21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

Un modelo econométrico MRLM + *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para seleccionar la mejor alternativa de una inversión inmobiliaria. Caso: Apartamento en la Ciudad de Panamá (Panamá).

Ing. Miguel Camacaro Pérez[1], Arq. Ernesto Mock Díaz[2]

[1] *Appraisers Reading Club*, C.R. Ciudad Roca, Urb. Ágata, Casa Nº 5-08, Barquisimeto, Venezuela. mundovalor@gmail.com.
[2] *Appraisers Reading Club*, proavaluos@yahoo.com

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES
Latin American
Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil





Alternativa 1

Alternativa 2

Alternativa 3

Alternativa 4

Datos de las ofertas seleccionadas

Inmueble	Area Privada	Habitación	Baño	Puesto	Edad	Balcón	Amenidades	Piso edificio	Precio Total (USD)
PH Arenas Park	67	2	1	1	5	Si	Si	23	165.000,00
PH Vista Marina Tower	105	3	2	2	8	Si	Si	16	170.000,00
PH Coral Tower	81	2	2	2	5	Si	Si	26	200.000,00
PH Miradores Residences	90	3	2	2	2	Si	Si	28	168.500,00

¿Los precios ofertados son los precios reales de mercado?



¿Cuál sería la mejor alternativa de inversión inmobiliaria?

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES
Latin American
Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil





21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

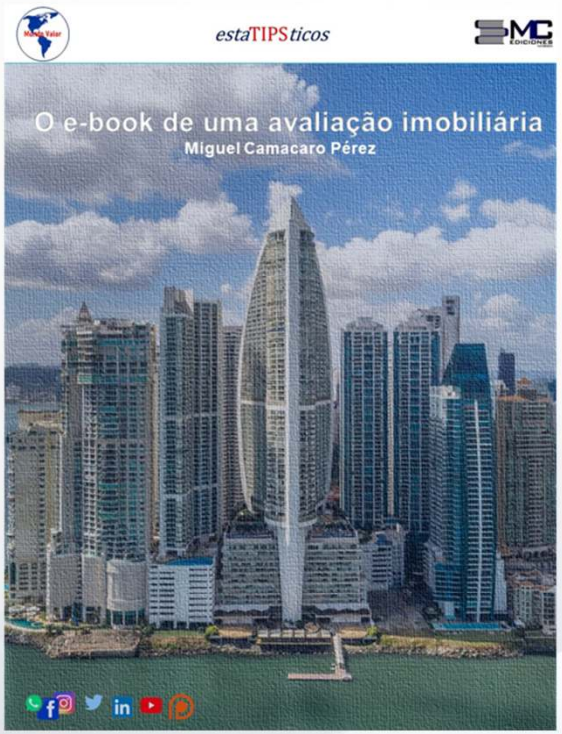
Del Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM)

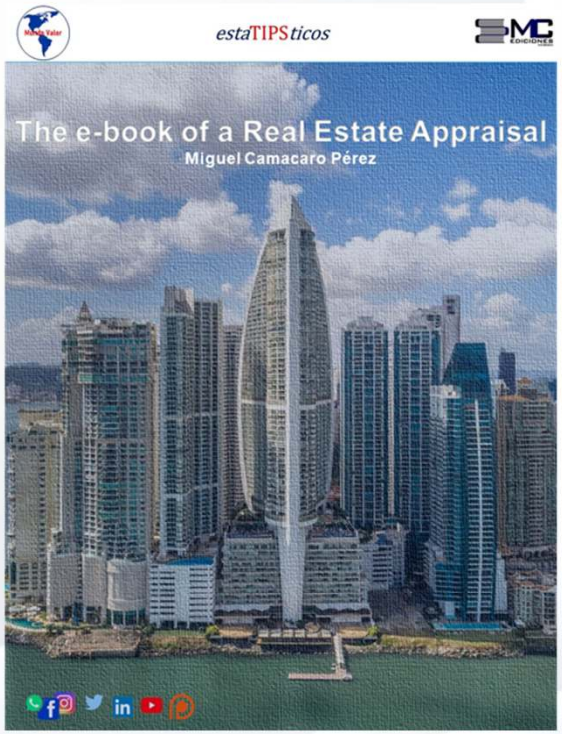
21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES
Latin American
Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil





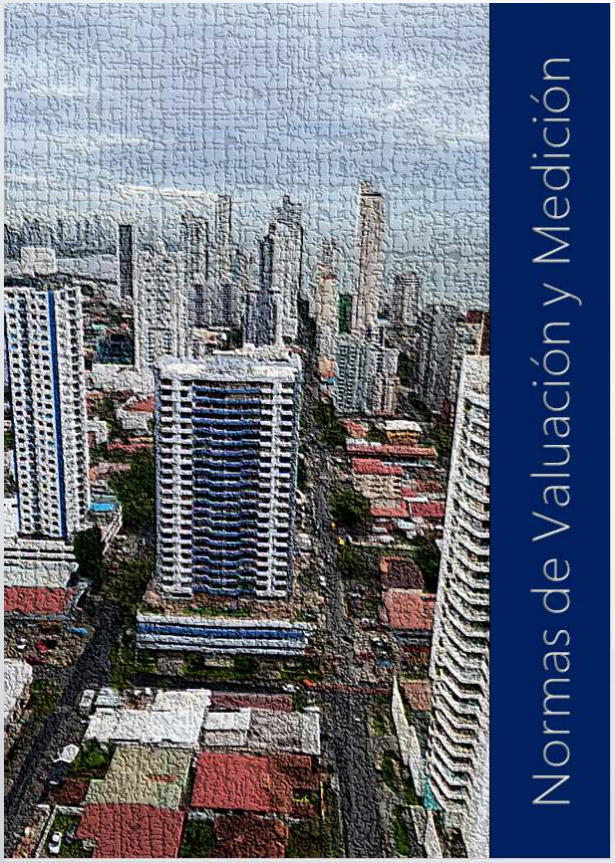




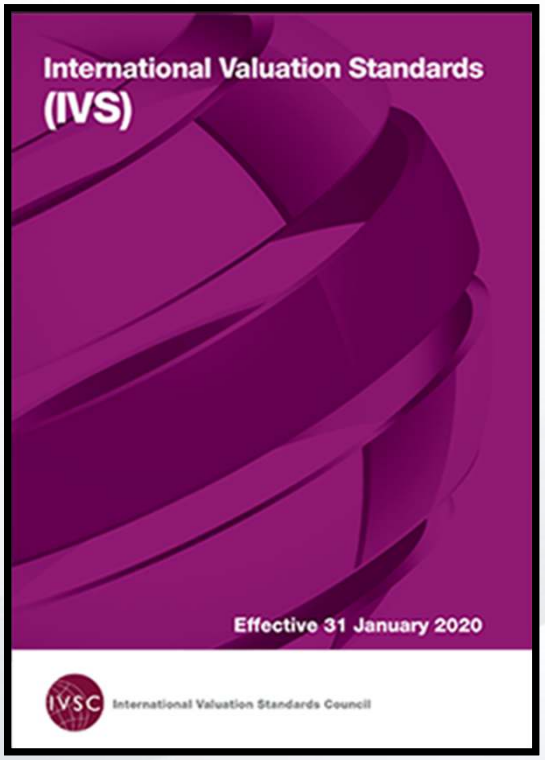
21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

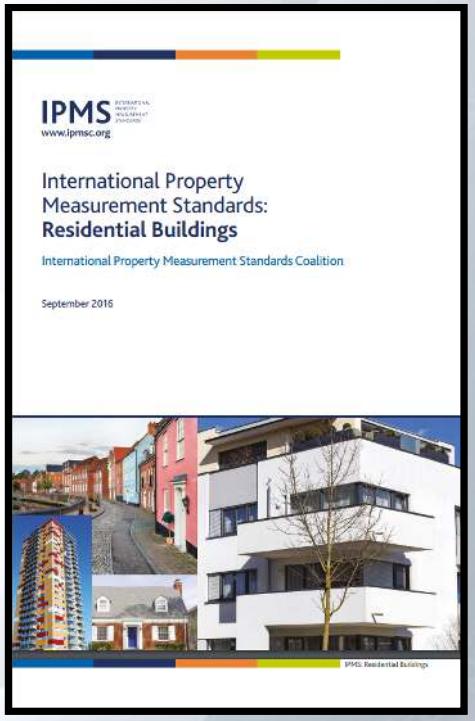


Normas de Valuación y Medición









El Método comparativo de datos de mercado y el avalúo Inmobiliario

"La estimación del valor de un bien inmueble sigue una metodología de investigación que se basa en el análisis estadístico de una muestra recopilada de operaciones de compra-venta y ofertas del mercado inmobiliario. Los resultados obtenidos por el procesamiento de los datos (fundamento empírico) son presentados en un informe técnico identificado como Informe de Avalúo Inmobiliario".

Fuente: Camacaro (2020)

Método de precios hedónicos

Estimación del valor de un bien inmueble se hace en función de sus características intrínsecas (atributos) y extrínsecas (externalidades).

V: valor inmobiliario

Se basa en modelos económicos donde el valor será función de la naturaleza del bien inmueble y de las condiciones del mercado donde se consume o se comercializa.

$$V = f(A, B, Pe, C, F, U)$$

Un individuo pagará más por un inmueble en la medida que los atributos de este bien satisfagan sus necesidades. A mayor satisfacción estará dispuesto a consumir un producto a un mayor precio.

Variables

(A, B, Pe, C, F, U)

Fuente: Elaboración propia

"Inmuebles que agregan más **valor** a los propietarios se tasarán **mejor**" **(Pelli, 2020)**

Modelo de regresión lineal

"El análisis de regresión trata del estudio de la dependencia de la *variable explicada* en una o más variables, las *variables explicativas*, con el objetivo de estimar y/o predecir la media o el valor promedio poblacional de la explicada en términos de valores conocidos o fijos (en muestras repetidas) de las explicativas".

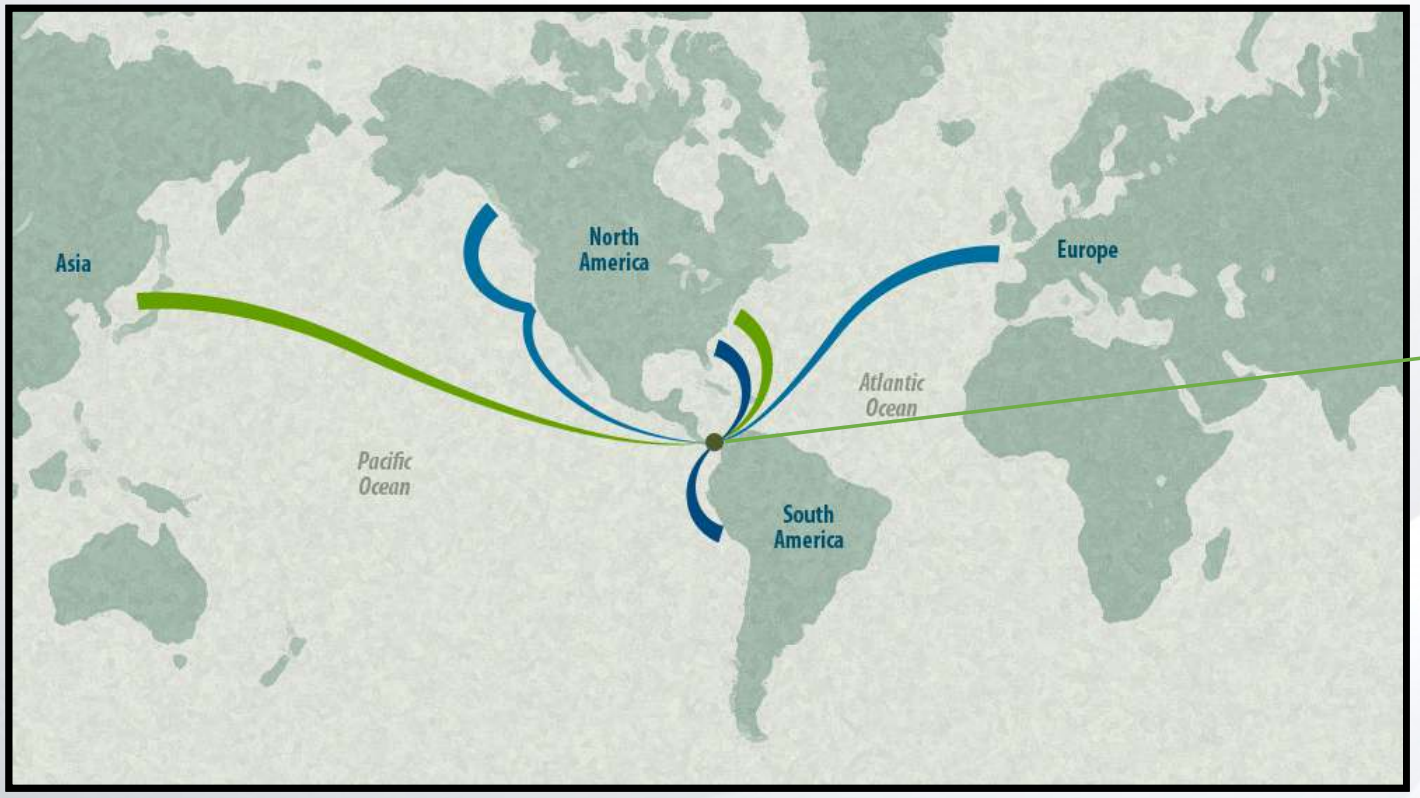
$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Siendo:

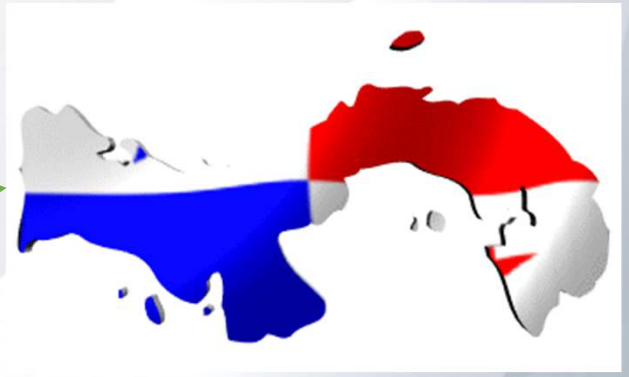
- Y_i: variable explicada
- X_i : variable explicativa
- β_0, β_1: regresores
- ε_i: errores

Fuente: Gujarati (1997) - Elaboración propia

De la solución con MRLM


Asia
North America
Europe
Atlantic Ocean
Pacific Ocean
South America

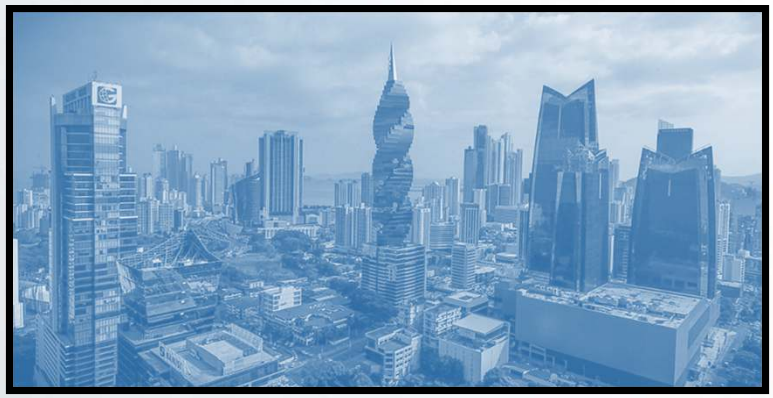
Panamá



21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES
Latin American
Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil









Río Abajo
Vía Simón Bolívar o Transístmica
Parque Recreativo y Cultural Omar
Vía Brasil
Autopista Corredor Sur

Modelo

Económico

$$PT = f(Ac, Ha, Ba, Pe, Ed, Ca, Ev, Pi, DPV)$$

Econométrico

$$PT_i = \beta_0 + \beta_1 Ac_i + \beta_2 Ha_i + \beta_3 Ba_i + \beta_4 Pe_i + \beta_5 Ed_i + \beta_6 Ca_i + \beta_7 Ev_i + \beta_8 Pi_i + \beta_9 DPV_i + \varepsilon_i$$

Población

- Unidades residenciales multifamiliares, con áreas comprendidas entre [60,00 y 140,00] m^2, ubicadas en edificios que tienen entre 10 y 40 pisos, localizados en la zona Corregimiento de Río Abajo de la Ciudad de Panamá.

Muestra

- Con tamaño *n* igual a 97 datos que corresponden a precios de ventas registradas u ofertas de mercado, para unidades residenciales multifamiliares, con áreas comprendidas entre [60,00 y 140,00] m^2, ubicadas en edificios que tienen entre 10 y 40 pisos, localizados en la zona Corregimiento de Río Abajo de la Ciudad de Panamá.



Tabla 5: Variables del modelo econométrico

Variable	IM	Unidad	Descripción	Tipo de Variable	Escala de Medición
Área de construcción	*Ac*	m^2	Área legal o tasable del inmueble.	Explicativa Cuantitativa Continua	Razón
Puesto de estacionamiento	*Pe*	adim	Número de puestos de estacionamiento del inmueble.	Explicativa Cuantitativa Discreta	Razón
Edad	*Ed*	año	Edad del edificio donde se ubica el inmueble.	Explicativa Cuantitativa Discreta	Razón
Calidad[1]	*C*	adim	Alta 3 Media Alta 2 Media 1	Explicativa Categórica Discreta	Ordinal
Pisos	*Pi*	adim	Número de pisos del edificio	Explicativa Cuantitativa Discreta	Razón
Distancia al polo valorizante	*DPV*	m	Distancia del edificio hasta el punto central del Parque Recreativo y Cultural Omar.	Explicativa *Proxy* Continua	Razón
Precio Total del inmueble	*PT*	UM	Precio Total de las ofertas de apartamentos.	Explicada Cuantitativa Continua	Razón

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

$$\widehat{PT} = 78.812,3296.1,0075^{Ac}.1,0428^{Pe}.0,9906^{Ed}.1,0319^{Ca}.1,0063^{Pi}.0,9999^{DPV}$$

Resultados RL

Dados e Variáveis	
Dados	97
Dados Considerados	97
Variáveis	7
Variáveis Consideradas	7
Coeficientes	
Correlação	1 - 0,8592 / 0,8625
Determinação	1 - 0,7382 / 0,7438
R2 Ajustado	1 - 0,7208 / 0,7267
Testes de Hipóteses	
F Calculado	42,3
Significância Modelo	0,01
D Calculado	
Durbin Watson	
Normalidade dos Resíduos	
-1 e +1 desvios padrõe	65%
-1,64 e +1,64 desvios p	93%
-1,96 e +1,96 desvios p	98%
Diversos	
Desvio Padrão	0,07568
Outliers do Modelo	1 (1,03%)
Método de Cálculo	Geral

H...	Ti...	Variáveis	Transf.	Elasticidade	t Calculado	Sig.(%)	Coef. RL
		Ac	x	4,82%	11,90	**0,01%**	0,007470
		Pe	x	4,28%	2,21	**2,96%**	0,041880
		Ed	x	-1,21%	-2,75	**0,72%**	-0,009395
		Ca	x	0,63%	1,78	**7,87%**	0,031409
		Pi	x	1,77%	4,25	**0,01%**	0,006284
		DPV	x	-1,42%	-3,34	**0,12%**	-0,000071
		PT	ln(y)		177,97	**0,01%**	11,287471

Matriz de correlaciones con influencia

Id	Variável	Transf.	Alias	x1	x2	x3	x4	x5	x6	y
	Ac	x	x1	0	0,01	0,49	0,03	0,23	0,41	0,78
	Pe	x	x2	0,01	0	0,08	0,09	0,10	0,20	0,23
	Ed	x	x3	0,49	0,08	0	0,06	0,34	0,12	0,28
	Ca	x	x4	0,03	0,09	0,06	0	0,05	0,03	0,18
	Pi	x	x5	0,23	0,10	0,34	0,05	0	0,18	0,41
	DPV	x	x6	0,41	0,20	0,12	0,03	0,18	0	0,33
	PT	ln(y)	y	0,78	0,23	0,28	0,18	0,41	0,33	0

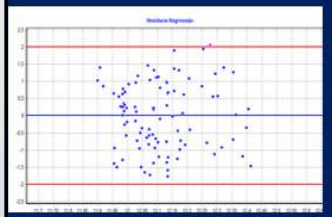
Inmueble tasable/datos

Ac	90,00
Pe	1,00
Ed	2,00
Ca	3,00
Pi	28,00
DPV	1.537,34

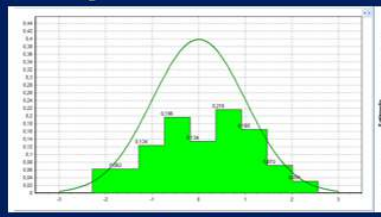
Estimación puntual/intervalo

Regressão Linear	
Valor Unitário	
Mínimo	2.021,86
Médio	2.088,73
Máximo	2.157,82
Valor Total	
Mínimo (3,20%)	181.967,19
Médio	187.985,98
Máximo (3,31%)	194.203,85
Intervalo Predição	
Mínimo (9,77%)	169.615,06
Máximo (10,83%)	208.346,65
Mínimo (IP)	1.884,61
Máximo (IP)	2.314,96
Campo de Arbítrio	
RL Mínimo	159.788,09
RL Máximo	216.183,88
Parâmetros	
Nível de Confiança	80%
Estimativa pela	Mediana

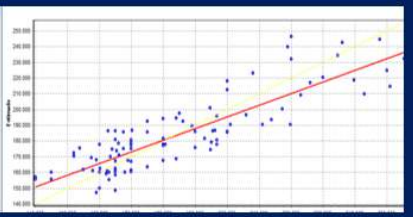
Normalidad – Residuos/regresión



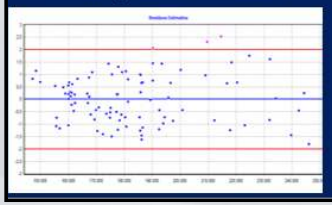
Histograma de frecuencia/errores



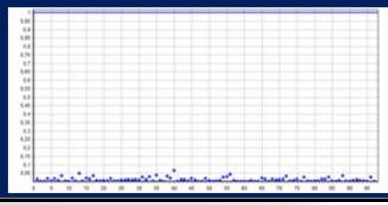
Ajuste del modelo



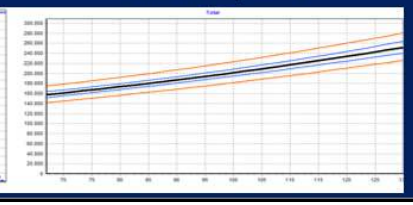
Residuos/estimación - *outlier*



Distancia de *Cook* / Puntos influyentes



Punto mínimo/máximo



Grado de fundamentación

Ítem	Puntos		
1	3	Puntos mínimos	16
2	3		
3	3	Ítems obligatorios	Todos en III
4	3		
5	3		
6	3	Grado de fundamentación	III
Total	18		

Grado de precisión

Amplitud del intervalo de confianza del 80% alrededor de la estimación de la tendencia central.	6,51%<30
Grado de precisión	III

Intervalo de valores

Estimación central	187.985,98
Intervalo de confianza	
181.967,19	194.203,85
Intervalo de predicción	
169.615,06	208.346,65
Campo de arbitrio	
159.788,08	216.183,88
Valor arbitrado	187.985,98
Intervalo arbitrado	
181.967,19	194.203,85
Intervalo admisible	
181.967,19	194.203,85

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

PH Arenas Park

Regressão Linear	
Valor Unitário	
Mínimo	2.169,09
Médio	2.216,06
Máximo	2.264,04
Valor Total	
Minimo (2,12%)	145.329,06
Médio	148.475,89
Máximo (2,17%)	151.690,86
Intervalo Predição	
Minimo (9,52%)	134.343,06
Máximo (10,52%)	164.095,49
Mínimo (IP)	2.005,12
Máximo (IP)	2.449,19
Campo de Arbítrio	
RL Mínimo	126.204,51
RL Máximo	170.747,27

USD 165.000,00

PH Vista Marina Tower

Regressão Linear	
Valor Unitário	
Mínimo	1.657,71
Médio	1.718,44
Máximo	1.781,41
Valor Total	
Minimo (3,53%)	174.059,30
Médio	180.436,61
Máximo (3,66%)	187.047,59
Intervalo Predição	
Minimo (9,89%)	162.594,43
Máximo (10,97%)	200.236,69
Mínimo (IP)	1.548,52
Máximo (IP)	1.907,02
Campo de Arbítrio	
RL Mínimo	153.371,12
RL Máximo	207.502,11

USD 170.000,00

PH Coral Tower

Regressão Linear	
Valor Unitário	
Mínimo	2.219,39
Médio	2.291,64
Máximo	2.366,24
Valor Total	
Minimo (3,15%)	179.770,79
Médio	185.622,69
Máximo (3,26%)	191.665,08
Intervalo Predição	
Minimo (9,77%)	167.484,99
Máximo (10,83%)	205.724,59
Mínimo (IP)	2.067,72
Máximo (IP)	2.539,81
Campo de Arbítrio	
RL Mínimo	157.779,28
RL Máximo	213.466,09

USD 200.000,00

PH Miradores Residences

Regressão Linear	
Valor Unitário	
Mínimo	2.053,43
Médio	2.110,72
Máximo	2.169,61
Valor Total	
Minimo (2,71%)	184.808,78
Médio	189.964,76
Máximo (2,79%)	195.264,58
Intervalo Predição	
Minimo (9,65%)	171.628,56
Máximo (10,68%)	210.259,93
Mínimo (IP)	1.906,98
Máximo (IP)	2.336,22
Campo de Arbítrio	
RL Mínimo	161.470,04
RL Máximo	218.459,47

USD 168.500,00

¿Es posible tomar la decisión de invertir con solo analizar los precios de los inmuebles?



¿Qué método puede utilizarse para coadyuvar a tomar la mejor decisión posible en la inversión inmobiliaria?

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

Del *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM)

De la Investigación de Operaciones

Existe una rama de la Investigación de Operaciones que evalúa explícitamente múltiples criterios, que es la *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) o toma de decisiones multicriterio.

Tanto si el responsable de la toma de decisiones es un individuo, un grupo o directivos, MCDM ayuda a tomar decisiones sobre un problema complejo al evaluar y elegir alternativas para resolverlo utilizando diferentes criterios y puntos de vista (*Kadziński* & *Tervonen*, 2013).

Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM)

Toma de Decisiones por Objetivos Múltiples (MODM)

Toma de Decisiones por Atributos Múltiples (MADM)

Fuente: *Hwang* y *Yoon* (1981) en Yepes (2018)

Tabla 1: Clasificación de los métodos MADM

Grupo MADM	Método MADM
Métodos de puntuación directa	*Simple Additive Weighting* (SAW)
	Complex Proportional Assessment (COPRAS)
Métodos de basados en la distancia	*Goal Programming* (GP)
	Compromise Programming (CP)
	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
	Multicriteria Optimization and Compromise Solution (VIKOR)
Métodos de comparación por pares	*Analytic Hierarchy Process* (AHP)
	Analytic Network Process (ANP)
	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH)
Métodos de superación	*Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations* (PROMETHEE)
	Elimination and Choice Expressing Reality (ELECTRE)
Métodos basados en funciones de utilidad o valor	*Multi-attribute Utility Theory* (MAUT)
	Multi-Attribute Value Theory (MAVT)
	Modelo Integrado de Valor para Evaluaciones Sostenibles (MIVES)

Penadés-Plà et al., (2016): información sobre la clasificación de la Tabla 1

¿Por qué seleccionar el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para solucionar la situación planteada?



¿Cuáles son los fundamentos empíricos?

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

MCDM International Society on MCDM
Multiple Criteria Decision Making

HOME | ABOUT | CONFERENCES & SUMMER SCHOOLS | AWARDS | MEMBERSHIP | PUBLICATIONS | SOF

Short MCDM History

Part of the history of the Multiple Criteria Decision Making, the International Society on Multiple Criteria Decision Making, and related activities from Profs. Ralph E. Steuer and Stan Zionts (with assists from Murat Köksalan, Kaisa Miettinen and Jyrki Wallenius).

Early Roots

The earliest known reference relating to Multiple Criteria Decision Making can be traced to Benjamin Franklin (1706 1790), who allegedly had a simple paper system for deciding important issues. Take a sheet of paper. On one side, write the arguments in favor of a decision; on the other side, write the arguments against. Strike out arguments on each side of the paper that are relatively of equal importance. When all the arguments on one side are struck out, the side which has the remaining arguments is the side of the argument that should be supported. Supposedly Franklin used this in making important decisions.



(1926-2017)

Thomas Saaty introduced the Analytic Hierarchy Process in the 1970s and the Analytic Network Process more recently. His co-authors and colleagues include Ernest Forman and Luis Vargas. Saaty is one of the most visibly successful people in MCDM, having been written up in Fortune magazine.

https://www.mcdmsociety.org/content/short-mcdm-history-0

Kujawski (2003) **ha señalado que gran parte de la popularidad del AHP se debe a: (1) la apariencia de un enfoque científico debido al uso de una formulación matricial; (2) la atractiva técnica de elicitación de las ponderaciones y puntuaciones basada en la comparación por pares mediante una escala verbal; y (3) la existencia de una herramienta de software fácilmente disponible.**

Emrouznejad&Marra **(2017) presentan un documento donde se evidencia el creciente conjunto de trabajos sobre el AHP publicados entre 1979 y 2017. Dado el gran número de trabajos en este campo (8.441 piezas publicadas)…**

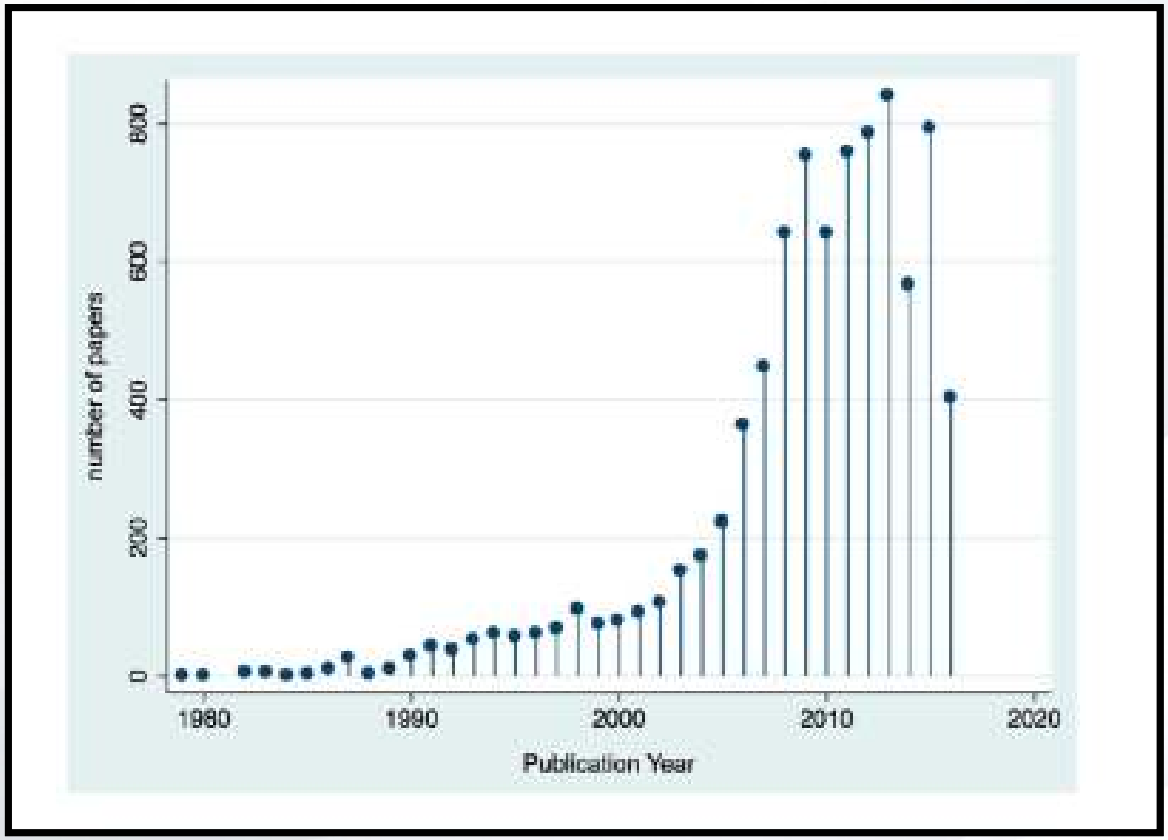


Figure 3. Number of publications per year (1979 and 2017).

Table 2. Top 10 most influential papers ranked by TLCS.

	Paper	Title	Journal	TLCS	TGCS
1	Saaty (1990b)	How to make a decision – The analytic hierarchy process	European Journal of Operational Research	642	836
2	Saaty (1986)	Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process	Management Science	257	332
3	Dyer (1990a)	Remarks on the analytic hierarchy process	Management Science	257	319
4	Saaty (1994)	How to make a decision – The analytic hierarchy process	Interfaces	201	277
5	Harker and Vargas (1987)	The theory of ratio scale estimation – Saaty Analytic hierarchy process	Management Science	193	209
6	Forman and Peniwati (1998)	Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process	European Journal of Operational Research	184	173
7	Saaty (1990a)	An exposition of the AHP in reply to the paper remarks on the analytic hierarchy process	Management Science	172	190
8	Crawford and Williams (1985)	A note on the analysis of subjective judgement matrices	Journal of Mathematical Psychology	165	256
9	Saaty and Vargas (1987)	Uncertainty and rank order in the analytic hierarchy process	European Journal of Operational Research	150	173
10	Ghodsypour and O'Brien (1998)	A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming	International Journal of Production Economics	149	325

TLCS: *Total Local Citation Score* TGCS: *Total Global Citation Score*

En un estudio realizado por *Khan, A. U., & Ali, Y. (2020),* se concluyó que el AHP ha dominado los últimos 20 años en cuanto a número de publicaciones en todas las categorías principales, es decir, ingeniería/tecnología/ciencias aplicadas, ciencias sociales, estudios sanitarios y estudios medioambientales. Esto demuestra que el AHP produce resultados más auténticos y fiables y ha sido el preferido por los investigadores.

***Dos Santos et al* (2021), realizaron un estudio bibliométrico de publicaciones sobre el tema de criterios múltiples y decisión, comprobando que el método AHP es el más utilizado en todas las áreas del conocimiento.**

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

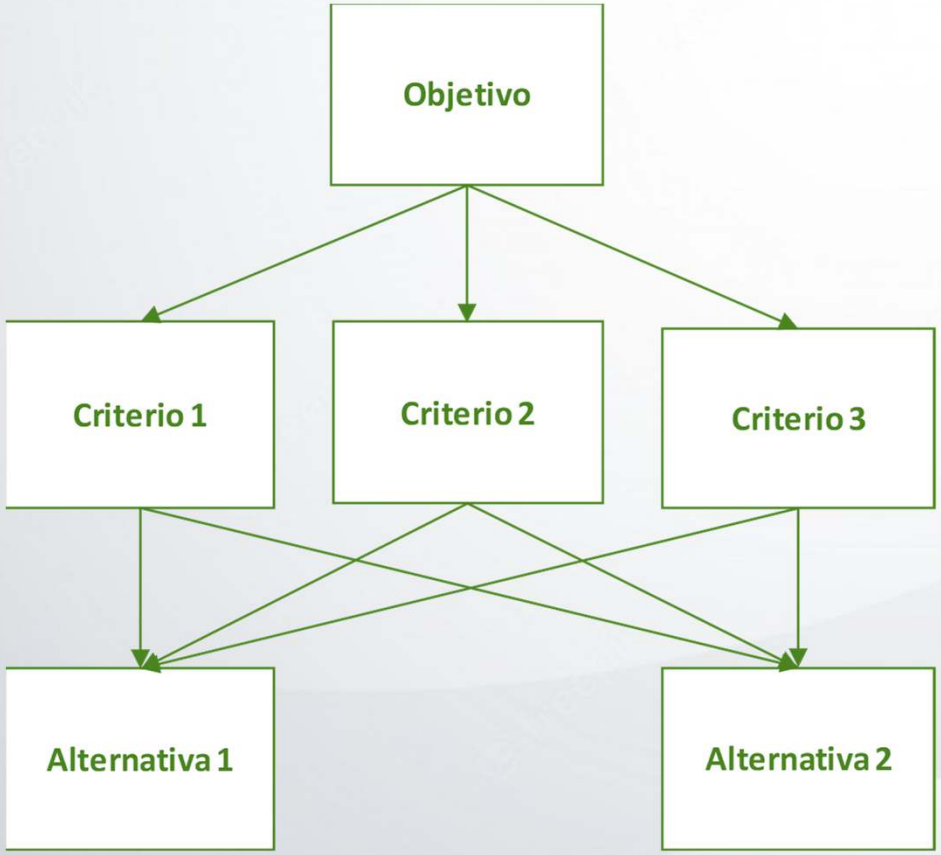
Del Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* -AHP)

De acuerdo con *Moreno Jiménez et al* (2019), el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una técnica de decisión Multicriterio que combina aspectos tangibles e intangibles para obtener, en una escala de razón, las prioridades asociadas con las alternativas del problema. En un ambiente de certidumbre, el AHP proporciona la posibilidad de incluir datos cuantitativos relativos a las alternativas de decisión.

La ventaja del AHP consiste en que adicionalmente permite incorporar aspectos cualitativos que suelen quedarse fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes en algunos casos.

Las características principales de este enfoque son la modelización del problema mediante una estructura jerárquica, la utilización de comparaciones pareadas para incorporar las preferencias del decisor, y la obtención de una escala de razón que es válida para la toma de decisiones complejas.

Según *Saaty*, para tomar una decisión de forma organizada para generar prioridades se necesita descomponer la decisión en los siguientes pasos:



1. Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento que se busca.

2. Estructurar la jerarquía de la decisión : Objetivo, Criterios y Alternativas.

3. Construir un conjunto de matrices de comparación por pares.

4. Utilice las prioridades obtenidas de las comparaciones para ponderar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior.

5. Continúe este proceso de ponderación y suma hasta obtener las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.

1. Matriz de comparación por pares para los criterios

	Criterio 1	...	Criterio *j*	...	Criterio *n*
Criterio 1	a_{11}	...	a_{1j}	...	a_{1n}
⋮	⋮	⋱	⋮		⋮
Criterio *j*	a_{i1}	...	a_{ij}	...	a_{in}
⋮	⋮		⋮	⋱	⋮
Criterio *n*	a_{n1}	...	a_{nj}	...	a_{nn}

a_{1j}:valor de la escala de *Saaty* para comparar el Criterio 1 respecto al Criterio *j*

$$a_{i1} := \frac{1}{a_{1j}} \longrightarrow a_{1j} = \frac{1}{a_{i1}}$$

a_{1n}:valor de la escala de *Saaty* para comparar el Criterio 1 respecto al Criterio *n*

$$a_{n1} = \frac{1}{a_{1n}} \longrightarrow a_{1n} = \frac{1}{a_{n1}}$$

$$a_{11} = a_{ij} = a_{nn} = 1$$

Tabla de la escala fundamental de *Saaty*

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Los criterios contribuyen en forma idéntica para el objetivo.
3	Poco más importante	El análisis y la experiencia demuestran que un criterio es un poco más importante que el otro.
5	Mucho más importante	El análisis y la experiencia demuestran que un criterio es claramente más importante que el otro.
7	Bastante más importante	El análisis y la experiencia demuestran que un criterio es más predominante que el otro.
9	Extremadamente más importante	Sin ninguna duda uno de los dos criterios es absolutamente predominante para el objetivo.
2,4,6,8	Valores intermedios	También pueden ser utilizados

2. Normalización por la suma de los valores de la matriz criterios y cálculo del vector propio

Matriz original

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{i1} \qquad \sum_{i=1}^{n} a_{ij} \qquad \sum_{i=1}^{n} a_{in}$$

Normalización

$$\begin{matrix} a_{11} & \cdots & \dfrac{a_{1j}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} & \cdots & \dfrac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^{n} a_{in}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \dfrac{a_{i1}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}} & \cdots & a_{ij} & \cdots & \dfrac{a_{in}}{\sum_{i=1}^{n} a_{in}} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dfrac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^{n} a_{i1}} & \cdots & \dfrac{a_{nj}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} & \cdots & a_{nn} \end{matrix}$$

Vector propio

$$\begin{bmatrix} VP_{a1} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} a_{1j}}{n} \\ \vdots \\ VP_{aj} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{n} \\ \vdots \\ VP_{an} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} a_{nj}}{n} \end{bmatrix}$$

3. Cálculo del vector total, λ_{max}, *I.C.* y *R.C*

Matriz original **Vector propio** **Vector Total** **Vector λ**

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} VP_{a1} \\ \vdots \\ VP_{ai} \\ \vdots \\ VP_{an} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VT_1 \\ \vdots \\ VT_i \\ \vdots \\ VT_n \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{VT_1}{VP_{a1}} \\ \vdots \\ \frac{VT_i}{VP_{ai}} \\ \vdots \\ \frac{VT_n}{VP_{an}} \end{bmatrix}$$

matriz *n* x *n* por vector 1x*n*

$$\boldsymbol{\lambda_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{VT_i}{VPa_i}}{\boldsymbol{n}}$$

4. Cálculo *I.C.* y *R.C*

Índice de consistencia

$$I.C. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Tabla 3: Valores del índice aleatorio (IA) para un conjunto discreto de criterios n ≤ 10

Números de criterios	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Elaboración propia con base en Sánchez-Garrido (2022)

Ratio de consistencia

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.A.}$$

Tabla 4: Ratio de consistencia máximo (R.C.)

Tamaño de la matriz [*n*]	***R.C.* [%]**
2	5
5	9
≥5	10

Elaboración propia con base en Sánchez-Garrido (2022)

5. Matriz de comparación por pares para las alternativas/criterios (variable cualitativa)

Criterio 1

	Alternativa 1	...	Alternativa *j*	...	Alternativa *n*
Alternativa 1	b_{11}	...	b_{1j}	...	b_{1n}
	⋮	⋱	⋮		⋮
Alternativa *j*	b_{i1}	...	b_{ij}	...	b_{in}
	⋮		⋮	⋱	⋮
Alternativa *n*	b_{n1}	...	b_{nj}	...	b_{nn}

b_{1j}:valor de la escala de *Saaty* para comparar la Alternativa 1 respecto a la Alternativa *j* bajo el Criterio 1.

$$b_{i1} := \frac{1}{b_{1j}} \longrightarrow b_{1j} = \frac{1}{a_{i1}}$$

b_{1n}:valor de la escala de *Saaty* para comparar la Alternativa 1 respecto a la Alternativa n bajo el Criterio 1.

$$b_{n1} = \frac{1}{b_{1n}} \longrightarrow b_{1n} = \frac{1}{b_{n1}}$$

$$b_{11} = b_{ij} = b_{nn} = 1$$

6. Normalización por la suma de los valores de la matriz alternativas/criterios y Cálculo del vector propio

Matriz original

$$\begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1j} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ b_{i1} & \cdots & b_{ij} & \cdots & b_{in} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nj} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{i1}} \qquad \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{ij}} \qquad \sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{in}}$$

Normalización

$$\begin{matrix} b_{11} & \cdots & \dfrac{b_{1j}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{ij}}} & \cdots & \dfrac{b_{1n}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{in}}} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \dfrac{b_{i1}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{i1}}} & \cdots & b_{ij} & \cdots & \dfrac{b_{in}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{in}}} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dfrac{b_{n1}}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{i1}}} & \cdots & \dfrac{b}{\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{b_{ij}}} & \cdots & b_{nn} \end{matrix}$$

Vector propio

$$\begin{bmatrix} VP_{b1} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{b_{1j}}}{n} \\ \vdots \\ VP_{bj} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{b_{ij}}}{n} \\ \vdots \\ VP_{bn} = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{b_{nj}}}{n} \end{bmatrix}$$

7. Cálculo del vector total, λ_{max}, *I.C.* y *R.C*

Matriz original **Vector propio** **Vector Total** **Vector λ**

$$\begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1j} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ b_{i1} & \cdots & b_{ij} & \cdots & b_{in} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \cdots & b_{nj} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} VP_{b1} \\ \vdots \\ VP_{bi} \\ \vdots \\ VP_{bn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VT_1 \\ \vdots \\ VT_i \\ \vdots \\ VT_n \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{VT_1}{VP_{b1}} \\ \vdots \\ \frac{VT_i}{VP_{bi}} \\ \vdots \\ \frac{VT_n}{VP_{bn}} \end{bmatrix}$$

matriz *n* x *n* por vector 1x*n*

$$\boldsymbol{\lambda_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{VT_i}{VPb_i}}{\boldsymbol{n}}$$

8. Cálculo *I.C.* y *R.C*

Índice de consistencia

$$I.C. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Tabla 3: Valores del índice aleatorio (IA) para un conjunto discreto de criterios n ≤ 10

Números de criterios	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Elaboración propia con base en Sánchez-Garrido (2022)

Ratio de consistencia

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.A.}$$

Tabla 4: Ratio de consistencia máximo (R.C.)

Tamaño de la matriz [*n*]	***R.C.* [%]**
2	5
5	9
≥5	10

Elaboración propia con base en Sánchez-Garrido (2022)

Cuando los criterios está representados por variables cuantitativas se sigue el siguiente procedimiento:

1. Identificar si el criterio aporta (+) o aporta (–) para cada alternativa.
2. Si aporta (+), hacer la normalización por la suma sin transformar la variable.
3. Si aporta (-), se debe transformar la variable con la función 1/x para luego normalizar por la suma.
4. Así se obtienen los vectores de las alternativas por criterios para variables cuantitativas.
5. No aplica el ratio de consistencia

Aporte (+)	Criterio 1	Normalización	Vector propio
Alternativa 1	c_{11}	$c_{11}/\sum_{i=1}^{n} c_{i1}$	VPc_1
⋮	⋮	⋮	
Alternativa *i*	c_{i1}	$c_{i1}/\sum_{i=1}^{n} c_{i1}$	VPc_i
⋮	⋮	⋮	
Alternativa *n*	c_{n1}	$c_{n1}/\sum_{i=1}^{n} c_{i1}$	VPc_n
	$\sum_{i=1}^{n} c_{i1}$	c_{i1}= valor de la variable	

Aporte (-)	Criterio 1	Transformación	Normalización	Vector propio
Alternativa 1	c_{11}	$T_{11}=1/c_{11}$	$T_{11}/\sum_{i=1}^{n} T_{i1}$	VPc_1
⋮	⋮	⋮		
Alternativa *i*	c_{i1}	$T_{i1}=1/c_{i1}$	$T_{i1}/\sum_{i=1}^{n} T_{i1}$	VPc_i
⋮	⋮	⋮		
Alternativa *n*	c_{n1}	$T_{n1}=1/c_{n1}$	$T_{n1}/\sum_{i=1}^{n} T_{i1}$	VPc_n
		$\sum_{i=1}^{n} T_{i1}$	T_{i1}= valor transformado	

9. Se repiten los pasos 4, 5 y 6 para cada criterio con las alternativas obteniéndose la siguiente matriz:

	Criterio 1	…	Criterio *j*	…	Criterio n
Alternativa 1	VPb_{11}	…	VPb_{1j}	…	VPb_{1n}
⋮	⋮		⋮		⋮
Alternativa *i*	VPb_{i1}	…	VPb_{ij}	…	VPb_{in}
⋮	⋮		⋮		⋮
Alternativa *n*	VPb_{n1}	…	VPb_{nj}	…	VPb_{nn}

10. Se calcula el vector ponderación general al realizar la multiplicación de la matriz de las alternativas/criterios por el vector propio de los criterios.

	Matriz Alternativa/criterio						Vector propio criterios		Vector ponderación general
Alternativa 1	VPb_{11}	…	VPb_{1j}	…	VPb_{1n}		VPa_1		VPG_1
⋮	⋮	⋱	⋮		⋮		⋮		⋮
Alternativa *j*	VPb_{i1}	…	VPb_{ij}	…	VPb_{in}	x	VPa_i	=	VPG_i
⋮	⋮		⋮	⋱	⋮		⋮		⋮
Alternativa *n*	VPb_{n1}	…	VPb_{nj}	…	VPb_{nn}		VP_{an}		VPG_n

El vector de ponderación general contiene los valores por cada alternativa obteniéndose un ranking para la toma de decisión.

De la solución con AHP

Inmuebles seleccionados: información sobre variables y valores

Inmueble	Área Construcción [m^2]	Puesto de estacion. [adim]	Edad [año]	Calidad [adim]	Piso [adim]	Distancia al Polo Valorizante [m]	Precio Total [UM]
PH Arenas Park	67	1	5	2	23	1.157,96	165.000,00
PH Vista Marina Tower	105	2	8	1	16	1.541,94	170.000,00
PH Coral Tower	81	2	5	3	26	782,71	200.000,00
PH Miradores Residen.	90	2	2	2	28	1.537,34	168.500,00

Elaboración propia con base en Camacaro Mock (2021)

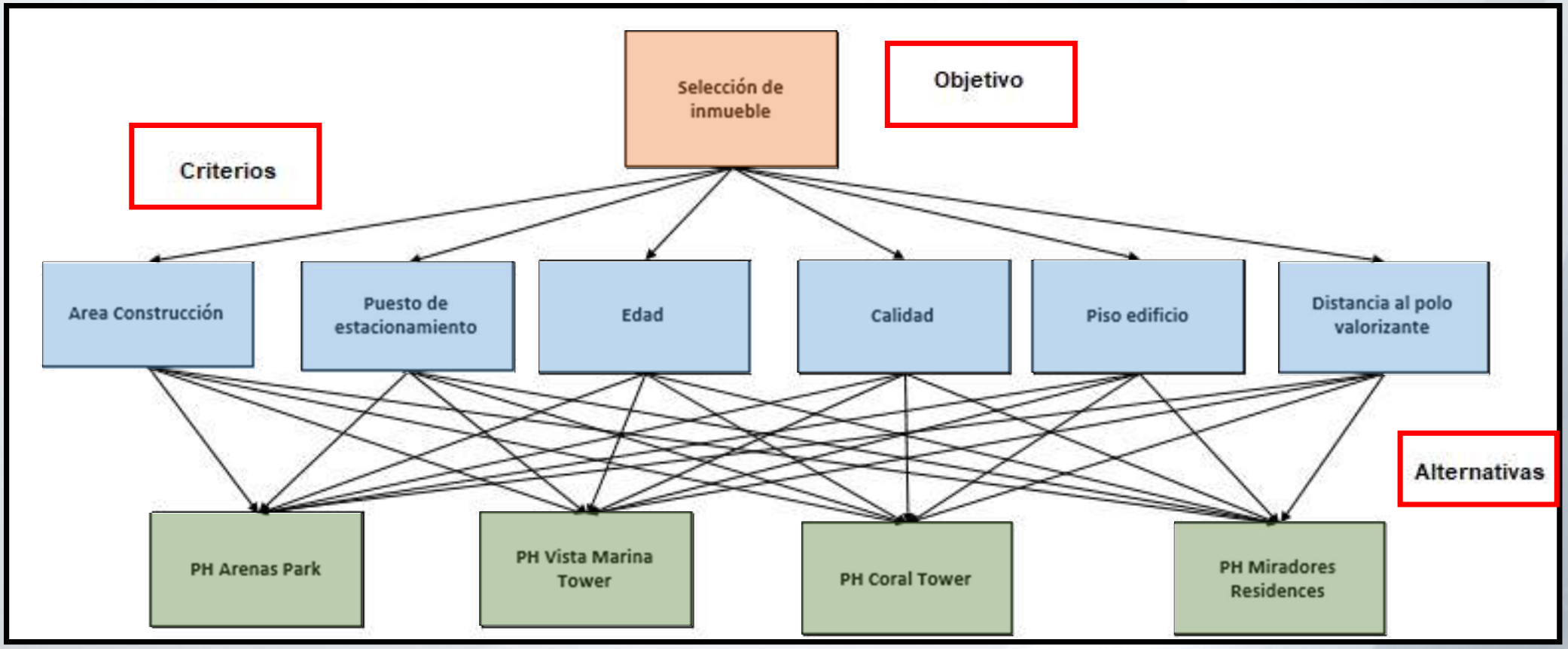

Selección de inmueble
Objetivo
Criterios
Area Construcción
Puesto de estacionamiento
Edad
Calidad
Piso edificio
Distancia al polo valorizante
Alternativas
PH Arenas Park
PH Vista Marina Tower
PH Coral Tower
PH Miradores Residences

Tabla 7: Matriz de comparaciones de criterios

	Área Contrucción	Puesto Estacionamiento	Edad	Calidad	Piso	Distancia PV
Área Construcción	1	5	3	3	4	3
Puesto Estacionamiento	1/5	1	1/4	1/5	1/5	1/5
Edad	1/3	4	1	2	3	3
Calidad	1/3	5	1/2	1	3	3
Piso	1/4	5	1/3	1/3	1	2
Distancia PV.	1/3	5	1/3	1/3	1/2	1
Suma	2,45	25,00	5,42	6,87	11,70	12,20

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

Tabla 8: Normalización de la Matriz, vector propio, vector propio y λ_{max}

	Normalización						Vector propio	Vector Total	VP/VT
Ac	0,4082	0,2000	0,5538	0,4369	0,3419	0,2459	**0,3644**	2,46	6,74
Pe	0,0816	0,0400	0,0462	0,0291	0,0171	0,0164	**0,0384**	0,24	6,28
E	0,1361	0,1600	0,1846	0,2913	0,2564	0,2459	**0,2124**	1,46	6,89
C	0,1361	0,2000	0,0923	0,1456	0,2564	0,2459	**0,1794**	1,22	6,77
P	0,1020	0,2000	0,0615	0,0485	0,0855	0,1639	**0,1103**	0,71	6,48
DPV	0,1361	0,2000	0,0615	0,0485	0,0427	0,0820	**0,0951**	0,59	6,25
								λ_{max}	6,57

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

Se procede a calcular el Índice de Consistencia ***I.C.***:

$$I.C. = \frac{(\lambda_{max}) - n}{(n) - 1} = \frac{6{,}57 - 6}{6 - 1} = 0{,}11$$

Se procede a calcular el Ratio de Consistencia ***R.C.***, previamente se determina Índice Aleatorio (I.A.), entrando en la Tabla 3 para n=6; I.A.es igual a 1,24:

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.A.} = \frac{0{,}11}{1{,}24} = 0{,}09 < 0{,}10$$

Cumple con lo establecido en la Tabla 4

Tabla 9: Vectores propios de las alternativas, de los criterios y vector de ponderacion general

Alternativa	*Ac*	*Pe*	*E*	*C*	*Pi*	*DPV*	Vector criterios	Vector general	Ranking
PH Arenas Park	0,31	0,14	0,20	0,17	0,25	0,25	0,36	**0,2423**	3
PH Vista Marina Tower	0,20	0,29	0,12	0,05	0,17	0,19	0,04	**0,1554**	4
PH Coral Tower	0,26	0,29	0,20	0,61	0,28	0,37	0,21	**0,3213**	1
PH Miradores Residences	0,23	0,29	0,49	0,17	0,30	0,19	0,18	**0,2810**	2
	Matriz de alternativas por criterios						0,11		
							0,10		

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

¿Existe consenso en la comunidad científica sobre la utilización de la escala de la Tabla de *Saaty* cuando se aplica el *Analytic Hierarchy Process* (AHP)?



¿Existen alternativas para sustituir la escala propuesta por *Saaty*?

En cuanto a la opinión en contra de algunos investigadores sobre el AHP, *Harker&Vargas* (1987), aseguran que las principales críticas que se han hecho al AHP no son válidas, porque el AHP se basa en una sólida base teórica y, como demuestran los ejemplos de la bibliografía y las operaciones cotidianas de varios organismos gubernamentales, empresas y consultoras, es una herramienta viable y utilizable para la toma de decisiones. Sin embargo, esto no significa que el AHP sea el método que puede resolver todos los problemas en las tomas de decisiones.

***Saaty&Vargas* (2011) admiten que uno de los temas que se discuten referido al AHP, es el uso de diferentes escalas para traducir los juicios en ratios, consideran que las comparaciones recíprocas por pares se utilizan para expresar los juicios de forma semántica, vinculándolos automáticamente a una escala numérica fundamental de números absolutos de la que se deriva el vector propio principal de prioridades.**

Con respecto al uso del AHP y de las escalas de valores fundamentales de la Tabla de *Saaty*, Velasquez&Hester (2013), indican que el método es fácil de usar; es escalable; la estructura jerárquica puede ajustarse fácilmente para adaptarse a problemas de muchos tamaños; no requiere muchos datos, pero tiene problemas debidos a la interdependencia entre los criterios y las alternativas; puede dar lugar a incoherencias entre el juicio y los criterios de clasificación; hasta inversión del ranking.

***Franek&Kresta* (2014), investigaron la aplicación y las características de las diferentes escalas de valoración desarrolladas por los académicos para su uso en el AHP, según los resultados presentados, la escala lineal (Saaty) sigue siendo una opción favorable. Dependiendo de una mayor consistencia, de los valores de las prioridades y a la selección del criterio más importante un DM puede utilizar las escalas cuadráticas, logarítmica, de potencia o la geométrica para destacar claramente el criterio preferido. La investigación futura debería centrarse en el uso de diferentes escalas en diferentes problemas de toma de decisiones.**

En un estudio realizado por *Meesariganda & Ishizaka* (2017) se indica que la escala de *Saaty* no fue la mejor escala para ningún participante en la evaluación realizada. Utilizando la computación en la nube comprobaron un nuevo método de escalamiento de mapas, generando mejores escalas con el algoritmo propuesto en este trabajo de investigación.

***Asadabadi, M. et al* (2018) en su estudio analítico sobre uno de los métodos de MCDM, denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP) demuestran que es muy probable que el AHP proporcione una clasificación de opciones que no sería aceptable para una persona racional.**

***Gopel (2019)* realiza un nuevo enfoque para comparar diferentes funciones de escala y derivar una recomendación para la aplicación de escalas. El enfoque se basa en funciones analíticas simples y tiene en cuenta el número de criterios del problema de decisión. Se propone una generalización de la llamada escala equilibrada y se introduce una nueva escala equilibrada adaptativa.**

Table 3. Complex issues and AHP approaches.

Complex issues	Proposed AHP approach	Authors/research
Treating judgements qualitatively	DEAHP	Ramanathan and Ramanathan (2010)
Sorting problems	AHPSort	Ishizaka, Pearman, and Nemery (2012)
	AHP-K-means algorithm – Veto	Lolli, Ishizaka, and Gamberini (2014)
PCM	Eigenvector method and mean relative error	Tomashevskii (2015)
	(i) A scheme which yields an estimate for the probability of rank reversal and test the applicability of this scheme under various conditions; (ii) a theoretical model for estimating the probability of the consequent rank reversal using the multivariate normal cumulative distribution function.	Dede et al. (2015, 2016)
	Criteria for determining when the COP is met. This supplement the two conditions formulated by Bana e Costa and Vansnick (2008).	Kułakowski (2015)
Judgement scales	To model the expert estimation process.	Tsyganok, Kadenko, and Andriichuk (2012)
Consistency in PCM	Sub-optimal heuristic algorithm.	Siraj, Mikhailov, and Keane (2012a)
	A method for calculating the missing elements of an incomplete matrix of PCM, by minimising a measure of global inconsistency.	Fedrizzi and Giove (2007)
	Hadamard product induced bias matrix model	Kou, Ergu, and Shang (2014)
	Consistency through optimisation.	Benítez et al. (2012)
	Principal eigenvector approach	Saaty (2013)
Consistency indices	New definition of interval multiplicative comparison matrices (IMCMs) incorporating consistency and indeterminacy levels of interval judgements	Li, Wang, and Tong (2016)
	New simulation algorithm designed for the AHP	Kazibudzki (2016)
Prioritisation method	Two step logarithmic goal programming and lexicographic goal programming	Bozorgi-Amiri and Asvadi (2015)
	Hesitant AHP	Zhu and Xu (2014)
	Indirect judgements	Siraj, Mikhailov, and Keane (2012b)
	New method for deriving priority vectors that although based on the eigenvalue method is optimisation-based	Grzybowski (2013)
	Bayesian Priorisation Procedure (BPP) and Systemic Decision-Making in AHP	Salvador et al. (2014), Altuzarra, Moreno-Jiménez, and Salvador (2007), Moreno-Jiménez et al. (2016), Altuzarra et al. (2013)
Group decisions	Precise consistency consensus matrix	Escobar, Aguarón, and Moreno-Jiménez (2015)
	Triangular FAHP to combine a triangular fuzzy weighted power geometric operator the recovery methods and extent analysis method effectively	Dong, Li, and Zhang (2015)
	AHP-group decision-making model in a local context (a unique criterion) based on the individual selection of the numerical scale and prioritisation method and a new individual consistency index	Dong and Cooper (2016)
	Two phase algorithm (1) Two-dimensional Sammon's mapping; (2) consensus convergence model	Srdjevic et al. (2013)
	Group Euclidean distance, group minimum violations, and distance between weights for the purpose of evaluation.	Grošelj et al. (2015)
Inconsistency indices in PCM	New inconsistency index	Grzybowski (2016)
	Two new measures, termed congruence and consistency deadlock	Siraj, Mikhailov, and Keane (2015)
	To investigate the link between consensus and consistency; and between group decision and consistency, by defining general boundary properties for the inconsistency. To identify axiomatic properties of inconsistency indices.	Brunelli, Canal, and Fedrizzi (2013), Brunelli and Fedrizzi (2014 2015)

21ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL LARES

LARES Latin American Real Estate Society

19 e 20 octubre, São Paulo, Brasil

Del Criterio *t**: Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Tabla 10: Matriz de Comparaciónes de criterios (t)*

Variable	*t**	*Ac*	*Pe*	*E*	*C*	*P*	*DPV*
Ac	11,9	1	5,38	4,33	6,69	2,80	3,56
Pe	2,21	0,16	1	0,80	1,24	0,52	0,66
E	2,75	0,23	1,247	1	1,55	0,65	0,82
C	1,78	0,15	0,81	0,65	1	0,42	0,53
P	4,25	0,36	1,92	1,56	2,39	1	1,27
DPV	3,34	0,28	1,51	1,21	1,88	0,79	1
	Suma	2,20	11,87	9,54	14,74	6,17	7,85

Tabla 11: Normalización de la Matriz, vector propio, vector propio y λ_{max}

	Normalización						Vector propio	Vector Total	VP/VT
Ac	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	2,72	6,00
Pe	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,51	6,00
E	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,63	6,00
C	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,41	6,00
P	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,97	6,00
DPV	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,76	6,00
								λmax	6,00

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

Se procede a calcular el Índice de Consistencia ***I.C.***:

$$I.C. = \frac{(\lambda_{max}) - n}{(n) - 1} = \frac{6-6}{6-1} = 0{,}00$$

Se procede a calcular el Ratio de Consistencia ***R.C.***, previamente se determina Índice Aleatorio (I.A.), entrando en la Tabla 3 para n=6; I.A.es igual a 1,24:

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.A.} = \frac{0{,}00}{1{,}24} = 0{,}00 < 0{,}10$$

Cumple con lo establecido en la Tabla 4[10]

Tabla 12: Vectores propios de las alternativas, de los criterios y vector de ponderacion general

Alternativa	*Ac*	*Pe*	*E*	*C*	*Pi*	*DPV*	Vector criterios	Vector general	Ranking
PH Arenas Park	0,31	0,14	0,20	0,25	0,25	0,25	0,45	0,26	3
PH Vista Marina Tower	0,20	0,29	0,12	0,13	0,17	0,19	0,08	0,19	4
PH Coral Tower	0,26	0,29	0,20	0,38	0,28	0,37	0,10	0,28	1
PH Miradores Residences	0,23	0,29	0,49	0,25	0,30	0,19	0,07	0,27	2
							0,16		
							0,13		

Matriz de alternativas por criterios

Elaboración propia con base en Camacaro&Mock (2021)

Tabla 13: Comparaciones de resultados por método y criterio aplicado

	Tabla de *Saaty*	Factor de *Gauss*	Estadístico (t^*)
PH Arenas Park	0,24	0,22	0,26
PH Vista Marina Tower	0,16	0,17	0,19
PH Coral Tower	0,32	0,29	0,28
PH Miradores Residences	0,28	0,32	0,27
Promedio	0,25	0,25	0,25
Desviación estándar	0,07	0,07	0,04
Coeficiente de variación	28%	27%	17%

Elaboración propia con base en Camacaro (2022)

DISCUSIÓN

- **Cuando se utilizan los MADM con un fundamento empírico, es muy probable que los tomadores de decisiones (DM) optimicen la selección de la mejor alternativa para su inversión, negocio o emprendimiento. Sin embargo, la solución aportada por un método multicriterio por sí solo no necesariamente representa la decisión final.**
- **Desde la aparición del popular método multicriterio AHP, la escala fundamental de la Tabla de *Saaty* ha sido ampliamente investigada, teniendo opiniones encontradas en la comunidad científica.**
- **La metodología sugerida para la sustitución de la comparación por pares en las matrices de criterios y de alternativas, por matrices numéricas basada en relaciones entre estadísticos de prueba del MRLM y la utilización de variables cuantitativas, exige al asesor inmobiliario el conocimiento pleno del comportamiento de los precios de los inmuebles y de las variables que intervienen en su formación.**

- **La figura del tasador inmobiliario es clave para analizar las bases de datos, y con el uso de la metodología científica generar los modelos econométricos para extraer los estadísticos de prueba que fundamenten empíricamente las soluciones cuando se utiliza el AHP.**
- **Actualmente existen diversos programas informáticos, como *Expert Choice* y *Super Decisions*, que facilitan los cálculos matemáticos que permiten consolidar el conocimiento y desarrollo del método multicriterio AHP. Igualmente existen diversas herramientas tecnológicas que permiten, en esta era de Big Data, el tratamiento de los datos para aportar soluciones cuando se requiera tomar una decisión utilizando criterios múltiples.**

CONCLUSIÓN

- **El uso de la matriz de las relaciones entre los estadísticos *t** asociados a las variables del MRLM sustituye los juicios de expertos en las encuestas basadas en la Tabla de *Saaty*, lo que permite tomar decisiones con un suficiente grado de objetividad, mitigando así la subjetividad en la solución heurística que aporta el AHP.**
- **Para el análisis de las ofertas inmobiliarias, el Criterio *t** representa una alternativa válida y sirve para apoyar la labor de los profesionales de bienes raíces, con la asesoría de tasadores expertos, cuando utilicen el AHP para optimizar la comercialización de los productos inmobiliarios y satisfacer los requerimientos de los potenciales compradores para la mejor de decisión de inversión.**