

MODELO DE MAXIMIZACIÓN DE INGRESOS DE PROYECTOS INMOBILIARIOS DE DEPARTAMENTOS, MEDIANTE SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS EN EL GRAN CONCEPCIÓN, CHILE

A MODEL FOR INCOME MAXIMIZATION OF REAL STATE APARTMENT PROJECTS BY MEANS OF FEATURES SELECTION IN THE GREAT CONCEPCIÓN, CHILE

ROBERTO WILHELM SCHOVELIN SURHOFF

Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad del Bío-Bío de Concepción.
Fono (56-41) 731386, fax (56-41) 731021. e-mail: rschovel@ubiobio.cl

RESUMEN

Diseñar departamentos de un edificio con la finalidad de maximizar ingreso a obtener por todo el edificio, requiere inicialmente conocer qué valor asigna el mercado a los distintos atributos de un departamento. Para ello se confeccionó un modelo hedónico¹ sobre precio de departamentos con información del 2002 y 2003. El modelo seleccionado incluyó 2 variables de localización y 8 relativas a las características propias del departamento.

Con los coeficientes obtenidos del modelo hedónico y restricciones del mercado inmobiliario, se preparó un modelo para optimizar precio por planta de edificio. Como restricciones se incluyeron características del sitio y su localización. También como restricciones se incluyeron disposiciones legales, proporciones armónicas arquitectónicas y restricciones económicas. El modelo de optimización resultante busca la combinación de características, tamaño y precio de departamentos que maximiza el ingreso por planta de edificio.

El modelo de optimización fue probado en tres proyectos en construcción. En los tres casos el resultado que entrega el modelo de optimización superó lo propuesto por la empresa constructora en términos de ingreso obtenido por el proyecto.

PALABRAS CLAVES: Modelos hedónicos, negocio de propiedades, diseño económico de departamentos.

ABSTRACT

The design of apartment buildings, with the objective of maximizing income to be obtained from the whole building, requires previously to estimate what values the market assigns to the different attributes of their apartments. With that in mind, an "hedonic model"² of apartment prices was elaborated, considering information from the years 2002, and 2003. The selected model includes 2 variables pertaining to location and 8 variables pertaining to the characteristics of the apartment itself.

With the coefficients obtained from the hedonic model, and considering restrictions originated in real estate market conditions, a model was elaborated in order to optimize the price per story of the building. Characteristics of landscaping and location were included as restrictions in the model. In addition, legal regulations and harmonic architectural proportions were taken into consideration. The resulting optimization model gives a solution that combines characteristics, size and the apartment price that would maximize the sale income per story of the building.

The optimization model was tested in three building projects. In all of these three cases the solution arrangement given by the optimization model surpassed the sale income estimated by the builder firms for each project.

KEYWORDS: Hedonic models, real estate business, economic apartment design.

Recepción: 21/06/04. Revisión: 31/08/04. Aprobación: 20/10/04

¹Modelo que valora características que influyen en el precio que se está dispuesto a pagar por un bien de consumo.

²An hedonic model is one that values characteristics that influence the price a person is willing to pay for consumer goods.

I. INTRODUCCIÓN

La actividad de la construcción es una de las actividades económicas de mayor importancia en todo el país. El incremento en la población, la concentración de ésta en las grandes ciudades y el incremento en los niveles de ingreso contribuyen a ello. Actualmente la actividad de la construcción está presente en todo el país, no obstante que en las grandes ciudades está más desarrollada.

La alta concentración que se produce en las principales ciudades del país hace que cada vez más se recurra a una antigua alternativa que permite incrementar la densidad de una localidad, sin que ello implique pérdida de espacio habitable, que son los edificios de departamentos. Esta alternativa también permite satisfacer la alta demanda por una localización en particular, al permitir la utilización efectiva de la altura. Este tipo de construcción permite obtener gran cantidad de viviendas en una determinada localización. El poseedor de un departamento puede acceder a una localización que le resultaría más costosa, si él no prorratea con otros vecinos del mismo edificio el costo del terreno. Otra de las ventajas de los edificios es el menor costo de mantención por parte de los usuarios, ya que la propiedad sólo se circunscribe al departamento, compartiendo con los demás propietarios el costo de mantención de las áreas comunes del edificio. Adicionalmente se han incorporado ventajas adicionales, como la seguridad que brindan por poseer sistemas de administración y vigilancia centralizados, además de otros servicios como sala eventos, bodega, piscina, etc.

El significativo incremento de este tipo de construcciones en las ciudades más pobladas del país y la forma como los inversionistas inmobiliarios enfrentan el reto de aportar los mejores proyectos al mercado contribuyen a la masividad de este tipo de solución. Actualmente existen nuevos mercados,

como el de los profesionales jóvenes que cuentan con buen nivel de ingreso, valoran un departamento pequeño, seguro, bien localizado y con un alto nivel de confort no obstante su reducido tamaño. Este es un segmento en crecimiento. Otro importante mercado de departamentos, pero con características muy distintas, es el de los matrimonios cuyos sus hijos se han independizado, instancia en que una casa grande se les vuelve innecesaria. Este segmento demanda departamentos grandes, con amplios espacios y de excelente terminación. Para ellos la cercanía al centro histórico de las ciudades no es un requisito de importancia, ya que valoran los suburbios, pero desean la seguridad y comodidad que brinda un departamento (Sabatini, Cerda y Cáceres, 2001).

Los demandantes de viviendas no sólo desean un lugar de residencia, también precisan de una infinidad de características asociadas a ellas (Ball, 1973). Estas características se refieren a las propias del inmueble (Kain y Quingley, 1970) y las implícitas en su localización. Debido a esto último, no existen dos viviendas similares en el mercado, lo que dificulta la acción del inversionista inmobiliario y la del demandante. Esto provoca que el inversionista no siempre cuente con buenos referentes con los cuales comparar el producto que ofrece, lo que complica la negociación de la transacción de negocio, volviéndola más lenta y costosa. Estas dificultades, unida a la falta de utilización de herramientas de diseño económico, han contribuido a que este sector siempre sea uno de los más afectados por las crisis económicas. Los inversionistas actúan principalmente basados en intuiciones, experiencia en el tema y/o copiando otras experiencias exitosas, al momento de tomar decisiones. Es decir, no toman decisiones de inversión observando las necesidades actuales y futuras del mercado, por lo complejo que esto resulta. Otra complicación radica en que el periodo de inversión es largo, por lo tanto,

el inversionista no siempre enfrenta la misma situación de mercado en el periodo en que tomó la decisión de inversión con la existente al momento de la comercialización.

Para ofrecer un producto que satisfaga mejor la necesidad del consumidor en materia inmobiliaria es preciso diseñar productos (departamentos) que reflejen las necesidades del consumidor. Para detectar estas necesidades se debiera efectuar un estudio de mercado previo a la inversión. Esto, para idealmente definir el estilo arquitectónico, el tamaño adecuado para una determinada localización y las características objetivas que debe poseer. Se trata de una combinación que normalmente el arquitecto conversa con el cliente cuando se trata de una casa individual a la medida, pero no puede hacerlo cuando se diseña un producto tipo para ofrecer en el mercado, como por ejemplo un complejo de casas o departamentos de un edificio. Es por eso que se debe proporcionar el máximo de información al arquitecto, para que su diseño refleje lo que el mercado desea. En resumen, se trata de proporcionar al arquitecto información sobre tamaño, calidad de terminaciones y otras características del inmueble, que actualmente es una apuesta del arquitecto y el inversionista.

Para dar solución al problema, el estudio de mercado se hizo a través de un análisis estadístico. Para ello se eligió la totalidad de los edificios de departamentos nuevos en que al menos parte de éstos ya se hayan vendido. Ello es para verificar que el producto cuenta con clientes que están dispuestos a pagar lo que éste vale. El análisis estadístico es para cuantificar la importancia que el mercado le asigna a las características del departamento, en proporción a su precio. Una vez realizado el estudio estadístico, se confeccionó un modelo para maximizar el precio de venta del edificio, al combinar adecuadamente las características que éste posee en la localización en que se emplazará.

II. HIPÓTESIS

Es posible, mediante herramientas matemáticas y estadísticas, diseñar edificios por plantas con sus respectivos departamentos que, al combinar sus características, mejore el precio a obtener por el proyecto en relación a la alternativa presentada por el inversionista basada en su experiencia.

III. JUSTIFICACIÓN

El beneficio de diseñar correctamente edificios de departamentos es para el inversionista que los realiza y también para el demandante que los adquiere. La ventaja del inversionista es que ofrece alternativas al mercado que le permiten maximizar el ingreso que puede obtener al comercializarlo. La ventaja para el consumidor final es que obtiene el bien inmobiliario con las características que él más valora y, por lo tanto, la alternativa que mejor satisface sus necesidades. Otra ventaja para el inversionista es que, al ofrecer bienes inmobiliarios que interpretan muy bien las necesidades del consumidor, contribuye a que se vendan con mayor rapidez. Si la detección de necesidades del mercado se realiza con regularidad, permite percibir tempranamente cambios en tendencias de gustos y moderar el efecto cíclico acentuado que los cambios en el desarrollo económico producen en el mercado inmobiliario.

IV. OBJETIVO

Elaborar un modelo para diseñar departamentos de un edificio que maximice el ingreso a obtener por todo el conjunto, dada una localización, sus respectivas restricciones físicas, legales, arquitectónicas y económicas.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder desarrollar el tema, en primer lugar fue necesario resolver cómo relacionar el precio de un departamento con sus respectivas características que valora el mercado. Para ello se seleccionó la metodología de precios hedónicos, por estar ya probada en el Gran Concepción (Núñez y Schovelin, 2002a y 2002b). Se usó la programación no lineal para maximizar el ingreso por planta de edificio en una localización dada, en función de las características que posee el terreno y además el edificio proyectado. Para alimentar este modelo de optimización se utilizaron como variables los coeficientes obtenidos por el modelo hedónico y también restricciones arquitectónicas, económicas y legales, propias de una localización específica.

VI. METODOLOGÍA

Para poder maximizar el ingreso obtenido por la venta de los departamentos de un edificio, es necesario antes que nada identificar las variables que el mercado valora en los departamentos y posteriormente cuantificar su importancia en la determinación del precio de cada departamento. Esto no es simple, porque un departamento es un bien único, que no tiene un sustituto perfecto, ya que el emplazamiento no puede ser físicamente compartido. Esto significa que, aun cuando dos departamentos sean idénticos arquitectónicamente y tengan el mismo precio, no se trata de bienes idénticos. Debido a ello el procedimiento de fijación de precio es más complejo, porque no existen referencias exactas en el mercado. Como para los economistas el mercado inmobiliario no resultaba un buen ejemplo para aplicar las teorías económicas, se esforzaron a partir de mediados del siglo XX para resolver el problema. No fue hasta la década del sesenta que se relacionaran variables de los bienes

inmobiliarios como determinantes de su respectivo precio (Ridker y Henning, 1967). También en esa época comenzó a utilizarse modelos econométricos denominados modelos de precios hedónicos, porque explican el precio de bienes inmobiliarios a través de características que éstos poseen (Rosen, 1974). Numerosos aportes se han hecho posteriormente para ratificar su validez y para incorporar nuevas características. En Chile esto también cobra fuerza en la década del setenta (Lira, 1978), estudios que en América Latina resultaron pioneros en esta materia. El esfuerzo persistió durante la década del noventa con trabajos para relacionar precios de terrenos con sus respectivas características en Santiago (Figueroa y Lever, 1992) (Gutiérrez y Wunder, 1993). También contribuyeron los estudios más de tipo económico sobre la composición de la riqueza del suelo urbano (Edwards, Hurtubia y Wagner, 1995). En Concepción se han realizado estudios sobre precios de terrenos y precios de viviendas (Núñez y Schovelin 2002a y 2002b), demostrando que en los precios inmobiliarios influyen características que éstos poseen. En el resto de América Latina se llevaron a cabo esfuerzos similares, como por ejemplo en Argentina (Meloni y Ruiz, 1998; Coremberg, 1998 y Gil Moore, Selvaggi y Caminos, 1999) y también en Brasil (Stumpf y Torres, 1997).

Para determinar cuáles son las características de los departamentos que en Concepción el mercado valora y en qué medida se resolvió confeccionando un modelo hedónico, se revisaron las características típicas de los bienes inmobiliarios ya probadas (Palmquist, 1984). Se utilizó regresión múltiple (Neter y Wassermann 1974) para cuantificar en qué proporción las características del departamento inciden en su precio.

Como las características que valora el consumidor en un departamento pueden ser demasiadas, se acotó el problema a departamentos nuevos solamente, a modo de fijar esta característica como una constante para

todos ellos. Esto también permitió eliminar el problema del año de construcción y estado de conservación, que es una variable importante en los departamentos usados. Para que el modelo sirviera al propósito de fijar precio en cualquier sector de Concepción, fue necesario que existiera al menos una variable que reflejara la localización. Es cierto que la localización está asociada al suelo, pero no es posible aislar completamente la valoración que el consumidor da al suelo de la que da a la edificación que contiene.

Para individualizar las características de los departamentos y del suelo en que se emplazan, se identificó una serie de características que les son propias a cada uno de ellos. Esto, con la finalidad de que las variables puedan identificarse con una localización y no sean solamente con las características físicas del departamento (Ozzane y Thibodeau, 1983). Las características que se preseleccionaron debían ser objetivas e idealmente cuantificables, de esta manera quedaron fuera variables arquitectónicas estéticas que, aunque influyen en la decisión de compra, no operan igual para todos. La idea es que el modelo sirva para el diseño de variables objetivas, como por ejemplo tamaño de departamentos, número de dormitorios, número de departamentos, etc.

El modelo hedónico tiene como variable dependiente el precio por m² de departamento y como variables independientes las características que éste posee.

$$Pm^2 = f(c_1, \dots, c_n)$$

Para confeccionar el modelo hedónico, fue necesario en primer lugar recopilar información sobre oferta de departamentos y sus características. Esta información se recopiló durante el período 2002 y 2003, e incluyó la totalidad de los proyectos disponibles en ese periodo, que alcanzó a 63 tipos de departamentos. Por tipo de departamento se entenderá departamento con idéntica arquitectura, por ello cada edificio puede contar con muchos departamentos de cada tipo. Con la información recopilada se procedió a confeccionar el modelo hedónico. El mayor problema en esta etapa fue la fuerte correlación que presentaban algunas de las variables, lo que obligó a seleccionar variables representativas de cada grupo (Harmann, 1976), (Morton, 1977) y (Stumpf y Torres, 1997). No obstante que se encontraron buenos resultados en modelos lineales y logarítmicos, se seleccionó finalmente el modelo lineal, por alcanzar mayores niveles de significancia (ver Tabla I).

TABLA I. Variables y coeficientes del modelo hedónico.

	Coeficiente	Valor P
Constante		
Dormitorios	-467,8351	3,1E-09
Plusvalía sector	350,4817	1,1E-05
Cocina completa	1.052,1555	3,1E-07
Sala eventos	1.044,6895	2,6E-08
Tipo piso	-279,9377	0,00378
Calefacción central	-745,0070	0,00017
Supermercado	-456,8765	0,0309
m ² construido	53,8283	1,0E-36
Portería	-951,6582	3,4E-05
Bodega	232,6582	0,0649
R ² ajustado	0,9629	0,9755
F	335,279	
DW	1,7499	

Como la forma funcional seleccionada fue la lineal, el modelo definitivo resultante es el siguiente:

$$Pm^2 = A1 \cdot C1 + A2 \cdot C2 + A3 \cdot C3 + \dots + A8 \cdot C8$$

Pm^2 = Precio del metro cuadrado ofrecido de departamentos.

$A1 \dots A8$ = Son los coeficientes proporcionados por la regresión que muestran la proporción en que incide cada característica en el precio.

$C1 \dots C8$ = Son las respectivas características que influyen en el precio.

En el modelo seleccionado resultaron significativas variables asociadas a la localización, como la plusvalía del sector³ y cercanía a un supermercado. También características del departamento como tamaño, número de dormitorios, si posee calefacción o no, si posee cocina completa amoblada o no, con o sin bodega, con o sin portería, con o sin sala de eventos, y tipo de piso del departamento.

El número de dormitorios repercute negativamente en el precio, debido a que el mercado valora negativamente mayor número de dormitorios en un departamento de igual tamaño. Otra variable que incide negativamente en el precio es si cuenta con recepcionista, esto se debe a que encarece los gastos comunes. La calefacción central también incide negativamente en el precio y ello se debe a que sus costos de operación son altos y a que los inversionistas sobrevaloran esta característica en el precio. Por último la cercanía a un supermercado también afectó negativamente el precio, esto se debe a que los consumidores no desean estar expuestos al tráfico y ruido que genera. El resto de las variables afectan positivamente el precio de los departamentos.

³Para asignar plusvalía del sector se utilizó un plano de plusvalía promedio de viviendas que es parte de un estudio realizado por la Universidad del Bío-Bío para el Ministerio de Obras Públicas (1998-2001).

La variable plusvalía del sector resultó útil para que el modelo reflejara los precios, ya que el precio en distintos sectores de la ciudad no se valora igual (Ozzone y Thibodeau, 1983).

La base para construir un modelo de optimización fue en primer lugar el modelo hedónico que explica precio en función de características del departamento y su localización. Además restricciones legales, físicas asociadas al sitio, arquitectónicas asociadas a proporciones armónicas y finalmente económicas. El modelo de optimización es para maximizar el ingreso o precio a obtener por planta de edificio y para ello ajusta o combina variables como las características de los departamentos antes descritas y también posibilidades que ofrece la localización predeterminada. Las variables asociadas a la localización que resultaron significativas en el modelo hedónico, se incorporaron como restricciones fijas en el modelo de optimización. Pero su influencia en el precio se ponderó utilizando los coeficientes que arrojó el modelo hedónico. Las características intrínsecas al sitio y su localización, en este caso fueron la plusvalía del sector, cercanía o no a supermercado y el tamaño del sitio. En el modelo de optimización estas tres características se incorporaron como restricciones fijas asociadas a la localización para emplazar el proyecto escogido. También como restricciones se incorporaron las disposiciones legales, como plan regulador que condiciona área a construir de un sitio. Además restricciones armónicas, como tamaños mínimos de espacios comunes para acceso a los departamentos, áreas comunes y tamaños mínimos generales por departamento, en función del número de dormitorios. Para ello se especificó el tamaño mínimo, dependiendo del número de dormitorios que ofrece el departamento. Finalmente restricciones económicas como el precio máximo y mínimo por m^2 construido y precio máximo de departamentos en el sector que se emplazará.

Para el resto de las características, el modelo de optimización combinó su participación para maximizar el precio o ingreso por planta de edificio. Estas características son: tamaño construido de departamento en m^2 , número de dormitorios, si posee calefacción o no, si posee cocina completa o no, si es con o sin bodega, si es con o sin portería, si es con o sin sala de eventos, el tipo de piso del departamento, el precio del departamento y el valor m^2 . La selección adecuada de estas características la lleva a cabo el modelo de optimización. Para relacionar planta de edificio con departamentos, lo que hace el modelo de optimización es determinar cómo copar el área que se permite construir por planta, relacionando tamaño de departamento y áreas comunes con número de departamentos. De esta manera el modelo de optimización puede sacrificar tamaño y precio de departamento si ello implica ganar ingreso por planta, incrementando el número de departamentos.

El modelo de optimización tiene la siguiente forma funcional:

Maximizar precio de planta = Cantidad de departamentos * Precio m^2 departamento * Tamaño departamento

s/a Restricciones de:

- Cantidad de departamentos dadas por limitaciones físicas, arquitectónicas y legales.
- Precio m^2 dadas por las características de departamentos multiplicado por sus coeficiente de ponderación correspondiente.
- Tamaño de departamento restringido por tamaños mínimos dados en función de sus características.
- Precio de departamentos, restringido por valores máximos y mínimos totales y por metro cuadrado promedios existentes en el sector.
- Número de dormitorios, restringido por tamaños mínimos para ellos y también del área que ocuparan en el departamento que los contendrá.

El modelo de optimización se encarga de ajustar las características de los departamentos, excepto la relacionadas con localización, además el tamaño de los departamentos y el número de departamentos por planta.

Como los edificios tienen siempre más de un piso, el modelo se debe ejecutar nuevamente cada vez que la reglamentación o la estética obliga a cambiar el tamaño de la planta, en la medida que ascendemos en altura. En la mayoría de los casos la rasante de un edificio obliga a disminuir el área de las plantas superiores.

En el modelo de optimización no se incluyeron los costos. El supuesto utilizado es que los costos por m^2 construido están en directa proporción al precio cobrado por m^2 , por lo tanto, mejor precio es equivalente a mayor ganancia.

VII. PRUEBA DEL MODELO

Finalmente, el modelo fue probado y validado para tres proyectos nuevos, que son edificios actualmente en producción o recién terminados y no se consideraron para elaborar el modelo hedónico. Comparar resultados reales de estas obras con lo que arroja el modelo de optimización es complejo, debido a que la base de valoración la proporciona el modelo hedónico. Podría por ejemplo suceder que el modelo hedónico arrojará un valor mayor o menor que el que colocó el inversionista. Si el modelo hedónico arroja un precio mayor, esto contribuiría a elevar el ingreso por planta, no permitiendo discriminar si se trata de un mejor diseño del modelo de optimización o simplemente una sobrevaloración procedente del modelo hedónico. Para hacer la comparación más justa, y probar la efectividad del modelo hedónico, el primer paso consistió en probarlo con las características reales de estos departamentos. Esto se realizó para determinar el precio que tendría el proyecto

real, de acuerdo al modelo hedónico. De esta forma se sabría si el modelo hedónico subestima o sobrestima el precio real en que se están comercializando los departamentos. Para asegurar aun más igualdad entre la alternativa real y la propuesta del modelo de optimización, los espacios de accesos a los departamentos y los espacios públicos del modelo no podrán ser inferiores a los de la alternativa real. Lo mismo para los espacios construidos por planta y el precio por m² construido. Es decir, sólo se permitió que el modelo buscara una mejor combinación entre el número de departamentos por planta y sus características.

Finalmente se aplicó el modelo de optimización, comprobándose que entrega buenos resultados sobre la cantidad de departamentos, precio de cada departamento, precio a obtener por planta, tipo de departamentos y sus características. El resultado del modelo de optimización mejoró el precio a obtener por planta, y también por encima de lo que se obtuvo con el modelo hedónico, probado con las características reales. El

modelo en todos los casos planteó soluciones mejores y distintas a las que se plantearon en los edificios reales sometidos a optimización.

El primer edificio para aplicar el modelo de optimización se emplaza en Concepción con 7.323,48 m² y cuenta con un total de 120 departamentos. La localización corresponde a plusvalía 2 de viviendas entre 1.001 y 2.000 unidades de fomento. El ingreso a percibir los inversionistas por el proyecto de departamentos es de 208.800 UF y valorado por el modelo hedónico es de 214.622,5 UF. El modelo de optimización arrojó como resultado que se deberían construir 105 departamentos. La superficie que ocuparían sería de 7.290,66 m² y un valor total de 239.427,12 UF. Este valor supera los dos anteriores en un porcentaje de 14,67% respecto de la alternativa real y un 11,56% respecto de la alternativa real valorada por modelo hedónico. En la Tabla II aparecen las características de los departamentos reales actuales y también la proposición del modelo de optimización.

TABLA II. Características reales y propuestas por modelo del edificio N° 1.

	Plantas 2 - 18			2 - 5	6 - 15	16 - 18
	Real	Real	Real	Por modelo	Por modelo	Por modelo
Número departamentos	60	48	12	72	21	12
Tamaño m ²	48,07	71,84	82,58	66,96	89,3	49,5
Precio real depto. UF	1.425	1.985	2.555	—	—	—
Precio mod. hedónico UF	1.568,57	1.887,96	2.490,51	—	—	—
Precio mod. optimización UF	—	—	—	2.209,82	2.900	1.618,34
Número dormitorios	1	2	3	3	3	1
Cosina completa	Si	No	Si	Si	Si	No
Tipo de piso	Cerámica	Alfombra	Cerámica	Cerámica	Parquet	Parquet
Sala eventos	No	No	No	No	No	No
Portería	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Bodega	Si	Si	Si	Si	No	Si
Calefacción central	Si	Si	Si	Si	Si	No
Plusvalía	2	2	2	2	2	2
Cercanía supermercado	No	No	No	No	No	No
Superficie m ² planta	—	—	—	450	300	220

El segundo edificio estudiado se emplaza en la comuna de San Pedro de la Paz y cuenta

con recepcionista. Se trata de un edificio con un total de 20 departamentos repartidos en

cinco pisos. El modelo de optimización propuso que se deberían construir 35 departamentos. El ingreso a obtener por los departamentos en la situación real es de 32.680 UF, que de acuerdo al modelo hedónico debían ser 32.088 UF. El rediseño del modelo de optimización permitiría obtener un ingreso de 32.679,89 UF. El valor de optimización resultó inferior en una fracción al valor real, ello debido a que el precio real está sobredimensionado según el modelo hedónico. En todo caso, si la comparación es con modelo hedónico, el rediseño permite obtener mayor ingreso del edificio. En este caso la alternativa propuesta no supera el ingreso a obtener por la alternativa real, pero sí incrementa en un 1,84% el ingreso a obtener por la alternativa real valorada por el modelo hedónico. En la Tabla III aparecen las características de los departamentos reales actuales y también la proposición del modelo de optimización.

El tercer edificio en que se probó el modelo también se localiza en Concepción, en un sector en que la plusvalía es de 1, valores entre 750 y 1.000 unidades de fomento. Se emplaza en un sitio de 773,93 m², en el que

se construyeron dos edificios de siete pisos, con un total de 2.462,94 m² construidos. En el edificio A los departamentos comienzan en el piso dos, ya que el primer piso y subterráneo se destinó a estacionamientos y bodegas, los que se comercializan aparte. En la Tabla IV se presentan las características reales del edificio A. El edificio B comienza en el primer piso. En la Tabla VI se presentan las características reales de éste. Por todo el proyecto el precio estimado a obtener por la venta de los 26 departamentos es de 63.218 UF, valor que por modelo hedónico debería ser de 66.391 UF. El modelo hedónico propuso en exactamente la misma superficie útil anterior y sin incrementar el valor por m² de cada departamento, un total de 31 departamentos, lo que daría un ingreso de 72.118.17 UF. El modelo fue capaz de diseñar una alternativa que mejoraría el ingreso del proyecto en un 14% respecto a la alternativa real y en un 8,63 respecto a la alternativa real valorada a precio hedónico. En las Tablas V y VII se presentan las características propuestas por el modelo de optimización para el edificio A y B, respectivamente.

TABLA III. Características reales y propuestas por modelo del edificio N° 2.

	Plantas 1 - 4		Planta 5	
	Real	Por modelo	Real	Por modelo
Número departamentos	16	32	4	3
Tamaño m ²	71	35,53	55	73,09
Precio real depto. UF	1.680		1.450	
Precio mod. hedónico UF	1.627		1.514	
Precio mod optimización UF		840,6		1.927
Número dormitorios	3	1	2	3
Cosina completa	No	No	No	No
Tipo de piso	Alfombra	Parquet	Parquet	Parquet
Sala eventos	Si	No	Si	No
Portería	Si	No	Si	No
Bodega	No	No	No	No
Calefacción central	Si	Si	Si	Si
Plusvalía	2	2	2	2
Cercanía supermercado	No	No	No	No
Superficie m ² planta	303	303	239	239

TABLA IV. Características reales del edificio N° 3a.

	Plantas 2 - 5		Planta 6		Planta 7	
	Real	Real	Real	Real	Real	Real
Número departamentos	4	4	1	1	1	1
Tamaño m ²	96,51	91,51	88,66	82,9	75,5	82,83
Precio real depto. UF	2.866,5	2701,75	2.616	2.487	2.295	2.170
Precio mod. hed. UF	3.117	2.847	2.694	2.384	2.454	2.380
Número dormitorios	3	3	3	3	2	3
Cosina completa	No	No	No	No	No	No
Tipo de piso	Flotante*	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante
Sala eventos	No	No	No	No	No	No
Portería	No	No	No	No	No	No
Bodega	No	No	No	No	No	No
Calefacción central	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Plusvalía	1	1	1	1	1	1
Cercanía supermercado	No	No	No	No	No	No

*Piso de madera flotante se asimiló a alfombra por ser lo más cercano en cuanto a precio e instalación.

TABLA V. Características propuestas por modelo del edificio N° 3a.

	Plantas 2 - 5	Planta 6	Planta 7
	Por modelo	Por modelo	Por modelo
Número departamentos	8	3	2
Tamaño m ²	94,01	57,186	79,14
Precio depto. UF	3.170	1.888,25	2.414,15 *
Número dormitorios	2	1	3
Cocina completa	No	No	No
Tipo de piso	Parquet	Parquet	Cerámica
Sala eventos	No	No	No
Portería	No	No	No
Bodega	No	Si	No
Calefacción central	Si	Si	No
Plusvalía	1	1	1
Cercanía supermercado	No	No	No
Superficie m ² planta	210,88	194,73	165,042

*El modelo obtuvo una alternativa mejor que elevaba el precio a 2.5114 UF, pero fue desechada porque incluía portería, la que no se ofrece al resto del edificio.

TABLA VI. Características reales del edificio N° 3b.

	Planta 1		Plantas 2 - 5		Planta 6		Planta 7	
	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real
Número deptos.	1	1	4	4	1	1	1	1
Tamaño m ²	83,96	61,85	88,37	80,51	74,26	78,19	62,85	66,47
Precio real depto. UF	2.477	1.837			2.148	2.264	1.749	1.844
Precio mod. hed. UF	2.441	1.719	2.679	2.255	2.387	2.599	1.773	1.968
Número dormitorios	3	2	3	3	2	2	2	2
Cocina completa	No	No	No	No	No	No	No	No
Tipo de piso	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante	Flotante
Sala eventos	No	No	No	No	No	No	No	No
Portería	No	No	No	No	No	No	No	No
Bodega	No	No	No	No	No	No	No	No
Calefacción central	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Plusvalía	1	1	1	1	1	1	1	1
Cercanía supermercado	No	No	No	No	No	No	No	No

TABLA VII. Características propuestas por modelo del edificio N° 3b.

	Planta 1	Plantas 2 - 5	Planta 6	Planta 7
	Por modelo	Por modelo	Por modelo	Por modelo
Número departamentos	2	12	2	2
Tamaño m ²	72,905	56,108	76,15	64,66
Precio depto. UF	2.338,66	1.875	2.485,9	2.058
Número dormitorios	3	2	3	2
Cosina completa	Sí	No	No	No
Tipo de piso	Alfombra	Parquet	Parquet	Parquet
Sala eventos	No	No	No	No
Portería	No	No	No	No
Bodega	No	No	No	No
Calefacción central	Sí	No	No	Sí
Plusvalía	1	1	1	1
Cercanía supermercado	No	No	No	No
Superficie m ² planta	183,6	189,27	172,97	145,97

VIII. CONCLUSIONES

El modelo de optimización permite mejorar la alternativa inmobiliaria presentada por el inversionista en los tres proyectos. Esto no resulta extraño, ya que sin duda los inversionistas no han considerado demasiadas combinaciones porque resulta complejo, pues son demasiadas las variables a combinar.

En estos tres proyectos que actualmente se llevan a cabo, el diseño se ha realizado solamente basado en la experiencia e intuición de los inversionistas. No obstante que uno de ellos pudo ajustar y modificar una de las características que originalmente se planteaba al utilizar un modelo hedónico antiguo realizado en Concepción.

Se puede concluir que herramientas ampliamente utilizadas en los procesos productivos como la construcción de modelos y la optimización también se pueden aplicar con buenos resultados en la industria de la construcción inmobiliaria.

Se pudo comprobar que los consumidores valoran la localización y la plusvalía del sector en que se emplazan los departamentos que demandan. También es interesante cómo la cercanía al centro ha dejado de ser

un atributo importante si en suburbios se cuenta con buenos servicios y adicionalmente con un ambiente más tranquilo.

Actualmente el mercado de departamentos cuenta con consumidores de éstos que demandan dos tipos de departamentos claramente distintos: el de profesionales jóvenes sin familia, estudiantes, divorciados, viudos y recién casados que valora en éstos la seguridad y bajo costo de mantención; en el otro extremo, el de matrimonios mayores con buen nivel de ingresos que debido a que sus hijos ya han abandonado el hogar optan por la solución más cómoda y segura que ofrece un departamento. Esta diferencia se manifiesta en una concentración de departamentos pequeños y lujosos en el centro de Concepción y departamentos grandes y lujosos en los barrios residenciales. Existe también consumidores que demandan viviendas y ven en el departamento una opción que compite con el resto de las viviendas. Ellos sólo esperan una buena combinación de características por el precio que pagan por la solución habitacional.

Esta metodología sirve también para optimizar, por ejemplo, una localización para ciertas características previamente de-

finidas en un proyecto inmobiliario, o una característica específica, por ejemplo, tamaño de los dormitorios. Con esta metodología se puede ayudar a resolver muchas interrogantes que se plantean los inversionistas inmobiliarios al diseñar sus proyectos inmobiliarios.

BIBLIOGRAFÍA

- BALL, M. J. (1973) Recent empirical work on the determinants of relative house price. *Urban Studies*, 10: pp. 213-233.
- COREMBERG, A. (1998) El precio de la vivienda en Argentina: ¿burbuja o fundamentals? Un análisis econométrico de sus determinantes fundamentales. AAEP. XXXIIIª Reunión Anual, Mendoza.
- EDWARDS, G. HURTUBIA, J. WAGNER, G. (1995) El suelo urbano y la composición de la riqueza. *Cuaderno de Economía*, 96: pp.151-163.
- FIGUEROA, E. LEVER, G. (1992) Valor de mercado de los terrenos urbanos en Santiago. *Cuaderno de Economía*, 86: pp. 99-113.
- GIL MOORE, A. SELVAGGI, M. CAMINOS, J. (1999) Elaboración de índices de precios de propiedades en tasaciones del Gran Mendoza. Asociación Argentina de economía política, Buenos Aires.
- GUTIERREZ, H. WUNDER, D. (1993) Determinantes del precio de mercado de los terrenos en el área urbana de Santiago. *Cuaderno de Economía*, 89: pp. 131-138.
- HARMANN, H. (1976) *Modern factor analysis: Tercera edición* Chicago, University of Chicago.
- KAIN, J. QUINGLEY, J. (1970) Measuring the Value of Housing Quality. *Journal American Statistics*, 65: pp. 532-548.
- LIRA, R. (1978) Precios implícitos de características de viviendas en Santiago. *Cuaderno de Economía*, 15: pp. 44-67.
- MELONI, O. RUIZ, F. (1998) Determinantes de los precios de mercado de los terrenos en San Miguel de Tucumán. Asociación Argentina de Economía Política, Mendoza.
- MORTON, T. (1977) Factor analysis, multicollinearity, and regression appraisal models. *The Appraisal Journal*, Chicago, American Institute of Real Estate Appraisers, 45: pp. 578-587.
- NETER, J. WASSERMANN, W. (1974) *Applied linear statistical models*. Homewood, IL, Richard D. Irwin.
- NUÑEZ, F. SCHOVELIN, R. (2002a) Modelo de precio de suelo urbano en el Gran Concepción. *Revista Ingeniería Industrial*, 1: pp. 47-58.
- NUÑEZ, F. SCHOVELIN, R. (2002b) Estimación de un modelo hedónico para conjuntos de viviendas nuevas. *Revista Ingeniería Industrial*, 1: pp. 15-25.
- OZZANE, L. THIBODEAU, T. (1983) Explaining metropolitan housing price differences. *Journal Urban Economic*, 13: pp. 51-66.
- PALMQUIST, R. (1984) Estimating the demand for the characteristics of housing. *Review of Economics and Statistics*, 66 N° 3: pp. 394-404.
- RIDKER, R. HENNING, J. (1967) The determinants of residential property values with special reference to air pollution. *Review Economic Statistic*, 4: pp. 246-257.
- SABATINI, F. CERDA, J. CÁCERES, G. (2001) Segregación en las grandes ciudades de Chile, 1970-1992: Concepción y Valparaíso. Unidad de estudios prospectivos Mideplan.
- STUMPF, M. TORRES, C. (1997) Estimación de modelos de precios para alquileres residenciales. *Cuaderno de Economía*, 101: pp. 71-86.
- ROSEN, S. (1974) Hedonics methods and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82: pp. 34-55.