

Nuevos criterios generalizados para modelar las preferencias del decisor en los métodos de relaciones de superación

Gabriela Fernández Barberis, María del Carmen Escribano Ródenas
Departamento de Métodos Cuantitativos. Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales. Universidad San Pablo – CEU. Madrid
ferbar@ceu.es ; escrod@ceu.es

RESUMEN

Los criterios generalizados son funciones de preferencia que se utilizan dentro del Proceso de Decisión, en la etapa de Modelación de las Preferencias. Los Métodos de Relaciones de Superación, en general, y los Métodos PROMETHEE, en particular, ofrecen la posibilidad de elegir entre seis criterios generalizados distintos. En el presente trabajo se proponen nuevos tipos de criterios generalizados generándose así, un amplio perfil de preferencias para el decisor.

Palabras Clave: Métodos de Relaciones de Superación; Criterios Generalizados; Funciones y Estructuras de Preferencia.

AMS: 91 B06

1. INTRODUCCIÓN

Los Métodos de Relaciones de Superación (Outranking Relation Methods) constituyen una de las categorías más importantes y con mayor número de aplicaciones reales del apasionante mundo de la Ayuda a la Decisión Multicriterio (Multiple Criteria Decision Aid). Dentro de esa categoría, los métodos PROMETHEE (Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluations) han adquirido gran aceptación, principalmente debido a que son fácilmente comprensibles por el decisor y de sencilla aplicación.

Tales métodos, tal y como fueron originalmente propuestos, ofrecen la posibilidad de elegir entre seis tipos de criterios generalizados diferentes para representar la estructura de preferencias que el decisor tiene en mente. Los criterios generalizados son funciones de preferencia, que se utilizan dentro del Proceso de Decisión, en la etapa de Modelación de las Preferencias.

Dado que los problemas de decisión reales a los que se enfrenta un decisor son cada vez más variados y complejos, se proponen nuevos tipos de criterios generalizados, que ofrecen al analista la posibilidad de recurrir a otro tipo de funciones, distintas de las conocidas y definidas hasta ahora, en la ardua tarea de representar, de la forma más fiable y representativa posible, el esquema de preferencias que subyace en la mente del decisor. De esta forma, se enriquece notablemente la metodología de decisión, incorporando mayor realismo, fiabilidad y robustez a cualquier problema de Decisión Multicriterio Discreta.

2. LOS CRITERIOS GENERALIZADOS TRADICIONALES

En los Métodos PROMETHEE una de las etapas más importantes es la de Enriquecimiento de la Estructura de Preferencias. Para lograr tal enriquecimiento, a cada criterio inicial $g_j, (j = 1, \dots, n)$ se le asocia una función de preferencia¹, $g_j \rightarrow P_j$, que recibe el nombre de criterio generalizado. Para cada par de alternativas (a, b) perteneciente al conjunto A de alternativas factibles, y para cada criterio g_j , el número

¹ Esta función de preferencia debe asociar a cada par de alternativas un número real comprendido entre 0 y 1, $P_j : A \times A \rightarrow [0, 1] \in \mathfrak{R}$
 $(a, b) \rightarrow P_j(a, b) \in \mathfrak{R}$

real $P_j(a,b)$ indica el grado de preferencia de “ a respecto de b ”. Para representar el grado de superación se consideran las desviaciones: $d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b)$.

Si el criterio en cuestión debe maximizarse, y la desviación es negativa no existen dudas respecto a que el decisor no prefiere a la alternativa a , una vez evaluada bajo todos los criterios g_j . Si la desviación es positiva pero pequeña, el grado de preferencia será, en general, pequeño; mientras que para desviaciones más significativas el grado de preferencia se irá incrementando progresivamente. A efectos de tomar en consideración las desviaciones entre los criterios y eliminar los efectos escalares se define la función de preferencia $P_j(a,b)$ que indica el grado de preferencia o de superación de “ a respecto de b ” al ser evaluada bajo el conjunto de criterios $g_j, (j = 1, \dots, n)$. La función de preferencia $P_j(a,b)$ toma valores comprendidos entre 0 y 1, es decir, $0 \leq P_j(a,b) \leq 1$ y se define de forma tal que para cada criterio g_j se cumplen las relaciones siguientes:

$g_j(a) \leq g_j(b)$	$(d_j(a,b) \leq 0)$	$\Rightarrow P_j(a,b) = 0$	Preferencia o Indiferencia
$g_j(a) > g_j(b)$	$(d_j(a,b) > 0)$	$\Rightarrow P_j(a,b) \approx 0$	Preferencia Débil
$g_j(a) \gg g_j(b)$	$(d_j(a,b) \gg 0)$	$\Rightarrow P_j(a,b) \approx 1$	Preferencia Fuerte
$g_j(a) \gg\gg g_j(b)$	$(d_j(a,b) \gg\gg 0)$	$\Rightarrow P_j(a,b) = 1$	Preferencia Estricta

Generalmente, se considera más realista representar cada función de preferencia $P_j(a,b)$ como una función creciente de las desviaciones $d_j(a,b)$ que se define como:
 $P_j(a,b) = P_j(d_j(a,b))$.

Los seis tipos de criterios generalizados propuestos originalmente en los Métodos PROMETHEE² son (Figura 1):

1. Criterio usual, verdadero o criterio tipo I: en este criterio no se requiere la definición de umbrales.
2. Criterio en forma de U o criterio tipo II: debe definirse un umbral de indiferencia q .

² Brans, J.P.; Mareschal, B. (1994). The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid. *Decision Support Systems*, N° 12, pp. 297-310. North Holland.

3. Criterio en forma de V o criterio tipo III: debe definirse un umbral de preferencia p .
4. Criterio escalonado o criterio tipo IV: requiere la definición de dos umbrales, uno de indiferencia q y otro de preferencia p .
5. Criterio lineal con área de indiferencia o criterio tipo V: requiere la definición de un umbral de indiferencia q y de otro umbral de preferencia p .
6. Criterio Gaussiano o criterio tipo VI: debe definirse un umbral σ , normalmente comprendido entre q y p , y que se corresponde con la desviación típica.

La elección del tipo de criterio generalizado, no resulta ser una tarea sencilla. Por ello, es muy importante que se efectúe interactivamente entre el decisor y el analista, para reflejar de la manera más objetiva posible los matices o escalas de preferencia que el decisor tiene en mente. La labor del analista, tiene en esta etapa, una importancia trascendental.³

Asimismo, debemos recordar que detrás de la modelación de cada criterio generalizado existe una estructura de preferencia. Así pues, cuando no se definen umbrales la estructura subyacente es un preorden; si se define un solo umbral, sea este de preferencia o de indiferencia, la estructura de preferencia subyacente es un semiorden y, si se definen dos umbrales, de preferencia e indiferencia, estamos en presencia de una estructura de preferencia de pseudo-orden.

3. DEFINICIÓN DE NUEVOS CRITERIOS GENERALIZADOS PARA MODELAR LAS PREFERENCIAS DEL DECISOR

En el presente trabajo se proponen tipos de criterios adicionales a los tradicionales y que resultan de la combinación de dos o más de los seis tipos existentes. Sin lugar a dudas, la posibilidad de disponer de nuevas funciones de preferencia que permitan reflejar con mayor precisión las preferencias del decisor, ampliando la gama de preferencias y reflejando distintos matices en la intensidad de las mismas, representa una mejora extraordinaria de la metodología en su conjunto. Asimismo, permite

suavizar una de las desventajas principales que se atribuyen a estos métodos, tal como es la subjetividad existente a la hora de delimitar los umbrales de preferencia y/o de indiferencia que se requieran en cada caso.

En un trabajo realizado por Fernández Barberis y Mínguez Salido (1997)⁴ se estudian dos criterios generalizados nuevos (Figura 2):

- Criterio Tipo VII: es un criterio de nivel con más de dos niveles de preferencia. Representa una generalización del criterio tipo IV o criterio escalonado. Se utiliza en situaciones en las que la función de preferencia posee numerosas discontinuidades en forma de “salto”. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ 1/4 & q < |d| \leq k \\ 1/2 & k < |d| \leq m \\ 3/4 & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases}$$

Como puede observarse, en cada salto la función de preferencia toma un valor determinado y los umbrales definen áreas con intensidad de preferencia diferente, comenzando con una zona de indiferencia y terminando en preferencia estricta.

La altura de los saltos que se definió en el artículo de referencia escrito en colaboración con el Profesor Mínguez Salido fue de 1/4, aunque no tiene por que ser constante. Cada salto puede tener una altura $s_i \in \mathfrak{R}, s_i \in (0,1)$ con $s_i \leq s_{i+1}, i = 1,2,3, \dots$. Esto supone una pequeña generalización del criterio tipo VII, de manera tal que quedaría definido como:

³ Escribano Ródenas, M.C.; García Centeno, M.C. (2002): Dificultades de la puesta en práctica de los Métodos de Decisión Multicriterio Discretos. *Serie Monográfica. Revista Rect@*. Volumen N° 1, pp. 199-209. Edita Tirant lo Blanch. Valencia.

⁴ Fernández Barberis, G. Mínguez Salido, R.(1997): “Extension of the Criteria Notion: New Generalized Criteria in the Multicriteria Analysis”. Proceedings of the 46th Meeting of the European Working Group “Multicriteria Aid for Decision”; pp: 1-25. Office de L’Environment de la Corse. Córcega.

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ S_1 & q < |d| \leq k \\ S_2 & k < |d| \leq m \\ S_3 & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases}$$

- Criterio tipo VIII: es un criterio de nivel con preferencia creciente (no lineal) y área de indiferencia. Representa una generalización del criterio tipo VI o criterio Gaussiano, pero incluyendo además, un área de indiferencia. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ 1 - e^{-\frac{|d|^2}{2\sigma^2}} & |d| > q \end{cases}$$

Se observa la definición de un área de indiferencia delimitada por umbral q , luego al cambiar la curvatura de la función el umbral σ , delimita un área de preferencia débil por encima del cual, ya se observa la preferencia estricta.

Los criterios generalizados nuevos que se proponen son los que se estudian detalladamente a continuación (Figura 3).

Criterio V.1: es una generalización del criterio tipo V o criterio lineal con área de indiferencia que incorpora un salto a partir del cual la función crece linealmente hasta la definición del umbral p , donde se manifiesta la preferencia estricta. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ \frac{|d| - q}{m - q} \cdot h & q < |d| \leq m \\ \left[\frac{|d| - m}{p - m} \right] (1 - h) + h & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases} \quad \forall h \in (0, 1)$$

Criterio V.2: es otra generalización del criterio tipo V o criterio lineal con área de indiferencia, donde se define un salto en el umbral k , a partir de allí se mantiene el mismo nivel de preferencia h hasta alcanzar el umbral m ; aquí se produce un nuevo

salto en el cual la preferencia crece linealmente hasta alcanzar el umbral p , donde ya se manifiesta la preferencia estricta. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ \left[\frac{|d| - q}{k - q} \right] h & q < |d| \leq k \\ h & k < |d| \leq m \\ \left[\frac{|d| - m}{p - m} \right] (1 - h) + h & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases} \quad \forall h \in (0,1)$$

Criterio VI.1: es una generalización del criterio tipo VI o criterio Gaussiano, no obstante incorpora un área de indiferencia delimitada por el umbral q ; a partir de allí continúa con la forma de la campana de Gauss (invertida) hasta el punto de inflexión donde se define el umbral σ . La función continúa creciendo hasta alcanzar el nivel de preferencia estricta en el umbral p , y a partir de allí se estabiliza linealmente en ese valor máximo. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ \left[\frac{1 - e^{-\frac{|d|^2}{2\sigma^2}}}{1 - e^{-\frac{p^2}{2\sigma^2}}} \right] & q < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases}$$

Criterio VI.2: es una segunda generalización del criterio Gaussiano o criterio tipo VI que incorpora un área de indiferencia delimitada por el umbral q . A partir de allí la función toma la forma de la campana de Gauss (invertida), en el valor σ cambia su curvatura y continúa creciendo hasta alcanzar el umbral p ; exactamente en este punto de su recorrido la función sufre un salto finito hasta que alcanza el valor 1, que representa la preferencia estricta donde finalmente se estabiliza. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} 0 & |d| \leq q \\ 1 - e^{-\frac{|d|^2}{2\sigma^2}} & q < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases}$$

Criterio VI.3: es la tercera generalización del criterio Gaussiano o criterio tipo VI que incorpora un área donde la función de preferencia crece linealmente hasta alcanzar el umbral $p < \sigma$. A partir de ese valor adopta la forma de la campana de Gauss (invertida), con un comportamiento creciente, a pesar de cambiar su curvatura en el valor σ . Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} \frac{|d|}{p} \cdot \left(1 - e^{-\frac{p^2}{2\sigma^2}} \right) & |d| \leq p \\ 1 - e^{-\frac{|d|^2}{2\sigma^2}} & |d| > p \end{cases}$$

Criterio III.1: es una generalización del criterio III o criterio en forma de V donde se produce un salto con crecimiento lineal en el valor m ; a partir de allí la función continúa creciendo linealmente hasta el umbral p , donde la función de preferencia toma valor 1, su máximo valor, definiendo la preferencia estricta. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} \frac{|d|}{m} h & |d| \leq m \\ \left[\frac{|d| - m}{p - m} \right] (1 - h) + h & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases} \quad \forall h \in (0, 1)$$

Criterio III.2: es una segunda generalización del criterio tipo III o criterio en forma de V, en el que la función posee un salto en el valor m de magnitud $(h-1)$; una vez superado el salto la función continúa creciendo en forma lineal hasta alcanzar el umbral p . Allí la función de preferencia toma el valor máximo 1, indicador de la preferencia estricta y valor para el cual se estabiliza. Se define como:

$$P(d) = \begin{cases} \frac{|d|}{m} \cdot l & |d| \leq m \\ \frac{|d| - m}{p - m} (1 - h) + h & m < |d| \leq p \\ 1 & |d| > p \end{cases} \quad \forall h, l \in (0, 1)$$

Los criterios generalizados nuevos, que se han definido como generalizaciones de los criterios tipos V, VI y III, si bien incorporan mayor complejidad al análisis proporcionan una mayor flexibilidad a la hora de definir las preferencias del decisor.

Dado que en todas las funciones de preferencia definidas se deben determinar dos o más umbrales, la estructura que las caracteriza es la pseudo-orden; proporcionando mayor información que las estructuras más sencillas de preorden o semiorden.

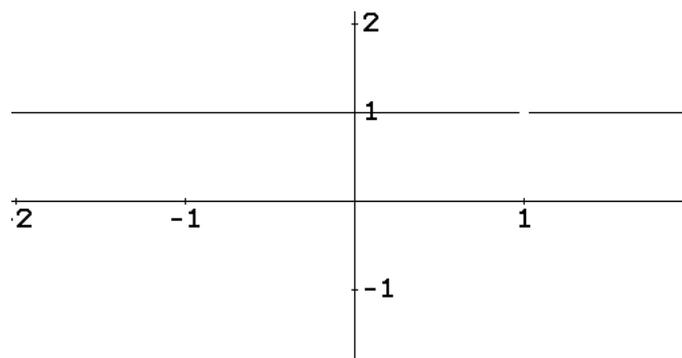
Es importante señalar que todos los umbrales tienen un sentido bien claro y definido para el decisor, y su tarea a la hora de fijarlos se ve notablemente facilitada gracias a la permanente colaboración y asesoramiento del analista, verdadero experto en la materia.

4. FIGURAS: CRITERIOS GENERALIZADOS

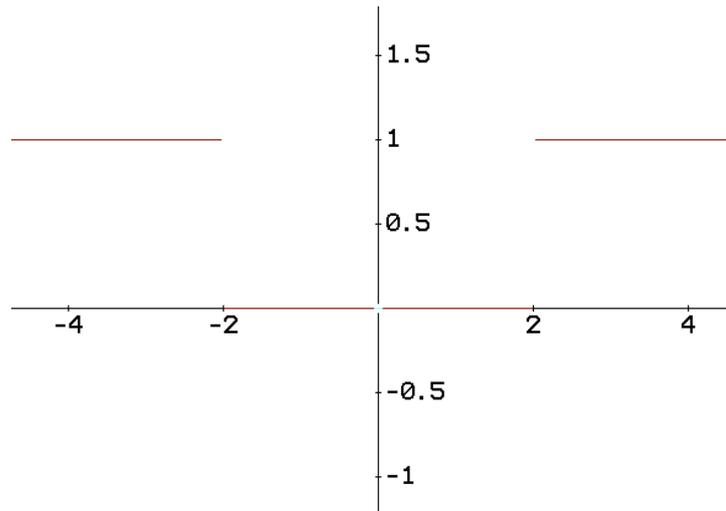
Figura 1:

Criterios Generalizados Originales de los Métodos PROMETHEE (Tipos I, II, III, IV, V, VI)

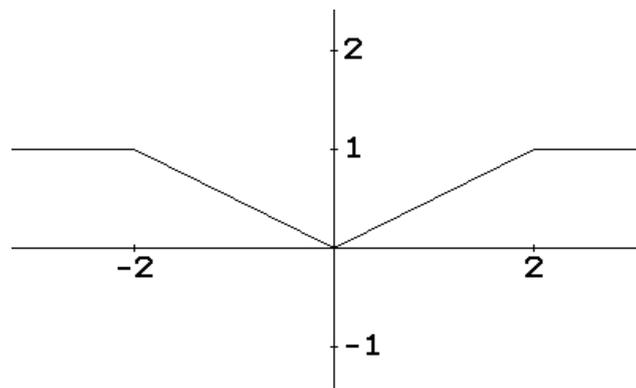
Tipo I



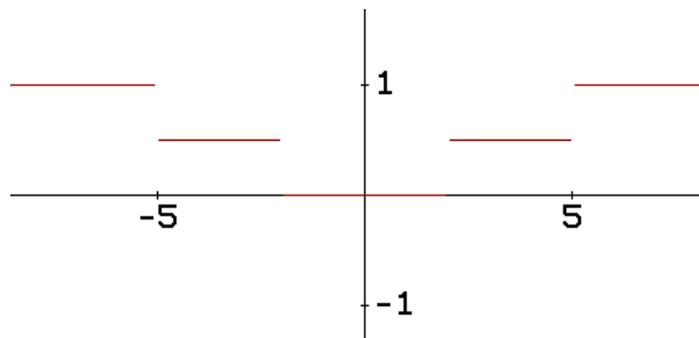
Tipo II (q = 2)



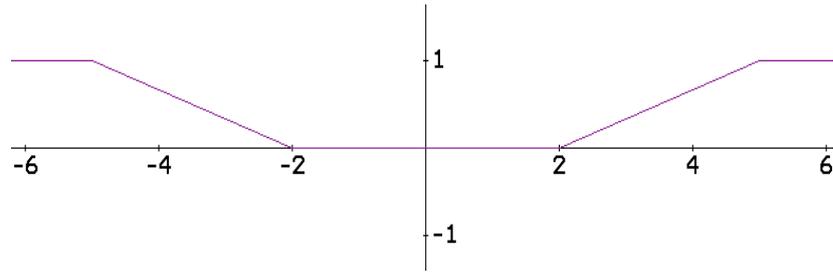
Tipo III ($p = 2$)



Tipo IV ($q = 2, p = 5$)



Tipo V ($q = 2, p = 5$)



Tipo VI ($\sigma = 1$)

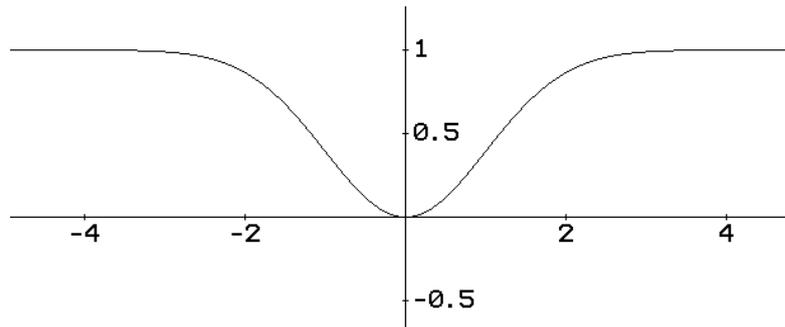
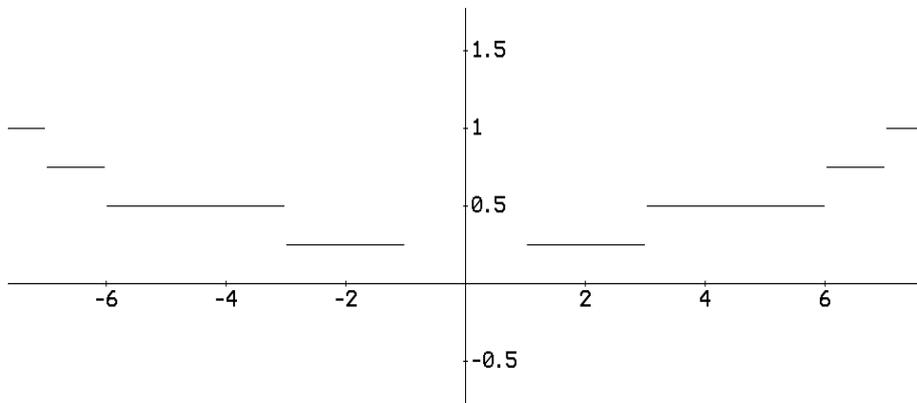


Figura 2: Criterios Generalizados Nuevos (Tipos VII y VIII)

Tipo VII ($q = 1, k = 3, m = 6, p = 7, S_1 = 1/4, S_2 = 1/2, S_3 = 3/4$)



Tipo VIII ($q = 1/2$)

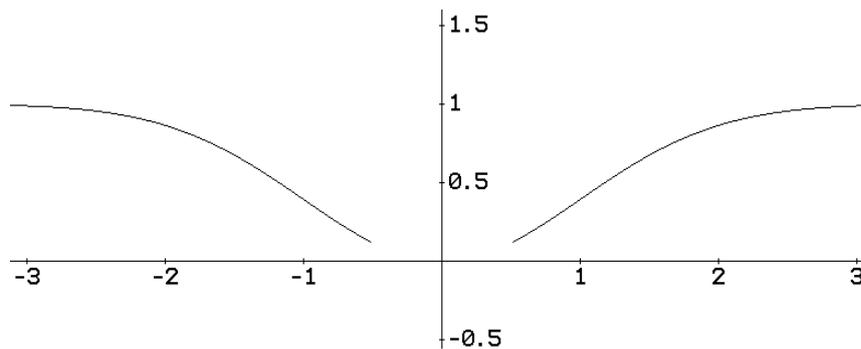
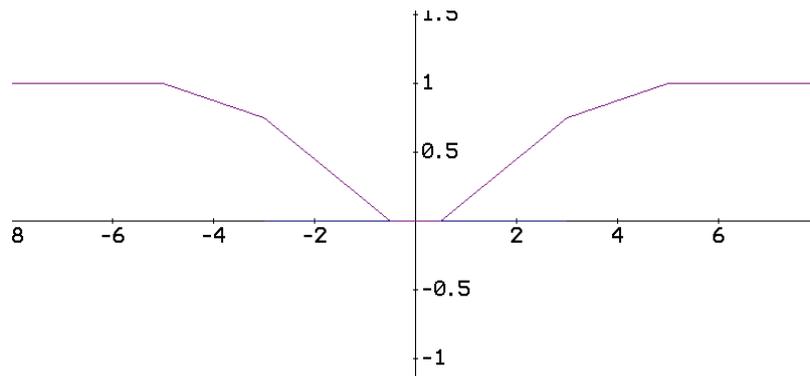
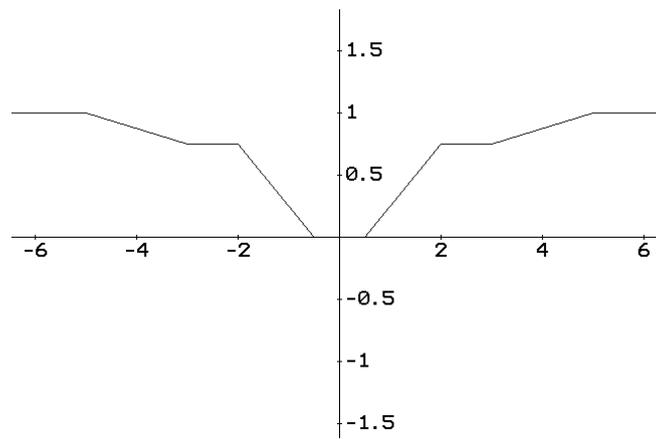


Figura 3: *Criterios Generalizados Nuevos Propuestos (V.1, V.2, VI.1, VI.2, VI.3, III.1, III.2)*

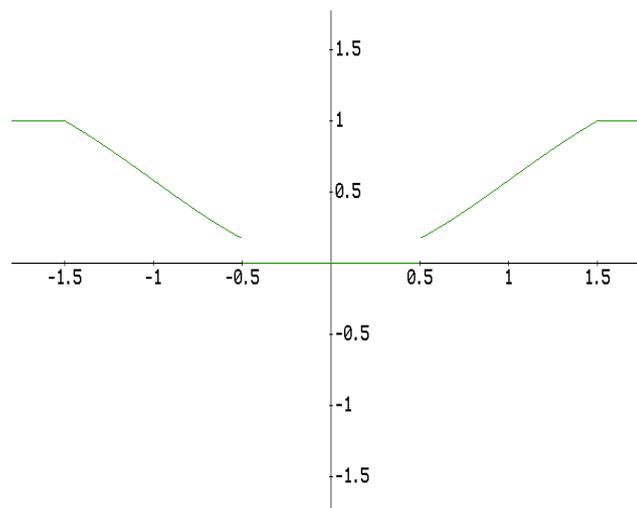
Tipo V.1 ($q = 1/2, m = 3, p = 5, h = 3/4$)



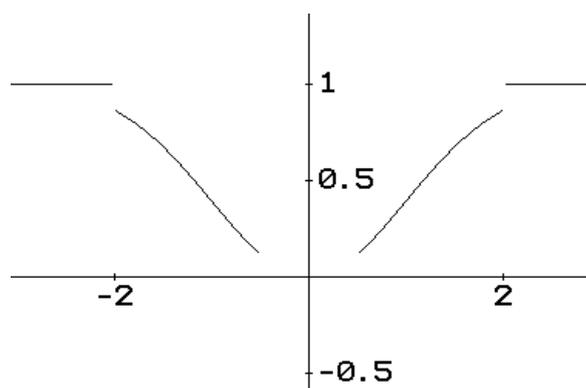
Tipo V.2 ($q = 1/2, k = 2, m = 3, p = 5, h = 3/4$)



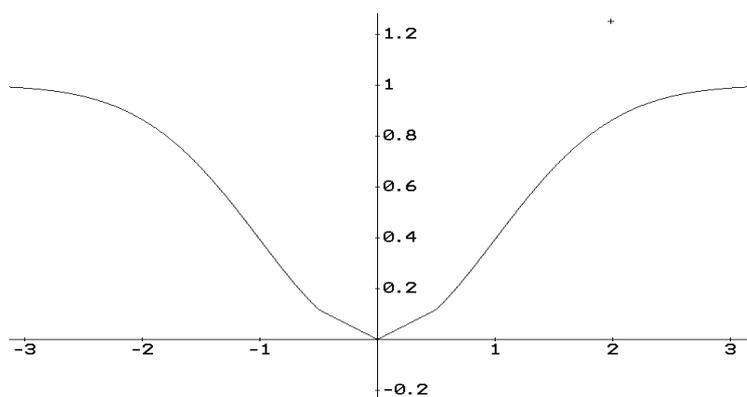
Tipo VI.1 ($q = 0,5, \sigma = 1, p = 1,5$)



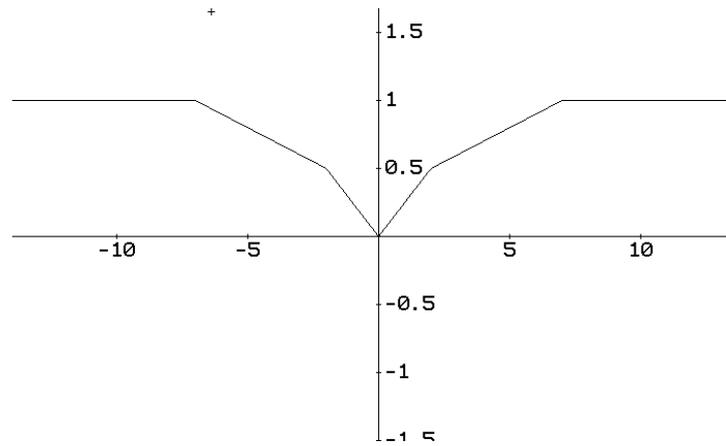
Tipo VI.2 ($q = 0,5$, $\sigma = 1$, $p = 1,5$)



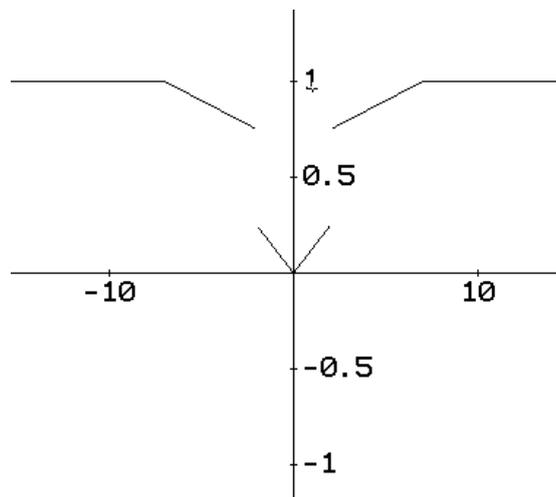
Tipo VI.3 ($p = \frac{1}{2}$, $\lambda=1$)



Tipo III.1 ($m = 2$, $h = 1/2$, $p = 7$)



Tipo III.2 ($l = 1/4$, $h = 3/4$, $m = 2$, $p = 7$)



5. CASO PRÁCTICO

Con el propósito de ilustrar el funcionamiento de la Metodología PROMETHEE adoptando algunos de los criterios generalizados propuestos se presenta un caso práctico. El problema que se va a resolver es de “Localización de una guardería infantil (centro de día)” perteneciente a la Fundación Universitaria San Pablo –CEU. El caso fue planteado en el artículo de los profesores Gabriela Fernández y Román Mínguez⁵ con el

⁵ Fernández Barberis, G. Mínguez Salido, R.(1997): “Extension of the Criteria Notion: New Generalized Criteria in the Multicriteria Analysis”. Proceedings of the 46th Meeting of the European

objetivo de comparar los resultados obtenidos con la metodología original y aquella modificada mediante la utilización de estructuras de preferencia distintas a la de preorden y la incorporación de los criterios generalizados tipos VII y VIII.

Así pues, se efectuará un análisis comparativo entre los resultados obtenidos con la metodología original y aquellos que surgen de asociar a los criterios iniciales algunos de los criterios generalizados propuestos.

Se hará una breve descripción del problema, indicando seguidamente los cambios propuestos.

Problema de Decisión Multicriterio: *Localización de una guardería infantil (centro de día) perteneciente a la Fundación Universitaria San Pablo-CEU.*

El problema surge ante la petición efectuada por el personal docente y no docente de los distintos organismos situados en la Comunidad de Madrid y que dependen de la Fundación Universitaria San Pablo – CEU, de disponer de un centro apropiado para el cuidado de sus hijos mientras se encuentran en el trabajo. Atendiendo a las distintas dependencias educativas de la Fundación se consideran las alternativas de localización siguientes:

- a₁: Campus de Montepríncipe (Urbanización de Boadilla del Monte)
- a₂: Campus de Moncloa (entre la calle Julián Romea y la avenida del Valle)
- a₃: Colegio Universitario San Pablo – CEU (Calle Martín de los Heros)
- a₄: Área Residencial (Pueblos próximos a los Campus de la Universidad)
- a₅: San Dominique (Calle Juan XXIII)
- a₆: Colegio Claudio Coello

A su vez, los criterios para la evaluación de las alternativas tenidos en cuenta en el estudio son los siguientes:

- g₁: Accesibilidad al centro de la ciudad (en km)
- g₂: Tamaño del edificio a construir (número de niños)
- g₃: Precio de compra de la tierra (en 1000 €)
- g₄: Incidencias ecológicas (número estimado de reclamos)
- g₅: Coste de construcción aproximado (en 1000 €)

g_6 : Coste de mantenimiento del edificio y del mobiliario (en 1000 €)

La matriz de decisión inicial muestra las evaluaciones de las alternativas bajo el conjunto de criterios e indica el tipo de criterio generalizado asignado a tales criterios así como los parámetros respectivos⁶.

Tabla I: Matriz de Decisión Multicriterio

La aplicación de los Métodos PROMETHEE al conjunto de datos que ofrece la matriz precedente genera los resultados siguientes:

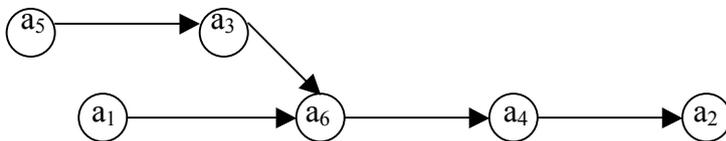
<i>Criterios</i>	<i>g₁</i>	<i>g₂</i>	<i>g₃</i>	<i>g₄</i>	<i>g₅</i>	<i>g₆</i>
<i>Alternativas</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>
a ₁ : Campus Montepíncipe	10	210	8	2	170	5
a ₂ : Campus Moncloa	1	150	30	80	210	8
a ₃ : Colegio Universitario	3.5	300	19	10	190	13
a ₄ : Zona Residencial	2	120	21	50	240	6
a ₅ : San Dominique	6	190	17	1	160	7
a ₆ : Colegio Claudio Coello	4	230	25	30	260	10
Criterio Generalizado Tipo:	II	III	V	1	VI	IV
Parámetros: q	3	-	2	-	-	4
p	-	200	15	-	-	10
σ	-	-	-	-	60	-

⁶ La matriz de decisión multicriterio se elaboró en el artículo anteriormente mencionado (Fernández Barberis, G.; Mínguez Salido, R. (1977)).

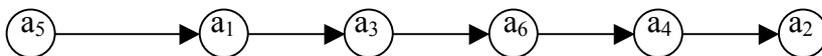
Tabla II: Flujos positivos, negativos y netos

Alternativas	$\Phi^+(\cdot)$	Orden	$\Phi^-(\cdot)$	Orden	$\Phi(\cdot)$	Orden
a_1 :	0.378	1	0.219	3	0.160	2
a_2 :	0.102	6	0.350	6	-0.248	6
a_3 :	0.295	3	0.162	2	0.133	3
a_4 :	0.142	5	0.296	5	-0.155	5
a_5 :	0.343	2	0.113	1	0.230	1
a_6 :	0.149	4	0.268	4	-0.119	4

Preorden Parcial:



Preorden Total o Completo:



Al analizar los resultados precedentes se observa que las alternativas a_5 y a_1 lideran el ordenamiento pero son incomparables entre sí. Resulta curioso observar que la alternativa a_2 “Campus de Moncloa” que, podría pensarse a priori, sería una de las mejores soluciones de compromiso, queda relegada a último puesto, pues dada su situación geográfica el acceso a la tierra resulta prácticamente imposible y los costes se incrementan notablemente, incluso repercuten más los factores adversos que los positivos.

Si utilizamos la técnica del preorden completo, perdemos lógicamente la información referida a las incomparabilidades pero logramos disminuir la duda existente entre a_5 , a_1 y a su vez a_1 y a_3 . Así pues, se observa que el mejor sitio para la localización de la guardería sería en las proximidades del centro San Dominique situado en la Calle Isaac Peral, donde actualmente funcionan la Facultad de Humanidades y la Facultad de Periodismo

A continuación se expondrá el mismo problema pero introduciendo los nuevos criterios generalizados.

En la matriz de decisión se reflejan las nuevas funciones de preferencia asignadas a los criterios originales indicando los umbrales respectivos.

Tabla III: Matriz de Decisión Multicriterio con nuevos criterios generalizados

Criterios Alternativas	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
	min	max	min	min	min	min
a_1 : Campus Montepíncipe	10	210	8	2	170	5
a_2 : Campus Moncloa	1	150	30	80	210	8
a_3 : Colegio Universitario	3.5	300	19	10	190	13
a_4 : Zona Residencial	2	120	21	50	240	6
a_5 : San Dominique	6	190	17	1	160	7
a_6 : Instituto Claudio Coello	4	230	25	30	260	10
Criterio Generalizado Tipo:	V.1	III.1	VIII	VI.1	VI.3	VII
Parámetros: q	2	-	2	10	-	2
m	3	100	-	-	-	5
k	-	-	-	-	-	3
p	4	200	-	30	15	8
σ	-	-	15	20	60	-

Detalle de los cambios introducidos:

Criterio g_1 : Antes: Tipo II, $q = 3$

Ahora: Tipo V.1, $q = 2, m = 3, p = 4, h = \frac{1}{2}$

Criterio g_2 : Antes: Tipo III, $p = 200$

Ahora: Tipo III.1, $m = 100, p = 200, h = \frac{1}{2}$

Criterio g_3 : Antes: Tipo V, $q = 2, p = 15$

Ahora: Tipo VIII, $q = 2, \sigma = 15$

Criterio g_4 : Antes: Tipo I

Ahora: Tipo VI.1, $q = 10, \sigma = 20, p = 30$

Criterio g_5 : Antes: Tipo VI, $\sigma = 60$

Ahora: Tipo VI.3, $p = 15, \sigma = 60$

Criterio g_6 : Antes: Tipo IV, $q = 4, p = 10$

Ahora: Tipo VII, $q = 2, k = 3, m = 5, p = 8$

Para la obtención de los Índices de Preferencia Multicriterio $\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n P_j(a, b) w_j$, al no disponer de un software que los calcule, se ha procedido a efectuar todos los cálculos manualmente, labor por cierto bastante ardua y tediosa por la cantidad de operaciones que conlleva.

Así, la matriz de Índices de Preferencia Multicriterio obtenida, juntamente con los flujos positivos y negativos del conjunto de alternativas, son los siguientes:

Tabla IV: Índices de Preferencia Multicriterio, Flujos Positivos, Flujos Negativos

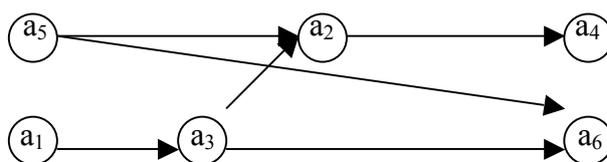
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	Φ^+
a_1	-	0.5349	0.5019	0.4762	0.050	0.429	1.992
a_2	0.1667	-	0.125	0.446	0.1667	0.0489	0.9533
a_3	0.2417	0.34	-	0.3656	0.1334	0.2504	1.3311
a_4	0.1667	0.1942	0.125	-	0.1667	0.0981	0.7507
a_5	0.1145	0.3011	0.1446	0.3289	-	0.3499	1.2390
a_6	0.1834	0.2424	0.0417	0.1888	0.0333	-	0.6896
Φ^-	0.873	1.6126	0.9382	1.8055	0.5501	1.1763	

Si se señalan para cada alternativa sus flujos positivos, negativos y netos, y a continuación se indica el orden que le corresponde en cada uno de ellos puede pasarse a la etapa siguiente del análisis que consiste en efectuar comparaciones binarias entre las alternativas atendiendo a los órdenes de los respectivos flujos. Para la obtención del preorden parcial del PROMETHEE I deben considerarse tanto los flujos positivos como los flujos negativos, mientras que para la obtención del preorden completo del PROMETHEE II sólo se utiliza la información proporcionada por los flujos netos.

Tabla V: Ordenamiento de las alternativas según flujos positivos, negativos y netos.

	$\Phi^+(\cdot)$ Orden	$\Phi^-(\cdot)$ Orden	$\Phi(\cdot)$	$\Phi(\cdot)$ Orden
a_1	1	2	1.1119	1
a_2	4	5	-0.6593	5
a_3	2	3	0.3929	3
a_4	5	6	-1.0548	6
a_5	3	1	0.6889	2
a_6	6	4	-0.4867	4

Preorden Parcial



Preorden Completo o Total



Si se comparan los resultados precedentes con los ofrecidos por el estudio inicial (sin modificaciones) se observa que tanto los ordenamientos parcial como completo han sufrido cambios radicales.

En el caso del preorden parcial la aparición de nuevas incomparabilidades pone de manifiesto el grado de conflicto existente entre los criterios y el carácter contradictorio existente entre el poder de superación de una alternativa y su correspondiente debilidad.

Al tener conocimiento de las consecuencias que implica la localización de la guardería en cada lugar alternativo, el grafo obtenido refleja con mayor exactitud la situación real existente en torno al problema; así pues, al cambiar los criterios generalizados (funciones de preferencia) se le ha ofrecido al decisor la posibilidad de expresarse más abiertamente y reflejar de forma más objetiva el esquema de preferencias que subyace en su mente.

Con respecto al preorden completo, sólo las alternativas centrales del ordenamiento, a_3 y a_6 , mantienen su posición si las comparamos con el problema inicial. Los órdenes de los extremos han cambiado, tanto al principio como al final del ordenamiento, siendo esto sumamente importante a la hora de hacer efectiva la inversión.

Considerando la concentración de personal docente y no docente de los Campus de Montepíncipe y de Moncloa, que no se ha tenido en cuenta como criterio original, resulta mucho más lógico que a_1 “Campus de Montepíncipe” sea la mejor solución de compromiso, ya que sus bondades superan en creces los aspectos negativos, y también es muy interesante señalar que a_2 “Campus de Moncloa” sea preferida a a_4 “Zona residencial” .

6. CONCLUSIONES

Los nuevos criterios generalizados propuestos mejoran notablemente la etapa de Enriquecimiento de la Estructura de Preferencias, ampliando la gama de posibilidades que el analista puede presentar al decisor a la hora de reflejar la estructura que posee en su mente. Para que la labor concluya con éxito, es sumamente importante que el analista asista y asesore adecuadamente al decisor, modelando sus preferencias mediante el criterio generalizado que mejor se adapte a las mismas.

Cada nuevo criterio generalizado propuesto amplía las posibilidades del analista para aproximarse mejor a la estructura de preferencias que tenga asociada el decisor. En el caso de tener más criterios generalizados sería más probable que existiera alguno que permitiera reflejar aún mejor las preferencias.

La asignación de uno u otro de los criterios generalizados nuevos a cada uno de los criterios originales del problema puede modificar radicalmente el resultado de la ordenación de las preferencias.

Es muy importante que las preferencias del decisor encuentren un modelo matemático adecuado que las exprese sin cambiarlas, intentando recoger todos y cada uno de los matices que tenga establecidos el decisor.

Seguramente se podrían definir otras funciones de preferencias y asociarlas a los criterios originales. Es importante tener en cuenta que esta tarea debe efectuarse muy cuidadosamente para no distorsionar los resultados finales sino para lograr, por el contrario, un mejor reflejo de la intensidad de las preferencias del decisor.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BANA E COSTA, C (1990). *Readings in Multiple Criteria Decision*. Springer Verlag.
- [2] BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. (1994). The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid. *Decision Support Systems*, N° 12, pp. 297-310. North Holland.
- [3] ESCRIBANO RÓDENAS, M.C.; FERNÁNDEZ BARBERIS, G.; CALVO MARTÍN, M.; GARCÍA CENTENO, MC. (2000): Una aplicación de la metodología multicriterio al área de la Defensa Nacional. *Actas de las VIII Jornadas ASEPUMA. Métodos Matemáticos para la Economía y la Empresa*, pp. 347-358. Fundación El Monte. Sevilla.
- [4] ESCRIBANO RÓDENAS, M.C.; GARCÍA CENTENO, M.C. (2002): Dificultades de la puesta en práctica de los Métodos de Decisión Multicriterio Discretos. *Serie Monográfica. Revista Rect@*. Volumen N° 1, pp. 199-209. Edita Tirant lo Blanch. Valencia.
- [5] FERNÁNDEZ BARBERIS, G. (1993): New Preference Structures for Multiple Criteria Decision Making: its extension to PROMETHEE Methods. *Central European Journal for Operational Research and Economics*, Vol 2, N° 1. PROFIS. Publishing House. Bratislava.
- [6] FERNÁNDEZ BARBERIS, G. (1997): Nuevas Estructuras de Preferencia para la Toma de Decisiones Multicriterio Discretas: su extensión a los Métodos PROMETHEE.

- Mercurio, Revista de Economía y Empresa, Ocio y Cultura*. Número 1, pp. 121-140. Escuela Universitaria de Estudios Empresariales. Universidad de Valladolid.
- [7] FERNÁNDEZ BARBERIS, G. (2002): Los Métodos PROMETHEE: una Metodología de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio Discretas. *Serie Monográfica. Revista Rect@*. Volumen N° 1, pp. 5-28. Edita Tirant lo Blanch. Valencia.
- [8] ROUBENS, M.; VINCKE, P. (1985). *Preference Modelling*. Springer Verlag.
- [9] ROY, B.; VINCKE, P. (1987). Pseudo-Orders: definition, properties and numerical representation. *Mathematical Social Sciences*, 14, pp. 263-274. North Holland.
- [10] ROY, B. (1990): Decision –aid and decision making. *European Journal for Operational Research*, 8. North Holland.
- [11] VINCKE, P. (1989): *L'aide multicritère à la décision*. Editions de l'Université de Bruxelles. SMA. Editions Ellipses. París.