

40 Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Octubre 2020

Valuación inmobiliaria en Argentina

Propuesta de diferentes modelos

Etelvina Chavez

Universidad Nacional del Sur – CONICET

Gastón Milanesi

Gabriela Pesce

Universidad Nacional del Sur

SUMARIO

1. Introducción
2. Marco conceptual
3. Metodología
4. Valuación del inmueble
5. Comentarios finales

Para comentarios:
chavez.etelvinastefani@gmail.com

Resumen

El objetivo del artículo es proponer y comparar diferentes metodologías de valuación de bienes inmuebles, que prescindan del uso de tasas ajustadas por riesgo, como proponen los tradicionales modelos de descuento de flujos de fondos (DFF). Uno de los métodos propone un modelo simple de DFF, que descuenta la corriente de fondos generada en concepto de alquileres a la tasa de rendimiento histórica de los mismos. El segundo modelo, en cambio, presenta el uso de la función de utilidad CRRA en conjunto con el concepto de equivalente de certeza, para determinar el pago cierto que el individuo percibe en relación al precio de mercado, al momento de tomar la decisión de compra. Y, por último, se desarrolla un método que utiliza el enfoque de valuación binomial de opciones financieras, combinado con un ajuste actuarial, que permite estimar el valor del inmueble como la suma del valor actual de los alquileres y el valor residual, menos el resultado de ejercer la opción de compra.

1. Introducción

Los inmuebles representan un importante activo dentro de las finanzas personales de los individuos, no sólo por su utilidad como vivienda y consiguiente ahorro de alquileres mensuales, sino que también se utilizan como reserva de valor.

Un trabajo realizado en el marco del Banco Central de la República Argentina (Corso, 2015) describe que, durante los últimos setenta años, la economía argentina ha sido expuesta de forma recurrente a contextos de alta volatilidad macroeconómica y financiera. Este fenómeno lleva al desarrollo de un sesgo a demandar inmuebles, con el objetivo de preservar el valor real de la riqueza de los agentes, siendo la opción no financiera por excelencia del sector privado argentino. Esto se debe a que, aún en escenarios de devaluación, los inmuebles mantienen un retorno real relativamente elevado y estable. Además, en dicho estudio también se argumenta que la aversión por la ambigüedad constituye un factor relevante que incrementa la demanda de estos bienes, debido a que mientras mayor sea la aversión al riesgo de los individuos, mayor será la utilidad derivada de activos con retornos atractivos bajo cualquier escenario.

A pesar de ello, el mercado inmobiliario argentino no cuenta con un modelo generalmente aceptado de valoración de los activos, por lo tanto, es muy diversa la gama de valores que se pueden encontrar como precios de mercados.

Siguiendo a Roig Hernando (2015), la escuela financiera moderna asume que los inversores se comportan de manera racional y consecuentemente, que ajustan sistemáticamente los precios de los activos a su valor fundamental. Mientras que las finanzas conductuales asumen que los individuos son irracionales e influyen en los precios infravalorándolos o sobrevalorándolos de forma persistente y duradera, constituyendo la base de las fases expansivas y depresivas del ciclo del sector inmobiliario.

En consonancia con lo anterior, la literatura financiera especializada en el tema frecuentemente propone modelos de valuación que parten del descuento de flujos de fondos que se espera que genere el activo. Esto plantea la necesidad de identificar o estimar tasas de des-

cuentos ajustadas por riesgo, lo que representa una ardua tarea en países como Argentina, debido a las crisis económicas sistemáticas y a la falta de datos apropiados.

A partir de lo descrito anteriormente se plantean las siguientes preguntas de investigación: (1) *¿Es posible desarrollar un método de valuación inmobiliaria que prescindan del uso de tasas de descuento ajustadas por riesgo?* (2) *¿Se puede introducir una función de utilidad en el modelo que permita contemplar las preferencias frente al riesgo de los agentes?*

El objetivo del artículo es proponer diferentes metodologías de valuación de bienes inmuebles que prescindan del uso de tasas ajustadas por riesgo, utilizando en su lugar una función de utilidad que contenga las preferencias frente al riesgo del individuo. En este caso se trabaja con la función de utilidad con aversión al riesgo relativa constante, CRRA (*Constant Relative Risk Aversion*).

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se presenta el marco conceptual. En el tercer apartado se detalla la metodología empleada y las características y fuente de los datos utilizados. En la cuarta sección se exponen los resultados obtenidos. Y finalmente, en la quinta parte se comentan las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. Marco conceptual

2.1 Modelos de valuación inmobiliaria

La literatura financiera frecuentemente propone modelos de valuación inmobiliaria que parten del descuento de flujos de fondos que se espera que genere el activo. Esto plantea la necesidad de identificar o estimar tasas de descuentos ajustadas por riesgo, lo que representa una ardua tarea en países como Argentina, debido a las crisis económicas sistemáticas y a la falta de datos apropiados.

Damodaran (2012) es uno de los autores que propone adaptar el modelo de Descuento de Flujos de Fondos a la valuación inmobiliaria, considerando a la propiedad como un activo que genera flujos de efectivo para su propietario. Este *cash flow* proviene principalmente de los alquileres que genera el bien. La tasa de descuento a utilizar depende de los datos disponibles, ya que puede estimarse, por ejemplo, mediante el *Capital Asset Pricing Model*, partiendo de un beta de mercado. El principal impedimento en nuestro país es la falta de un mercado financiero lo suficientemente desarrollado que permita obtener ese tipo de datos.

Por otro lado, dentro de lo que es la actuación profesional de la valuación inmobiliaria, Pellice (2008) expresa que *“tasar o avaluar un inmueble es determinar el valor más probable del mismo a una fecha determinada, en un mercado libre y sin influencias de factores que puedan distorsionar el valor, mediante un trabajo técnico que comprende el conjunto de razonamientos, inspecciones y cálculos que permiten determinar dicho valor”*

Además, el mismo autor destaca que los precios de mercado son los mejores indicadores del valor de mercado y las comparaciones del mercado deben constituir el criterio más importante del valor.

2.2 Función de utilidad CRRA

A través del tiempo se han desarrollado diferentes funciones de utilidad, con el objetivo de alcanzar una forma funcional simple y flexible que permita representar una variedad de preferencias frente al riesgo. Para ello, se busca el cumplimiento de dos supuestos básicos: (a) los agentes prefieren más riqueza a menos, por lo que la función de utilidad debe ser creciente respecto de la riqueza; y (b) los individuos son adversos al riesgo, lo que se refleja en la concavidad de la función y se encuentra fundamentado en los hallazgos de la literatura académica.

Además, es deseable que la función de utilidad exhiba un comportamiento de aversión al riesgo absoluta decreciente (DARA) ante incrementos en la riqueza, lo que se basa en el supuesto de que la aversión al riesgo de los individuos decrece a medida que su riqueza se incrementa. También se busca que la función presente aversión al riesgo relativa constante (CRRA), indicando que las decisiones óptimas no varían frente a cambios en la escala de la riqueza (Saha, Shumway & Talpaz, 1994).

Bajo el cumplimiento de los supuestos detallados se han presentado diversas funciones de utilidad. Chavez, Milanese & Pesce (2016) realizan una revisión de algunas de ellas describiendo la función de utilidad con aversión al riesgo absoluta constante (CARA), la función con aversión al riesgo relativa constante (CRRA), la función con aversión al riesgo absoluta hiperbólica (HARA), la función Expo-Power (EP), la función de aversión al riesgo de potencia (PRA) y la función de tres parámetros flexibles (FTP).

Entre ellas, la función isoelástica o CRRA es la más utilizada en los estudios empíricos debido a que cumple con las condiciones deseadas. La función CRRA, se representa con la forma funcional de la ecuación 1.

$$U(W) = \begin{cases} \frac{W^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \rightarrow \gamma > 0; \gamma \neq 1 \\ \text{Log}(W) \rightarrow \gamma = 1 \end{cases} \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo γ el nivel de aversión al riesgo y W el nivel de riqueza considerado. Cuando $\gamma = 1$, la utilidad queda definida por una función logarítmica: $U(W) = \log(W)$.

Con respecto al valor que toma el coeficiente de aversión al riesgo, diferentes estudios arrojan resultados que se encuentran entre 0,50 y 0,60 (Pareja, Vasseur & Baena, 2018; Cook, Chatterjee, Sur & Whittington, 2013; Harrison, Lau, Rutstrom & Tarazona-Gomez, 2013; Ahmed, Haider & Iqbal, 2012; Kim & Lee, 2012; Harrison, Humphrey & Verschoor, 2009; Harrison, Lau & Rutstrom, 2007). Los autores de este trabajo, encuentran en diferentes estudios que el valor para Argentina sería muy cercano a 0,50 (Chavez, Pesce & Milanese, 2018, 2019 y 2020).

3. Metodología

En el trabajo se presentan tres métodos de valuación de inmuebles, de manera comparativa, explicándose los mismos en las subsecciones siguientes. Todos los valores se encuentran expresados o re expresados en dólares estadounidenses.

3.1 Datos

Se utilizan datos secundarios para el período de tiempo comprendido entre enero de 2015 y junio de 2020, y son procesados mediante la planilla de cálculo MS Excel®. A continuación, se detallan las fuentes de procedencia de cada uno de ellos.

El precio de venta de mercado y el precio de alquiler se toma de los informes estadísticos publicados por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en su página web de Estadísticas y Censos. Los mismos corresponden al precio promedio para un departamento de 70 metros cuadrados, de tres ambientes, ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA).

El valor de mercado se encuentra expresado en dólares estadounidenses, mientras que el precio de alquiler se expresa en pesos argentinos, por lo que se convierten a dólares estadounidenses utilizando el valor oficial informado por el Banco Central de la República Argentina para el período bajo análisis.

Al realizar la valuación en dólares estadounidenses se recurre a la tasa de interés de los bonos estadounidenses a 1 año de plazo, promedio para el mes de la valuación. La misma se toma de los datos de Economía Internacional publicados en la página web del Ministerio de Economía de la República Argentina.

El coeficiente de aversión al riesgo que se emplea es de 0,50, en base a estudios empíricos y trabajos de estimación anteriores realizados por los autores.

3.2 Descuento de flujo de fondos

En primer lugar se realiza la valuación del inmueble utilizando el modelo de Descuento de Flujo de Fondos, siguiendo la metodología de Damodaran (2012). De esta manera, se estiman los flujos de fondos que generará el activo a partir de los alquileres que el mismo proporciona durante 5 años y, a partir de ese período, se asume un valor terminal. La tasa de descuento empleada corresponde al rendimiento histórico del inmueble, determinado por los alquileres con respecto al precio de venta del activo.

3.3 Valuación mediante la función de utilidad CRRA

Con la finalidad de determinar el valor del inmueble se lleva a cabo una adaptación del procedimiento desarrollado por los autores en artículos anteriores (Chavez, Milanesi & Pesce, 2019; Chavez, Pesce & Milanesi, 2020), buscando obtener un valor equivalente cierto del pago riesgoso insertado en el modelo. El cálculo se realiza asumiendo un valor de aversión al riesgo de 0,50 y empleando la función de utilidad CRRA.

En primer lugar, se necesita estimar la volatilidad del precio de mercado del inmueble, lo que permite determinar el valor del mismo en dos escenarios diferentes para el próximo período: uno alcista y otro bajista. Dicha volatilidad se calcula como el desvío estándar del precio de mercado del activo en el período de tiempo que se estudia. Luego, asumiendo que el precio del inmueble sigue un proceso estocástico de tipo Geométrico Browniano, se determina un movimiento de ascenso (u) y otro de descenso (d) (ecuaciones 2 y 3).

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u} \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo u el parámetro de ascenso, d el de descenso, σ la volatilidad del precio de mercado del inmueble para el período de tiempo establecido y t la fracción de tiempo para la proyección, en este caso anual.

El precio de la vivienda en $t+1$ se obtiene multiplicando su valor en t por los valores de los parámetros u y d , tal como detallan las ecuaciones 4 y 5.

$$INM_{j(t+1)} = INM_{j(t)} \times u \quad \text{Ecuación 4}$$

$$INM_{i(t+1)} = INM_{i(t)} \times d \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde $INM_{(t)}$ y $INM_{(t+1)}$ es el valor del activo en el período t y $(t+1)$ respectivamente. El subíndice i indica que se trata del escenario bajista, mientras que el subíndice j indica escenario alcista.

Además, en pos de conocer el valor presente de las expectativas de cada escenario, se realiza una actualización discreta con capitalización anual, aplicando la ecuación 6.

$$INM_{t(i,j)} = INM_{(t+1)(i,j)} \times (1 + Rf)^{-t} \quad \text{Ecuación 6}$$

Siendo INM el precio del activo, Rf la tasa de interés libre de riesgo anual y t el tiempo expresado en años.

Luego, se determina la utilidad que proporciona cada uno de los valores futuros, aplicando la función CRRA, expresada en la ecuación 7.

$$U(INM_{i,j(t)}) = \begin{cases} \frac{INM_{i,j(t)}^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \rightarrow \gamma > 0; \gamma \neq 1 \\ \log(INM_{i,j(t)}) \rightarrow \gamma = 1 \end{cases} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde γ es la medida de aversión al riesgo y $U(INM_{i,j(t)})$ es la utilidad de las expectativas sobre el precio del inmueble en t .

Posteriormente se calcula el valor de la esperanza de la utilidad (ecuación 8) considerando las probabilidades de ocurrencia p y $1-p$ iguales a 0,5.

$$E[U(INM_{i,j(t)})] = p \times U(INM_{i(t)}) + (1-p) \times U(INM_{j(t)}) \quad \text{Ecuación 8}$$

Por último, se llega al valor del equivalente de certeza de la esperanza de la utilidad del activo empleando la ecuación 9. Este monto corresponde al valor que el individuo le otorga al activo al momento de la toma de decisiones sobre el mismo, que es función de su nivel de aversión al riesgo.

$$CE(INM_{i,j(t)}) = \{E[U(INM_{i,j(t)})]\}^{\frac{1}{1-\gamma}} \quad \text{Ecuación 8}$$

En la tabla 1 se resume el proceso descripto, indicando en cada paso la ecuación utilizada.

Tabla 1 Valuación del inmueble con función CRRA

<i>Etapa</i>	<i>Procedimiento</i>
Volatilidad del activo	Cálculo de la volatilidad histórica
Expectativas	Determinación del valor actual del precio en dos escenarios
Utilidad del precio	$U(INM) = \begin{cases} \frac{INM^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \rightarrow \gamma > 0; \gamma \neq 1 \\ \text{Log}(INM) \rightarrow \gamma = 1 \end{cases}$
Utilidad esperada	$E[U(INM_{i,j(t)})] = p \times U(INM_{i(t)}) + (1-p) \times U(INM_{j(t)})$
Equivalente de certeza = valor del inmueble	$CE(INM_{i,j(t)}) = \{E[U(INM_{i,j(t)})] \times (1-\gamma)\}^{\frac{1}{1-\gamma}}$

3.4 Modelo binomial de valuación de opciones y ajuste actuarial

En esta propuesta se pretende determinar la valuación que realiza un sujeto de una vivienda que podrá adquirir en 10 años. Se supone que desde los 25 hasta los 35 años alquilará y luego, en el año 35, podrá decidir si adquiere un inmueble destinado a vivienda o sigue alquilando hasta los 75 años.

Lo anterior se asemeja a una opción financiera de compra o *call* en la que el adquirente tiene el derecho de comprar el activo subyacente al vencimiento en el caso de que el precio *spot* (S) sea mayor al precio de ejercicio (X), este último pactado contractualmente.

En este caso se usa la lógica del modelo de valuación de opciones financieras de Cox, Ross & Rubinstein (1979), suponiendo que el valor del inmueble se comporta siguiendo una distribución de probabilidad binomial. Es por ello que se construye una rejilla binomial compuesta de diferentes nodos que representan distintos escenarios probables dentro del proceso estocástico.

El valor terminal de la opción en los nodos correspondientes al vencimiento es el máximo valor entre la diferencia del precio *spot* y el precio de ejercicio o cero, como se muestra en la ecuación 9.

$$C_t = \text{Max}(S_t - X) \quad \text{Ecuación 9}$$

Siendo C_t el valor del *call* en el momento t , en este caso al vencimiento; S_t el precio al contado del activo subyacente en el momento t , en este caso el metro cuadrado; y X el precio de ejercicio de la opción.

Mientras que el valor teórico en cada nodo se calcula mediante la creación de carteras réplica (ecuación 10), para lo cual se necesita conocer el valor del ratio delta Δ y de la posición libre de riesgo B .

$$C_t = \Delta \times S_t - B$$

Ecuación 10

Donde C_t representa el valor del *call* en el momento t ; Δ es el ratio delta, o cantidad de activo subyacente necesario para imitar el valor de la opción; S_t es el precio al contado del activo subyacente en el momento t ; y B indica la posición libre de riesgo o la cantidad de activo libre de riesgo que se toma en préstamo.

El precio de ejercicio que se utiliza corresponde al valor residual del inmueble, que surge del valor actual de los alquileres desde $t=11$ hasta $t=50$. Si el subyacente (S) es superior al valor residual (X), la opción de compra es ejercida y el individuo adquiere el inmueble. Esto representa un beneficio no explícito por diferencia entre precio y el ahorro de oportunidad en alquileres.

De esta manera, en este modelo se supone que el valor del inmueble, desde la perspectiva del adquirente, es equivalente a la suma entre el valor actual de los pagos futuros en dólares de una serie de contratos de alquiler y el valor residual del inmueble, descontando la ganancia obtenida mediante la opción de compra.

Por otro lado, tanto el valor actual de los pagos correspondientes al contrato como el valor residual, se ajustan actuarialmente, pues se supone que su valor se condiciona a la probabilidad de vida del adquirente. El Anexo contiene la tabla de ajuste utilizada para tal fin.

4. Valuación del inmueble

En esta sección se aplican los diferentes modelos de valuación inmobiliaria descriptos anteriormente, y se presentan los resultados obtenidos con cada uno, para obtener el valor de una propiedad de 70 metros cuadrados, ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

4.1 Modelo de valuación por descuento de flujos de fondos

Se comienza con el tradicional método de descuento de flujos de fondos generado por el activo, a una tasa de rendimiento adecuada para el mismo. Para ello, se calcula el rendimiento anual promedio del inmueble, representado por los alquileres que se perciben del mismo. Esto se observa en la tabla 2, que muestra el alquiler promedio anual histórico de la propiedad para el período bajo estudio, el precio de venta correspondiente, el rendimiento anual y el rendimiento promedio de todos los períodos. El rendimiento surge del cociente entre el alquiler anual y el precio de venta.

Por su parte, el flujo de fondos surge del valor de alquiler anual, partiendo del promedio del último año y considerando una tasa de incremento del 1,5% anual en concepto de inflación en dólares. Para el cálculo del valor terminal se toma el importe proyectado para el sexto año y se descuenta a perpetuidad por la rentabilidad anual del inmueble, estimada anteriormente. Luego, se arriba al valor del inmueble descontando el flujo de fondos a la tasa de rendimiento de la vivienda, obteniendo un valor de \$ 145.877 dólares estadounidenses, reflejado en la tabla 3.

Tabla 2 Cálculo de la rentabilidad histórica anual promedio del inmueble

	<i>Alquiler anual promedio USD</i>	<i>Precio de venta promedio 70m² USD</i>	<i>Renta anual</i>	<i>Renta anual promedio</i>
1er. trim. 2015	9.146	172.126	0,053	0,040
2do. trim. 2015	9.974	174.183	0,057	
3er. trim. 2015	10.556	172.386	0,061	
4to. trim. 2015	9.972	184.199	0,054	
1er. trim. 2016	7.910	190.786	0,041	
2do. trim. 2016	8.854	194.125	0,046	
3er. trim. 2016	8.887	200.126	0,044	
4to. trim. 2016	9.316	205.213	0,045	
1er. trim. 2017	9.617	199.908	0,048	
2do. trim. 2017	10.327	204.846	0,050	
3er. trim. 2017	10.143	227.775	0,045	
4to. trim. 2017	10.595	237.166	0,045	
1er. trim. 2018	10.224	238.980	0,043	
2do. trim. 2018	8.910	236.865	0,038	
3er. trim. 2018	6.943	236.085	0,029	
4to. trim. 2018	6.219	234.887	0,026	
1er. trim. 2019	6.358	230.147	0,028	

Tabla 3 Valuación del inmueble con DFF

<i>Valuación DFF</i>	
<i>Año</i>	<i>Flujo de fondos</i>
1	\$ 5.592
2	\$ 5.676
3	\$ 5.761
4	\$ 5.847
5	\$ 5.935
Valor terminal	\$ 151.843
Valor de la propiedad	\$ 145.877

4.2 Modelo de valuación mediante la función de utilidad CRRA

Bajo este modelo se busca obtener un equivalente cierto que representa el valor percibido por el individuo al momento de tomar la decisión de compra. En la tabla 4 se muestran los resultados del cálculo del equivalente de certeza, a través de la función de utilidad CRRA para diferentes valores del precio de venta contado o *spot* del inmueble.

De izquierda a derecha, se observan los siguientes valores en la tabla 4: (1) precio *spot* del inmueble en t ; (2) tasa de interés libre de riesgo de Estados Unidos; (3) coeficiente de aversión al riesgo del individuo; (4) valor del activo en el próximo período suponiendo escenario bajista; (5) valor de la vivienda en el próximo período bajo escenario alcista, (6) valor actual del activo en el escenario bajista, (7) valor actual del inmueble en el escenario alcista, (8) utilidad del valor actual del inmueble suponiendo escenario bajista, (9) utilidad del valor actual del activo suponiendo escenario alcista, (10) esperanza de la utilidad considerando los dos escenarios posibles, (11) equivalente de certeza de la esperanza de la utilidad del activo. Este último valor representa la valuación que realiza el sujeto del inmueble al momento de tomar la decisión, en función de su nivel de aversión al riesgo.

Tabla 4 Sensibilización del precio de mercado del inmueble

Spot	rfEEUU	γ	$INMi(t+1)$	$INMj(t+1)$	$INMi(t)$	$INMj(t)$	$U(INMi(t))$	$U(INMj(t))$	$E(U(INMij(t)))$	$CE(INMij(t))$
150.000	0,01	0,5000	140.603	160.026	139.227	158.460	744	794	769	147.918
160.000	0,01	0,5000	149.976	170.694	148.509	169.025	769	820	794	157.806
170.000	0,01	0,5000	159.350	181.362	157.791	179.589	792	846	819	167.694
180.000	0,01	0,5000	168.723	192.031	167.073	190.153	815	870	843	177.582
190.000	0,01	0,5000	178.097	202.699	176.355	200.717	838	894	866	187.472
200.000	0,01	0,5000	187.470	213.367	185.637	211.281	860	917	889	197.362
210.000	0,01	0,5000	196.844	224.036	194.918	221.845	881	940	910	207.252
220.000	0,01	0,5000	206.217	234.704	204.200	232.409	902	962	932	217.143
230.000	0,01	0,5000	215.591	245.373	213.482	242.973	922	984	953	227.035
240.000	0,01	0,5000	224.964	256.041	222.764	253.537	942	1.005	974	236.927
250.000	0,01	0,5000	234.338	266.709	232.046	264.101	961	1.026	994	246.819

Volatilidad histórica del precio de venta del inmueble = 0,0646.

A partir de precios de mercado de inmuebles que van desde 150.000 hasta 250.000 dólares se obtienen valores de equivalentes ciertos que oscilan entre 147.918 y 246.819 dólares, asumiendo un coeficiente de aversión al riesgo de 0,50.

El precio de mercado de la propiedad bajo análisis se encuentra en torno a los 220.000 dólares, por lo tanto, de acuerdo con esta metodología el valor otorgado por un sujeto con una aversión al riesgo como la utilizada, es de 217.143.

En todos los casos se aprecia que el valor que percibe el individuo (equivalente de certeza) es menor al precio de mercado, indicando que el activo está siendo subvaluado en la mente del individuo que toma la decisión de adquirir el inmueble. Esto concuerda con lo que plantea Roig Hernando (2015) en su tesis doctoral.

4.3 Modelo de valuación con opciones financieras y ajuste actuarial

Siguiendo este método, en primer lugar se calculan los flujos de fondos que el individuo deberá pagar en concepto de alquiler de un metro cuadrado del inmueble, desde los 25 hasta los 75 años de edad. Luego se realiza el ajuste actuarial de los primeros 10 años, utilizando los valores contenidos en el Anexo. A continuación se descuenta el flujo de fondos utilizando una tasa de costo de capital del 4,5% anual.

Como se asume que el individuo tomará la decisión de ejercer la opción de compra en el período $t=10$ se calcula el valor residual del flujo de fondos desde $t=11$ hasta $t=75$, ajustándolo actuarialmente. Esto se ve reflejado en la última columna de la tabla 5.

Tabla 5 Flujo de fondos y valor residual ajustados actuarialmente

Edad	Años	FF	Ajuste Actuarial	VA FF	X actuarial
25	0	-\$ 3.209,72	-	-	-
26	1	\$ 127,34	\$ 127,20	\$ 121,72	-
27	2	\$ 129,25	\$ 129,10	\$ 118,22	-
28	3	\$ 131,19	\$ 131,04	\$ 114,83	-
29	4	\$ 133,16	\$ 133,00	\$ 111,53	-
30	5	\$ 135,16	\$ 135,00	\$ 108,33	-
31	6	\$ 137,18	\$ 137,03	\$ 105,22	-
32	7	\$ 139,24	\$ 139,08	\$ 102,20	-
33	8	\$ 141,33	\$ 141,17	\$ 99,27	-
34	9	\$ 143,45	\$ 143,28	\$ 96,41	-
35	10	\$ 145,60	\$ 145,42	\$ 93,64	-
36	11	\$ 147,78	-	\$ 141,42	\$ 3.385,68
37	12	\$ 150,00	-	\$ 137,36	-
38	13	\$ 152,25	-	\$ 133,42	-
39	14	\$ 154,54	-	\$ 129,59	-
40	15	\$ 156,85	-	\$ 125,87	-
41	16	\$ 159,21	-	\$ 122,25	-
42	17	\$ 161,59	-	\$ 118,74	-
43	18	\$ 164,02	-	\$ 115,34	-
44	19	\$ 166,48	-	\$ 112,02	-
45	20	\$ 168,98	-	\$ 108,81	-
46	21	\$ 171,51	-	\$ 105,68	-
47	22	\$ 174,08	-	\$ 102,65	-
48	23	\$ 176,69	-	\$ 99,70	-
49	24	\$ 179,34	-	\$ 96,84	-
50	25	\$ 182,03	-	\$ 94,06	-
51	26	\$ 184,77	-	\$ 91,36	-
52	27	\$ 187,54	-	\$ 88,74	-

Tabla 6 Flujo de fondos y valor residual ajustados actuarialmente (continuac)

Edad	Años	FF	Ajuste Actuarial	VA FF	X actuarial
53	28	\$ 190,35	-	\$ 86,19	-
54	29	\$ 193,20	-	\$ 83,72	-
55	30	\$ 196,10	-	\$ 81,31	-
56	31	\$ 199,04	-	\$ 78,98	-
57	32	\$ 202,03	-	\$ 76,71	-
58	33	\$ 205,06	-	\$ 74,51	-
59	34	\$ 208,14	-	\$ 72,37	-
60	35	\$ 211,26	-	\$ 70,29	-
61	36	\$ 214,43	-	\$ 68,27	-
62	37	\$ 217,64	-	\$ 66,31	-
63	38	\$ 220,91	-	\$ 64,41	-
64	39	\$ 224,22	-	\$ 62,56	-
65	40	\$ 227,59	-	\$ 60,77	-
66	41	\$ 231,00	-	\$ 59,02	-
67	42	\$ 234,46	-	\$ 57,33	-
68	43	\$ 237,98	-	\$ 55,68	-
69	44	\$ 241,55	-	\$ 54,08	-
70	45	\$ 245,17	-	\$ 52,53	-
71	46	\$ 248,85	-	\$ 51,02	-
72	47	\$ 252,58	-	\$ 49,56	-
73	48	\$ 256,37	-	\$ 48,13	-
74	49	\$ 260,22	-	\$ 46,75	-
75	50	\$ 264,12	-	\$ 45,41	-

Costo del capital = 4,5%; tasa de crecimiento anual = 1.5%.

El siguiente paso consiste en proyectar el valor del metro cuadrado del inmueble, a través de una rejilla binomial (tabla 7), así como también calcular los valores de Δ y B para cada escenario posible. Los datos necesarios para dicho proceso se presentan en la tabla 6.

Tabla 7 Valores empleados para calcular el valor del call

S	\$ 3.209,72
X	\$ 3.385,78
u	1,07
d	0,94
rf	0,01

Tabla 8 Proyección binomial del precio del metro cuadrado en dólares

Proceso estocástico proyectado del m2 en dólares										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3209,72	3424,25	3653,12	3897,29	4157,77	4435,66	4732,13	5048,41	5385,83	5745,81	6129,84
	3008,64	3209,72	3424,25	3653,12	3897,29	4157,77	4435,66	4732,13	5048,41	5385,83
		2820,15	3008,64	3209,72	3424,25	3653,12	3897,29	4157,77	4435,66	4732,13
			2643,46	2820,15	3008,64	3209,72	3424,25	3653,12	3897,29	4157,77
				2477,85	2643,46	2820,15	3008,64	3209,72	3424,25	3653,12
					2322,61	2477,85	2643,46	2820,15	3008,64	3209,72
						2177,10	2322,61	2477,85	2643,46	2820,15
							2040,71	2177,10	2322,61	2477,85
								1912,86	2040,71	2177,10
									1793,02	1912,86
										1680,68

A partir de los valores proyectados del precio spot, y mediante un proceso recursivo de cálculo de Δ y B en cada período, se obtiene el valor de la opción financiera de compra de un metro cuadrado de la propiedad. Esto se muestra en la tabla 8, mientras que los valores de Δ se exponen en la tabla 9 y los de B en la tabla 10.

Tabla 9 Valor de la opción de compra por metro cuadrado del inmueble

Valuación binomial de la opción de compra										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
336,99	452,83	597,49	773,07	979,80	1215,77	1477,51	1761,48	2066,28	2393,31	2744,06
	196,88	278,59	387,08	526,90	701,00	909,46	1148,73	1412,58	1695,91	2000,06
		97,12	146,52	217,51	316,79	451,00	624,87	838,22	1083,16	1346,35
			36,31	59,31	95,83	152,78	239,46	366,91	544,78	771,99
				7,81	14,07	25,36	45,70	82,34	148,37	267,34
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00	0,00
								0,00	0,00	0,00
									0,00	0,00
										0,00

Finalmente, en la tabla 11 se presenta el valor del inmueble de 70 metros cuadrados. El mismo surge de sumar el valor actual del flujo de fondos de diez años de alquiler con el valor residual de los alquileres que se ahorrarían y descontar el monto que se gana al ejercer la opción de compra del inmueble. Después, se actualiza ese número para obtener el valor en $t=0$ y

Tabla 10 Valor de Δ en cada escenario

Cálculo del valor de Δ										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,62	0,72	0,82	0,90	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	-
	0,47	0,58	0,70	0,81	0,91	0,97	1,00	1,00	1,00	-
		0,30	0,41	0,53	0,67	0,81	0,93	1,00	1,00	-
			0,15	0,22	0,33	0,47	0,64	0,84	1,00	-
				0,04	0,07	0,13	0,21	0,36	0,60	-
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
						0,00	0,00	0,00	0,00	-
							0,00	0,00	0,00	-
								0,00	0,00	-
									0,00	-
										-

Tabla 11 Valor de B en cada escenario

Cálculo del valor de B										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1639,71	2010,00	2383,44	2724,54	2995,67	3171,12	3254,62	3286,93	3319,55	3352,50	-
	1204,54	1579,16	2002,28	2440,32	2839,59	3136,24	3286,93	3319,55	3352,50	-
		754,01	1075,25	1488,89	1986,28	2525,41	3014,91	3319,55	3352,50	-
			361,38	572,06	888,22	1343,62	1958,21	2694,51	3352,50	-
				100,89	181,78	327,55	590,21	1063,48	1916,26	-
					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
						0,00	0,00	0,00	0,00	-
							0,00	0,00	0,00	-
								0,00	0,00	-
									0,00	-
										-

Tabla 12 Valor del inmueble

VA actuarial 10 años de alquiler	\$ 1.361,32
X actuarial	\$ 3.385,68
Valor de la opción de compra	\$ 336,99
Valor del m2 inmueble en t=10	\$ 4.410,01
Valor del m2 inmueble en t=0	\$ 2.839,73
<i>Valor del inmueble de 70 m2</i>	<i>\$ 198.780,83</i>

se multiplica por 70 metros cuadrados. Así se llega a un valor de la propiedad de 198.780 dólares estadounidenses.

5. Comentarios finales

Se proponen y se comparan diferentes metodologías de valuación de bienes inmuebles que prescindan del uso de tasas ajustadas por riesgo, en contraposición con los tradicionales modelos de descuento de flujos de fondos. Con ello se espera contribuir a unificar criterios en materia de valuación inmobiliaria en Argentina.

El primero de los métodos propone un modelo simple de descuento de flujos de fondos, que descuenta la corriente de fondos generada en concepto de alquileres a la tasa de rendimiento histórica de los mismos, obteniendo un valor de la propiedad de \$ 145.877 dólares.

El segundo modelo, en cambio, presenta el uso de la función de utilidad CRRRA en conjunto con el concepto de equivalente de certeza, para determinar el pago cierto que el individuo percibe en relación al precio de mercado, al momento de tomar la decisión de compra. Esto arroja un valor del inmueble que asciende a \$ 217.143 dólares.

Y, por último, se desarrolla un método que utiliza el enfoque de valuación binomial de opciones financieras, combinado con un ajuste actuarial, que permite estimar el valor del inmueble como la suma del valor actual de los alquileres y el valor residual, menos el resultado de ejercer la opción de compra. Así, el valor que se estima es de \$ 198.780,83 dólares.

Como futuras líneas de investigación se plantea profundizar el desarrollo de los modelos, utilizar otras funciones de utilidad y replicar los procedimientos para otros activos que se encuentren relacionados a las finanzas personales.

REFERENCIAS

- Ahmed, W., Haider, A. & Iqbal, J. (2012). *Estimation of discount factor (beta) and coefficient of relative risk aversion (gamma) in selected countries*. MPRA Paper 39736, University Library of Munich, Germany.
- Chavez E., Milanesi G. & Pesce G. (2016). Funciones de utilidad y estimación de la aversión al riesgo: Revisión de la literatura. *Escritos Contables y de Administración*, 7(2), 97-118. Recuperado de: [//revistas.uns.edu.ar/eca/article/view/417](http://revistas.uns.edu.ar/eca/article/view/417)
- Chavez E., Milanesi G. & Pesce G. (2019). Aversión al riesgo implícita en los precios de mercado de diferentes activos financieros de Argentina. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*. En prensa.
- Cook, J., Chatterjee, S., Sur, D. & Whittington, D. (2013). Measuring risk aversion among the urban poor in Kolkata, India. *Applied Economics Letters*, 20(1), 1-9.
- Corso, E. (2015). *Ambigüedad, aversión por la ambigüedad y reservas de valor en Argentina* (No. 2015/67). Working Paper. Banco Central de la República Argentina (BCRA), Investigaciones Económicas, Buenos Aires, Argentina.
- Cox, J. C., Ross, S. A. & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229-263.

- Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset*. John Wiley & Sons.
- Harrison, G. W., Humphrey, S. J. & Verschoor, A. (2009). Choice under uncertainty: evidence from Ethiopia, India and Uganda. *The Economic Journal*, 120(543), 80-104.
- Harrison, G. W., Lau, M. I. & Rutstrom, E. E. (2007). Estimating risk attitudes in Denmark: a field experiment. *The Scandinavian Journal of Economics*, 109(2), 341-368.
- Harrison, G. W., Lau, M. I., Rutstrom, E. E. & Tarazona-Gomez, M. (2013). *Preferences over social risk*. Oxford Economic Paper, 65(1), 25-46.
- Kim, Y. I. & Lee, J. (2012). Estimating risk aversion using individual-level survey data. *The Korean Economic Review*, 28(2), 221-239.
- Pareja, J. & Baena, J. A. (2018). Estimación del índice de aversión al riesgo utilizando la función CRRA mediante un diseño experimental. *Revista Espacios*, 39(13).
- Pellice, R. (2008). *Valuación de inmuebles*. Editorial Fundac. Universidad Nacional de San Juan. Argentina.
- Roig Hernando, J. (2015). *Análisis e inversión en el mercado inmobiliario desde una perspectiva conductual*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona, España.

Anexo Tabla de ajuste actuarial

<i>Edad</i>	<i>Q(x) Anual</i>	<i>d(x) Anual</i>	<i>l(x) Anual</i>
0	0,970	0,09700%	99,90300%
1	0,560	0,05600%	99,94400%
2	0,390	0,03900%	99,96100%
3	0,270	0,02700%	99,97300%
4	0,210	0,02100%	99,97900%
5	0,210	0,02100%	99,97900%
6	0,220	0,02200%	99,97800%
7	0,220	0,02200%	99,97800%
8	0,220	0,02200%	99,97800%
9	0,230	0,02300%	99,97700%
10	0,230	0,02300%	99,97700%
11	0,270	0,02700%	99,97300%
12	0,330	0,03300%	99,96700%
13	0,390	0,03900%	99,96100%
14	0,470	0,04700%	99,95300%
15	0,610	0,06100%	99,93900%
16	0,740	0,07400%	99,92600%
17	0,870	0,08700%	99,91300%
18	0,940	0,09400%	99,90600%
19	0,980	0,09800%	99,90200%
20	1,000	0,10000%	99,90000%

<i>Edad</i>	<i>Q(x) Anual</i>	<i>d(x) Anual</i>	<i>l(x) Anual</i>
21	1,000	0,10000%	99,90000%
22	1,020	0,10200%	99,89800%
23	1,030	0,10300%	99,89700%
24	1,050	0,10500%	99,89500%
25	1,070	0,10700%	99,89300%
26	1,120	0,11200%	99,88800%
27	1,170	0,11700%	99,88300%
28	1,170	0,11700%	99,88300%
29	1,150	0,11500%	99,88500%
30	1,140	0,11400%	99,88600%
31	1,130	0,11300%	99,88700%
32	1,130	0,11300%	99,88700%
33	1,150	0,11500%	99,88500%
34	1,180	0,11800%	99,88200%
35	1,210	0,12100%	99,87900%
36	1,280	0,12800%	99,87200%
37	1,340	0,13400%	99,86600%
38	1,440	0,14400%	99,85600%
39	1,540	0,15400%	99,84600%
40	1,650	0,16500%	99,83500%
41	1,790	0,17900%	99,82100%
42	1,960	0,19600%	99,80400%
43	2,150	0,21500%	99,78500%
44	2,390	0,23900%	99,76100%
45	2,650	0,26500%	99,73500%
46	2,900	0,29000%	99,71000%
47	3,170	0,31700%	99,68300%
48	3,330	0,33300%	99,66700%
49	3,520	0,35200%	99,64800%
50	3,760	0,37600%	99,62400%
51	4,060	0,40600%	99,59400%
52	4,470	0,44700%	99,55300%
53	4,930	0,49300%	99,50700%
54	5,500	0,55000%	99,45000%
55	6,170	0,61700%	99,38300%
56	6,880	0,68800%	99,31200%
57	7,640	0,76400%	99,23600%
58	8,270	0,82700%	99,17300%
59	8,990	0,89900%	99,10100%
60	9,860	0,98600%	99,01400%

<i>Edad</i>	<i>Q(x) Anual</i>	<i>d(x) Anual</i>	<i>l(x) Anual</i>
61	10,940	1,09400%	98,90600%
62	12,250	1,22500%	98,77500%
63	13,710	1,37100%	98,62900%
64	15,240	1,52400%	98,47600%
65	16,850	1,68500%	98,31500%
66	18,470	1,84700%	98,15300%
67	20,090	2,00900%	97,99100%
68	21,850	2,18500%	97,81500%
69	23,640	2,36400%	97,63600%
70	25,770	2,57700%	97,42300%
71	28,150	2,81500%	97,18500%
72	31,320	3,13200%	96,86800%
73	34,620	3,46200%	96,53800%
74	38,080	3,80800%	96,19200%
75	41,910	4,19100%	95,80900%