas en el segmento medio y semi lujo.

Se concluye de acuerdo a los resultados que los modelos de regresión lineal múltiple y semilogarítmico (logaritmo del precio) explican muy bien la variabilidad de los precios de los inmuebles; al estimar el precio de un inmueble fuera de la muestra para validar la metodología, los errores obtenidos son muy bajos.

Finalmente, se concluye la confirmación de partida donde se afirma objetivo principal verificar las bondades que aportan la metodología de precios hedónicos a la valoración de inmuebles.

Referencias

- Appraisal of real estate. (2002). El avalúo de Bienes Raíces. España: Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Acciani, C., Fucilli, V. y Sardaro, R. (2011). Data mining in real estate appraisal: a model tree and multivariate adaptive regression spline approach. Firenze University Press. *Aestimum* 58, *Giugno 2011: pp 27-45*. <https://bit.ly/35eshbC>
- Arévalo Tomé, R. y Chamorro Rivas, J.M. (2008). Geographical heterogeneity in housing. Evidence from Spain. Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais, Campus As Lagoas-Marcosende, 36310 Vigo.
- Amri, S. Z. y Bossomaier, T. R. J.(2005). The Influence of Spatial Attributes on House Price. *Australia: Complexity International* Volume 12. <https://n9.cl/cafs>
- Anselin, L. (1989). What is special about spatial data? alternative perspectives on spatial data analysis. California: National Center for Geographic Information and Analysis. <https://cutt.ly/StcnTte>
- Anas, A. y Kim, I. (1995). General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land Use with Endogenous Congestion and Job Agglomeration. *Journal of urban economics* 40, 232|256 article no. 0031. <https://bit.ly/2K1kbyn>
- Amri, S. Z. y Bossomaier, T. R. J. (2005). The Influence of Spatial Attributes on House Price. *Australia: Complexity International* Volume 12. <https://bit.ly/3kpnfAC>
- Aznar Bellver, J. y López Perales, A.A. (2008). *Valoración inmobiliaria. Métodos y aplicaciones*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Caballer Mellado, V. y Herrerías Herrerías Pleguezuelo, R. (2007). Tasación y Valoración. Situación Actual y Perspectiva de Futuro. España: Estudios de Economía Aplicada, Asociación Internacional de Economía Aplicada España.
- López, F.A. (2013). Sistemas de información geográfica y econometría espacial en la tasación de inmuebles urbanos. Proyecto Piloto en la Ciudad de Cartagena. Cartagena: Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos Universidad Politécnica de Cartagena. <https://bit.ly/2IyoUqg>
- Limsombunchai,V.(2004). House Price Prediction: Hedonic Price Model vs. Artificial Neural Network. New Zealand: Commerce Division, Lincoln University. <https://bit.ly/2IERqH2>
- Núñez et al (2009). Metodología de precios hedónicos vs redes neuronales artificiales como alternativa a la valoración de inmuebles. Un caso real. <https://bit.ly/2T2JGkc>

- Preciado Carrillo J.C.: Propuesta Metodológica para Valuación Inmobiliaria Por Modelos Multicriterio y Redes Neuronales Artificiales: Convención Morelia, Michoacán, México. 2011
- Preciado Carrillo J.C.: Propuesta metodológica para la valoración Inmobiliaria por modelos con salidas no lineales de redes neuronales artificiales con 6 muestras o información escasa. Presentada en el XLVIII Convención Nacional de Valuación y XXVII Congreso Panamericano de Valuación, Monterrey Nuevo León, México, Noviembre del 2012. <https://bit.ly/37edRNj>
- La Valuación Inmobiliaria Aplicando Métodos de Mercado por Modelos Multicriterio para el Estado de Michoacán México: Tesis para obtener el Diploma de Estudios Avanzados (DEA), por la Universidad Politécnica de Valencia España (20 febrero 2011).
- Preciado Carrillo J.C.: Valuación Inmobiliaria por el método de mercado, utilizando la programación matemática, ponencia presentada en el XLIX convención Nacional de Valuación, en Boca del Río, Veracruz México octubre del 2013.
- Preciado (2015). Valuación de inmuebles urbanos: comparativa modelo regresión multivariable *versus* redes neuronales artificiales para la ciudad de Morelia, Michoacán, México. (tesis doctoral). <https://riunet.upv.es/handle/10251/62202>
- Preciado (2019). Redes neuronales artificiales, una aplicación al mercado inmobiliario habitacional de segmento medio de la ciudad de Morelia Michoacán, México, *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, Vol. 14 Núm. 1 (2019): Año 2019 Vol. XIV no. 1 enero-junio, pp 49-68. <https://bit.ly/37qJ397>

Anexo

Figura 8.1 Gráfica del precio-superficie construida, modelo de regresión lineal múltiple

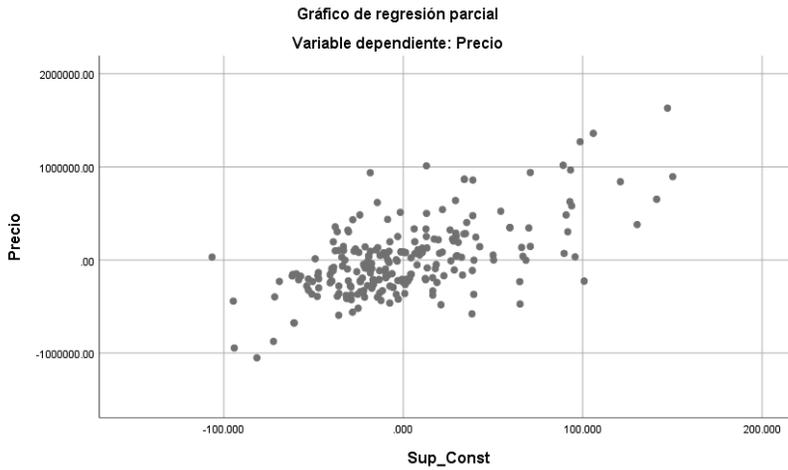


Figura 8.2 Gráfica de residuos estandarizados

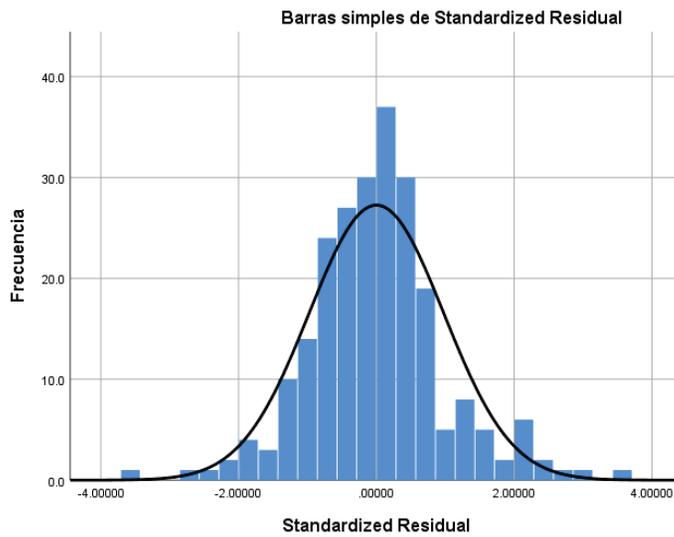


Figura 8.3 Gráfica del precio-superficie construida, tomando como variable dependiente logaritmo del precio

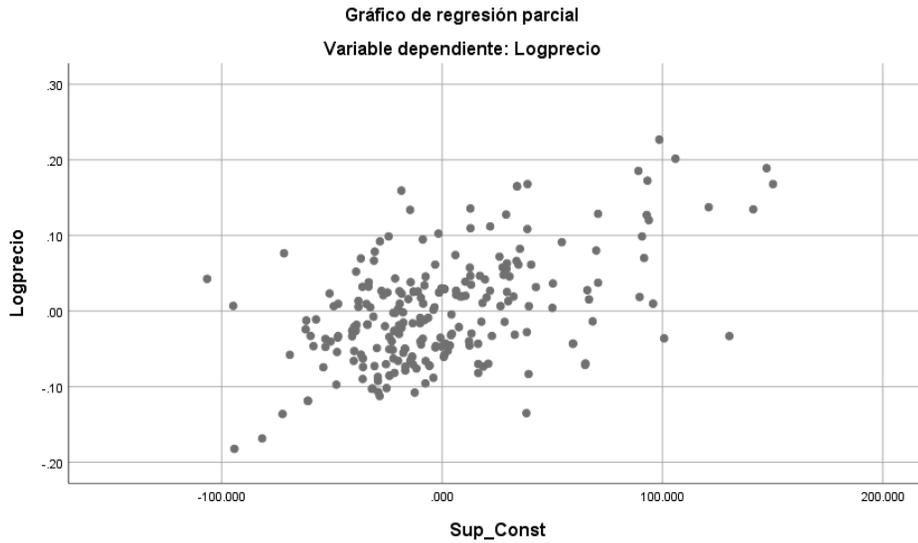


Figura 8.4 Gráfica de residuos estandarizados

