23ª Conferência Internacional da LARES

¿Por qué los resultados del AHP no son vinculantes para valuar bienes inmuebles?

Miguel Camacaro Pérez, M.Sc

Appraisers Reading Club, Calle Buenos Aire, 9, 1C, 28850, Torrejón de Ardoz, Madrid, España. *mundovalor@gmail.com*

RESUMEN

Utilizando el método de reducción al absurdo se partió de una hipótesis inicial: los resultados del vector de ponderación general del AHP no están vinculados con los precios del mercado inmobiliario contra la alternativa, si están vinculados. Para la demostración se usa una «real fábula» para explicar la valuación de un castillo medieval. El primer ejemplo se hace para tres criterios: calidad del entorno, calidad del castillo y estado de conservación; y seis alternativas, cinco comparables + el inmueble tasable (3C+6A), completando tres casos más. Usando AHP se determinan los elementos del vector global de las alternativas. Con los precios de las ofertas y el uso del RV, se estima el valor del inmueble y de los valores de los comparables para su análisis comparativo. Se utilizó la prueba *Non-Ratio Reciprocity Test* (NRRT) obteniendo diferencias porcentuales importantes entre valores y precios de los comparables, no garantizando la reciprocidad para validar las estimaciones iniciales del valor del inmueble tasable. En el segundo ejemplo, se utilizaron tres criterios distintos: fortaleza, seguridad y acceso; se usaron las mismas seis alternativas (3C+6A). Se pudo demostrar la no consistencia de resultados por la disparidad de los valores obtenidos en todos los casos de los dos ejemplos para el inmueble tasable, lo que no permite garantizar valores de mercado confiables. Para el tercer ejemplo, se hizo la simulación de la base de datos, partiendo de la información de la muestra original, con 8 variables explicativas, para obtener 69 datos. Se realizó el modelado econométrico demostrándose que no existe correlación entre la variable explicada (precio unitario) y las explicativas en su conjunto, menos individualmente, por tanto, no hay confiabilidad en los resultados. A pesar del incumpliendo de los supuestos básicos del MRLM se hizo la estimación puntual y por intervalo. Estos valores resultaron similares al obtenido en el segundo ejemplo, usando AHP+RV. Con estas evidencias, con la propuesta analizada no se garantizan valores de mercado, por tanto, la hipótesis inicial es correcta.

Palabras claves: AHP, modelos, valuación, inmuebles, MRLM.

23ª Conferência Internacional da LARES

Why are AHP results not binding for appraising real estate?

Miguel Camacaro Pérez, M.Sc

Appraisers Reading Club, Calle Buenos Aire, 9, 1C, 28850, Torrejón de Ardoz, Madrid, España. mundovalor@gmail.com

ABSTRACT

Using the method of reduction to absurdity, an initial hypothesis was considered: the results of the general weighting vector of AHP are not linked to real estate market prices, as opposed to the alternative hypothesis that they are linked. To demonstrate this, a "real fable" was used to explain the valuation of a medieval castle. The first example was based on three criteria: quality of the environment, quality of the castle, and state of conservation; and six alternatives, five comparables plus the property being appraised (3C+6A), completing three more cases. Using AHP, the elements of the global vector of the alternatives were determined. With the offer prices and the use of RV, the value of the property and the values of the comparables were estimated for comparative analysis. The Non-Ratio Reciprocity Test (NRRT) was used, obtaining significant percentage differences between the values and prices of the comparables, not guaranteeing reciprocity to validate the initial estimates of the appraised property value. In the second example, three different criteria were used: strength, security, and access; the same six alternatives were used (3C+6A). It was possible to demonstrate the inconsistency of the results due to the disparity of the values obtained in all cases of the two examples for the appraised property, which does not allow for guaranteeing reliable market values. For the third example, the database simulation was performed based on the information from the original sample, with 8 explanatory variables, to obtain 69 data points. Econometric modeling was carried out, demonstrating that there is no correlation between the explained variable (unit price) and the explanatory variables as a whole, much less individually, therefore, the results are not reliable. Despite the non-fulfillment of the basic assumptions of MRLM, point and interval estimation was done. These values were similar to those obtained in the second example, using AHP+RV. With this evidence, the analyzed proposal does not guarantee market values; therefore, the initial hypothesis is correct.

Key words: AHP, models, valuation, real estate, MRLM.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia de la valuación integra elementos de economía, finanzas, estadística y derecho para determinar el valor de bienes y activos. A lo largo de la historia, esta disciplina ha evolucionado significativamente, adaptándose a los cambios económicos y a las necesidades de la sociedad.
Numerosos procedimientos y métodos han sido propuestos desde diversas áreas del conocimiento, y su adopción y adaptación han enriquecido la investigación en este campo. Esto ha convertido a la valuación en una disciplina esencial para el estudio y la práctica en la economía global moderna.
Un ejemplo de esta adopción es el campo interdisciplinario denominado Investigación de Operaciones, que cuenta con una rama que evalúa explícitamente múltiples criterios, que es la *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) o Toma de Decisiones Multicriterio, siendo uno de los métodos consagrados, el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*[1]-AHP) que *Thomas Saaty* desarrolló en los años 70 y 80.
Desde su aparición, el método propuesto por *Saaty* y sus colaboradores, ha sido muy elogiado y popular entre sus usuarios. Es un método creado para resolver problemas de selección[2] de alternativas para la toma de decisiones complejas.
A comienzos del siglo XXI profesores de la Universidad Politécnica de Valencia[3] (España) introdujeron un procedimiento utilizando el AHP más un Ratio de Valoración como método alternativo de valuación. Hoy valuadores latinoamericanos lo han tomado como propio, sin que ninguno de los defensores del uso del método[4], que han sido premiados en congresos de valuación de la UPAV[5], hayan presentado evidencias empíricas para fundamentar el uso del ratio de valoración para "aprovechar" el *ranking* del AHP.
A pesar de que conocía la propuesta desde sus inicios nunca me interesó estudiarla porque me pareció un método bastante subjetivo[6] para ser aplicado a la valuación inmobiliaria, y porque me atrapó la enseñanza de la escuela brasileña[7]. Sin embargo, años después, visto el auge del uso de ese procedimiento entre los valuadores latinoamericanos tuve la curiosidad de saber porque lo consideraban como un procedimiento alternativo fiable para valuar inmuebles.
Tuve la iniciativa de estudiar desde sus orígenes los MCDA, en especial, el método multicriterio AHP. Fue así, producto de mi investigación, que realicé una primera observación sobre los resultados del AHP + Ratio de Valoración, introduciendo la prueba *Non-Ratio Reciprocity Test* (NRRT), en donde se demostró que los elementos del vector global de las alternativas no son vinculantes para determinar valores determinísticos de mercado.
También con simulaciones de escenarios de Monte Carlo se demostró que la estimación probabilística de los resultados no genera reciprocidad entre los valores de los inmuebles analizados cuando se retiran o se aumentan comparables en la muestra analizada a través de AHP.
La aplicación del procedimiento está limitado al uso de pequeñas muestras, la mayoría de las veces no superan los seis comparables + seis variables, incumpliendo con el contenido de las

---

[1] Ver el video 5 TMDII - Información sobre *Analytic Hierarchy Process* (AHP) en: https://youtu.be/oRVA-2fhrM4
[2] Se puede ver la explicación sobre los problemas de decisión en TMDII - De los problemas de decisión https://youtu.be/zHAS0ndfMaY
[3] Grupo Multicriterio UPV https://www.upv.es/contenidos/VMULTIC/infoweb/vmultic/info/1068975normalc.html
[4] Se hizo una revisión en el ISAHP desde 1998 hasta 1992 y no hay evidencias de esos trabajos https://www.isahp.org/proceedings/
[5] La Unión Panamericana de Asociaciones de Valuación (UPAV) es una organización que agrupa a diversas asociaciones de valuación de diferentes países de Hispanoamérica.
[6] En este video se puede obtener información sobre las jerarquías en la subjetividad de las decisiones 6 TMDII - Acerca de la base teórica del AHP: Jerarquía y prioridades https://youtu.be/Qm26Ptf06pc
[7] En este enlace se puede descargar el artículo La escuela que llegó para quedarse de *Domingos de Saboya Barbosa Filho*: https://acortar.link/yG1u75

normas de valuación[8], por tanto, los resultados son puntuales pero no válidos, puesto que no permiten la generalización para obtener valores de mercado.
Con este trabajo se pretende formalizar esta investigación, por ello en la sección de Metodología se exponen en forma sucinta las bases teóricas del Método Comparativo Directo de Datos de Mercado, basado en las normas brasileñas de valuación ABNT NBR 14653-2, del Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* -AHP) y el Método de Reducción al absurdo. En los resultados se exponen las hipótesis consideradas, para luego hacer la demostración utilizando una «real fábula» donde se desarrollan tres ejemplos, empleando el AHP + Ratio de Valoración y el Modelo de Regresión Lineal Múltiple (MRLM). Luego se presentan las secciones de Discusión y Conclusión donde se expone la formalidad de la propuesta metodológica producto del trabajo de investigación.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este artículo es muy importante que se exponga en forma breve el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* -AHP), el Método Comparativo de Datos de Mercado y el Método de Reducción a lo absurdo.

2.1 Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* -AHP) T*homas Saaty* introdujo el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process –AHP***)** en los años 70 y el Proceso de Red Analítica (*Analytic Network Process* –ANP) más recientemente. Entre sus coautores y colegas se encuentran *Ernest Forman* y Luis Vargas. *Saaty* es una de las personas que más éxito ha tenido en el campo de la gestión de la información y las comunicaciones[9] en la difusión de su método para toma de decisiones complejas.
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 desde la parte superior con el objetivo de la decisión, luego los objetivos desde una perspectiva amplia, pasando por los niveles intermedios (criterios de los que dependen los elementos posteriores) hasta el nivel más bajo (que suele ser un conjunto de alternativas).

---

8 Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras (España).
9Según el contenido de la Parte de la historia del *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) tomado del sitio web The *International Society on Multiple Criteria Decision Making*. Recuperado de:
https://www.mcdmsociety.org/content/short-mcdm-history-0

3. Construir un conjunto de matrices de comparación por pares. Cada elemento de un nivel superior se utiliza para comparar los elementos del nivel inmediatamente inferior con respecto a él.
4. Utilizar las prioridades obtenidas de las comparaciones para ponderar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Se hace esto para cada elemento. A continuación, para cada elemento del nivel inferior, sume sus valores ponderados y obtenga su prioridad general o global. Continúe este proceso de ponderación y suma hasta obtener las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.

El AHP es una herramienta eficaz para tomar decisiones complejas, ya que descompone el problema en partes manejables y cuantifica las preferencias de los decisores. Proporciona una metodología sistemática para evaluar y comparar múltiples criterios y alternativas. Aunque el AHP es útil, sus resultados no son vinculantes y deben ser complementados con otros métodos y juicios cualitativos, especialmente en la valoración de bienes inmuebles donde factores contextuales pueden ser significativos. La consistencia de las comparaciones es crucial; decisiones inconsistentes pueden llevar a resultados poco fiables.
En resumen, el AHP facilita decisiones bien fundamentadas, coherentes y transparentes, aunque siempre debe considerarse como una parte del proceso de toma de decisiones más amplio.

2.2 Método Comparativo Directo de Datos de Mercado

El punto 8.2.1.4.3 de la ABNT[10] NBR 14653-2, se refiere al tratamiento científico y expresa que cualesquiera que sean los modelos a utilizar para inferir el comportamiento del mercado y la formación de sus valores, sus supuestos deben ser debidamente explicados y probados.
Cuando se habla de factores que inciden en el valor de mercado de los bienes inmuebles es necesario utilizar un modelo, y este no es más que una representación simplificada de la realidad de mercado. Los modelos econométricos son una clase particular de modelos que tienen por objeto cuantificar relaciones entre variables con base en unas leyes económicas que las sustenten. En sentido amplio, puede decirse que el análisis econométrico se ocupa de desarrollar modelos a través de los cuales puedan verificarse hipótesis relativas a los sistemas económicos.
Los modelos que relacionan el precio de un inmueble con sus características son conocidos como modelos de precios hedónicos que se puede expresar a través de la siguiente función:

$$P = f(L, E, T) + \varepsilon \qquad (1)$$

Donde:

P : precio del bien en función de sus atributos.
f : forma funcional.
L : variables de localización.
E : variables estructurales.
T : variables temporales.
ε: errores.

Para explicar el comportamiento de los precios de bienes inmuebles con base en una población de m precios observados (Y_i) considerando k características influyentes ($X_{ij},\ j=1,...,k$) se utiliza el modelo de regresión lineal múltiple:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + ... + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_{i;\ i=1,...,m} \qquad (2)$$

[10] ABNT siglas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas organismo responsable de normalización en Brasil. Las siglas NBR se refiere a Normas Brasileñas, en este caso, NBR-14653 Parte2. Avalúos de Bienes Urbanos.

Donde:

$Y_1,...,Y_m$: variables dependientes (precio del bien inmueble)
$X_{1k},\ldots,X_{mk}$: variables independientes (atributos del bien inmueble).
$\beta_0,\ldots,\beta_k$: parámetros del modelo (precios sombras).
$\varepsilon_1,\ldots,\varepsilon_m$: errores aleatorios del modelo.

En el modelo de regresión lineal para la representación del mercado inmobiliario, la variable dependiente se expresa como una combinación lineal de las variables independientes, en escala original o transformada, y las respectivas estimaciones de los parámetros poblacionales, incluyendo los errores.
Con base en la muestra extraída del mercado, la estimación de los parámetros del modelo de regresión se hace utilizando el método de los mínimos cuadrados o el de máxima verosimilitud.
En el modelado deben estar expuestas las hipótesis relativas al comportamiento de las variables dependientes e independientes, con base en el conocimiento del mercado por parte del ingeniero de valuaciones, cuando sean formuladas las hipótesis nula o alternativa para cada parámetro poblacional.
Cuando se usan modelos de regresión, en el contenido de la norma se destaca la necesidad de observar los supuestos básicos, principalmente en lo que se refiera a la normalidad, homocedasticidad, no multicolinealidad, no autocorrelación, independencia o no existencia de puntos atípicos y de errores de especificación, con el objetivo de obtener valores insesgados, eficientes y consistentes.

2.3 Método de reducción al absurdo[11]

La reducción al absurdo (o *reductio ad absurdum*) es una técnica de argumentación y demostración utilizada para establecer la veracidad de una proposición o situación, mostrando que asumir lo contrario lleva a una contradicción o a un resultado absurdo. Puede aplicarse en diversos campos, principalmente en lógica, matemáticas, filosofía y ciencias, pero también en situaciones cotidianas y argumentación jurídica.
Consiste en asumir temporalmente lo contrario de lo que se quiere probar, y luego demostrar que esta suposición lleva a una contradicción o a un resultado absurdo. Esto implica que la suposición inicial es falsa, por lo tanto, la afirmación original debe ser verdadera.

3. RESULTADOS

En primer lugar, se parte de las hipótesis del método de reducción al absurdo:

- Hipótesis inicial: los resultados del vector de ponderación general del AHP **no están vinculados** con los precios del mercado inmobiliario**.**
- La hipótesis alternativa es: Los resultados del vector de ponderación general del **AHP están vinculados** con los precios del mercado inmobiliario.

Para el desarrollo y comprobación del método se parte de la siguiente fábula: Cierto día un Rey[12] de un país europeo decidió regalarle un nuevo castillo al príncipe heredero de la corona, con todos los lujos y comodidades. Usando *webscraping*[13], aplicado a los portales inmobiliarios de la realeza, obtuvo una pequeña base de datos: una muestra de cinco inmuebles basada en tres características: calidad del entorno, calidad del castillo y estado de conservación, en las demás

[11] En este artículo pueden leer más sobre este tema: https://definicion.com/reductio-ad-absurdum/
[12] Ensayo inspirado en: *Malba Tahan* (1938). «El hombre que calculaba». Capítulo 16 "Leyenda sobre el juego de ajedrez por *Beremís Samir*".
[13] El web scraping es una técnica utilizada para extraer datos de sitios web de manera automatizada. Implica el uso de software o scripts que navegan por las páginas web, recuperan la información deseada y la almacenan en un formato estructurado, como una hoja de cálculo o una base de datos.

características eran bastante similares los inmuebles de referencia. Igualmente fue firme en revisar los precios ofertados.

Ahora bien, ¿Cuál castillo comprar? Era una decisión que debía tomar en la brevedad porque en el mercado de castillos medievales había mucha deseabilidad y los inmuebles seleccionados podían venderse velozmente. Un noble se enteró de las intenciones reales, aunque su castillo (Castillo N, como se le llamará más adelante) construido en un terreno de 15,00 ha y con un área de construcción de 1.500,00 m^2, que no estaba en venta para ese entonces, decidió ofrecérselo a su majestad, pero había un problema: no había pensado sobre el precio a ofertar.

Así que se animó, fue al Castillo Real y conversó con el Rey sobre su propuesta. A este último le interesó el inmueble, porque en su juventud había ido muchísimo a ese castillo, además de divertirse con los amigos de la infancia, por lo que se le hacía muy familiar el castillo, también allí conoció a su primer amor…no correspondido, detalles insospechados de la realeza.

Interesado como estaba, el Rey le hace la pregunta normal, y formal, como en cualquier negociación ¿Cuál es el precio de tu castillo? Rápidamente el noble contestó que no lo sabía. Agregando que el valor emocional es muy alto, tanto como mis deudas, argumentó, de manera que le dijo a su Majestad que hiciera una estimación del valor, que el analizaba para decidir sobre el precio de venta, la negociación con seguridad se haría, palabra noble de honor.

Muy bien, dijo el Rey haciendo una venia al noble. En mi corte hay un experto valuador, continuó diciendo, que podrá estimar correctamente el precio más probable de su castillo para que se pueda tomar la mejor decisión para las partes. En efecto, hizo llamar al Valuador Real quien de inmediato aceptó el encargo para realizar las labores de Valuación. Vía email, el Rey le hace llegar la muestra de mercado al valuador para que realice los cálculos y determine el valor de mercado del inmueble, cumpliendo con las normas reales de valuación. En esta tabla se encuentra la información aportada por su Majestad[14]:

Tabla 1: Comparables del mercado de castillos medievales en Europa[15]

Fuente	Comparable	Precio Total [UM]	Área terreno [ha]	Área construcción [m^2]	Precio unitario [UM/m^2]
www.real2.com	Castillo 1	2.475.000,00	20,00	1.500,00	1.650,00
www.majestic.com	Castillo 2	3.000.000,00	15,00	2.500,00	1.200,00
www.castle.com	Castillo 3	5.512.500,00	30,00	3.500,00	1.575,00
www.luxury.com	Castillo 4	4.080.000,00	25,00	2.000,00	2.040,00
www.nobile.com	Castillo 5	12.400.000,00	20,00	4.000,00	3.100,00

Cabe recordar las características de los inmuebles que el Rey había considerado para seleccionar la muestra, por lo que el valuador debía considerarlas en su trabajo de valuación, lo contrario sería causar un "disgusto" al Rey, ya que su opinión como hombre de negocios era muy respetable en todo el mundo, y más cuando iniciaba el estudio para la elección del inmueble como inversión familiar.

El valuador, un hombre de mercado no tenía dudas sobre cuál método aplicar, el Método Comparativo de Datos de Mercado, pero por el tamaño de la muestra, aunque él sabía que había mucha más información disponible, no era posible aplicar tratamientos científicos para explicar los precios inmobiliarios. El plazo de entrega era de dos días y se preguntaba ¿Qué hacer? Fue

[14] Los precios unitarios de la siguiente tabla se obtienen al dividir el precio total del comparable entre el área de construcción.

[15] Las fuentes consultadas son ficticias. Los valores de las variables indicadas en la tabla, también lo son, excepto los valores unitarios que fueron tomados del ejemplo del inmueble urbano del libro "Nuevos métodos de valoración Modelos multicriterio" de Jerónimo Aznar y Francisco Guijarro (2012) Pág. 92 al 95. Igualmente son de esta referencia los valores de las matrices recíprocas de comparaciones pareadas de los criterios y de las alternativas por los criterios del primer ejemplo de este ensayo.

entonces que recordó una propuesta llevada de Europa a América, basada en la utilización de un ratio de valoración utilizando los elementos del vector global de las alternativas del *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Para asumir este procedimiento de valuación consideró, según su criterio, tres elementos convincentes: tamaño de la muestra, características de los inmuebles y el tiempo de entrega del informe. Una vez tomada la decisión sobre el procedimiento a utilizar, rápidamente convocó a cinco expertos valuadores del reino para que lo ayudaran con sus opiniones para definir las matrices recíprocas de comparaciones por pares de los criterios y de las alternativas por los criterios.

Luego de una intensa jornada de análisis terminada en la madrugada, no llegaron a una decisión unánime sobre las comparaciones de las características, por lo que usaron la media geométrica para calcular los elementos y así garantizar la reciprocidad en las matrices. Para el caso de la matriz de los criterios esta fue la solución aportada por el grupo de expertos (síntesis normalizada[16]), basados en la escala fundamental de *Saaty*:

Tabla 2: Matriz recíproca de los criterios y vector prioridad[17]

Criterios	**Calidad entorno**	**Calidad edificio**	**Estado de conservación**	**Vector prioridad**
Calidad entorno	1	1/3	1/4	0,12196
Calidad edificio	3	1	1/2	0,31962
Estado de conservación	4	2	1	0,55842
Ratio de consistencia=	1,76 %			

Como se puede observar, los valuadores consideraron que el estado de conservación es el criterio o característica con mayor prioridad, seguido de la calidad del edificio, y luego, la calidad del entorno. Para determinar el vector prioridad de las alternativas por los criterios, los valuadores aportaron sus juicios contenidas en las siguientes tablas. Empezando con la característica, calidad del entorno:

Tabla 3: Matriz recíproca de las alternativas por la calidad del entorno y vector prioridad normalizado

Calidad entorno	**Castillo 1**	**Castillo 2**	**Castillo 3**	**Castillo 4**	**Castillo 5**	**Castillo N**	**Vector prioridad normal**
Castillo 1	1	3	3	1/3	1/5	1/3	0,0825
Castillo 2	1/3	1	1	1/7	1/9	1/7	0,0328
Castillo 3	1/3	1	1	1/7	1/9	1/7	0,0328
Castillo 4	3	7	7	1	1/3	1	0,2069
Castillo 5	5	9	9	3	1	3	0,4381
Castillo N	3	7	7	1	1/3	1	0,2069
Ratio de consistencia=	1,96 %						

Se puede observar que el Castillo 5, por su más alto valor entre los otros elementos del vector prioridad normalizado para el criterio calidad del entorno, es el preferido por los expertos, esto es,

[16] *Solomon* (2016). La normalización de las prioridades crea una dependencia entre ellas. Sin embargo, al eliminar una alternativa antigua o insertar una nueva, las prioridades normalizadas pueden provocar cambios ilegítimos en el rango de las alternativas, lo que se conoce como inversión de rango, en inglés *Rank Reversal-RR*. El vídeo *Rank Reversal-RR* sobre AHP está disponible en el canal Mundo valor. Puedes acceder a través de este enlace https://youtu.be/5TkAxT4kDPA

[17] En todas las tablas de las matríces reciprocas, en la parte baja, aparece el ratio de consistencia que se utiliza para medir la consistencia de los juicios de las comparaciones pareadas. En el canal de Mundo valor está el video "Cálculo del Ratio de Consistencia" que pueden accesar por medio de este link https://youtu.be/bCJr_THM-2Y

consideran que su entorno es mucho más importante para la decisión cuando se compara con los entornos de los otros castillos. Para determinar el vector prioridad de las alternativas por la calidad del edificio, los valuadores llegaron a esta conclusión que se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 4: Matriz recíproca de las alternativas por la calidad del edificio y vector prioridad normalizado

Calidad edificio	**Castillo 1**	**Castillo 2**	**Castillo 3**	**Castillo 4**	**Castillo 5**	**Castillo N**	**Vector prioridad normal**
Castillo 1	1	3	1/3	1	1/5	1	0,0890
Castillo 2	1/3	1	1/7	1/3	1/9	1/3	0,0343
Castillo 3	3	7	1	3	1/3	3	0,2355
Castillo 4	1	3	1/3	1	1/5	1	0,0890
Castillo 5	5	9	3	5	1	5	0,4630
Castillo N	1	3	1/3	1	1/5	1	0,0890

Ratio de consistencia= 1,24 %

Se puede observar que el Castillo 5, por su más alto valor entre los otros elementos del vector prioridad normalizado para el criterio calidad del edificio, es el preferido por los expertos, esto es, consideran que su calidad es mucho más importante para la decisión cuando se compara con la calidad de los otros castillos.

Para determinar el vector prioridad de las alternativas por el estado de conservación, los valuadores llegaron a esta conclusión que se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 5: Matriz recíproca de las alternativas por el estado de conservación y vector prioridad normalizado

Estado de conservación	**Castillo 1**	**Castillo 2**	**Castillo 3**	**Castillo 4**	**Castillo 5**	**Castillo N**	**Vector prioridad normal**
Castillo 1	1	5	3	1	1	3	0,2559
Castillo 2	1/5	1	1/3	1/5	1/5	1/3	0,0428
Castillo 3	1/3	3	1	1/3	1/3	1	0,0947
Castillo 4	1	5	3	1	1	3	0,2559
Castillo 5	1	5	3	1	1	3	0,2559
Castillo N	1/3	3	1	1/3	1/3	1	0,0947

Ratio de consistencia= 0,93 %

Nuevamente según el juicio de los expertos, el Castillo 5 resultó en el más importante junto con los Castillos 1 y 4 por tener el igual valor entre los elementos del vector prioridad normalizado.

Obtenidos los vectores prioridad de los criterios y los vectores prioridad normalizados de las alternativas por los criterios, se presenta la tabla donde están los resultados de los cálculos para la selección de la mejor alternativa, esto es, el vector global con las posiciones (ranking) basado en el juicio de los expertos valuadores:

Tabla 6: Resultados del vector global y ranking de las alternativas

Castillo	**Calidad entorno**	**Calidad edificio**	**Estado de conservación**	**Vector prioridad criterios**	**Vector global normalizado**	***Ranking***
Castillo 1	0,08247	0,0890	0,2559	0,12196	0,1814	3
Castillo 2	0,03282	0,0343	0,0428	0,31962	0,0389	6
Castillo 3	0,03282	0,2355	0,0947	0,55842	0,1322	4
Castillo 4	0,20688	0,0890	0,2559		0,1966	2
Castillo 5	0,43813	0,4630	0,2559		0,3443	1
Castillo N	0,20688	0,0890	0,0947		0,1066	5

Como se puede observar el Castillo 5 fue el que obtuvo el mayor valor entre los elementos del vector global normalizado (0,3443) siendo el número 1 del ranking. En cuanto al Castillo N, con un valor de 0,1066, ocupó la quinta posición en el proceso de selección.
Si hubiera que tomar una decisión se debería considerar la opción del Castillo 5, pero no necesariamente este sería definitivo porque habría que analizar los Beneficios, Costos, Oportunidades y Riesgos para la toma de decisión definitiva. Hasta aquí se ha aplicado correctamente el AHP en el modo original, y para la cual fue idealizado en los años 70 por su autor, y hoy casi 50 años después, se sigue estudiando por la comunidad científica como una alternativa para fundamentar empíricamente la toma de decisiones complejas.
El valuador habiendo visto los resultados, y de la forma rápida como lo había realizado, sintió la necesidad de conversar con el Rey y así fue recibido en el Castillo Real. Reunido le explica al Rey que, si tuviera que tomar una decisión hoy, la mejor decisión sería el Castillo 5, siguiendo claro está sus recomendaciones sobre las características que deberían fundamentar la solución al problema. El Rey revisó las tablas y pareció estar de acuerdo, pero el Castillo 5 era el más caro y le comentó: "Y como usted bien sabe, no todo lo que brilla es oro". Pero ¿Cuánto es el precio del Castillo N? Ese es el que realmente me interesa, ¿Cuánto podré ofertar por el castillo al noble señor?
El valuador le indica que súbitamente realizará los cálculos y volverá nuevamente con la información sobre el valor del inmueble. En efecto, llegó a su oficina y procedió a utilizar un artificio matemático llamado "Ratio de Valoración" que se fundamenta en la existencia de una relación "implícita", pero no demostrada empíricamente, entre los elementos del vector global de las alternativas (castillos comparables) y los precios ofertados de los inmuebles. En la siguiente tabla los resultados:

Tabla 7: Resultados del Valor Unitario del Castillo N basado en el Ratio de valoración

Castillo	**Valor Unitario [UM/m^2]**	**Vvg [adim]**	**Ratio Val. [UM/m^2]**	**Vvg N [adim]**	**Valor Unitario N [UM/m^2]**
Castillo 1	1.650,00	0,1814	10.706,17	0,1066	1.141,17
Castillo 2	1.200,00	0,0389			
Castillo 3	1.575,00	0,1322			
Castillo 4	2.040,00	0,1966			
Castillo 5	3.100,00	0,3443			
Total	9.565,00	0,8934		1,0000	

De esta tabla se extrajo el valor unitario del inmueble tasable de 1.141,77 UM/m^2, por lo tanto, se hizo el cálculo del valor total del inmueble:

Tabla 8: Valor total del Castillo N[18]

Castillo	**Área construcción [m^2]**	**Valor unitario [UM/m^2]**	**Valor total [UM]**
Castillo N	1.500,00	1.150,00	1.725.000,00

El valuador exclamó "¡qué maravilla!, con cuánta rapidez pude realizar los cálculos", ahora a preparar el informe real para ser presentado a su Alteza para que tome la mejor decisión. El Rey lo recibe en su despacho real, y en efecto, le entrega el informe correspondiente. Su Majestad lo lee detenidamente y manifiesta que el precio le parece razonable, pero nuevamente le llama la

[18] Se redondeó el valor unitario de 1.141,17 UM/m^2 a 1.150,00 UM/m^2 para obtener números enteros y mejorar la exposición del ejemplo.

atención que el Castillo 5, el del mejor ranking era el que tenía el mayor precio unitario entre las ofertas.
Así que le agradece la consultoría al respetado valuador, y señala que con más tiempo retomará la lectura del informe de valuación y le hará saber cualquier observación si la hubiere.
Mientras el valuador realizaba otras labores, el Rey continuaba revisando el mercado diariamente por si aparecía otra oferta interesante. Había observado que el Castillo 2 no estaba más en venta, de modo que le escribió un mensaje al valuador pidiendo que realizará otra vez los cálculos sin considerar el referido inmueble, para analizar qué efectos podría tener en la selección de la alternativa, y cómo podría afectar el precio del inmueble tasable. Realizados los cálculos, el valuador obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 9: Vector prioridad normalizado de las alternativas por criterios, vector prioridad de los criterios, vector global y ranking.

Castillo	**Calidad entorno**	**Calidad edificio**	**Estado de conservación**	**Vector de prioridad criterios**	**Vector global normalizado**	***Ranking***
Castillo 1	0,0812	0,0876	0,2727	0,1220	0,19021	3
Castillo 3	0,0338	0,2364	0,0909	0,3196	0,130446	4
Castillo 4	0,2056	0,0876	0,2727	0,5584	0,205383	2
Castillo 5	0,4738	0,5007	0,2727		0,370109	1
Castillo N	0,2056	0,0876	0,0909		0,103852	5
Ratio de consistencia=	2,28 %	0,94 %	0,00 %			

Con esta información, el valuador procedió a calcular el valor del Castillo N, para eso presentó la siguiente tabla:

Tabla 10: Resultados del Valor Unitario del Castillo N basado en el Ratio de valoración (sin Castillo 2)

Castillo	**Valor Unitario [UM/m^{2}]**	**Vvg [adim]**	**Ratio Val. [UM/m^2]**	**Vvg N [adim]**	**Valor Unitario N [UM/m^2]**
Castillo 1	1.650,00	0,1902	9.334,40	0,1039	969,40
Castillo 3	1.575,00	0,1304			
Castillo 4	2.040,00	0,2054			
Castillo 5	3.100,00	0,3701			
Total	8.365,00	0,8961		1,0000	

De esta tabla se extrae el valor unitario del inmueble tasable de 969,40 UM/m^2, por lo tanto, se hace el cálculo del valor total del inmueble:

Tabla 11: Valor total del Castillo N (sin considerar el Castillo 2)

Castillo	**Área construcción [m^2]**	**Valor unitario* [UM/m^2]**	**Valor total [UM]**
Castillo N	1.500,00	970,00	1.455.000,00

* redondeado

El valuador observó que la diferencia de valor del inmueble tasable entre la solución cuando estaba el Castillo 2 y sin considerar el Castillo 2, fue de -270.000,00 UM, esto es, -15,65%. De manera que reflexionó y se preguntó: siendo el Rey tan experto en los negocios, ¿Será que este resultado le "alegrará" como inversionista? De cualquier manera, armó el informe y se lo llevó nuevamente al Rey. El Rey al ver los resultados le exclamó: "Si interpretamos los resultados, el Castillo 2, que era el que ocupaba el Nº 6 en el ranking inicial y con el precio unitario más bajo, influyó para que el Castillo N tuviera un valor unitario más bajo, ¿Por qué ese cambio?

Podría ser usted tan gentil mi estimado y noble valuador en revisar los cálculos, pero no solo los que ya hizo, sino también analizar otros casos como: dejar la alternativa 2 y no considerar la alternativa 4, además como conseguí otra oferta, deseo que la incluya con todas las demás, obtenga los resultados y los analizamos conjuntamente.
El Rey le pregunta: ¿Me expliqué lo suficiente? ¿Se entiende mis requerimientos? Las respuestas fueron dos convencidos «sí, su Alteza».
El valuador, con mucho interés en resolver esta situación controvertida por los diferentes valores inmobiliarios ya citados, procedió a realizar los cálculos obteniendo los siguientes resultados, para el caso de la inclusión del Castillo 2 y la exclusión del Castillo 4:

Tabla 12: Vector prioridad normalizado de las alternativas por criterios, vector prioridad de los criterios, vector global y ranking.

Castillo	Calidad entorno	Calidad edificio	Estado de conservación	Vector de prioridad criterios	Vector global normalizado	Ranking
Castillo 1	0,1117	0,0983	0,3434	0,1220	0,236831	2
Castillo 2	0,0435	0,0388	0,0551	0,3196	0,048475	5
Castillo 3	0,0435	0,2527	0,1290	0,5584	0,15813	3
Castillo 5	0,5277	0,5119	0,3435		0,419759	1
Castillo N	0,2735	0,0983	0,1290		0,136805	4
Ratio de consistencia=	2,20 %	0,94 %	2,20 %			

Con esta información, el valuador procedió a calcular el valor del Castillo N, para eso presentó la siguiente tabla:

Tabla 13: Resultados del Valor Unitario del Castillo N basado en el Ratio de valoración (sin Castillo 4)

Castillo	Valor Unitario ([UM/m^2]	Vvg [adim]	Ratio Val. [UM/m^2]	Vvg N [adim]	Valor Unitario N [UM/m^2]
Castillo 1	1.650,00	0,2368	8.717,61	0,1368	1.192,61
Castillo 2	1.200,00	0,0485			
Castillo 3	1.575,00	0,1581			
Castillo 5	3.100,00	0,4198			
Total	7.525,00	0,8632		1,0000	

De esta tabla se extrae el valor unitario del inmueble tasable de 1.192,61 UM/m^2, por lo tanto, se hace el cálculo del valor total del inmueble**:**

Tabla 14: Valor total del Castillo N (sin considerar el Castillo 4)

Castillo	Área construcción [m^2]	Valor unitario* [UM/m^2]	Valor total [UM]
Castillo N	1.500,00	1.200,00	1.800.000,00

* redondeado

El valuador observa que el valor unitario es similar al obtenido con todos los comparables, pero no se atreve a hacer conclusiones hasta no realizar el otro caso, considerando una alternativa más, el Castillo 6 con un área de terreno de 25 ha, área de construcción de 1.000,00 m^2 y un precio total de 3.000.000,00 UM. Nuevamente hizo la consulta con sus amigos valuadores, generaron las comparaciones pareadas considerando la nueva alternativa para la matriz recíproca de las alternativas por criterios, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 15: Vector prioridad normalizado de las alternativas por criterios, vector prioridad de los criterios, vector global y ranking.

Castillo	Calidad entorno	Calidad edificio	Estado de conservación	Vector de prioridad criterios	Vector global normalizado	Ranking
Castillo 1	0,1190	0,1002	0,2168	0,2184	0,1676	2
Castillo 2	0,0266	0,0311	0,0342	0,5724	0,0323	7
Castillo 3	0,0266	0,1953	0,0853	1,0000	0,1133	5
Castillo 4	0,1548	0,0727	0,1817		0,1436	4
Castillo 5	0,3435	0,3955	0,2378		0,3011	1
Castillo 6	0,1612	0,1215	0,1588		0,1472	3
Castillo N	0,1684	0,0837	0,0853		0,0949	6
Ratio de consistencia=	10,96 %	4,40 %	6,79 %			

Con estos resultados el valuador completó la información y se encargó de analizar lo relativo al ranking. Por lo que hizo la siguiente tabla comparativa:

Tabla 16: Comparación de ranking de las alternativas por caso

Castillo	Caso original 6A	Caso 4A (-3)	Caso 4A (-4)	Caso7A (+6)
Castillo 1	3	3	2	2
Castillo 2	6	NA	5	7
Castillo 3	4	4	3	5
Castillo 4	2	2	NA	4
Castillo 5	1	1	1	1
Castillo 6	NA	NA	NA	3
Castillo N	5	5	4	6

Si bien en los primeros casos se mantiene la posición general de las alternativas, siendo Castillo 5 la de mayor prioridad en todos los casos, para el caso de las 7 alternativas hay una inversión de rango entre las otras alternativas, por ejemplo, Castillo 1 era la tercera opción para los primeros dos casos, luego paso al segundo lugar para los dos casos siguientes, es evidente que hay una inversión de rango[19]. En cuanto al Castillo N, ocupó las siguientes posiciones 5/6, 5/5, 4/5 y 6/7, por lo que no se observa una inversión de rango manifiesta.

Realizadas estas consideraciones el valuador hizo los cálculos para determinar el valor del Castillo N, para ello presentó la siguiente tabla**:**

Tabla 17: Resultados del Valor Unitario del Castillo N basado en el Ratio de valoración (con Castillo 6)

Castillo	Valor Unitario [UM/m^2]	Vvg [adim]	Ratio Val. [UM/m^2]	Vvg N [adim]	Valor Unitario N [UM/m^2]
Castillo 1	1.650,00	0,1676	13.882,92	0,0949	1.317,92
Castillo 2	1.200,00	0,0323			
Castillo 3	1.575,00	0,1133			
Castillo 4	2.040,00	0,1436			
Castillo 5	3.100,00	0,3011			
Castillo 6	3.000,00	0,1472			
Total	12.565,00	0,9051		1,0000	

[19] Es recomendable en estos casos utilizar el Modo Absoluto/Síntesis ideal para mitigar la inversión de rangos en AHP.

De esta tabla se extrae el valor unitario del inmueble tasable de 1.317,92 UM/m^2, por lo tanto, se hace el cálculo del valor total del inmueble:

Tabla 18: Valor total del Castillo N (considerando Castillo 6)

Castillo	**Área construcción [m^2]**	**Valor unitario* [UM/m^2]**	**Valor total [UM]**
Castillo N	1.500,00	1.320,00	1.980.000,00

* redondeado

Para poder visualizar los resultados globales, el valuador presentó un resumen de los cálculos realizados en esta fase de la investigación:

Tabla 19: Comparativos de los resultados de los valores unitarios y totales por cada caso

Caso	**Valor Unitario [UM/m^2]**	**Valor Total [UM]**
Caso original 6A	1.150,00	1.725.000,00
Caso 4A (-3)	970,00	1.455.000,00
Caso 4A (-4)	1.200,00	1.800.000,00
Caso7A (+6)	1.320,00	1.980.000,00
Promedio	1.160,00	1.740.000,00
Desviación estándar	145,37	218.059,62
Coeficiente de. Variación	12,53%	12,53%

Como se puede evidenciar el valor total medio de los casos analizados es de 1.740.000,00 UM, con un intervalo de valor entre 1.455.000,00 y 1.980.000,00 UM, con una diferencia porcentual entre el mayor valor y el menor valor, con base en el menor, de +36,08 %.

Ahora como el valuador ha obtenido los resultados, entonces, deberá presentárselos al Rey para fundamentar la decisión sobre el monto a ofertar al noble por el Castillo N.
Otra vez se dirigió al Castillo Real para conversar con su Alteza y exponer los resultados de la "tarea" encomendada. El Rey al ver los resultados le llamó la atención el por qué había tanta variación entre el mayor valor y el menor valor, y preguntó cuáles podrían ser las causas de esta "imprecisión".
No habiendo una respuesta satisfactoria del valuador, llegaron a un acuerdo para analizar los cambios de los valores determinados de los castillos comparables.
La tarea sería la siguiente: Para cada caso analizado, determinar el valor de cada castillo utilizando el ratio de valoración, pero incluyendo el valor determinado del Castillo N, esto es, asumirlo como válido, a partir de allí sacar el castillo a tasar con el procedimiento.
Esta operación se deberá repetir para cada uno de los castillos, obteniendo un valor que debe ser comparado con el precio ofertado**.**
Adicionalmente, se debe realizar la prueba de ajuste simple denominada *Non-Ratio Reciprocity Test* (NRRT)[20], que consiste en calcular la diferencia porcentual entre el valor estimado y el precio ofertado de los inmuebles comparables, mediante el uso del Ratio de Valoración, usando la siguiente expresión:

[20] Camacaro (2022) Prueba propuesta por el autor de este artículo que se puede ver en el siguiente video "Ratio de valoración + métricas de control" accesando a través de este link: https://youtu.be/50Kf64WAv9s

$$NRRT = \frac{Valor\ estimado - precio\ ofertado}{precio\ ofertado}\ (\%) \tag{3}$$

Es así como el valuador decidió realizar los cálculos que le permitió cumplir con las reales exigencias. Para el primer caso, Caso Original de las seis alternativas, se presenta el cálculo del valor del Castillo 1:

Tabla 20: Valor del Castillo 1 utilizando el Ratio de valoración (Caso Original)

Castillo	Valor unitario [UM]	Vvg [adim]	Ratio Val. [UM/m^2]	Vvg 1 [adim]	Valor Unitario 1 [UM/m^2]	Precio unitario [UM/m^2]	NRRT
Castillo 2	1.200,00	0,0389	11.063,26	0,1814	2.007,09	1.650,00	22%
Castillo 3	1.575,00	0,1322					
Castillo 4	2.040,00	0,1966					
Castillo 5	3.100,00	0,3443					
Castillo N	1.141,17	0,1066					
Totales	9.056,17	0,8186		1,0000			

Como se puede observar el valor calculado es 2.007,09 UM/m^2 mientras que el precio de la oferta es de 1.650,00 UM/m^2 generándose un incremento de 22% respecto al precio inicial. Así se hicieron todos los cálculos para todos los casos y todos los castillos, generándose la siguiente tabla:

Tabla 21: Comparativos de los resultados de los valores unitarios, totales y NRRT por cada caso

		Caso Original		Caso Original (-A2)		Caso Original (-A4)		Caso Original (+1A)	
Castillo	Ofertas	Valor Edif. [UM/m^2]	NRRT [adim]	Valor Edif. [UM/m^2]	NRRT [adim]	Valor Edif. [UM/m^2]	NRRT [adim]	Valor Edif. [UM/m^2]	NRRT [adim]
1	1.650,00	2.007,09	22%	1.804,97	9%	2.193,26	33%	2.326,96	41,03%
2	1.200,00	384,63	-68%	NA	NA	382,98	-68%	422,99	-64,75%
3	1.575,00	1.390,80	-12%	1.164,02	-26%	1.341,61	-15%	1.572,53	-0,16%
4	2.040,00	2.120,60	4%	1.885,37	-8%	NA	NA	1.764,75	-13,49%
5	3.100,00	3.994,44	29%	3.663,18	18%	4.063,90	31%	5.102,38	64,59%
6	3.000,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.878,27	-37,39%
N	NA	1.141,17	0%	969,40	0,00%	1.192,61	0%	1.192,05	0,00%

El valuador sorprendido con los resultados decidió reunirse con sus colegas antes de presentárselos al Rey. En una interesante discusión se pudo concluir lo siguiente:

a) En todos los casos, todos los valores de los castillos fueron muy diferentes, en especial, el Castillo 2 que con un precio de 1.200,00 UM/m^2, los valores se ubican entre 384,63 y 422,99 UM/m^2 con un *NRRT* máximo de -68%.

b) Para el Castillo N se observa que pasó de un mínimo de 969,40 UM/m^2 hasta un máximo de 1.192,61 UM/m^2, un 23% de variación con respecto al menor valor.

c) Cuando se retira un castillo, se observan *NRRT* positivos y negativos, de manera que hay subestimación y sobreestimación de los precios iniciales.

d) Para el caso de las seis alternativas hay cambios radicales de los valores estimados, reflejándose en los altos porcentajes del *NRRT*.

e) El ratio de valoración es diferente en todos los casos.

No muy convencido de estos resultados, pero como había premura en tomar la decisión decidió visitar otra vez al Soberano. Una vez presentado el informe, el Rey hizo una lectura aún más conservadora en la sección del informe donde se hacía referencia al procedimiento empleado: Método Multicriterio + Ratio de Valoración en la valuación. Al respecto su Alteza, con la serenidad que lo caracterizaba, sabiendo que no era su especialidad, consideró con base en los resultados que no hay confiabilidad, no hay consistencia ni mucho menos reciprocidad en los precios utilizados para los cálculos y los valores determinados.

Continuó diciendo que si se plantea un escenario utilizando los mismos datos, contratando a varios expertos valuadores y utilizando el mismo método, es muy probable que se obtengan resultados diferentes, esto, por la subjetividad presente en la comparación por pares de los criterios y de las alternativas por los criterios para conformar los elementos de las matrices en que se base el AHP, lo cual a su "Real, Leal, Saber y Entender", así se utilice un artificio matemático no sería posible obtener valores de mercado.

Antes de continuar, el Rey comentó sobre su *mea culpa* en este trabajo de valuación, ya que impuso las condiciones al valuador como: el tamaño de la muestra, las características de los inmuebles, así como el tiempo de entrega, lo cual puso contra los "escudos" del Castillo Real al valuador, quien para complacer la voluntad del Señor del Reino no se opuso a las condiciones del encargo. Como en todo reino siempre los reyes tienen sus sabios colaboradores, por lo que el Rey le pidió a uno de ellos que explicara en forma sucinta el AHP, a otro que hablara de los modelos econométricos y de las normas reales de valuación. Quería obtener una sabia respuesta sobre el problema de la imprecisión de los resultados. Con respecto a la consulta sobre el uso del AHP, el sabio Analítico le expuso lo siguiente:

> «Estamos en presencia de dos procedimientos muy distintos con objetivos diferentes. En el primero, se intenta resolver un problema de Selección-Pα[21], esto es, elegir un subconjunto de alternativas lo más restringido posible, teniendo en cuenta la elección final de una sola acción. Este conjunto contendrá las "mejores acciones" o las acciones "satisfactorio". El resultado buscado, es, por lo tanto, una elección basada en criterios múltiples.
>
> Esto se logra efectivamente utilizando una decisión multicriterio que es el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es, a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión, y a incrementar el conocimiento de estos (valor añadido del conocimiento)[22]. En esta oportunidad se utilizó uno de los métodos de análisis multicriterio de decisiones (MCDA), el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) que considera tres pasos principales: primero, la estructuración; segundo, la medición; y tercero, la síntesis. En este caso en particular, se utilizó el PAJ original, esto es, se hizo una medición relativa/síntesis normalizada que permitió obtener los vectores prioridad de las alternativas por los criterios, de los criterios y el global para determinar un ranking de las alternativas.
>
> Entre las características utilizadas se encuentran la calidad del entorno donde se ubica el castillo, su calidad y estado de conservación. Se realizaron los juicios de comparación por pares y los elementos de las matrices se completaron con los valores establecidos en la escala fundamental de *Saaty*, y mediante una serie de cálculos matemáticos se obtuvo un vector global de las alternativas para obtener un orden que permite la selección de la alternativa que tenga el mayor valor entre los elementos del vector. Los valores determinados matemáticamente, que son adimensionales, están directamente vinculados con la medición de los criterios y de las alternativas en los niveles jerárquicos considerados, por tanto, no son vinculantes para el intercambio de información con otras mediciones o

---

[21] Gomes, C. F. S., & Costa, H.G. (2015). *Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. Production*, 25(1)

[22] Moreno Jiménez (2001) "El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, Metodología y Aplicaciones"

indicadores del mercado inmobiliario, que tiene un comportamiento muy diferente, y que deben analizarse separadamente.

Para comprobar la no vinculación hagamos un ejercicio considerando los juicios del Rey, del Valuador Real, del Analítico y del también convidado, el sabio Regresor, pero esta vez vamos a considerar las características: fortaleza, seguridad y acceso a los castillos. "Recordad que si no hay unanimidad en las comparaciones utilizaremos la media geométrica de los juicios individuales para completar las matrices", exclamó el sabio. Esta vez sí hubo un acuerdo, se generaron las siguientes matrices recíprocas de comparación por pares de los criterios y de las alternativas por los criterios:

Tabla 22: Matriz recíproca de los criterios y vector prioridad

Criterios	**Fortaleza**	**Seguridad**	**Acceso**	**Vector prioridad normal**
Fortaleza	1	1/4	1/4	0,10852
Seguridad	4	1	2	0,54693
Acceso	4	1/2	1	0,34454

Ratio de consistencia= 5,16%

Tabla 23: Matriz recíproca de las alternativas por el criterio fortaleza y vector prioridad normalizado[23]

Fortaleza	**Castillo 1**	**Castillo 2**	**Castillo 3**	**Castillo 4**	**Castillo 5**	**Castillo N**	**Vector prioridad normal**
Castillo 1	1	1/5	1/3	1/2	1/3	1/5	0,0498
Castillo 2	5	1	3	4	1/3	2	0,2331
Castillo 3	3	1/3	1	4	1/4	1/2	0,1156
Castillo 4	2	1/4	1/4	1	1/5	1/3	0,0578
Castillo 5	3	3	4	5	1	3	0,3805
Castillo N	5	1/2	2	3	1/3	1	0,1633

Ratio de consistencia= 7,88 %

Tabla 24: Matriz recíproca de las alternativas por el criterio seguridad y vector prioridad normalizado

Seguridad	**Castillo 1**	**Castillo 2**	**Castillo 3**	**Castillo 4**	**Castillo 5**	**Castillo N**	**Vector prioridad normal**
Castillo 1	1	7	5	3	1	3	0,3550
Castillo 2	1/7	1	2	1/2	1/2	1/3	0,0747
Castillo 3	1/5	1/2	1	2	1/3	1/5	0,0715
Castillo 4	1/3	2	1/2	1	1/3	1/2	0,0864
Castillo 5	1	2	3	3	1	1	0,2143
Castillo N	1/3	3	5	2	1	1	0,1981

Ratio de consistencia= 7,80 %

[23] Todos los resultados se obtuvieron usando hojas de cálculos de Excel y comprobados con el programa *Super Decisions*, de uso gratuito que se puede descargar desde la página web a través de este link: *https://www.superdecisions.com/*

Tabla 25: Matriz recíproca de las alternativas por el criterio acceso y vector prioridad normalizado

Acceso	Castillo 1	Castillo 2	Castillo 3	Castillo 4	Castillo 5	Castillo N	Vector prioridad normal
Castillo 1	1	4	1/3	1/3	4	2	0,1740
Castillo 2	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/5	0,0501
Castillo 3	3	3	1	1	3	1	0,2399
Castillo 4	3	3	1	1	5	3	0,3087
Castillo 5	1/4	3	1/3	1/5	1	1/3	0,0692
Castillo N	1/2	5	1	1/3	3	1	0,1582

Ratio de consistencia= 9,79 %

Obtenidos los vectores prioridad de los criterios y de las alternativas por criterios, se calculó el vector global y el ranking que se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 26: Resultados del vector global y ranking de las alternativas

Castillo	Fortaleza	Seguridad	Acceso	Vector prioridad criterios	Vector global normalizado	*Ranking*
Castillo 1	0,04980	0,3550	0,1740	0,10852	0,2595	3
Castillo 2	0,23309	0,0747	0,0501	0,54693	0,0834	6
Castillo 3	0,11560	0,0715	0,2399	0,34454	0,1343	4
Castillo 4	0,05777	0,0864	0,3087		0,1599	2
Castillo 5	0,38047	0,2143	0,0692		0,1823	1
Castillo N	0,16328	0,1981	0,1582		0,1806	5
Ratio de consistencia=	7,88 %	7,80 %	9,79 %	5,16 %		

Con los valores de los elementos para cada alternativa del vector global normalizado y siguiendo el procedimiento anteriormente explicado se determinó el valor unitario del Castillo N, que se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 27: Resultados del Valor Unitario del Castillo N basado en el Ratio de valoración

Castillo	Valor Unitario [UM/m^2]	Vvg [adim]	Ratio Val. [UM/m^2]	Vvg N [adim]	Valor Unitario N [UM/m^2]
Castillo 1	1.650,00	0,2595	11.672,56	0,1806	2.107,56
Castillo 2	1.200,00	0,0834			
Castillo 3	1.575,00	0,1343			
Castillo 4	2.040,00	0,1599			
Castillo 5	3.100,00	0,1823			
Total	9.565,00	0,8194		1,0000	

Ahora se procede al calcular el valor total del Castillo N:

Tabla 28: Valor total del Castillo N

Castillo	Área construcción [m^2]	Valor unitario* [UM/m^2]	Valor total (UM)
Castillo N	1.500,00	2.100,00	3.150.000,00

*redondeado

Ahora, se hace la comparación con los resultados obtenidos que se exponen en la siguiente tabla**:**

Tabla 29: Tabla comparativa del Valor total del Castillo N

Caso	Valor unitario [UM/m^2]	Valor total [UM]	Diferencia porcentual
1	1.150,00	1.725.000,00	
2	2.100,00	3.150.000,00	82,61%

Como puede evidenciarse, admirado Alteza, hay una diferencia importante del 82,61% entre los dos casos, lo cual es una prueba suficiente para concluir que los resultados del vector global de las alternativas no son vinculantes con los precios de mercado. Si bien el AHP está correctamente aplicado, el artificio matemático no garantiza valores de mercado inmobiliarios confiables. Es todo, exclamó el sabio Analítico. Conforme doy paso al sabio Regresor para que exponga sus conocimientos sobre el controvertido procedimiento».

El sabio Regresor expuso lo siguiente:

«Estoy de acuerdo con la posición del sabio Analítico, porque científicamente son dos procedimientos que tienen objetivos y resultados muy diferentes e independientes entre sí. Cuando se utiliza el Método Comparativo de Datos de Mercado, la normativa real[24] indica que se pueden realizar dos tipos de tratamiento: por factores y el científico.

El primero, es muy subjetivo y de fácil resolución, mientras, que el segundo, necesita el conocimiento estadístico avanzado que permita modelar econométricamente los precios del mercado inmobiliario y poder estimar valores de mercado con cierto nivel de confianza. Para ambos casos, es muy importante el tamaño de la muestra.

En el caso analizado, la muestra es de seis comparables, luego se agregó uno más: Usando la fórmula 3(k+1) contenida en la norma en referencia, por ejemplo, para el Grado de Fundamentación I, como eran tres variables analizadas se necesitarían 3*(3+1), esto es, 12 datos, por tanto, aunque no se esté aplicando un tratamiento no contenido en la norma, es obvio que hay un incumplimiento.

Igualmente para la selección de las variables no se hizo una investigación a profundidad que permitiese al valuador saber si son estadísticamente significativas[25].

El ejercicio de comprobación desarrollado por el sabio Analítico, asumiendo que su Majestad pudo seleccionar otras variables, por ejemplo, la fortaleza del castillo, la seguridad y las vías de acceso, que pudieron ser otras más del tipo cuantitativa, permitió corroborar la no sustentabilidad de resultados de los valores del inmueble tasable.

Si usted recuerda Alteza, su reino aprobó una Orden Real sobre normas de valuación de bienes inmuebles que señala explícitamente lo siguiente:

> "Para la utilización del Método de comparación a efectos de esta Orden será necesario que se cumplan los siguientes requisitos: a) La existencia de un mercado representativo de los inmuebles comparables. b) Disponer de suficientes datos sobre transacciones u ofertas que permitan, en la zona de que se trate, identificar parámetros adecuados para realizar la homogeneización de comparables. c) Disponer

[24] Según el contenido de la norma brasileña, punto 8.2.4.1 Tratamiento de datos de la ABNT NBR 14653 Avalúos de bienes. Parte 2: inmuebles urbanos (2011). Pág. 15.

[25] Ver Camacaro & Mock (2022) «Un modelo econométrico + Analytic Hierarchy Process (AHP) para seleccionar la mejor alternativa de una inversión inmobiliaria. caso: apartamento en la ciudad de Panamá». https://youtu.be/vrDYJJjtJsc

de información suficiente sobre al menos seis transacciones u ofertas de comparables que reflejen adecuadamente la situación actual de dicho mercado"[26].

Es obvio que, en los casos analizados, no se cumple con lo mínimo de las ofertas comparables requeridas por la normativa. Igualmente se debe cumplir con la homogeneización de comparables con los criterios, coeficientes y/o ponderaciones, que resulten adecuados para el inmueble de que se trate, y precisamente este procedimiento no se consigue con el método de Multicriterios.

Como conclusión, al aplicar el AHP con el Ratio de valoración no es posible obtener valores de mercado porque como lo aseguró el sabio Analítico no son vinculantes los valores del vector global con los precios ofertados del inmueble, por el origen y la naturaleza misma de la información contenida en los elementos de decisión y de estimación que se utilizan en este procedimiento.

Para un mayor fundamento empírico sobre la no conveniencia de usar el AHP+RV en la valuación inmobiliaria, le expongo, con todo respeto Alteza, una situación análoga considerando modelos econométricos, que debe seguir estos los pasos:

1. Definir una función económica para explicar los precios de mercado inmobiliario.
2. Estructurar un modelo econométrico considerando las variables explicada y explicativas.
3. Caracterizar las variables que intervienen en el modelo.
4. Levantar una muestra de mercado con base en las variables que el investigador asume que son importantes para explicar los precios inmobiliarios.
5. Modelar econométricamente utilizando modelos de regresión lineal múltiple (MRLM).
6. Analizar los resultados y concluir sobre la estimación puntual y por intervalo del valor inmobiliario.

Para cumplir con el primer paso, se plantea la función económica:

$$\boldsymbol{PU=(AT,AC,CEN,CED,EC,FOR,SEG,ACC)} \quad (4)$$

Ahora se plantea la ecuación de regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 AT_i + \beta_2 AC_i + \beta_3 CEN_i + \beta_4 CED_i + \beta_5 EC_i + \beta_6 FOR_i + \beta_7 SEG_i + \beta_8 ACC_i + \varepsilon_i \text{, para } i=1...n \quad (5)$$

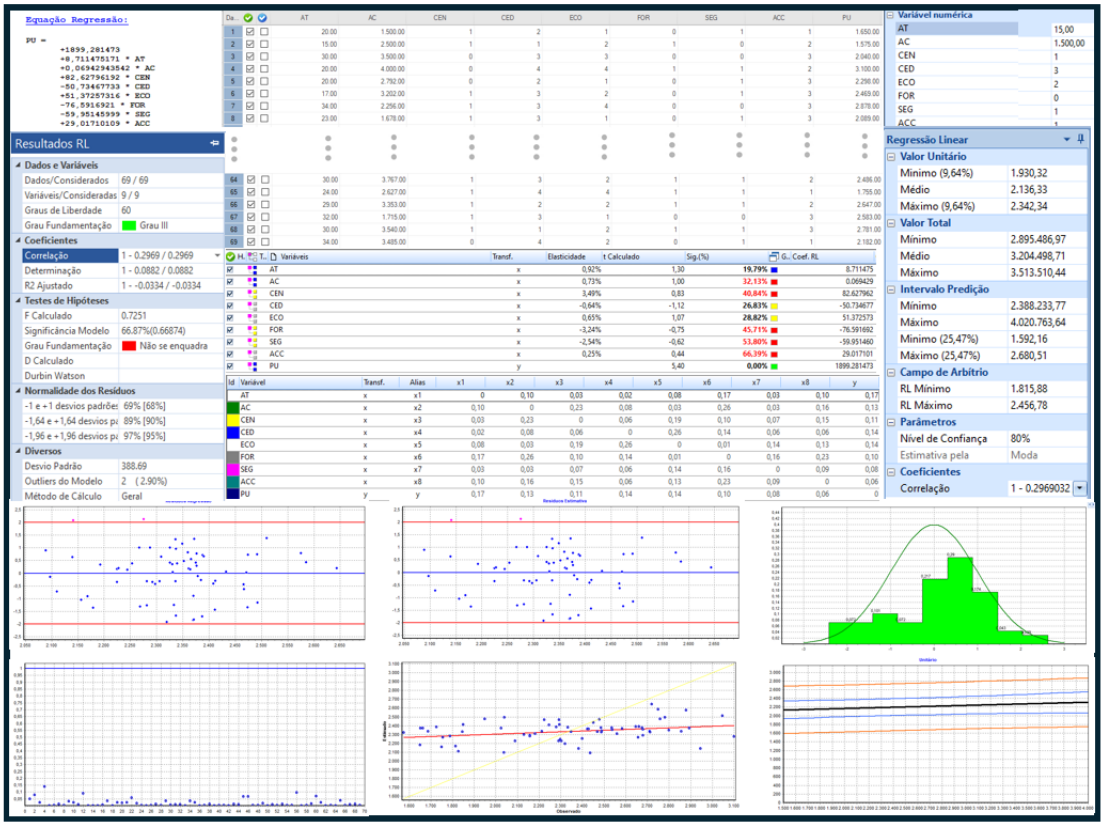
Para la muestra de castillos comparables[27] se hizo una simulación usando la función «*aleatorio.entre*()» del Excel © considerando los valores máximos y mínimos de las variables de la Tabla 1. Los resultados del cálculo del modelo de regresión son los siguientes:

---

[26] Orden ECO/805/2003, de 27 de marzo, sobre normas de valoración de bienes inmuebles y de determinados derechos para ciertas finalidades financieras. Ministerio de Economía. España.

[27] El tamaño de la muestra fue 69, según la numerología, que es el estudio de la relación que existe entre los números, letras y patrones, este número está relacionado con la humildad, la humanidad y la buena comunicación. https://www.oroscopissimi.it/numerologia/numero-69.htm

Figura 1-Resultados del modelo de regresión lineal múltiple



De la figura 1, se puede comentar que se obtuvo una ecuación de estimación del tipo aditiva. La norma señala que para alcanzar el **Grado de fundamentación III** se debe cumplir que 6 (k+1) sea menor que el número de datos utilizados aquí es 6*(8+1) = 54 menor que 69, con lo cual se cumple con esta condición. Tampoco hubo problemas de desequilibrio en las variables explicativas del modelo.

El **coeficiente de correlación (*r*)** es igual a 0,30, lo que indica una correlación débil entre la variable explicada y las variables explicativas. El **coeficiente de determinación (R^2)** es igual a 0,0882, lo que indica que el 8,82% de la variación de los valores unitarios alrededor del valor medio se explica por las variables independientes incluidas en el modelo. En cuanto a la interpretación de la significancia de los regresores de las variables explicativas, todos tienen una significancia mayor al 10%, lo que no permite encuadrar este ítem en el **Grado de Fundamentación**.

El ***F* calculado** es igual a 0,7251; mientras que el nivel de significancia del modelo es del 66,87%, que es mayor al nivel de significancia α, por lo que se acepta la hipótesis nula por tanto de las variables independientes incluidas en el modelo no son importantes para la explicación de la variabilidad de los precios observados en el mercado.

En cuanto a la **Normalidad** de los errores, haciendo la comparación de la frecuencia relativa de los errores estandarizados de la muestra en los intervalos de [-1;1], 65% [-1,64;1,64] 93% y [-1,96;1,96], 98% con probabilidades de la distribución normal estándar en los mismos intervalos, esto es, 68%, 90% y 95%, existe una aproximación considerando la tolerancia para esta prueba.

La **desviación estándar** del modelo de regresión es igual a 388,69 UM/m². Se observa la presencia de dos ***outliers*** (2,90 %) cantidad proporcionalmente menor que el 5% tolerable para este análisis de la **normalidad** en los residuos. Al revisar los valores de las correlaciones es evidente que no hay correlaciones altas entre las variables (menores

que 0,80), lo que explica que no hay presencia de **multicolinealidad** entre las variables independientes.
Siguiendo con las pruebas gráficas sobre **Normalidad** y **Homocedasticidad** en los errores, en gráfico de dispersión de los valores estimados por el modelo versus los errores estandarizados (de la estimación y de la regresión) se puede observar la distribución de los errores entre -2 y 2, que corrobora la aproximada normalidad de los errores (se observa también el *outlier*), mientras que la nube de puntos no presenta ninguna tendencia, lo cual es indicio de que están dispuestos aleatoriamente y se interpreta que lo que los errores del modelo tienen un comportamiento homocedástico, es decir, los errores tienen varianza constante.
En el histograma de los errores del modelo se complementa la información sobre la aproximada **normalidad** en forma gráfica al compararlo con la distribución normal.
La presencia de puntos influyentes en el modelo se puede comprobar utilizando el gráfico de la **Distancia de *Cook***, en este caso se pudo observar que no existen puntos influyentes entre los datos de la muestra del modelo de regresión.
El ajuste del modelo debe ser comprobado utilizando el gráfico de dispersión de los precios observados en el eje de las abscisas y los valores estimados por el modelo en el eje de las ordenadas, que debe contener puntos cercanos a la bisectriz del primer cuadrante, como se puede observar en este gráfico se comprueba el ajuste realizado por el modelo de regresión. Al observar los gráficos no hay evidencias de **puntos máximo y mínimo.**

Sustituyendo los valores de las variables del inmueble tasable en la ecuación de regresión, que se realiza a través del módulo "Proyectar Valores" del programa utilizado, se obtuvo lo siguiente: La estimación puntual es de 2.136,33 UM/m^2, y la estimación por intervalo con un nivel de confianza del 80%, significa que, si se toman 100 muestras del mismo tamaño, con las mismas variables y en las mismas condiciones de recopilación, el valor medio poblacional de mercado estará contenido en 80 de esos intervalos calculados, y posiblemente estará contenida en el intervalo entre [1.930,32; 2.342,34] UM/m^2. Asumiendo un valor unitario de 2.200,00 UM/m^2, se determina el valor del inmueble tasable:

Tabla 30: Valor total de inmueble tasable (Castillo N)

Castillo	Área construcción (m^2)	Valor unitario (Um/m^2)	Valor total (UM)
Castillo N	1.500,00	2.200,00	3.300.000,00

Este resultado obtenido no tiene fundamentación empírica válida como se expuso en la presentación de los cálculos del MRLM, al igual que el determinado mediante el AHP+RV (3.150.000,00 UM). A pesar de una diferencia porcentual de +4,76% del VMRLM respecto al VAHPRV, es una mera coincidencia de resultados, ambos son sesgados, comprobándose así que los resultados del vector global de los criterios no son vinculantes con los precios del mercado inmobiliario, así el método AHP esté bien aplicado, el Ratio de Valoración como artificio matemático no garantiza valores inmobiliarios de mercado.
Como recomendación final, admirado Rey, se sugiere que se haga un estudio de mercado para identificar las variables cuantitativas y cualitativas para caracterizar una muestra de mercado de comparables de inmuebles medievales, lo suficientemente grande para poder

modelar los precios de mercado que permita aportar una solución puntual y por intervalo de los valores de mercado, en este caso, del castillo a comprar».

Terminada la consulta, no habiendo más que conversar, el Rey dio por terminada la actividad, agradeciendo a los sabios sus importantes y esclarecedoras informaciones, pero le pidió al Valuador Real que permaneciera en el Castillo porque debían programar la investigación para levantar la muestra del mercado inmobiliario y realizar todo el proceso valuatorio para obtener el valor de mercado que le permita hacer la oferta correspondiente.

4. DISCUSIÓN

Los valuadores tienen la obligación de consultar las fuentes originales del conocimiento, nunca aceptar como válido un procedimiento metodológico, siempre hay que comprobar su fundamentación empírica porque es allí donde el descubrimiento de informaciones engrandece la investigación en la ciencia de la valuación.

5. CONCLUSIÓN

Con base en la estrategia argumentativa *ad absurdum*, y con los resultados de la investigación se demostró que la **hipótesis alternativa es falsa**, por tanto, los resultados del vector de ponderación general del AHP **no están vinculados** con los precios del mercado inmobiliario.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camacaro, M & Mock, (2021). «El ebook de un avalúo inmobiliario». Miguel Camacaro Ediciones. Barquisimeto, Venezuela.

Camacaro, M (2023) «El Fabuloso avalúo de un castillo medieval». Miguel Camacaro Ediciones. Barquisimeto, Venezuela.

_____ (2024). Un cuaderno de tasación. Miguel Camacaro Ediciones. Barquisimeto, Venezuela.

_____ (2024). Una valuación industrial. Miguel Camacaro Ediciones. Barquisimeto, Venezuela

_____(2024). Casos y cosas de la valuación. Miguel Camacaro Ediciones. Barquisimeto, Venezuela

Moreno Jiménez et al (2019) El Índice de Consistencia Geométrico para Matrices Incompletas en AHP, Grupo Decisión Multicriterio Zaragoza, Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza. Recuperado de:
https://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/192.PDF

Meesariganda,B & Ishizaka,A (2017) *Mapping verbal AHP scale to numerical scale for cloud computing strategy selection. Applied Soft Computing, Volume 53, Pages 111-118, ISSN 1568-4946, https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.12.040. Recuperado de:*
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S156849461630669X)

Programa SisDEA (2022) *Avaliação de Imóveis. Recuperado de:*
https://pellisistemas.com/software/sisdea-avaliacao-de-imoveis/

Programa *Super Decisions* (2022) *Analytic Hierarchical Process - AHP*? Recuperado de:
https://www.1000minds.com/decision-making/what-is-mcdm-mcda

Saaty, Tomas (1990) *How to make a decision: Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research Volume* 48, *Issue* 1, 5 *September* 1990, *Pages* 9-26. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179090057I.