

# **Obtención de un ranking de excelencia entre un conjunto de individuos midiendo el atractivo mediante una técnica de evaluación con base en categorías**

Fernández Barberis, Gabriela, ferbar@ceu.es  
M<sup>a</sup> del Carmen Escribano Ródenas, escrod@ceu.es  
*Departamento de Matemática Aplicada y Estadística  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Universidad CEU San Pablo*

## **RESUMEN**

La obtención de un ordenamiento (ranking) de individuos evaluados bajo distintos criterios que pretenden medir su excelencia es un problema muy frecuente y que tiene lugar en numerosas áreas, tanto del sector público como del privado.

En el presente trabajo presentamos un modelo perteneciente al ámbito educativo, que establece un ranking entre los alumnos del último año de estudios de grado a efectos de la elección de su Trabajo de Fin de Grado (TFG).

Este ordenamiento refleja la excelencia de cada alumno a través de una serie de criterios, tanto cualitativos como cuantitativos, teniendo en cuenta las diferencias de atractivo entre ellos mediante una Técnica de Evaluación con base en Categorías. De esta manera se obtiene una solución lógica, carente de inconsistencias y que puede ser sólidamente justificada y por tanto, aceptada por las autoridades académicas y por los alumnos que no desean verse afectados por arbitrariedades o cambios en las normas.

**Palabras claves:** *Técnica de Evaluación con Base en Categorías; MACBETH; ordenamiento; criterios; robustez; inconsistencia; análisis de sensibilidad.*

## **ABSTRACT**

A common problem in many areas, both public and private is ranking a group of individuals evaluated under different criteria which aim to measure their excellence.

In this paper we present a model belonging to the educational field, which establishes a ranking among students in the final year of Degree studies for the purpose of the election of their Final Degree Project (FDP).

This order reflects the excellence of each student through a series of criteria, both qualitative and quantitative, taking into account attraction differences between them by a Category Based Evaluation Technique. In this way a logic solution is obtained, devoid of inconsistencies and that can be firmly justified and therefore accepted by the academic authorities and by students who do not wish to be affected by arbitrary or changes in the rules.

**Keywords:** Category Based Evaluation Technique; MACBETH; ranking; criteria; robustness; inconsistency; sensitivity analysis

**Área temática:** A-2 Métodos Cuantitativos en un entorno con certidumbre

## **1. INTRODUCCIÓN**

La problemática de la Toma de Decisiones (Decision Making) es una actividad compleja, rodeada de incertidumbre y que puede conducirnos a inconsistencias. De allí que surja la llamada Ayuda a la Decisión (Decision Aiding) como aquella problemática que facilita el proceso de decisión aplicando Métodos de Análisis de Decisiones.

El problema de decisión al cual nos enfrentamos es el siguiente: Cuando los alumnos de Grado de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad CEU San Pablo llegan al último curso deben realizar un trabajo final o proyecto final denominado Trabajo de Fin de Grado (TFG).

Dicho trabajo posee tantos créditos como una asignatura troncal-obligatoria y el proceso de elaboración del mismo debe comenzar cuando se inicia el curso académico. La elección por parte de los alumnos del TFG suele efectuarse en el mes de septiembre u octubre, entre los ofertados por la Facultad.

Hasta el curso pasado, 2012-2013, el criterio para establecer el orden de elección de los alumnos era que se daba prioridad a aquellos alumnos que tuviesen mejor expediente académico. Dado que el número de trabajos que se ofertan por cada Área de Conocimientos posee un cupo, esos alumnos tenían preferencia a la hora de elegir, respecto de sus compañeros.

Se realizaron distintos análisis cuantitativos y se llegó a la conclusión que el sistema de asignación generaba inconsistencias y a veces se tornaba injusto, puesto que además del expediente académico deberían contemplarse otros aspectos, algunos positivos y otros negativos, que influían en la valoración global del alumnado.

Es evidente que nos enfrentamos a un problema de decisión multicriterio y tenemos que proceder a la solución del mismo, teniendo en mente que ella no viene determinada solamente por los datos básicos incluidos en la matriz de decisión, sino que también depende del mismo decisor. No todos los analistas o decisores adoptan el mismo modelo de vehículo y por consiguiente no existe una “mejor solución” absoluta.

El mejor compromiso depende, asimismo, de las preferencias individuales del decisor y de la estructura de las mismas que subyace en su mente. En consecuencia,

para facilitar al decisor (en nuestro caso, el equipo decanal) la ayuda a la decisión que resulte útil, se requiere información adicional que represente estas preferencias.

Para abordar el problema que se nos presenta proponemos utilizar la metodología de apoyo a la toma de decisiones denominada MACBETH (Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique). Este método está fundamentado en la Teoría de la Utilidad y permite trabajar con denominaciones lingüísticas y valores numéricos.

## 2. METODOLOGÍA UTILIZADA: MACBETH

MACBETH es una metodología de apoyo a la toma de decisiones que permite evaluar alternativas bajo criterios múltiples.

Si bien tiene como base la Teoría de la Utilidad, presenta algunas particularidades respecto a la formulación clásica de aquella. El rasgo diferenciador más notable es que, para generar las puntuaciones de las opciones y ponderar los criterios, MACBETH requiere únicamente *juicios cualitativos* sobre las diferencias de atractivo entre los elementos.

De esta forma se reconocen siete categorías semánticas de diferencia de atractivo: nula, muy débil, débil, moderada, fuerte, muy fuerte y extrema. Al tratarse de una metodología que pretende “Medir el Atractivo mediante una Técnica de Evaluación con Base en Categorías”, su acrónimo en inglés es MACBETH (Bana e Costa; Vansnick; 1997).

Dado que el objetivo de nuestro trabajo no consiste en efectuar una descripción detallada de la metodología de referencia, sino utilizarla como herramienta de ayuda a la decisión, señalaremos las ideas básicas de la misma para proceder, seguidamente, a aplicarla al problema de decisión que nos ocupa.

El proceso para la obtención de juicios del decisor debe ser sencillo y comprensible, de tal forma que una vez emitidos se introduzcan en el modelo. El software que respalda la metodología, verifica de forma automática la consistencia de tales juicios y ofrece sugerencias para resolver las posibles inconsistencias que aparezcan y reconsiderar los juicios emitidos. En ciertos casos, el software puede

señalar múltiples formas de tratar las inconsistencias surgidas, lo que conduce a que el proceso de elicitación sea más completo y sólido (Bana e Costa; Vansnick; 1999).

En una etapa posterior, el proceso de ayuda a la decisión requiere la elaboración de un modelo de evaluación cuantitativo, generándose así la escala básica MACBETH de puntuación. Cada puntuación debe ser validada y puede ser ajustada dentro de un intervalo compatible con los juicios para construir una escala de intervalos. Las escalas de puntuación de cada criterio y los pesos relativos por criterio, deben cotejarse de forma gradual a partir de los juicios del decisor y las opciones que ofrece el software.

Superada esta etapa, la atención se centra en las alternativas, estableciendo una puntuación global para cada una y calculándose la suma ponderada de las puntuaciones respectivas por criterio. Esta puntuación global es la que indica el atractivo de la alternativa en cuestión con respecto al conjunto de criterios.

No puede finalizar el proceso si no se procede a la validación del modelo. Para llevar a cabo dicha tarea el software ofrece análisis de sensibilidad y de robustez. Estos, juntamente con otros análisis adicionales que proporciona, permiten profundizar la comprensión del problema, ajustar el modelo y acordar creencias sobre las prioridades a establecer, o las alternativas a seleccionar en distintos contextos de toma de decisiones, tanto individuales como grupales.

Una descripción detallada de MACBETH y de su fundamentación matemática puede consultarse en (Bana e Costa; Vansnick; 2005)

### **3. MODELO DE DECISIÓN: Obtención de un ranking de excelencia entre un conjunto de individuos midiendo el atractivo mediante una técnica de evaluación con base en categorías**

El problema de decisión que debemos resolver consiste en obtener un ranking de excelencia entre los alumnos de último curso de Grado a efectos de la elección del TFG.

Este estudio piloto se aplicará a uno solo de los Grados que se ofertan en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad CEU San Pablo y que consta de dos grupos de alumnos.

La metodología que aplicamos, tal y como se comentó en líneas anteriores, es MACBETH. El área educativa es idónea para la utilización de este enfoque ya que cuenta con características tanto ordinales cualitativas semánticas como cuantitativas cardinales.

### **3.1. Alternativas**

Nuestras alternativas serán, lógicamente, los alumnos que conforman los dos grupos del Grado. Por razones de protección de datos y privacidad, no indicaremos los nombres de los alumnos sino los denominaremos como: op1, op2, etc. (refiriéndose al número de opciones o alternativas).

De cada uno de ellos poseemos datos tangibles, es decir, los que se reflejarán en criterios cuantitativos y los datos cualitativos que fueron proporcionados por el equipo decanal (capturados mediante diversas técnicas).

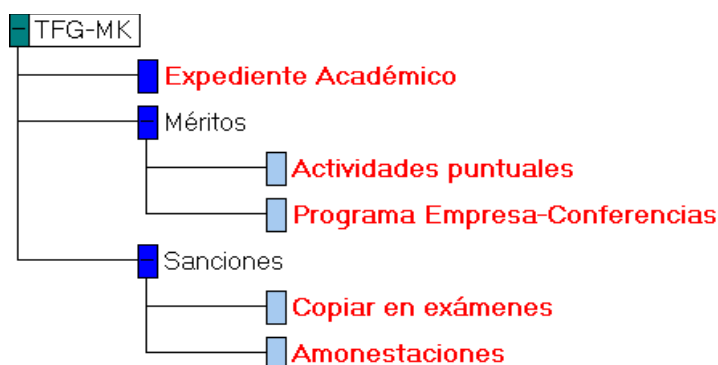
### **3.2. Criterios**

El problema se compone de cinco criterios, y dos no criterios. El modelo elaborado es suficientemente flexible para incorporar otros elementos de valoración, discriminar más y obtener, por consiguiente, decisiones más fiables. Dado que un buen proceso de toma de decisiones requiere reflexionar acerca de lo que se quiere lograr, es decir cuáles serán los puntos de vista de interés dentro del contexto específico de la decisión a tomar. Algunos de estos puntos de vista serán definidos de forma general (no criterios) mientras que otros serán más específicos (criterios).

Definir un nodo del árbol como criterio o no criterio depende del uso que se desea hacer de él. Cada nodo criterio debe tener siempre asociada una “base de comparación”, directa o indirecta.

La Figura 1 muestra esquemáticamente el conjunto de criterios (rojo) y el resto de los nodos no criterio que ayudarán al decisor a tener una visión más amplia y precisa del entorno que rodea a su decisión.

Figura 1: Árbol de Decisión MACBETH



Se observan tres ramas que salen del nodo principal, un criterio (expediente académico) y dos no criterios (méritos y sanciones).

Expediente Académico: refleja exclusivamente la nota media obtenida por el alumno.

Méritos (no criterio): se refiere a actividades que mejoran la evaluación integral del alumno. Se diferencian dos criterios: 1) *Actividades Puntuales*: comprende la participación del alumno en actividades tales como: Voluntariado, Aula Innova, Programas de Promoción, Programa StartinCEU; etc. Se puntúa con 0'3 cada actividad en la que haya participado. También se incluyen aquí la actividad del alumno como Delegado o Sub-delegado de su grupo, siendo la valoración de 0'3 y 0'2 , respectivamente; 2) *Programa Empresa-Conferencias*: se trata de un proyecto puesto en marcha por la Facultad mediante el cual se invita a empresarios de distintos ámbitos a dar conferencias y fomentar la “formación de jóvenes emprendedores”. El programa comprende diez sesiones, puntuando con 0'1 cada conferencia a la que asista el alumno. El rango de puntuación que puede obtener en este criterio está comprendido entre 0 y 1 punto.

Sanciones (no criterio): refleja las penalizaciones que pueda tener un alumno. Se distinguen dos causas principales, consideradas como criterios: 1) *Copiar en exámenes*: se ha tenido en cuenta una escala cualitativa según sea la gravedad de la falta cometida. Se distinguen: leve, moderado, reincidente, grave; 2) *Amonestaciones*: en caso de mal comportamiento, utilización del teléfono móvil, transgresión de las normas de conducta en general. Se considera una escala cualitativa que comprende tres niveles: leve, moderado, grave.

Cada uno de los criterios posee una matriz de juicios en la que se efectúa una valoración de cada uno de ellos con respecto a los restantes. Como puede observarse en las figuras siguientes, cada criterio tiene una base de comparación dependiendo de su característica cuantitativa o cualitativa, y todos los juicios son consistentes.

Figura 2: Criterio Expediente Académico bajo una base de comparación cuantitativa

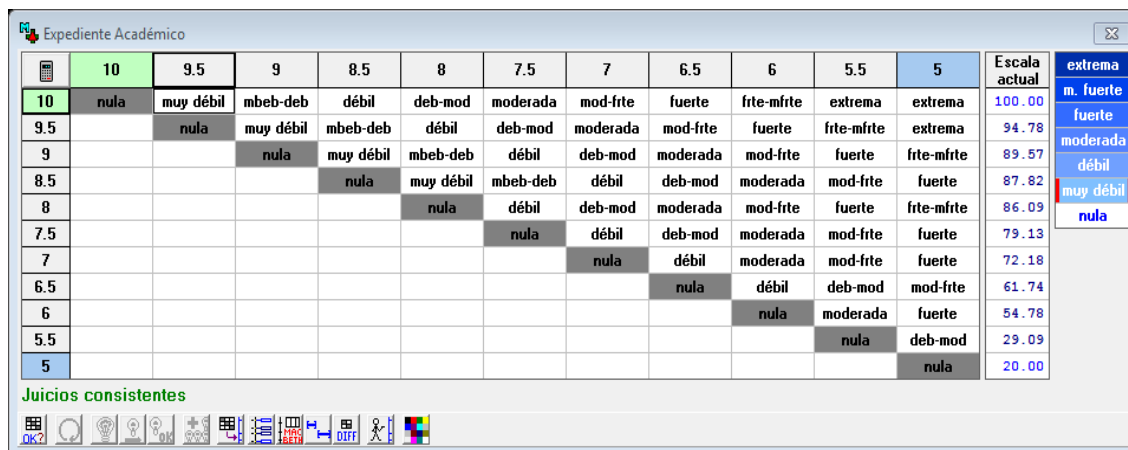


Figura 3. Criterio Actividades Puntuales bajo una base de comparación cuantitativa

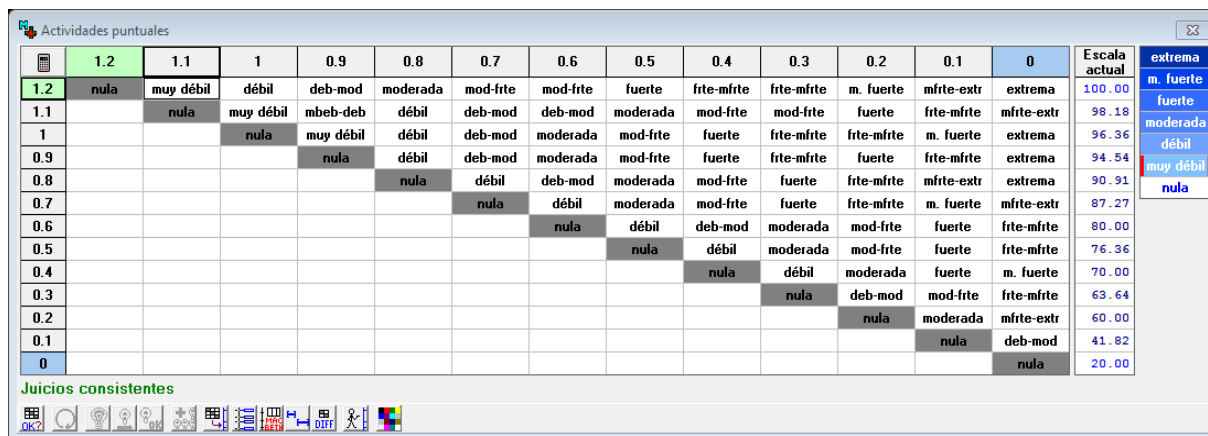


Figura 4. Criterio Programa Empresa-Conferencias bajo una base de comparación cuantitativa



Programa Empresa-Conferencias

	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	Escala actual	
1	nula	muy débil	mbeb-deb	débil	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	frte-mfrte	m. fuerte	mfrte-extr	100.00	extrema
0.9		nula	muy débil	mbeb-deb	débil	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	frte-mfrte	m. fuerte	96.36	m. fuerte
0.8			nula	débil	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	frte-mfrte	m. fuerte	mfrte-extr	92.73	fuerte
0.7				nula	débil	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	frte-mfrte	m. fuerte	85.45	moderada
0.6					nula	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	frte-mfrte	m. fuerte	78.18	débil
0.5						nula	débil	deb-mod	moderada	mod-frte	fuerte	70.91	muy débil
0.4							nula	débil	moderada	mod-frte	fuerte	63.64	nula
0.3								nula	débil	moderada	mod-frte	52.73	
0.2									nula	débil	deb-mod	41.82	
0.1										nula	débil	29.09	
0											nula	20.00	

Juicios consistentes

Figura 5. Criterio Copiar en exámenes sobre una base de comparación cualitativa

Copiar en exámenes

	No	leve	moderado	reincidente	grave	Escala actual	
No	nula	moderada	frte-mfrte	mfrte-extr	extrema	100.00	extrema
leve		nula	mod-frte	m. fuerte	mfrte-extr	82.86	m. fuerte
moderado			nula	frte-mfrte	m. fuerte	65.71	fuerte
reincidente				nula	fuerte	42.86	moderada
grave					nula	20.00	débil

Juicios consistentes

Figura 6. Criterio Amonestaciones sobre una base de comparación cualitativa

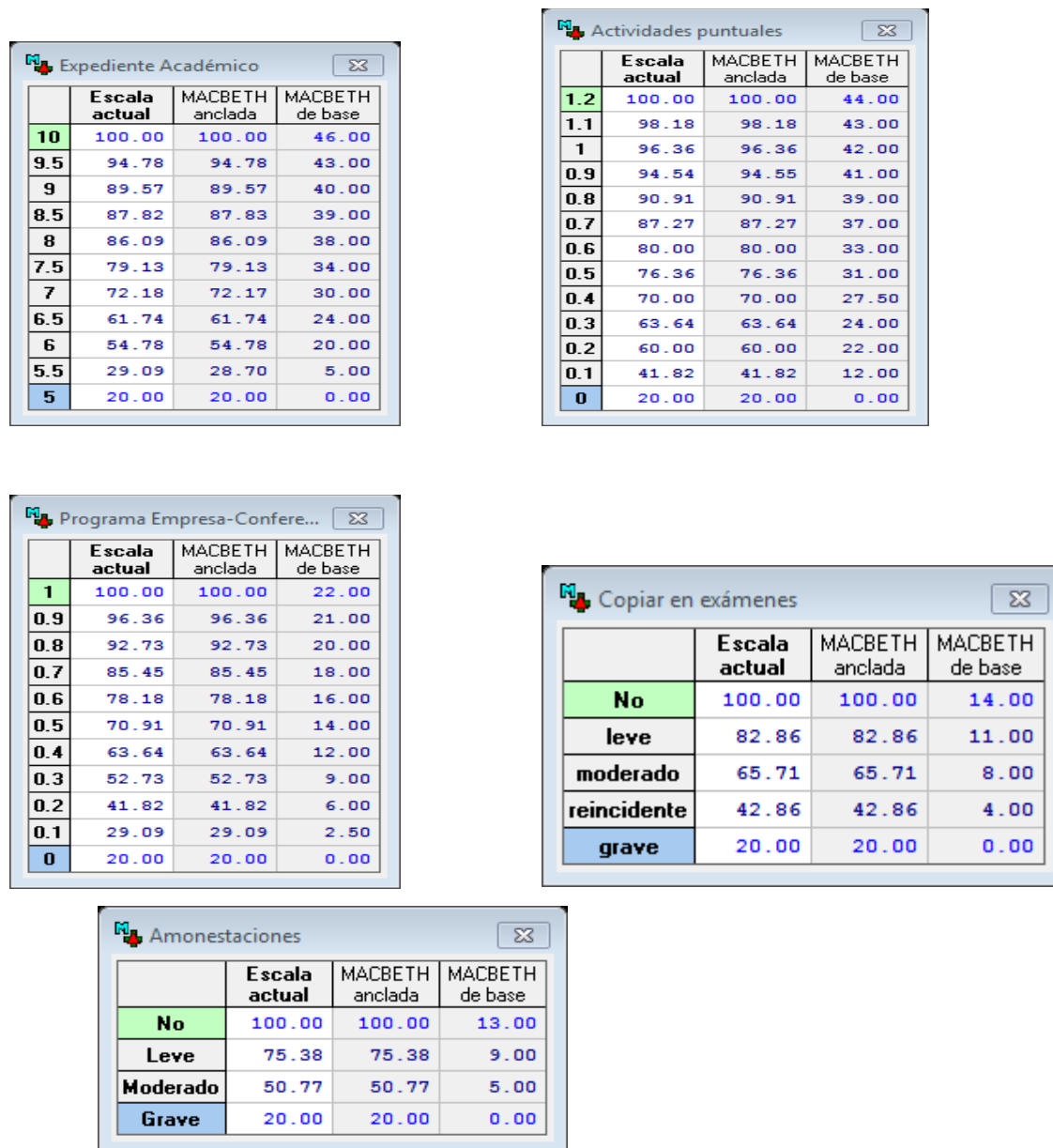
Amonestaciones

	No	Leve	Moderado	Grave	Escala actual	
No	nula	fuerte	frte-mfrte	mfrte-extr	100.00	extrema
Leve		nula	frte-mfrte	m. fuerte	75.38	m. fuerte
Moderado			nula	mfrte-extr	50.77	fuerte
Grave				nula	20.00	moderada

Juicios consistentes

Asimismo, cuando se procede a la definición de cada criterio debe establecerse la escala de valoración, dependiendo lógicamente de su naturaleza cuantitativa o cualitativa.

Figura 7. Escalas de valoración de los distintos criterios



Para captar los datos cualitativos y cuantitativos hemos utilizado la opción del software que ofrece la tabla de desempeños, tal como puede observarse en la Figura 8.

Figura 8. Tabla de desempeños

Opciones	Exp	Activ	Conferencias	Copiar	Mal Comp.
op 1	9,38	0,3	1	No	No
op 2	9,32	0,5	1	No	No
op 3	9,13	0,3	0,8	No	Leve
op 4	8,91	0,3	1	leve	No
op 5	8,49	0	0,7	No	No
op 6	8,35	0	1	No	No
op 7	8,34	0,3	0,6	No	No
op 8	8,25	0,5	0,8	leve	No
op 9	8,08	0,3	0,9	No	No
op 10	8,07	0,3	1	No	No
op 11	7,87	0	1	No	Leve
op 12	7,83	0,3	1	No	No
op 13	7,68	0,3	0,6	moderado	No
op 14	7,43	0	0,7	No	No
op 15	7,3	0	0,9	No	No
op 16	7,28	0	0,9	No	No
op 17	7,2	0,9	0,8	No	No
op 18	7,18	0	0,7	No	No
op 19	7,15	0	0,7	No	No
op 20	7,1	0,2	0,5	No	No
op 21	7,1	0,3	0,6	leve	No
op 22	7,07	0	0,7	No	No
op 23	7,05	0	0,8	No	No
op 24	7	0,3	0,9	No	No
op 25	6,98	0,3	0,7	No	No
op 26	6,98	0	1	No	No
op 27	6,97	0,3	1	No	No
op 28	6,96	0	1	No	No
op 29	6,95	0	1	No	Moderado
op 30	6,93	0	1	No	No
op 31	6,91	0	1	No	No
op 32	6,9	0,3	1	No	No
op 33	6,89	0	1	No	No
op 34	6,88	0,2	0,9	No	No
op 35	6,73	0,3	0,8	No	No
op 36	6,62	0,3	0,7	No	No
op 37	6,6	0	0,6	No	No
op 38	6,59	0	0,6	No	No
op 39	6,58	0	0,9	No	No
op 40	6,47	0	0,5	No	No
op 41	6,46	0	0,6	No	No

op 42	6,43	0	0,4	No	No
op 43	6,42	0	0,5	No	No
op 44	6,4	0	0,7	No	No
op 45	6,37	0	0,7	No	No
op 46	6,29	0,3	0,9	No	No
op 47	6,28	0	0,8	No	No
op 48	6,26	0,3	0,4	No	No
op 49	6,25	0	0,5	moderado	No
op 50	6,22	0	0,8	No	No
op 51	6,2	0	0,9	No	No
op 52	6,13	0	0,9	No	No
op 53	6,12	0,3	0,7	No	No
op 54	6,11	0,3	0,6	No	No
op 55	6,09	0	0,5	No	Leve
op 56	6,06	0	0,5	No	No
op 57	6,07	0	0,7	No	No
op 58	6,03	0	1	No	No
op 59	5,95	0	1	No	No
op 60	5,91	0	1	No	No
op 61	5,9	0	0,9	No	No
op 62	5,89	0	0,8	No	No
op 63	5,88	0	0,6	No	No
op 64	5,82	0	0,7	No	Grave
op 65	5,76	0	0,4	No	No
op 66	5,72	0,3	0,6	No	No
op 67	5,71	0	1	No	No
op 68	5,71	0,3	0,9	No	No
op 69	5,71	0	0,6	No	No
op 70	5,64	0	0,9	No	No
op 71	5,62	0,3	0,6	No	No
op 72	5,61	0	1	No	No
op 73	5,9	0	0,9	leve	No
op 74	5,49	0	0,8	moderado	No
op 75	5,55	0,3	0,7	grave	No

La tabla de desempeños es elaborada por MACBETH a partir de los datos iniciales del problema y, de la definición y de la información aportada respecto de cada uno de los criterios de decisión que intervienen en el problema a tratar.

### 3.3 Ponderación de Criterios

Hemos observado, con el análisis desarrollado hasta esta etapa, que los criterios no son evaluados de igual forma. Además, cada uno de ellos posee una cierta importancia relativa o preferencia. Conforme a la información suministrada por el equipo decanal, se considera que el expediente académico recoge un 90% de importancia, repartiéndose el 10% restante a partes iguales entre los restantes criterios.

Para ponderar los criterios del modelo es necesario definir previamente en cada uno de ellos dos referencias de ponderación (una “superior” y otra “inferior”)<sup>1</sup>. La matriz de juicios de ponderación se obtiene mediante la introducción de juicios cualitativos de diferencias globales de atractivo entre referencias globales. Finalmente, a partir de la matriz de juicios de ponderación se construye la escala de ponderación o escala de pesos MACBETH. Las referencias de ponderación, las escalas de ponderación utilizadas y la tabla de juicios de ponderación pueden observarse en las figuras siguientes.

Figura 9. Referencias de Ponderación

Referencias globales	Exp	Activ	Conferencias	Copiar	Mal Comp.
[ Exp ]	10	1.2	1	No	No
[ Conferencias ]	9.5	1.1	0.9	leve	Leve
[ Copiar ]	9	1	0.8	moderado	Moderado
[ Mal Comp. ]	8.5	0.9	0.7	reincidente	Grave
[ Activ ]	8	0.8	0.6	grave	
[ todo inf. ]	7.5	0.7	0.5		
	7	0.6	0.4		
	6.5	0.5	0.3		
	6	0.4	0.2		
	5.5	0.3	0.1		
	5	0.2	0		
		0.1			
		0			

Figura 10. Escalas de Ponderación

	Escala actual	MACBETH anclada	MACBETH de base
[ Exp ]	90.0	90.00	7.00
[ Conferencias ]	2.5	25.71	2.00
[ Copiar ]	2.5	25.71	2.00
[ Mal Comp. ]	2.5	25.71	2.00
[ Activ ]	2.5	25.71	2.00
[ todo inf. ]	0.0	0.00	0.00

Figura 11. Juicios de Ponderación

	[ Exp ]	[ Conferencias ]	[ Copiar ]	[ Mal Comp. ]	[ Activ ]	[ todo inf. ]	Escala actual	
[ Exp ]	nula	fite-mfite	mfite-extr	mfite-extr	fite-mfite	extrema	90.0	extrema
[ Conferencias ]		nula	nula	nula	nula	deb-mod	2.5	m. fuerte
[ Copiar ]			nula	nula	nula	deb-mod	2.5	fuerte
[ Mal Comp. ]				nula	nula	deb-mod	2.5	moderada
[ Activ ]					nula	deb-mod	2.5	débil
[ todo inf. ]						nula	0.0	muy débil
								nula

**Juicios consistentes**

<sup>1</sup> Por su parte, el ranking de los pesos de los criterios es determinado por el ranking de las referencias globales de ponderación, en términos de su atractivo global.

La consistencia observada entre los juicios de ponderación pone, una vez más de manifiesto, que el análisis realizado goza de plena robustez y evitará la aparición de injusticias o arbitrariedades a la hora de la decisión final.

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL MODELO

### 4.1 Puntuaciones globales y rankings obtenidos

Una vez construido nuestro modelo, podemos ver y analizar todos los resultados (puntuaciones y pesos) en una tabla tal como muestra la Figura 12:

Figura 12. Tabla de puntuaciones

Opciones	Global	Expediente	Actividades	Programa-Emp.	Copiar Ex.	Amonest.
[ todo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.
op 1	93.27	93.53	63.64	100.00	100.00	100.
op 2	93.02	92.90	76.36	100.00	100.00	100.
op 3	90.13	90.92	63.64	92.73	100.00	75.
op 4	88.99	89.26	63.64	100.00	82.86	100.
op 7	87.09	87.27	63.64	78.18	100.00	100.
op 8	87.06	86.96	76.36	92.73	82.86	100.
op 10	86.79	86.33	63.64	100.00	100.00	100.
op 9	86.73	86.37	63.64	96.36	100.00	100.
op 5	86.64	87.79	20.00	85.45	100.00	100.
op 6	86.57	87.30	20.00	100.00	100.00	100.
op 12	84.44	83.72	63.64	100.00	100.00	100.
op 11	83.24	84.28	20.00	100.00	100.00	75.
op 13	81.16	81.64	63.64	78.18	65.71	100.
op 14	77.98	78.16	20.00	85.45	100.00	100.
op 17	77.15	74.96	94.54	92.73	100.00	100.
op 15	76.62	76.35	20.00	96.36	100.00	100.
op 16	76.37	76.07	20.00	96.36	100.00	100.
op 18	74.85	74.68	20.00	85.45	100.00	100.
op 20	74.49	73.57	60.00	70.91	100.00	100.
op 19	74.47	74.27	20.00	85.45	100.00	100.
op 21	74.33	73.57	63.64	78.18	82.86	100.
op 24	73.96	72.18	63.64	96.36	100.00	100.
op 27	73.49	71.55	63.64	100.00	100.00	100.
op 22	73.47	73.15	20.00	85.45	100.00	100.
op 23	73.41	72.88	20.00	92.73	100.00	100.
op 25	73.31	71.76	63.64	85.45	100.00	100.
op 26	72.59	71.76	20.00	100.00	100.00	100.
op 28	72.21	71.34	20.00	100.00	100.00	100.
op 32	72.17	70.09	63.64	100.00	100.00	100.
op 30	71.65	70.72	20.00	100.00	100.00	100.
op 34	71.62	69.67	60.00	96.36	100.00	100.

op 31	71.27	70.30	20.00	100.00	100.00	100.
op 33	70.89	69.88	20.00	100.00	100.00	100.
op 29	70.79	71.14	20.00	100.00	100.00	50.
op 35	68.80	66.54	63.64	92.73	100.00	100.
op 36	66.55	64.25	63.64	85.45	100.00	100.
op 39	64.98	63.41	20.00	96.36	100.00	100.
op 37	64.90	63.83	20.00	78.18	100.00	100.
op 38	64.71	63.62	20.00	78.18	100.00	100.
op 41	62.52	61.18	20.00	78.18	100.00	100.
op 40	62.46	61.32	20.00	70.91	100.00	100.
op 44	61.95	60.35	20.00	85.45	100.00	100.
op 46	61.94	58.82	63.64	96.36	100.00	100.
op 43	61.84	60.63	20.00	70.91	100.00	100.
op 42	61.78	60.77	20.00	63.64	100.00	100.
op 45	61.57	59.93	20.00	85.45	100.00	100.
op 48	60.74	58.40	63.64	63.64	100.00	100.
op 47	60.63	58.68	20.00	92.73	100.00	100.
op 50	59.88	57.84	20.00	92.73	100.00	100.
op 51	59.72	57.56	20.00	96.36	100.00	100.
op 53	59.53	56.45	63.64	85.45	100.00	100.
op 54	59.23	56.31	63.64	78.18	100.00	100.
op 49	58.85	58.26	20.00	70.91	65.71	100.
op 52	58.84	56.59	20.00	96.36	100.00	100.
op 57	57.82	55.75	20.00	85.45	100.00	100.
op 58	57.68	55.20	20.00	100.00	100.00	100.
op 56	57.33	55.62	20.00	70.91	100.00	100.
op 55	57.09	56.03	20.00	70.91	100.00	75.
op 59	54.99	52.21	20.00	100.00	100.00	100.
op 60	53.14	50.16	20.00	100.00	100.00	100.
op 61	52.59	49.64	20.00	96.36	100.00	100.
op 73	52.16	49.64	20.00	96.36	82.86	100.
op 62	52.03	49.13	20.00	92.73	100.00	100.
op 63	51.21	48.61	20.00	78.18	100.00	100.
op 64	46.61	45.53	20.00	85.45	100.00	20.
op 65	45.29	42.45	20.00	63.64	100.00	100.
op 66	44.90	40.39	63.64	78.18	100.00	100.
op 68	44.89	39.88	63.64	96.36	100.00	100.
op 67	43.89	39.88	20.00	100.00	100.00	100.
op 69	43.35	39.88	20.00	78.18	100.00	100.
op 70	40.56	36.28	20.00	96.36	100.00	100.
op 71	40.28	35.26	63.64	78.18	100.00	100.
op 72	39.27	34.74	20.00	100.00	100.00	100.
op 75	35.22	31.66	63.64	85.45	20.00	100.
op 74	32.98	28.91	20.00	92.73	65.71	100.
[ todo inf. ]	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.
<b>Pesos :</b>	<b>0.9000</b>	<b>0.0250</b>	<b>0.0250</b>	<b>0.0250</b>	<b>0.0250</b>	<b>0.0250</b>

La tabla anterior nos muestra el resultado obtenido considerando los cinco criterios descritos y los setenta y cinco alumnos del último curso del Grado estudiado. De esta forma, observamos cuál sería la puntuación global que obtendría cada alumno, y el ranking total, es decir, considerando todos los criterios simultáneamente.

Una forma de analizar más pormenorizadamente dicho ranking, consiste en hacerlo criterio a criterio y según las referencias superior e inferior que se hayan definido al inicio del estudio para cada uno de ellos. Teniendo en cuenta estas apreciaciones, el ranking entre los alumnos, para cada criterio es el que nos muestra la Figura 13.

Figura 13. Tabla de rankings

Exp	Activ	Conferencias	Copiar	Mal Comp.	op 34	op 15	op 3	op 38	op 37
10	1.2	1	No	No	op 35	op 16	op 8	op 39	op 38
op 1	op 17	op 1	op 1	op 1	op 36	op 18	op 17	op 40	op 39
op 2	op 2	op 2	op 2	op 2	op 37	op 19	op 23	op 41	op 40
op 3	op 8	op 4	op 3	op 4	op 38	op 22	op 35	op 42	op 41
op 4	op 1	op 6	op 5	op 5	op 39	op 23	op 47	op 43	op 42
op 5	op 3	op 10	op 6	op 6	op 40	op 26	op 50	op 44	op 43
op 6	op 4	op 11	op 7	op 7	op 41	op 28	op 62	op 45	op 44
op 7	op 7	op 12	op 9	op 8	op 42	op 29	op 74	op 46	op 45
op 8	op 9	op 26	op 10	op 9	op 43	op 30	op 5	op 47	op 46
op 9	op 10	op 27	op 11	op 10	op 44	op 31	op 14	op 48	op 47
op 10	op 12	op 28	op 12	op 12	op 45	op 33	op 18	op 50	op 48
op 11	op 13	op 29	op 14	op 13	op 46	op 37	op 19	op 51	op 49
op 12	op 21	op 30	op 15	op 14	op 47	op 38	op 22	op 52	op 50
op 13	op 24	op 31	op 16	op 15	op 48	op 39	op 25	op 53	op 51
op 14	op 25	op 32	op 17	op 16	op 49	op 40	op 36	op 54	op 52
op 15	op 27	op 33	op 18	op 17	op 50	op 41	op 44	op 55	op 53
op 16	op 32	op 58	op 19	op 18	op 51	op 42	op 45	op 56	op 54
op 17	op 35	op 59	op 20	op 19	op 52	op 43	op 53	op 57	op 56
op 18	op 36	op 60	op 22	op 20	op 53	op 44	op 57	op 58	op 57
op 19	op 46	op 67	op 23	op 21	op 54	op 45	op 64	op 59	op 58
op 20	op 48	op 72	op 24	op 22	op 55	op 47	op 75	op 60	op 59
op 21	op 53	op 9	op 25	op 23	op 57	op 49	op 7	op 61	op 60
op 22	op 54	op 15	op 26	op 24	op 56	op 50	op 13	op 62	op 61
op 23	op 66	op 16	op 27	op 25	op 58	op 51	op 21	op 63	op 62
op 24	op 68	op 24	op 28	op 26	op 59	op 52	op 37	op 64	op 63
op 25	op 71	op 34	op 29	op 27	op 60	op 55	op 38	op 65	op 65
op 26	op 75	op 39	op 30	op 28	op 61	op 56	op 41	op 66	op 66
op 27	op 20	op 46	op 31	op 30	op 73	op 57	op 54	op 67	op 67
op 28	op 34	op 51	op 32	op 31	op 62	op 58	op 63	op 68	op 68
op 29	0	opción51	op 33	op 32	op 63	op 59	op 66	op 69	op 69
op 30	op 5	op 67	op 34	op 33	op 64	op 60	op 69	op 70	op 70
op 31	op 6	op 68	op 35	op 34	op 65	op 61	op 71	op 71	op 71
op 32	op 11	op 70	op 36	op 35	op 66	op 62	op 20	op 72	op 72
op 33	op 14	op 73	op 37	op 36	op 67	op 63	op 40	op 4	op 73
op 34	op 15	op 3	op 38	op 37	op 68	op 64	op 43	op 8	op 74
op 35	op 16	op 8	op 39	op 38	op 69	op 65	op 49	op 21	op 75
op 36	op 18	op 17	op 40	op 39	op 70	op 67	op 55	op 73	op 3
op 37	op 19	op 23	op 41	op 40	op 71	op 69	op 56	op 13	op 11
op 38	op 22	op 35	op 42	op 41	op 72	op 70	op 42	op 49	op 55
op 39	op 23	op 47	op 43	op 42	op 75	op 72	op 48	op 74	op 29
op 40	op 26	op 50	op 44	op 43	op 74	op 73	op 65	grave	grave
op 41	op 28	op 62	op 45	op 44	5	op 74	0	op 75	op 64

## **4.2 Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad en el peso relativo de un criterio nos permitirá estudiar qué ocurre con los resultados ofrecidos por nuestro modelo. Es decir, en qué medida las recomendaciones del modelo sufren cambios al variar las ponderaciones (manteniendo las relaciones de proporcionalidad entre los restantes pesos).

Para analizar el efecto global de un cambio, ya sea en juicios, desempeños, puntuaciones o pesos, el software ofrece la posibilidad de utilizar interactivamente todas las ventanas de “output” con cualquier ventana de “input”.

En el caso del análisis de sensibilidad en el peso de un criterio, podemos analizar interactivamente el efecto global que produce la alteración de dicha ponderación.

En el problema que nos compete, el equipo decanal tiene perfectamente claro el esquema de pesos y por lo tanto la importancia relativa que debe asignarse a cada criterio. Probablemente en un futuro, cuando se incorporen más criterios al árbol de decisión, será necesario plantearse un análisis de sensibilidad que recoja los matices subjetivos de opinión de los distintos miembros del equipo decanal y que tendrán su reflejo final en los criterios de decisión que se utilizarán en la evaluación de los alumnos.

## **4.3 Análisis de robustez**

Consideramos que ningún análisis de decisión puede finalizarse sin haber efectuado, previamente, un análisis de robustez<sup>2</sup>.

La información que disponemos al enfrentarnos a un problema de decisión con criterios múltiples, posee distintos niveles de escasez, imprecisión o incertidumbre. Por ello, es imprescindible someter cualquier modelo a un análisis que indique cuán robustas son las conclusiones que se extraen de él.

Antes de proceder a estudiar la robustez del modelo propuesto se hará un pequeño inciso para recordar qué significa la robustez desde la óptica de la decisión multicriterio.

---

<sup>2</sup> Las autoras han trabajado en diversas ocasiones sobre el tema y poseen algunas publicaciones referidas a la robustez en el ámbito de la Decisión Multicriterio.



El término “robustez” se utiliza con mucha frecuencia en el campo de la Decisión Multicriterio (MCDM: Multiple Criteria Decision Making) y más recientemente hizo su incursión definitiva en lo que se conoce como Ayuda a la Decisión Multicriterio (MCDA: Multiple Criteria Decision Aid).

Es importante reconocer que, no siempre queda establecido con precisión “a qué se refiere dicha robustez”, ya que puede hacer referencia a soluciones robustas, a métodos robustos, a procesos robustos, y a conclusiones robustas.

En la mayoría de los casos, se habla de soluciones robustas, es decir que el interés se centra en aquellas soluciones que constituyen el resultado de un proceso o de la aplicación de algún algoritmo, que conduzca a la adopción de una decisión o a ayudar al decisor a determinar cuál será la mejor solución de compromiso en el problema de decisión al que se enfrenta.

Por consiguiente, el término robustez se utiliza para caracterizar el funcionamiento de un proceso o el comportamiento de un algoritmo cuyo objetivo sea el de alcanzar un ordenamiento del conjunto de alternativas pero en presencia de incertidumbre. Esta última apreciación es esencial, pues no podemos prescindir de la incertidumbre existente en cualquier problema de decisión, sea cual fuere la forma en que pueda manifestarse.

A medida que se fue poniendo en práctica la búsqueda de soluciones robustas, tanto analistas como decisores, se dieron cuenta de que ello era insuficiente para abordar adecuadamente la incertidumbre. Por lo que su preocupación fue extendiéndose hacia otras perspectivas, interesándose por el estudio de la robustez de métodos y la robustez de conclusiones para llegar a la caracterización de lo que hoy se conoce como métodos robustos y conclusiones robustas, además de las soluciones robustas.

Las nuevas direcciones de estudio generaron la necesidad de delimitar, a su vez, el alcance de las palabras método, conclusión y solución.

Según B. Roy (1996)<sup>3</sup> un método es una clase bien definida de procesos, siendo un proceso una secuencia de instrucciones que, aplicadas al conjunto de datos de un problema genera un resultado. El resultado obtenido, consiste generalmente en una solución admisible para el problema en cuestión y para un conjunto determinado de

---

<sup>3</sup> Roy, B (1996): *Multicriteria Methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers.  
XXII Jornadas ASEPUMA – X Encuentro Internacional

datos. Cada conjunto de datos es considerado como un escenario del problema de decisión.

De la misma forma debería aclararse qué constituye una conclusión robusta dado que, frente a la existencia de distintos escenarios del problema de decisión y de un conjunto de procesos aplicables a dicho problema el paso siguiente se centra en la búsqueda de conclusiones.

En general, se considera que una solución es toda afirmación o aserción (de cualquier naturaleza, verdadera o falsa) que pretende utilizar la información contenida en los resultados referidos a algunos o a todos los pares de elementos (proceso; conjunto de datos) examinados en el tratamiento del problema de decisión.

Sin embargo, las conclusiones que revisten tal carácter no conducen necesariamente a preferir una solución u otra, a elegir un método u otro, sino que simplemente limitan el campo de opciones que se ofrece al decisor. Por tal razón, es sumamente importante añadirles el adjetivo “robustas”.

Para tener una visión más completa y detallada del estudio de la robustez y su aplicación a diferentes casos reales pueden consultarse distintos trabajos realizados por las autoras (Escribano y otras, 2000), (Fernández, Escribano, 2001, 2002a, 2002b), (Fernández, 2006).

El análisis de robustez de nuestro modelo se muestra en la figura siguiente<sup>4</sup>:

Figura 14: Análisis de robustez

---

<sup>4</sup> (Debido al elevado número de opciones que comprende el problema, la tabla que contiene el análisis de robustez se ha tenido que dividir en distintas sub-tablas para que pueda apreciarse la intensidad de robustez entre cada par de alternativas considerada. Sólo se han contemplado todas las alternativas por columnas, pero parte de las alternativas por filas, por razones de espacio).

*Obtención de un ranking de excelencia entre un conjunto de individuos midiendo el atractivo mediante una técnica de evaluación con base en categorías*

	[todo sup.]	op 1	op 2	op 3	op 4	op 7	op 8	op 10	op 9	op 5	op 6	op 12	op 11	op 13	op 14	op 17	op 15	op 16	op 18	op 20
[todo sup.]	=	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 1		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 2			▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 3				▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 4					▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 7						▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 8							▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 10								▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 9									▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 5										▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 6											▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 12												▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 11													▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 13														▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 14															▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 17																▲	▲	▲	▲	▲
op 15																	▲	▲	▲	▲
op 16																		▲	▲	▲
op 18																			▲	▲
op 20																				▲
op 19																				
op 21																				
op 24																				
op 27																				
op 22																				
op 23																				
op 25																				
op 26																				

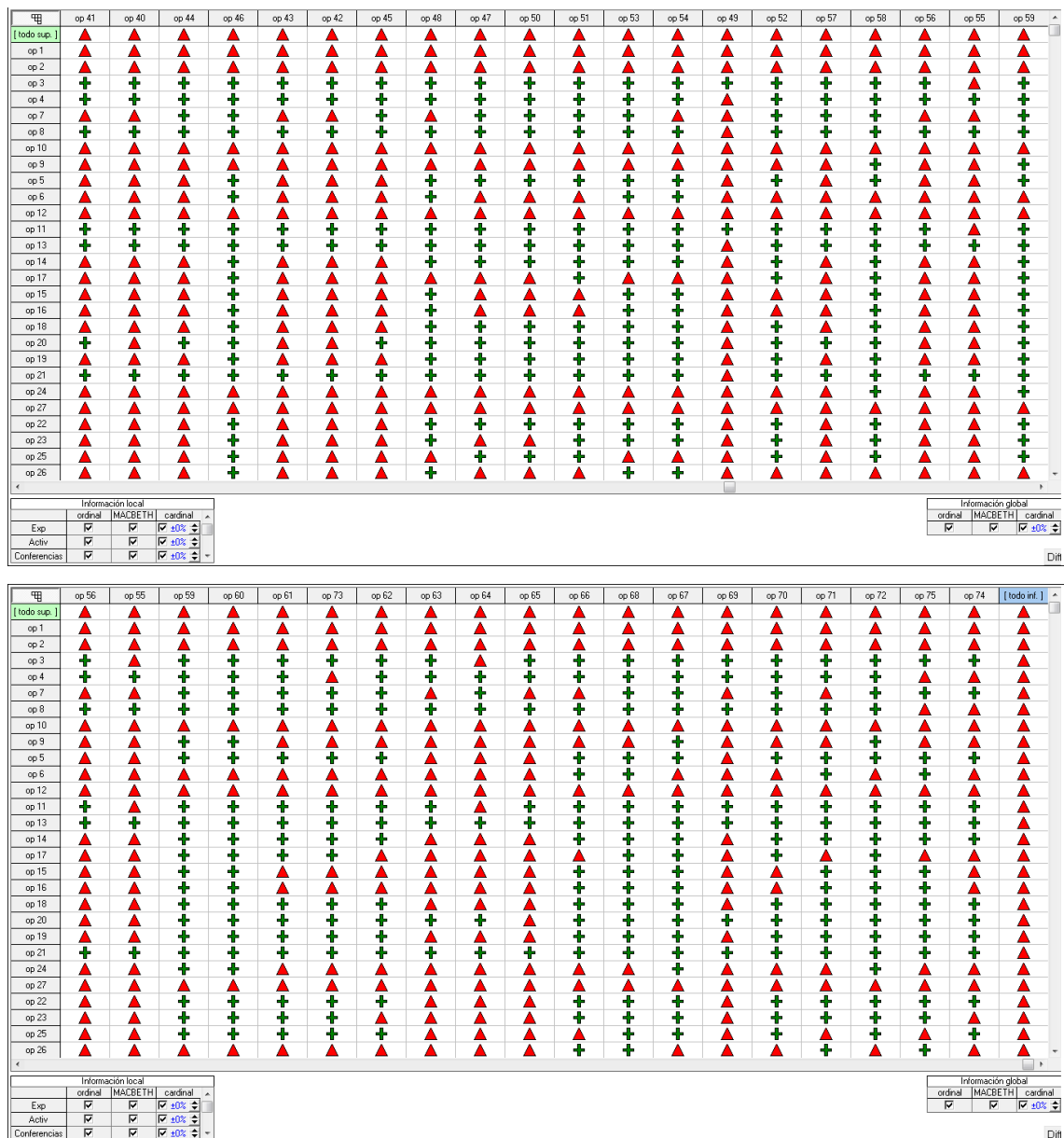
Información local			
Exp	ordinal	MACBETH	cardinal
Exp	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%
Activ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%
Conferencias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%

Información global		
ordinal	MACBETH	cardinal
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%

	op 21	op 24	op 27	op 22	op 23	op 25	op 26	op 28	op 32	op 30	op 34	op 31	op 33	op 29	op 35	op 36	op 39	op 37	op 38	op 41
[todo sup.]	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 1	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 2	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 3	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 4	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 7	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 8	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 10	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 9	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 5	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 6	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 12	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 11	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 13	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 14	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 17	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 15	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 16	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 18	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 20	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 19	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 21	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 24	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 27	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 22	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 23	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 25	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
op 26	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

Información local			
Exp	ordinal	MACBETH	cardinal
Exp	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%
Activ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%
Conferencias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%

Información global		
ordinal	MACBETH	cardinal
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> ±0%



En el análisis de robustez aparecen distintos símbolos. Así pues, el triángulo rojo representa una situación de *dominancia*: una opción domina a otra si es, cuando menos, tan atractiva como la otra en todos los criterios, y más atractiva en al menos uno de ellos. La cruz verde representa una situación de *dominancia aditiva*: una opción domina aditivamente a otra sí, para un determinado conjunto de restricciones en la información, resultara siempre globalmente más atractiva que otra opción a través de la aplicación de un modelo aditivo.

Asimismo, tal y como puede observarse gráficamente, la información introducida en el modelo se organiza en tres tipos (ordinal, MACBETH y cardinal) y en dos secciones (Información local e Información global). La información ordinal hace referencia sólo al orden, excluyendo la información relativa a la diferencia de atractivo (intensidad de preferencia). La información MACBETH incluye los juicios semánticos introducidos en el modelo; sin embargo, no hace referencia a las escalas numéricas que han sido obtenidas sobre la base de dichos juicios. La información cardinal denota la escala numérica específica validada por el evaluador. La información local se refiere a toda la información específica de un criterio dado. La información global se refiere a los pesos relativos de los criterios y a las puntuaciones globales de las opciones.

Dado que nuestro objetivo es obtener un modelo lo más robusto posible, se han habilitado todas las opciones que ofrece el análisis de robustez e incluso se han activado niveles variables de incertidumbre en las puntuaciones de las opciones en un criterio (información local cardinal). El margen de incertidumbre asociado a un determinado criterio es un intervalo centrado en la puntuación precisa de cada opción en el criterio; el margen es igual para todas las puntuaciones en el criterio y es un porcentaje fijo de la diferencia de las puntuaciones definidas para los niveles de referencia. Así es como podrían efectuarse idénticos análisis de robustez de este modelo para niveles variables de incertidumbre en los pesos de los criterios. En nuestro caso, el margen es un porcentaje fijo de la suma de los pesos (100% por defecto).

Finalmente, decidimos analizar qué conclusiones robustas se pueden extraer de nuestro modelo en presencia de imprecisión o incertidumbre en el desempeño de una opción en un criterio activando una de las opciones de la barra de herramientas. Dado que en la tabla del análisis de robustez no aparece ningún interrogante, nuestro modelo carece de incertidumbre o imprecisión, y por lo tanto, la tabla de desempeños no posee ninguna indicación (signos + o -) que pongan de manifiesto que no es totalmente robusto.

Por ello, concluimos que nuestro modelo es totalmente robusto, carece de imprecisión y además ha superado los sucesivos análisis de consistencia en los juicios a los que fue sometido.

#### 4.4 Otros análisis complementarios

Otras potencialidades que ofrece la metodología utilizada y que serán objeto de aplicaciones futuras son: *termómetro global*, que muestra las puntuaciones globales de las alternativas en forma gráfica utilizando una de las opciones del menú de herramientas del software; *perfiles de las alternativas*: con el propósito de lograr una comprensión más cabal y completa de los resultados del modelo se podría analizar la contribución de la puntuación de una alternativa (un alumno en concreto) en un criterio respecto a su puntuación global; *perfiles de diferencias de puntuaciones*: un análisis interesante consiste en estudiar las diferencias existentes entre las puntuaciones de dos alternativas (alumnos) cualesquiera. Para el caso de alumnos que tengan similar posición de acuerdo con el expediente académico, las valoraciones adicionales de los restantes criterios permitirán apreciar claramente, la diferencia de ranking obtenido entre ellos.

### 5. CONCLUSIONES

- La obtención de un ranking de excelencia entre un conjunto de individuos es un problema muy frecuente, especialmente en el ámbito educativo. El tratamiento del problema de decisión mediante una metodología de apoyo a la toma de decisiones que requiere únicamente juicios cualitativos sobre las diferencias de atractivo entre elementos permite alcanzar resultados coherentes, lógicos y desprovistos de arbitrariedades.
- La metodología MACBETH, que hemos utilizado en nuestro trabajo, se aplica en etapas sucesivas de un proceso que consiste en: estructuración del problema, distinguiendo criterios y alternativas u opciones; evaluación, a través de las puntuación y de las ponderaciones; recomendación, como conclusión del análisis de los resultados, del análisis de sensibilidad y del análisis de robustez.
- El ranking global obtenido entre los alumnos del estudio piloto analizado, refleja el posicionamiento de cada alumno respecto de sus compañeros y la prioridad que posee a la hora de elegir su TFG. El desglose de las puntuaciones obtenidas en los restantes criterios es una pauta adicional que permite al alumno reconocer la inexistencia de arbitrariedades o de incertidumbre a la hora de la decisión final.

- El estudio pormenorizado de los rankings de cada uno de los criterios, individualmente considerados, ofrece al alumno una visión más clara de aquellos “puntos débiles” en los que debería esforzarse más para aumentar su valoración total.
- La solución obtenida es lógica y posee una clara justificación, tanto para los alumnos como para el equipo decanal. Se ha estudiado el atractivo global de cada opción respecto a cada criterio, se han ponderado los criterios y se han explorado los resultados del modelo mediante un análisis exhaustivo de robustez.
- En los próximos cursos académicos se pretende continuar mejorando el modelo y aplicarlo a todos los Grados de la Facultad.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANA e COSTA, C. y VANSNICK, J. (1994). “MACBETH – an interactive path towards the construction of cardinal value functions”. *International Transactions in Operational Research*, 1, pp. 489-500.
- BANA e COSTA, C. y VANSNICK, J. (1995). “General overview of the MACBETH approach”. En: Pardalos, P.; Siskos, Y.; Zopounidis (eds), *Advances in Multicriteria Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Book Series: Nonconvex Optimization and its Applications, pp. 93-100.
- BANA e COSTA, C. y VANSNICK, J. (1997). “A theoretical framework for Measuring Attractiveness by a Categorical based Evaluation Technique (MACBETH). En: Clímaco, J. (ed): *Multicriteria Analysis*. Springer-Verlag, pp. 15-24.
- BANA e COSTA, C. y VANSNICK, J. (1999). “The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application”. En: Meskens, N.; Roubens, M. (eds.), *Advances in Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Book Series: Mathematical Modelling: Theory and Applications, Vol. 4, pp. 131-157.
- BANA e COSTA, C. y CHAGAS, M. (2004). “A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model base on

- qualitative value judgments”. *European Journal of Operational Research*, 153, 2, pp. 323-331.
- BANA e COSTA, C. y VANSNICK, J. (2005). M-MACBETH. Version 1.1. User’s Guide, <http://www.m-macbeth.com/downloads.html#guide>.
  - BANA e COSTA, C., DE CORTE, J. y VANSNICK, J. (2005). “On the mathematical foundations of MACBETH”. En: Figueira, J.; Greco, S. y Ehrgott, M. (eds). *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the art surveys*, pp. 409-442. Springer.
  - BANA e COSTA, C.; LOURENÇO, J.; CHAGAS, M. y BANA e COSTA, J. (2008). “Development of Reusable Bid Evaluation Models for the Portuguese Electric Transmission Company”. *Decision Analysis*, 5, 1, pp. 22-42.
  - BANA e COSTA, C.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, R.; VANSNICK, J.C. y DE CORTE, J. (2011). “Introducción a MACBETH”. En J.C. Leyva López (ed.), *Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones*, Plaza y Valdés, México, pp. 233-241.
  - BELTON, V. Y STEWART, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
  - ESCRIBANO, M.C.; FERNÁNDEZ, G.; GARCÍA, M.C.; CALVO, M. (2000). “Análisis de 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. Secretaría General Técnica.
  - FERNÁNDEZ BARBERIS G.; ESCRIBANO RÓDENAS, M.C. (2001): “Robustez de un modelo de decisión multicriterio en el ámbito de la teoría de la inversión, utilizando criterios aproximados para el estudio de la rentabilidad”. *Actas del XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Úbeda (Jaén).
  - FERNÁNDEZ BARBERIS, G.; ESCRIBANO RÓDENAS M.C. (2002a): “Análisis de la Robustez de un modelo de valoración y selección de alternativas de inversión, con ayuda de



la decisión multicriterio utilizando métodos aproximados y cronológicos”. Actas de la XVI Reunión ASEPELT. Universidad San Pablo – CEU. Madrid.

- FERNÁNDEZ BARBERIS, G.; ESCRIBANO RÓDENAS, M.C. (2002b): “The Robustness concept applied to different models of evaluation and selection of the financial investment alternatives”. 56èmes Journées du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la Decision. Faculté d’Economie de l’Université de Coimbra. Universidade de Coimbra.
- FERNÁNDEZ, G.; ESCRIBANO, M.C. (2006). “Nuevos Criterios Generalizados para modelar las preferencias del decisor en los Métodos de Relaciones de Superación”. *Revista Rect@*, Volumen 7 (1), pp. 95-117.
- 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, N° 13; pp. 3-9.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S. y EHRGOTT, M. (eds). (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the art surveys*. Springer.
- ROY, B (1996): *Multicriteria Methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers.
- SÁNCHEZ-LÓPEZ, R. (2001). “La Toma de Decisiones con Múltiples Criterios: Un resumen conceptual y teórico”. Documentos de Trabajo N°4. CEPLAG-UMSS (Centro de Planificación y Gestión. Universidad Mayor de San Simón). Cochabamba, Bolivia
- SÁNCHEZ-LÓPEZ, R. y BANA e COSTA, C. (2009). “El enfoque MACBETH para la incorporación de temas transversales en la evaluación de proyectos de desarrollo”. En J.C. Leyva López (ed.), *Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones*, Plaza y Valdés, México, pp. 335-356 .