

Aplicación de un método de decisión multicriterio integrado al sector del fútbol español

Fernández Barberis, Gabriela Mónica; ferbar@ceu.es
López-Medel Marina, Almudena; a.lopez174@usp.ceu.es
Escribano Ródenas, María del Carmen; escrod@ceu.es
*Departamento de Matemática Aplicada y Estadística
Universidad CEU San Pablo*

RESUMEN

Las aplicaciones de la decisión multicriterio se han diversificado notablemente en los últimos años. Uno de los sectores en los que ha hecho su incursión es el del deporte, en general, y el del fútbol, en particular. Si bien, el fútbol no es el deporte nacional oficial de España, se lo considera el más popular y el que atrae la atención de mayor número de personas. En el presente trabajo se pretende establecer un ordenamiento (ranking) entre los equipos de fútbol español para determinar cuál es el que mejor valoración tiene, al ser evaluados bajo un conjunto de criterios, algunos de ellos en conflicto entre sí. Para ello se ha utilizado la metodología multicriterio PROMETHEE complementada con el método de la Entropía de Shannon para determinación de pesos. De esta forma, la utilización de un método de decisión multicriterio integrado conducirá a una solución más robusta y menos sesgada por la opinión de los simpatizantes de los distintos equipos.

ABSTRACT

Applications of multicriteria decision have diversified significantly in recent years. One of the sectors in which multicriteria decision has made its incursion is the sport in general and football in particular. While football is not the official national sport of Spain, it is considered

the most popular and attracts the attention of more people. The aim of the present paper is to establish an ordering (ranking) between Spanish football teams to determine which has the best assessment, when evaluated under a set of criteria, some of them in conflict with each other. To do this we used the PROMETHEE multicriteria methodology complemented with the method of the Shannon entropy for determining pesos. Thus, the use of an integrated method of multicriteria decision will lead to a more robust and less biased solution.

Palabras claves:

Decisión Multicriterio; Entropía; Métodos PROMETHEE; robustez.

Área temática: A3. Aspectos cuantitativos de problemas económicos y empresariales con certeza.

1. INTRODUCCIÓN

La afición por el deporte en general y por el fútbol en particular es una cuestión que no puede pasar desapercibida en España. Si bien, el fútbol no es el deporte nacional oficial de España, se lo considera el más popular y el que atrae la atención de mayor número de personas. Sin lugar a dudas, los espectáculos deportivos ocupan un lugar importante en la vida cotidiana de millones de personas y la popularidad alcanzada por este deporte se vislumbra tanto en la actitud de la gente como en la industria, el comercio y el turismo.

Actualmente en España (LA LIGA, 2016), los equipos de fútbol de Primera División son veinte, representando en la mayoría de los casos a las ciudades más importantes del territorio nacional. Incluso hay provincias que tienen más de un equipo representando a distintas ciudades de la misma. De esta forma, es muy frecuente encontrar tiendas especializadas en la venta de camisetas y otros complementos (banderas, bufandas, llaveros, gorros, etc.) siendo ésta una fuente de ingresos indiscutible.

Teniendo en cuenta la repercusión que tiene en la economía del país, el fútbol, ya sea de forma directa, como también indirectamente a través de todas las actividades vinculadas con su práctica, se pretende realizar un estudio que permita determinar cuál

es el equipo de fútbol español que mejor valoración tiene (TRANSFERMARKET) . Para llevar a cabo este estudio se ha utilizado un método de decisión multicriterio integrado que consiste en: aplicar la metodología PROMETHEE (Brans, Vincke, 1985) (tanto preorden parcial como preorden completo) e integrar dentro del proceso de toma de decisiones, la determinación de las ponderaciones calculadas por el método de la Entropía de Shannon.

Es bien sabido que, la tarea de determinación de pesos de los criterios es una de las cuestiones que, con mucha frecuencia, se somete a discusión debido al alto componente de subjetividad que lleva aparejada. Por tal razón, se decidió utilizar un método que permita calcular dichos pesos de la manera más objetiva posible y sin que las preferencias particulares de cada decisor puedan influir en los ordenamientos finales obtenidos. En el presente trabajo se presentan distintos escenarios: en primer lugar se considera que todos los criterios poseen la misma importancia relativa para el decisor; en segundo lugar se presenta un vector de pesos que refleja las preferencias de un aficionado del Real Madrid; en tercer lugar, los pesos asignados a los distintos criterios reflejan las preferencias emitidas por un aficionado del Barcelona y, finalmente, se aplica el método de la Entropía para asignación de pesos.

El trabajo se organiza de la manera siguiente. En el segundo epígrafe se realiza una presentación del modelo de decisión multicriterio completo; en el tercer epígrafe se procede al análisis de los resultados obtenidos al aplicar la metodología PROMETHEE (Fernández, 2002) en forma integrada con el método de la Entropía de Shannon, incluyendo cuatro escenarios posibles; en el cuarto epígrafe se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado y, por último, para finalizar el artículo, se expone en forma detallada la bibliografía consultada para la elaboración del mismo.

2. MODELO DE DECISIÓN MULTICRITERIO: ¿CUÁL ES EL EQUIPO DE FÚTBOL ESPAÑOL MEJOR VALORADO?

El modelo de decisión se compone de seis alternativas y siete criterios de decisión; asimismo se desarrollan cuatro escenarios distintos.

Las alternativas seleccionadas hacen referencia a los clubes de fútbol profesional de España limitándose, exclusivamente, a aquellos que poseen datos oficiales publicados. Existen ciertas normativas por las que no es obligatoria la publicación de las cuentas de los clubes en determinadas circunstancias. Así pues, el conjunto de alternativas iniciales quedó reducido a las seis que se indican a continuación:

- Alternativa 1: Real Madrid C.F (REAL MADRID, 2016)
- Alternativa 2: F.C. Barcelona (F.C. BARCELONA, 2016)
- Alternativa 3: Atlético de Madrid
- Alternativa 4: Valencia (C.F VALENCIA, 2016)
- Alternativa 5: Celta de Vigo (CELTA DE VIGO, 2016)
- Alternativa 6: Sevilla (SEVILLA, 2016)

Los diferentes criterios bajo los que se han estudiado las distintas alternativas del modelo son:

- Criterio 1: Coste de personal deportivo y no deportivo. Es el gasto que conlleva para cada entidad el total de los empleados. Criterio a minimizar (Expresado en €)
- Criterio 2: Valor de mercado. Hace referencia al valor de cada club en un mercado en el que sólo se tienen en cuenta a todos los clubes de fútbol europeo. Criterio a maximizar (Expresado en €)
- Criterio 3: Beneficio anual. Es la diferencia entre los gastos y los ingresos en un año. Criterio a maximizar. (Expresado en €)
- Criterio 4: Acreedores comerciales y cuentas a pagar. Son las deudas que se tiene con los proveedores, entidades bancarias y otros organismos financieros. Criterio a minimizar. (Expresado en €)
- Criterio 5: Aforo del estadio. Indica la cantidad de personas que tiene como máximo el estadio de fútbol. Criterio a maximizar. (Expresado en miles)
- Criterio 6: Número de socios. Se refiere al total de personas que forman parte del club mediante el pago de su cuota correspondiente. Criterio a maximizar. (Expresado en miles de personas)

- Criterio 7: Edad media de la plantilla. Muestra la edad de los jugadores que conforman la primera plantilla. Criterio a minimizar. (Expresado en media de edad).

Dado que en todo análisis de toma de decisiones resulta esencial la realización de análisis de sensibilidad (Wolters, Mareschal, 1995) para analizar la robustez (Fernández, 2006) del modelo, en el presente trabajo se han planteado cuatro escenarios posibles que conducen a calificar al modelo según su robustez y su recomendación para adopción de decisiones presentes y futuras.

En cada escenario se ha procedido a modificar el vector de ponderaciones asignadas a los criterios, considerando que el decisor que se enfrenta al problema es distinto. En el escenario 1, se adopta un punto de vista neutral en el que sea cual fuere la inclinación personal del decisor a favor de algún club de fútbol en particular, se pondera exactamente igual a todos los criterios; el escenario 2 refleja la percepción de un aficionado del Real Madrid; el escenario 3 recoge las preferencias de un aficionado del Barcelona y, finalmente, el escenario 4 es el más objetivo dado que el vector de ponderaciones ha sido calculado aplicando el Método de la Entropía de Shannon (Shannon, 1948).

Es importante señalar que para los escenarios 2 y 3 el proceso de determinación de pesos se ha realizado mediante entrevistas personales a Directivos de los clubes de fútbol más importantes, en este caso, el Real Madrid y el Barcelona. Asimismo, dichos individuos, en este caso decisores, debían completar una encuesta que incluye distintas preguntas orientadas a motivarlos para que expresaran de la forma más objetiva posible el esquema de preferencias que poseen en su mente.

2.1. Método de decisión multicriterio integrado

Al incorporar el método de la Entropía para la determinación de los pesos, se logra un método de decisión integrado con notables ventajas desde el punto de vista de la objetividad a la hora de determinar un elemento tan subjetivo y complejo como resulta ser un valor que refleje la estructura de preferencias que subyace en la mente del decisor.

A continuación se explicará brevemente el concepto de entropía y la forma de determinación de los pesos de acuerdo con el método propuesto por Shannon.

Del término alemán ENTROPIC; griego en (*en*) y tropè (*en cambio*). Entropía es un término a menudo interpretado como una medida de la aleatoriedad, el desorden o el caos en un sistema (Zeleny, 1982).

La opinión generalizada es que la entropía constituye una buena medida para ser utilizada en la evaluación de la importancia relativa de diferentes procesos. Lo que realmente reviste importancia es la búsqueda de criterios válidos y dependientes del contexto aun cuando ellos puedan ser cualitativos, ambiguos o difíciles de medir (Fernández, 1991). De esta forma, una solución aproximada al problema correcto es infinitamente más deseable que una solución precisa para un problema aproximado o irrelevante.

Estas son las razones que conducen a adoptar este método de ponderación, destacando asimismo, que los criterios no son inherentemente importantes o sin importancia; ellos adquieren relevancia o peso en el contexto del problema y a través del proceso de búsqueda para su solución. Una característica de este procedimiento de estimación de pesos es su carácter interactivo, lo que está totalmente de acuerdo con las nuevas orientaciones en el ámbito de la decisión.

2.2. Entropía de Shannon

El concepto de entropía fue planteado por Shannon (1948) en el contexto de la teoría de la información, es decir, para medir la información existente en un sistema. Es interesante destacar la analogía existente entre los conceptos de probabilidad y entropía, pues, la entropía es una medida de la probabilidad de que un sistema dado exista en un cierto estado.

El algoritmo que propone Shannon (Safari et al., 2012) para el cálculo de la entropía es el que se aplica para la obtención de los pesos de los criterios. Para la determinación de los pesos ($w_j, j = 1, \dots, 7$) se procede de la manera siguiente:

1. A partir de los índices de preferencia unicriterio de la matriz de decisión:

$$P_{ij} = \frac{g_j(a_i)}{\sum_{i=1}^n g_j(a_i)} \quad a_i, i = 1, \dots, n \text{ (alternativas)}, \quad g_j, j = 1, \dots, k \text{ (criterios)}$$

la entropía se calcula como: $E_j = -M \sum_{i=1}^6 P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad \forall j$, donde M es un valor constante que surge de hacer: $M = \frac{1}{\ln(n)}$, donde n es el número de alternativas del modelo. El valor de E_j siempre debe ser: $0 \leq E_j \leq 1$.

2. Se calcula el grado de desviación (d_j) que indica hasta qué punto cada criterio posee información útil para el decisor: $d_j = 1 - E_j, \quad \forall j = 1, \dots, 7$.
3. Finalmente, se obtiene el peso de cada criterio, w_j , de acuerdo con la ecuación:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^7 d_j}, \quad \forall j = 1, \dots, 7.$$

La tabla N°1, indica en forma resumida para cada criterio, la entropía que posee intrínsecamente, la desviación y el peso resultante:

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
E _j	0'8312	0'87561	0'62803	0'89162	0'95975	0'87287	0'99952
d _j	0'1688	0'12439	0'37197	0'10838	0'04025	0'12713	0'00048
w _j	0'17931	0'13213	0'39512	0'11513	0'04025	0'13504	0'00051

Tabla N° 1: Pesos calculados por el Método de la Entropía

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Escenario 1: ponderaciones iguales

En primer lugar se analizará el escenario 1 caracterizado por la asignación de pesos iguales a todos los criterios (Fernández, Escribano, García, Rodríguez, 2014). La matriz de decisión, tabla N°2, contiene la información referida a las alternativas, los criterios, los pesos, las evaluaciones, las funciones de preferencia (criterios generalizados) (Escribano, Fernández, 2006) con sus respectivos umbrales y un apartado estadístico complementario. A partir de esta matriz, punto de partida fundamental, se aplican todos los análisis que proporciona la herramienta Visual PROMETHEE (VISUAL PROMETHEE 1.4 Manual (2015)).

Se ofrecen dos ordenamientos: un preorden parcial (PROMETHEE I) y un ordenamiento completo o total (PROMETHEE II) tal y como aparecen en los gráficos N°1 y N°2, respectivamente.

Pesos Iguales	Coste Personal	Valor de Mer...	Beneficio Anual	Acreedores ...	Aforo de Est...	Número Socios	Edad Media ...
Unit	Euros	Euros	Euros	Euros	Nº personas	Nº Socios	Edad Media
Cluster/Group							
Preferences							
Min/Max	min	max	max	min	max	max	min
Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Preference Fn.	Linear	Linear	Linear	Linear	U-shape	V-shape	Linear
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	82710056,79	195855301,92	17040078,94	68896015,55	18999	n/a	0,84
- P: Preference	208898856,79	513648635,25	38123914,61	175720082,21	n/a	5000	2,34
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics							
Minimum	15999000,00	75200000,00	121893,00	6544000,00	29000	14000	24,90
Maximum	269597000,00	714800000,00	41118000,00	208872000,00	99354	153458	28,10
Average	127103333,33	382450000,00	15212148,83	113663500,00	60801	66878	26,40
Standard Dev.	97392177,00	240963259,65	17498719,20	82051919,99	23130	45855	1,11
Evaluations							
<input checked="" type="checkbox"/> Real Madrid	269597000,00	714800000,00	38510000,00	190714000,00	81044	91846	26,40
<input checked="" type="checkbox"/> Barcelona	247752000,00	689500000,00	41118000,00	208872000,00	99354	153458	27,40
<input checked="" type="checkbox"/> Atlético Madrid	112945000,00	349000000,00	1596000,00	182234000,00	54907	65000	26,30
<input checked="" type="checkbox"/> Valencia	57516000,00	275000000,00	121893,00	58598000,00	55000	44962	24,90
<input checked="" type="checkbox"/> Celta Vigo	15999000,00	75200000,00	5231000,00	6544000,00	29000	14000	25,30
<input checked="" type="checkbox"/> Sevilla	58811000,00	191200000,00	4696000,00	35019000,00	45500	32000	28,10

Tabla Nº2. Matriz de Decisión Multicriterio

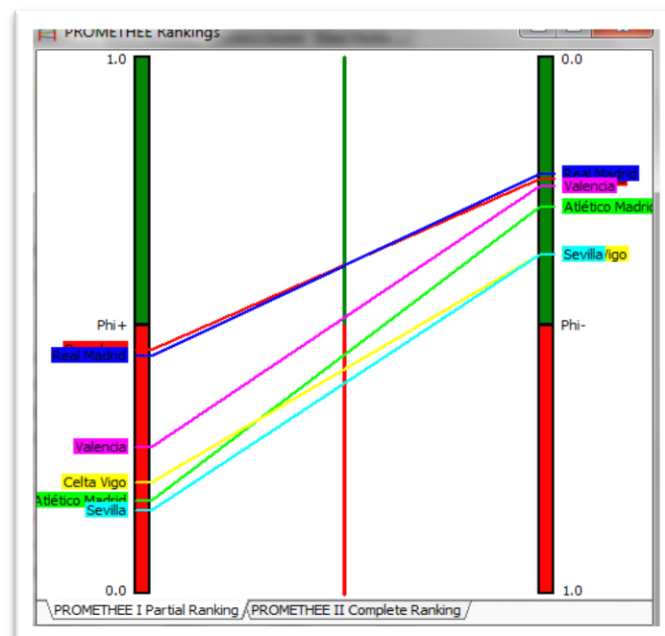


Gráfico Nº 1: Preorden Parcial. PROMETHEE I

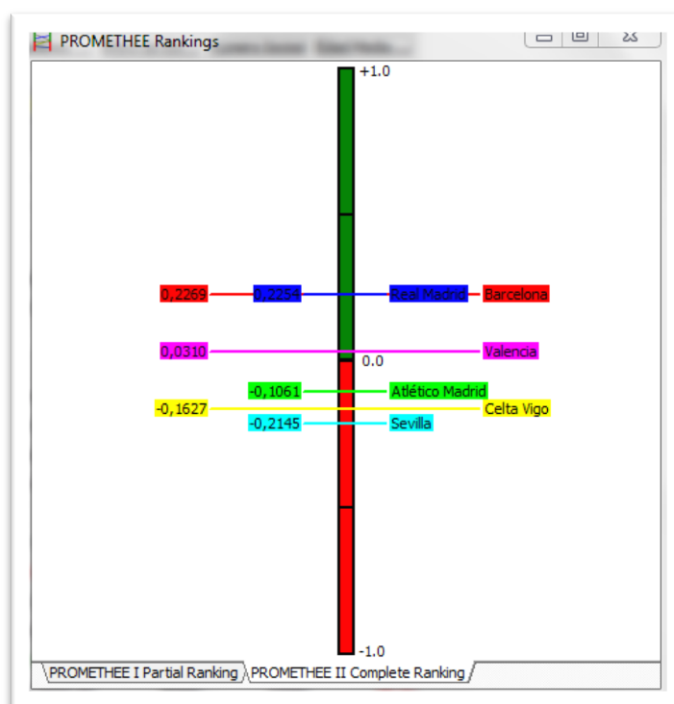


Gráfico N°2. Preorden Completo. PROMETHEE II

En el gráfico N° 1 se aprecia la incomparabilidad existente entre el Real Madrid y el Barcelona por un lado, y entre el Atlético de Madrid y el Celta de Vigo por otro. Estas incomparabilidades aparecen debido a que algunas alternativas son buenas para criterios en que otras son muy malas y viceversa.

En el gráfico N°2, al ordenar a todas las alternativas, desaparecen las incomparabilidades y se observa que el Barcelona se sitúa ligeramente por encima del Real Madrid y, con respecto a la otra incomparabilidad, se resuelve en favor del Atlético de Madrid.

Una representación bidimensional, ofrecida por el diamante PROMETHEE, se observa en el gráfico N°3, donde el plano está girado 45° de forma tal que el eje vertical representa los flujos netos (eje π). En la parte inferior del diamante se reflejan, en el lado inferior izquierdo los flujos positivos (ϕ^+) y en el inferior derecho los flujos negativos (ϕ^-).

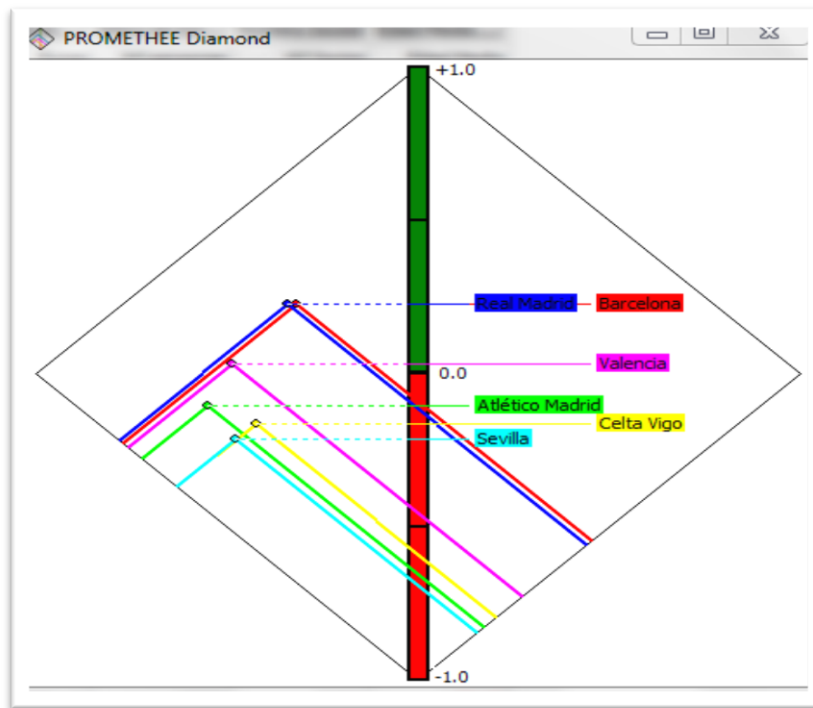


Gráfico N°3. Diamante PROMETHEE

El gráfico N°4 representa sencillamente el ordenamiento del PROMETHEE I. aquí se aprecia mejor el hecho que, cuando dos alternativas están muy próximas entre sí poseen flujos muy similares y, por el contrario, cuanto más alejadas estén, serán más dispares. Las incomparabilidades aparecen cuando no existe conexión entre los nodos que representan a las alternativas.

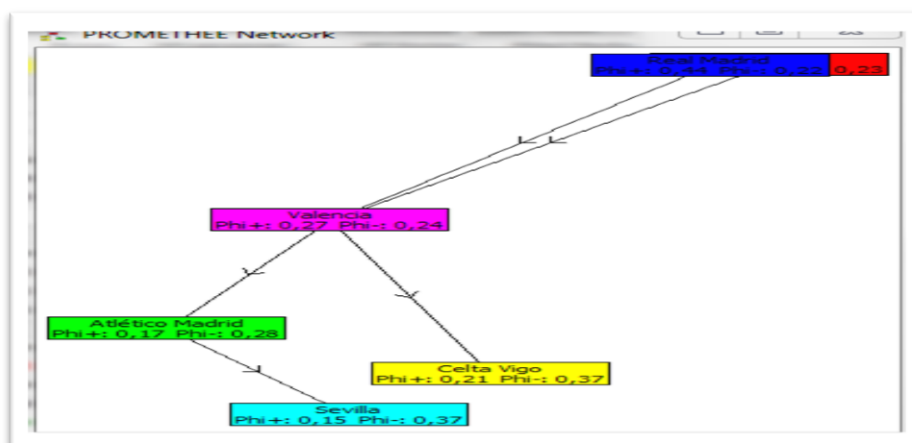


Gráfico N° 4. PROMETHEE Network

La tabla N°3 indica cuáles son los flujos positivos, negativos y netos para cada alternativa, así como su posición en el ordenamiento. Se aprecia, claramente, que la diferencia entre los flujos netos de las dos alternativas que lideran el ordenamiento es prácticamente insignificante.

Teniendo en cuenta los valores de los flujos netos, el ordenamiento resultante del escenario 1 es: Barcelona > Madrid > Valencia > Atlético Madrid > Celta de Vigo > Sevilla.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Barcelona	◆	0,2269	0,4545	0,2276
2	Real Madrid	◆	0,2254	0,4425	0,2171
3	Valencia	◆	0,0310	0,2726	0,2416
4	Atlético Madrid	◆	-0,1061	0,1730	0,2790
5	Celta Vigo	◆	-0,1627	0,2065	0,3692
6	Sevilla	◆	-0,2145	0,1534	0,3680

Tabla N° 3. Flujos netos, positivos y negativos

En el gráfico N°5 se ofrece una visión desagregada del ordenamiento completo, que proporciona el PROMETHEE Rainbow, donde se observa que las alternativas se ordenan de izquierda a derecha según su grado de preferencia. Este análisis permite visualizar en cada alternativa qué criterios son los más destacados, siendo los que se encuentra por encima del eje 0 (cero) aquellos en los que la alternativa posee mayor preferencia.

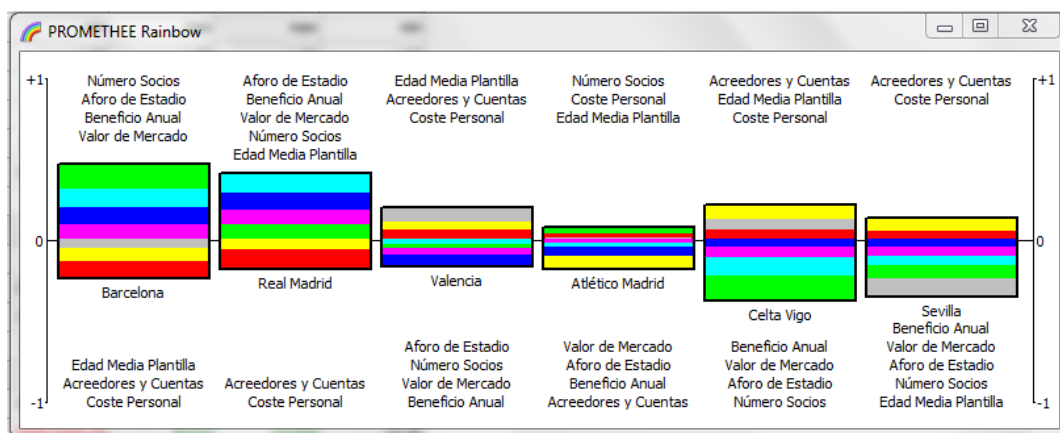


Gráfico N°5. Rainbow PROMETHEE

Si se pretende conocer con mayor profundidad el perfil de cada alternativa, la opción correspondiente permite obtener para cada una un desglose de los distintos criterios. De esta forma, se detectan rápidamente las ventajas y desventajas de las alternativas al ser evaluadas bajo los distintos criterios. Por ejemplo, en el gráfico N°6 aparece el perfil de la alternativa Real Madrid. Además de los flujos unicriterio que aparecen en distintos colores según los criterios, se visualiza en la parte posterior en color gris, el flujo neto de la alternativa objeto de análisis.

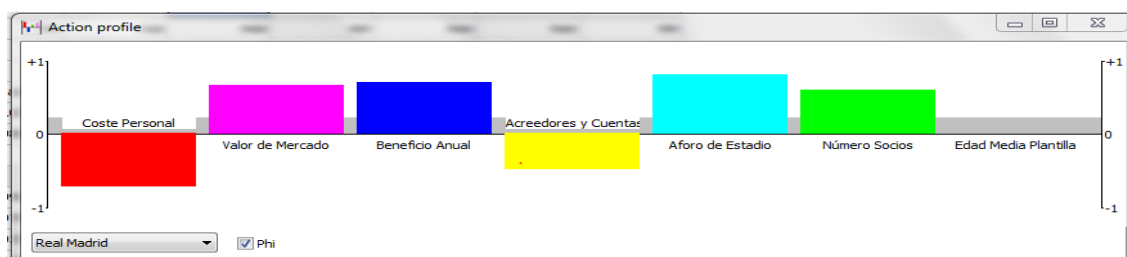


Gráfico N°6. Perfil de la alternativa Real Madrid

El análisis GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) (Brans, Mareschal, 2000) es el complemento visual que permite un estudio muy intuitivo e interactivo del problema. El plano GAIA (Mareschal, Brans, 1998), denominación que recibe la proyección en el plano bidimensional u-v de las alternativas, los criterios y los pesos, posee un elemento adicional esencial, el llamado eje de decisión π . Este eje reúne toda la información necesaria para indicar hacia dónde se orientan las mejores soluciones de compromiso. En el gráfico N°7 aparece el plano GAIA que posee una calidad del 92'9%. Ello quiere decir que al reducir dimensiones y pasar a una representación bidimensional sólo se ha perdido un 7'1% de la información. Esto nos da un indicio respecto a que el modelo puede ser muy robusto. Adicionalmente, se observa un conoide que refleja el espacio de libertad del decisor (Brans, 1996), es decir, la amplitud de su área de preferencias. Esta característica se estudiará detalladamente al abordar el tema de estabilidad de los resultados.

La visualización de los criterios también permite extraer conclusiones decisivas, ya que no sólo puede conocerse el carácter conflictivo de los mismos sino también el poder de discriminación que poseen entre alternativas; esta propiedad la comparte con el eje π .

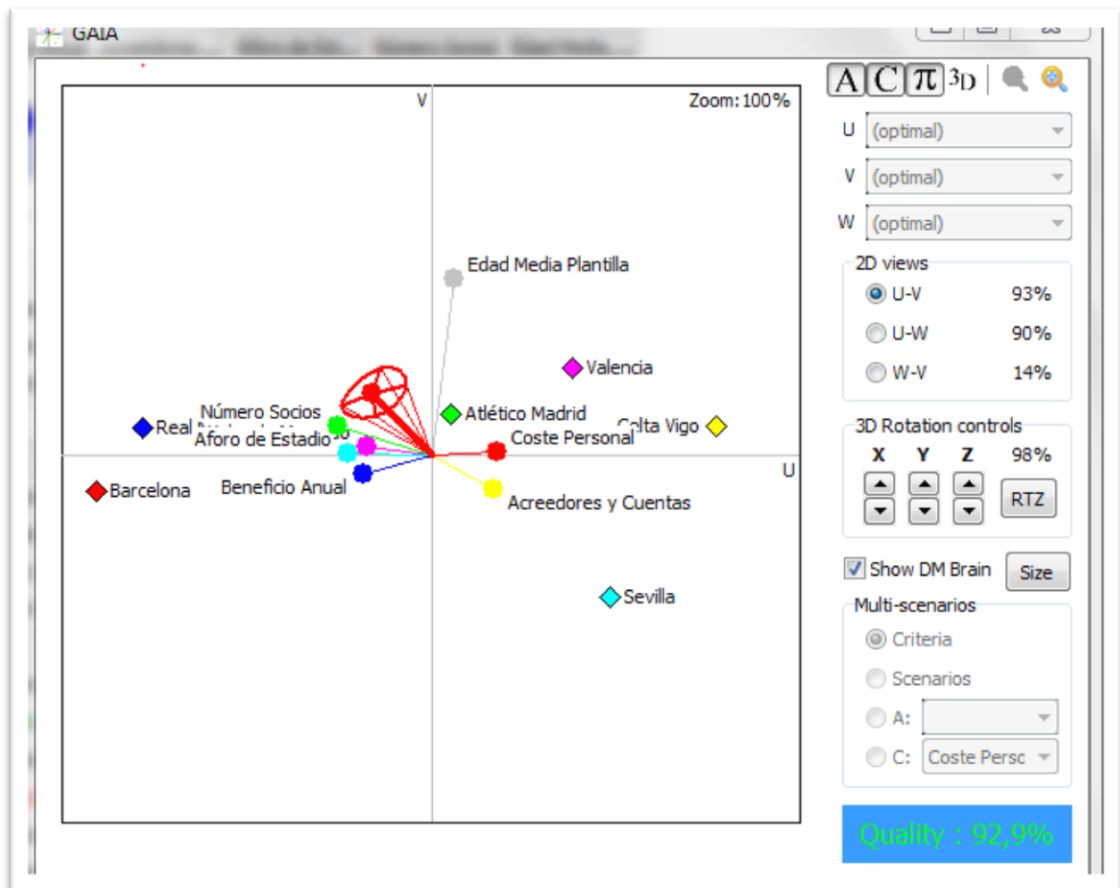


Gráfico N°7. Plano GAIA. Espacio de libertad del decisor

Existe la posibilidad de estudiar las valoraciones de los flujos unicriterio para cada alternativa pero de una manera gráfica, mediante el uso del análisis GAIA Webs. En el gráfico N°8 se presenta, por ejemplo, el caso del Real Madrid. El color del eje π será verde cuando las alternativas tengan flujos netos positivos y será rojo en caso en que dichos flujos sean negativos.

Una forma de analizar en tiempo real cuál es el impacto que posee en los ordenamientos alguna modificación introducida en los pesos de los criterios (Yan, Dagang, Yue, 2007) es mediante la opción denominada Walking Weights. Resulta bastante interesante estudiar de manera simultánea el cambio en el peso de uno o más criterios y observar los movimientos del eje π en el plano GAIA. Este análisis es realmente muy valioso pero adquiere significación al efectuarlo en tiempo real y no plasmado en un papel.

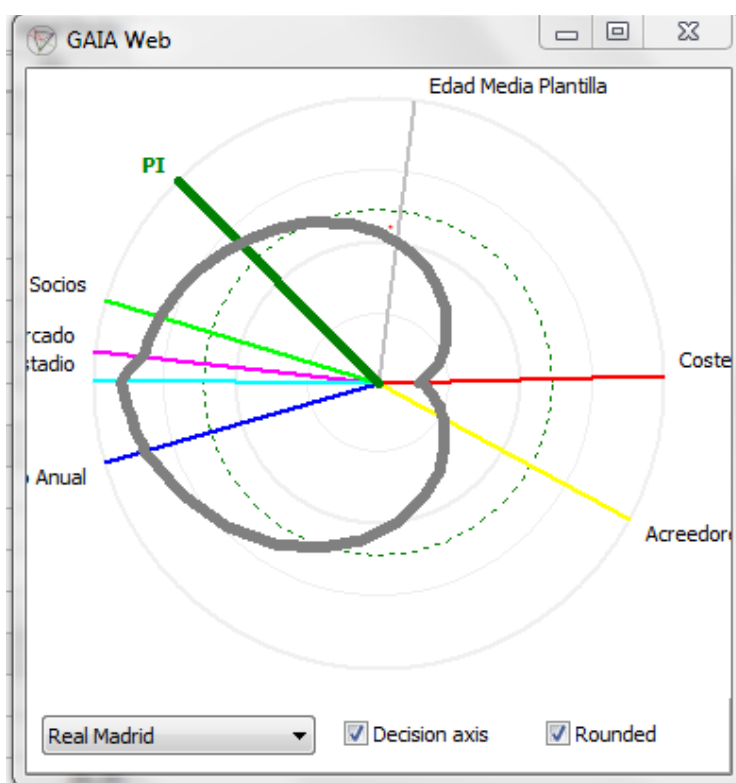


Gráfico N°8. GAIA Web: alternativa Real Madrid

Para finalizar el estudio pormenorizado de los resultados obtenidos en el escenario 1 deben abordarse los intervalos de estabilidad de pesos. La información que se obtiene de este análisis es la piedra angular a la hora de determinar la robustez (Bregar, Györkös, Jurić, 2009) del modelo y su posible recomendación.

De la observación de los gráficos que ofrece el Visual PROMETHEE para cada criterio y exigiendo un nivel de estabilidad completo se obtiene la información que aparece en la tabla N°4.

Pesos Iguales	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Nº Socios	Aforo	Edad Media
Intervalos Estabilidad	[12'87, 27'28]	[0. 17'38]	[12'04, 57'15]	[0, 16'20]	[5'35, 24'12]	[13'95, 24'12]	[9'90, 14'59]

Tabla N° 4: Intervalos de estabilidad. Escenario 1

El estudio de la robustez del modelo desde el punto de vista de la decisión (Escribano, Fernández, García, Calvo, 2000) permite concluir que: dado que sólo hay dos criterios de decisión, Valor de Mercado y Acreedores, en los que el límite inferior

del intervalo de estabilidad es cero, el modelo es aproximadamente robusto. Los extremos superiores de los intervalos de estabilidad están acotados, no presentando ninguna irregularidad.

En los restantes escenarios sólo se analizarán los aspectos más relevantes. Se incluirá el PROMETHEE Network, la tabla de los flujos tanto netos como positivos y negativos, el plano GAIA y los intervalos de estabilidad de pesos.

3.2 Escenario 2: Aficionado del Real Madrid

En este escenario el vector de ponderaciones difiere del caso anterior. Si se tiene en cuenta que el que debe tomar la decisión es un aficionado del Real Madrid, la importancia relativa que asigne a cada criterio será diferente. Tal y como se señaló en líneas anteriores, los pesos se obtuvieron mediante entrevistas personales y encuestas realizadas a los Directivos del club.

Aficionado Real Madrid	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Aforo	Nº Socios	Edad Media
En porcentaje	6	25	12	25	6	6	19
En valor absoluto	1	4	3	4	1	1	3

Tabla Nº5. Ponderaciones del escenario 2

Teniendo en cuenta que los pesos asignados a los criterios son los que se indican en la tabla Nº5, se analizarán, seguidamente los resultados de este modelo.

En el gráfico Nº9 aparece el ordenamiento parcial en el que se observa, claramente que el Madrid es la mejor alternativa aunque mantiene una incomparabilidad con el Valencia. En la parte inferior del ordenamiento aparece otra incomparabilidad, esta vez entre el Atlético de Madrid y el Sevilla.

Si se procede a ordenar a todas las alternativas mediante el preorden completo se observa que desaparecen las incomparabilidades y que el ordenamiento final resultante de este escenario es el siguiente: Madrid > Barcelona > Valencia > Celta de Vigo > Sevilla > Atlético de Madrid. En la tabla Nº10 aparecen los flujos netos, los positivos y los negativos de cada una de las alternativas.

En la representación del plano GAIA, gráfico Nº 10, resulta curioso observar cómo se ha modificado el espacio de libertad del decisor; la representación del conoide

está más orientada a la alternativa que lidera el ordenamiento. El plano mantiene el mismo porcentaje de información que en el escenario 1, es decir, que el modelo sigue siendo un modelo robusto y que permite adoptar decisiones sólidas y consistentes.

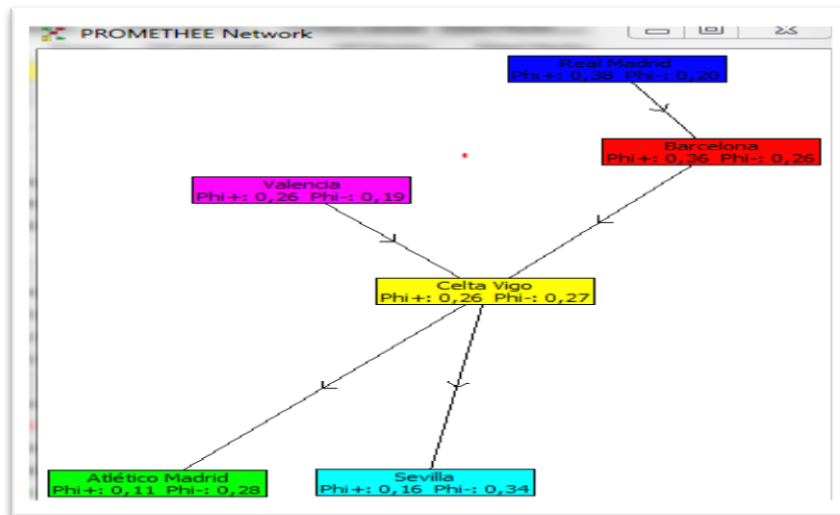


Gráfico N°9. PROMETHEE Network. Escenario 2

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Real Madrid	0,1778	0,3782	0,2004
2	Barcelona	0,1072	0,3626	0,2554
3	Valencia	0,0747	0,2600	0,1853
4	Celta Vigo	-0,0113	0,2557	0,2670
5	Sevilla	-0,1740	0,1619	0,3359
6	Atlético Madrid	-0,1744	0,1051	0,2796

Tabla N°10. Flujos netos, positivos y negativos. Escenario 2

Finalmente, para reafirmar la validez del modelo se analizan los intervalos de estabilidad de pesos. En la tabla N° 11 se puede observar cómo todos los criterios tienen sus los extremos de sus intervalos de estabilidad acotados. Por lo tanto, puede decir que el modelo que representa al escenario 2 es perfectamente robusto.



Gráfico N° 10. Plano GAIA. Escenario 2

Aficionado Real Madrid	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Nº Socios	Aforo	Edad Media
Intervalos Estabilidad	[6'03, 9'23]	[22'21, 25'14]	[11'62, 59'45]	[24'96, 27'56]	[3'10, 6'46]	[3'64, 6'30]	[4'11, 18'80]

Tabla N° 11. Intervalos de estabilidad de pesos. Escenario 2

3.3 Escenario 3: Aficionado del Barcelona

En este escenario se estudia el modelo desde el punto de vista de un aficionado del Barcelona. El vector de ponderaciones que representa sus preferencias es el que aparece en la tabla N° 12. Tal y como se señaló en líneas anteriores, los pesos se obtuvieron mediante entrevistas personales y encuestas realizadas a los Directivos del club.

Aficionado Barcelona	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Aforo	Nº Socios	Edad Media
En porcentaje	8	8	17	17	25	17	8
En valor absoluto	1	1	2	2	3	2	1

Tabla N° 12. Ponderaciones del escenario 3

El ordenamiento parcial de las alternativas es el que aparece en el gráfico N° 11. Se observa que el Barcelona lidera el ordenamiento y que sólo aparece una

incomparabilidad entre el Sevilla y el Celta de Vigo, al final del mismo. Si se procede a estudiar los resultados del ordenamiento completo que aparecen en la tabla N° 13, la incomparabilidad se resuelve a favor del Sevilla quedando el Celta de Vigo como la peor alternativa. Por lo tanto, el resultado final que se obtiene del escenario 3 es: Barcelona > Madrid > Valencia > Atlético de Madrid > Sevilla > Celta de Vigo.

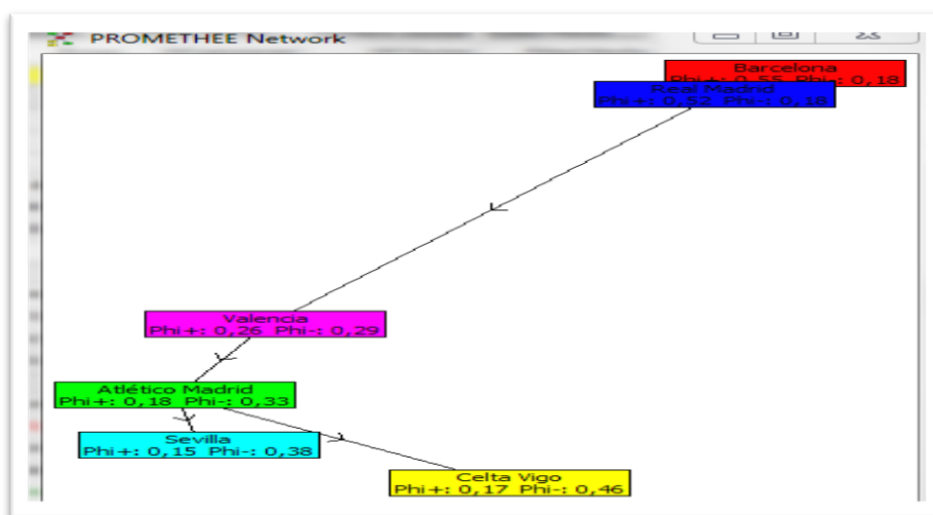


Gráfico N° 11. PROMETHEE Network. Escenario 3

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Barcelona	0,3668	0,5454	0,1785
2	Real Madrid	0,3332	0,5166	0,1834
3	Valencia	-0,0341	0,2568	0,2909
4	Atlético Madrid	-0,1483	0,1842	0,3326
5	Sevilla	-0,2283	0,1483	0,3766
6	Celta Vigo	-0,2893	0,1705	0,4598

Tabla N°13. Flujos netos, positivos y negativos

En la representación bidimensional del plano GAIA, gráfico N°12, se observa que la calidad del mismo sigue siendo muy elevada y que ha variado de posición y de amplitud el conoide que representa al espacio de libertad del decisor. Teniendo en cuenta que en este escenario la mejor alternativa es el Barcelona es lógico que la figura se mueva siguiendo la orientación de la misma.



Gráfico N°12. Plano GAIA. Escenario 3.

En cuanto a los intervalos de estabilidad, en la tabla N°14 se observa que todos los criterios poseen acotados los extremos inferiores de dichos intervalos, sin embargo, el criterio que hace referencia al número de socios no tiene acotado el extremo superior. Por lo tanto, puede concluirse que el modelo que representa el escenario 3 es pseudo robusto.

Aficionado	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Nº Socios	Aforo	Edad Media
Barcelona							
Intervalos Estabilidad	[0, 31'48]	[0, 49'38]	[0, 69'75]	[3'23, 23'10]	[11'49, 100]	[9'01, 35'17]	[0, 13'30]

Tabla N° 14. Intervalos de estabilidad de pesos. Escenario 3

3.4 Escenario 4: Método de la Entropía

Con el propósito de dotar de mayor objetividad al modelo se ha procedido a calcular los pesos de los criterios por el Método de la Entropía, tal y como se ha detallado en acápites anteriores. El vector de ponderaciones calculado por el Método de la Entropía es el que aparece en la tabla N° 15.

Método Entropía	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreedores	Aforo	Nº Socios	Edad Media
En porcentaje	18	13	40	12	4	14	0
En valor absoluto	0'17931	0'13213	0'39512	0'11513	0'04025	0'13504	0'00051

Tabla N°15. Ponderaciones del Escenario 4

Si analizamos los resultados que muestra el ordenamiento parcial, gráfico N°13, los primeros puestos están claramente delimitados. Sin embargo, para ver con claridad las incomparabilidades hay que recurrir a los datos que presenta la tabla N° 16 que desagrega los flujos positivos y negativos. Aparecen dos incomparabilidades, una entre el Sevilla y el Atlético de Madrid y otra entre el Celta de Vigo y el Atlético de Madrid.

Si se tienen en cuenta los flujos netos las incomparabilidades mencionadas desaparecen y el ordenamiento final resultante es: Barcelona > Madrid > Valencia> Sevilla> Atlético de Madrid > Celta de Vigo.

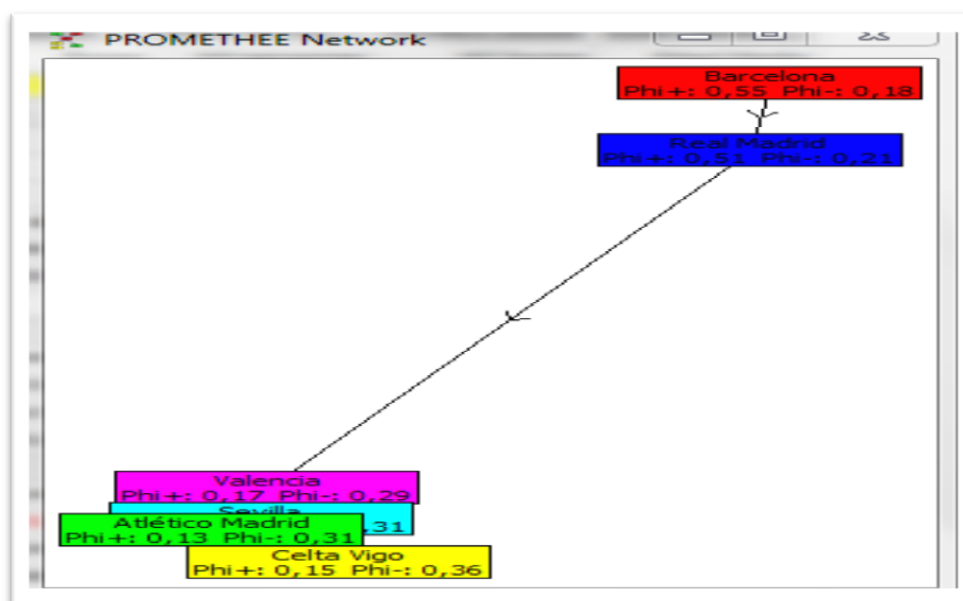


Gráfico N°13. PROMETHEE Network. Escenario 4

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Barcelona	0,3765	0,5517	0,1753
2	Real Madrid	0,2945	0,5061	0,2116
3	Valencia	-0,1219	0,1725	0,2944
4	Sevilla	-0,1607	0,1517	0,3123
5	Atlético Madrid	-0,1746	0,1318	0,3064
6	Celta Vigo	-0,2139	0,1454	0,3593

Tabla N°16. Flujos netos, positivos y negativos. Escenario 4

Para completar el análisis visual de este escenario analizamos el plano GAIA bidimensional resultante, gráfico N°14. Se mantiene el mismo porcentaje de calidad de la proyección pero se observa una importante variación en el conoide que representa el espacio de libertad del decisor. La nueva orientación del eje de decisión π refleja la influencia que ha tenido el nuevo vector de ponderaciones, lógicamente, ahora apunta hacia la alternativa cuya proyección está más próxima y además hacia los criterios que poseen mayor importancia relativa.

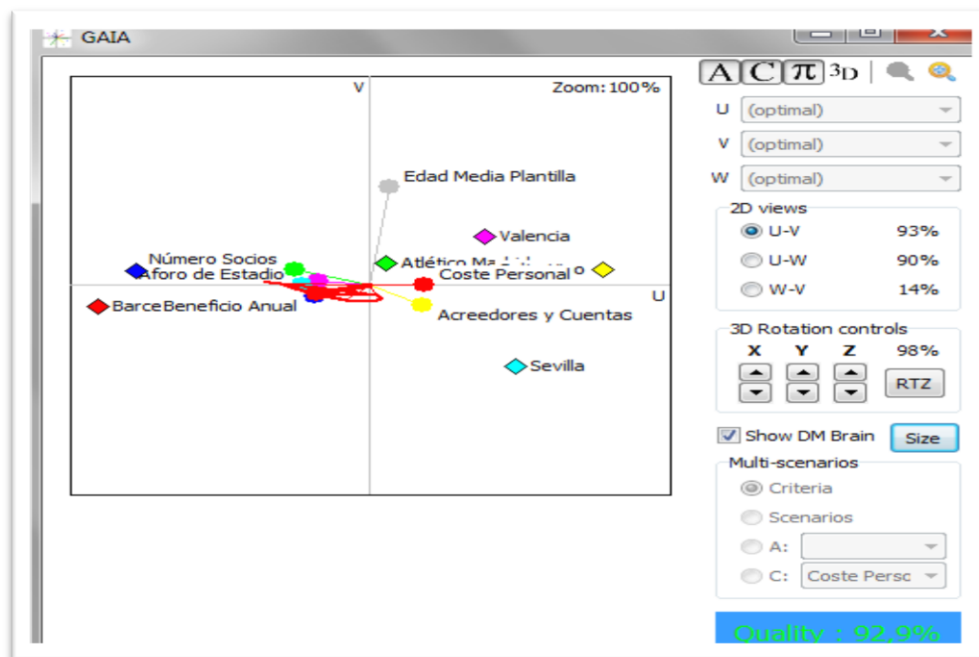


Gráfico N°14. Plano GAIA. Escenario 4

Al estudiar los intervalos de estabilidad, tabla N°17, se observa que en este escenario hay dos criterios, Valor de Mercado y Número de Socios, en los que el extremo inferior del intervalo es cero, es decir no están acotados. Ello conduce a calificar el modelo resultante del escenario 4 como parcialmente robusto.

Entropía	Coste de Personal	Valor de Mercado	Beneficio Anual	Acreeedores	Nº Socios	Aforo	Edad Media
Intervalos Estabilidad	[11'55,29'3]	[0'29,17'96]	[13'13,64']	[10'24, '74]	[0,10'27]	[16'61,5'01]	[0, 1'97]

Tabla N°17. Intervalos de estabilidad de pesos. Escenario 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la repercusión que tiene en la economía del país este deporte, ya sea de forma directa, como también indirectamente a través de todas las actividades vinculadas con su práctica, el fútbol presenta un modelo que permite determinar cuál es el equipo español que mejor valoración tiene. Para llevar a cabo este estudio se ha utilizado un método de decisión multicriterio integrado que consiste en: aplicar la metodología PROMETHEE (tanto preorden parcial como preorden completo) e integrar dentro del proceso de toma de decisiones, la determinación de las ponderaciones calculadas por el método de la Entropía de Shannon.

Para estudiar la fiabilidad del modelo y su robustez desde el punto de vista de la decisión multicriterio se han elaborado cuatro escenarios distintos. Cada escenario recoge las preferencias de un decisor diferente. En el primer escenario todos los criterios reciben la misma ponderación, se trata de un punto de vista neutral; en el segundo, el vector de ponderaciones refleja las preferencias de un aficionado del Real Madrid; en el tercero, el punto de vista de un aficionado del Barcelona y en el último escenario, se aplica el método de la Entropía de Shannon para la determinación de los pesos. Evidentemente, el último escenario es el que posee mayor objetividad dado que no se ve afectado por las inclinaciones personales del decisor, tal como ocurre en los escenarios 2 y 3, ni tampoco mantiene una posición totalmente neutra al respecto.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Real Madrid	2	1	2	2
Barcelona	1	2	1	1
Atlético de Madrid	4	6	4	5
Valencia	3	3	3	3
Sevilla	6	5	5	4
Celta de Vigo	5	4	6	6

Tabla N°18. Ordenamientos totales de los distintos escenarios

Un resumen de los ordenamientos totales obtenidos en los distintos escenarios se ofrece en la tabla N°18, donde se observa que el Real Madrid y el Barcelona son los que se colocan en las primeras posiciones. El más estable es el Valencia que siempre aparece en tercer lugar en el ordenamiento. Las últimas posiciones las ocupan las peores

alternativas, Sevilla, Atlético de Madrid y Celta de Vigo, que varían entre los puestos cuarto, quinto y sexto según el escenario. Si bien el modelo más objetivo es el del escenario 4 (método de la entropía), el más robusto es el del escenario 2 (perfectamente robusto).

Una vez que se han obtenido los ordenamientos de cada uno de los escenarios individualmente, se procede a efectuar un análisis conjunto para determinar un ranking único. Si se consideran como alternativas los clubes de fútbol y como criterios la posición obtenida por cada club en los distintos escenarios, se obtiene el resultado que se indica en la tabla 19:

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Barcelona	0,9000	0,9500	0,0500
2	Real Madrid	0,7000	0,8500	0,1500
3	Valencia	0,2000	0,6000	0,4000
4	Atlético de Madrid	-0,5000	0,2500	0,7500
5	Sevilla	-0,6000	0,2000	0,8000
6	Celta de Vigo	-0,7000	0,1500	0,8500

Tabla N°19. Ordenamiento global de los distintos escenarios

Analizando los resultados de la tabla anterior se observa que el club de fútbol mejor valorado, es el F.C. Barcelona, seguido del Real Madrid F.C. Luego le siguen en orden de importancia, el Valencia, el Atlético de Madrid, el Sevilla y el Celta de Vigo. Curiosamente, este ordenamiento final completo coincide con los resultados que se habían obtenido en el escenario 2.

Para una mejor comprensión del análisis de sensibilidad de los resultados se incluyen en la tabla N°19 los intervalos de estabilidad de pesos de los criterios correspondientes a los distintos escenarios analizados:

	Pesos iguales	Aficionado Madrid	Aficionado Barcelona	Entropía
Coste de Personal	[12`87, 27`28]	[6`03, 9`23]	[0, 31`48]	[11`55, 29`31]
Valor de mercado	[0, 17`38]	[22`21, 25`14]	[0, 49`38]	[0`29, 17`96]
Beneficio Anual	[12`04, 57`15]	[11`62, 59`45]	[0, 69`75]	[13`13, 64`06]
Acreedores	[0, 16`20]	[24`96, 27`56]	[3`23, 23`10]	[10`24, 14`74]
Aforo	[5`35, 24`12]	[3`10, 6`46]	[11`49, 100]	[0, 10`27]
N ^a Socios	[13`95, 24`12]	[3`64, 6`30]	[9`01, 35`17]	[16`61, 15`01]
Edad Media	[9`90, 14`59]	[4`11, 18`80]	[0, 13`30]	[0, 1`97]

Tabla N^o19. Intervalos de estabilidad para los diferentes escenarios

De los distintos escenarios estudiados, el que hace referencia al método integrado que se propone es, sin lugar a dudas, es más objetivo debido a que la determinación de las ponderaciones se efectuó de acuerdo con el algoritmo de la entropía. Este modelo resultó ser aproximadamente robusto, es decir, un modelo sólido y bien fundamentado para la adopción de la decisión final. Asimismo, la calidad de las proyecciones y la pérdida de información resultan mínimas, con lo cual puede recomendarse para futuras decisiones.

Como líneas futuras de actuación y mejora, lo ideal sería poder disponer de los datos de todos los equipos que participan en la Liga de Fútbol Profesional de España.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANS, J.P.; VINCKE, PH (1985). “A preference ranking organization method. The PROMETHEE Method for MCDM”. Management Science. Vol. 31. N^o 6, pp. 647-656.
- BRANS, J.P. (1996): “The space of freedom of the decision-maker. Modeling the human brain”. European Journal of Operational Research, 92, pp. 593-602.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B (2000): “Multicriteria Decision Aid. The PROMETHEE GAIA Solution”. Journal of Decision Systems, Vol. 12 pp. 297-310.
- BREGAR, A.; GYÖRKÖS, J.; JURIC, M. (2009): “Robustness and Visualization of Decision Models”. Informática, 33, pp. 385-395.

- CELTA DE VIGO (2016); Ley de transparencia; <http://www.sevillafc.es/>; última consulta: 26/11/2015.
- ESCRIBANO, M. C.; FERNÁNDEZ, G. (2006). “Nuevos Criterios Generalizados para modelar las preferencias del decisor en los Métodos de Relaciones de Superación”. Revista Rect@, Vol. 7, Nº 1; pp. 95-117.
- ESCRIBANO, M. C.; FERNÁNDEZ, G.; GARCÍA, M. C.; CALVO, M. (2000). “Análisis de la Robustez aplicado a un problema de Decisión Multicriterio en el ámbito de la Defensa Nacional”. Actas del Congreso sobre Técnicas de Ayuda a la Decisión en la Defensa; pp. 399-419. Ministerio de Defensa. Secretaria General Técnica.
- F.C. BARCELONA (2016); Ley de transparencia; <http://www.fcbarcelona.es/>; última consulta 25/11/2015.
- FERNÁNDEZ, G. M.; ESCRIBANO, M. C.; GARCÍA, M. C.; RODRÍGUEZ, S. (2014). “Una nueva herramienta informática para problemas de Decisión Multicriterio: su aplicación a un caso real”. XXI Jornadas ASEPUMA. Anales de ASEPUMA, Nº 21.
- FERNÁNDEZ, G. (2006). “Robustness Analysis: A powerful tool in the Multiple Criteria Decision Making field”. Newsletter of the European Working Group Multicriteria Aid for Decision. Vol. 3, Nº 13; pp. 3-9.
- FERNÁNDEZ, G. (2002). “Una Metodología de Ayuda a la Toma de decisiones Multicriterio Discreta”. Revista Rect@. Vol. 1, pp. 5-28.
- FERNÁNDEZ, G.M. (1991): Extensión a los Métodos PROMETHEE de Nuevas Estructuras de Preferencia para la Toma de Decisiones Multicriterio Discretas. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares.
- LA LIGA (2016); Información de clubes españoles; <http://www.laliga.es/>; última consulta: 03/12/2015.
- MARESCHAL, B.; BRANS, J.P. (1998): “Geometrical representations for MCDA”. European Journal of Operational Research 34, pp. 69-77. North Holland.
- REAL MADRID C.F (2016); Cuentas anuales y auditoria 2014 – 2015; <http://www.realmadrid.com/>; última consulta: 25/11/2015.

- SAFARI, H.; FAGHEYI, M.; AHANGARI, S.; FATHI, M. (2012): “Applying PROMETHEE Method based on Entropy Weight for Supplier Selection”. Business management and strategy, vol.3, N°1, pp. 97-106.
- SEVILLA (2016); Ley de transparencia; <http://www.sevillafc.es/>; última consulta: 26/11/2015.
- SHANNON, C.E. (1948): “A mathematical theory of communication”. Bell System Tech Journal, v. 27, pp. 379-423, 623-656.
- TRANSFERMARKET; Los 100 equipos más valiosos del mundo; <http://www.transfermarkt.es/>; última consulta: 23/11/2015.
- VALENCIA C.F. (2016); Ley de transparencia; <http://www.valenciacf.com/>; última consulta: 25/11/2015.
- VISUAL PROMETHEE 1.4 Manual (2015).
- WOLTERS, W.T.M.; MARESCHAL, B. (1995): “Novel types of sensitivity analysis for additive MCDM Methods”. European Journal of Operational Research, 81, pp. 281-290
- YAN, J.; DAGANG, T.; YUE, P. (2007): “Ranking environmental projects model base on multicriteria decision-making and the weight sensitivity analysis” Journal of Systems Engineering and Electronics, Vol. 18, N° 3, pp. 534-539.
- ZELENY, M. (1982): Multiple Criteria Decision Making; pp. 185-211. Mc Graw Hill Book Company.