

# Modelos flexibles de selección de personal basados en la valoración de competencias\*

Canós Darós, Lourdes<sup>1</sup>; Casasús Estellés, Trinidad<sup>2</sup>; Lara Mora, Tomás<sup>3</sup>;  
Liern Carrión, Vicente<sup>2</sup>; Pérez Cantó, Juan Carlos<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia.*  
[loucada@omp.upv.es](mailto:loucada@omp.upv.es)

<sup>2</sup> *Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa. Universidad de Valencia.* [{trinidad.casasus, vicente.liern}@uv.es](mailto:{trinidad.casasus, vicente.liern}@uv.es)

<sup>3</sup> *Director de Recursos Humanos. Faurecia.* [tomas.lara@faurecia.com](mailto:tomas.lara@faurecia.com)

<sup>4</sup> *Instituto de Economía Internacional. Universidad de Valencia.* [jpc4655@teleline.es](mailto:jpc4655@teleline.es)

Fecha de envío: 31 de octubre de 2008.

Dirección de correo postal:

Vicente Liern

Departament de Matemàtiques per a l'Economia i l'Empresa.

Avda. Tarongers s/n

46022 - Valencia

## RESUMEN:

Las decisiones que toman los directivos respecto a la selección de personal condicionan fuertemente el éxito de la empresa, pues si los empleados son elegidos correctamente suponen una fuente de ventaja competitiva. En este trabajo presentamos algunos modelos borrosos de selección de personal basados en la gestión por competencias en el caso de que no se conozcan los ideales de las competencias que los responsables de recursos humanos quieren adquirir del mercado laboral y potenciar internamente, y en el caso de que estas valoraciones sí sean conocidas.

**Palabras clave:** *Gestión por competencias, Modelos borrosos de selección de personal, Recursos Humanos, Sistemas Flexibles de Ayuda a la Decisión.*

---

\* Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por los proyectos de investigación TIN2008-06872-C04-02 y GV/2007/218.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la gestión estratégica de recursos humanos se ha convertido en un interés prioritario de las empresas debido al cambio de pensamiento acerca de los empleados, que no son considerados un factor productivo ordinario, sino un factor estratégico, puesto que implementan las estrategias empresariales y son fuente de ventaja competitiva por generar un beneficio sostenible a largo plazo.

Los conocimientos y la experiencia del personal de la empresa ya no son, por sí solos, elementos lo suficientemente diferenciadores para crear ventaja competitiva y añadir valor a la empresa, sino que también se debe tener en cuenta la motivación, el compromiso, la conducta, etc., de las personas (Besseyre des Horts, 1989); se pretende obtener una perfecta adecuación entre el trabajador y el puesto de trabajo (Peña Baztán, 1990). Así, se puede alcanzar un desempeño excelente y no meramente satisfactorio de las tareas y actividades del puesto y obtener una ventaja con respecto a los competidores por ser difícil de copiar o imitar. La gestión de recursos humanos por competencias nos permite alcanzar este doble objetivo, ya que integra no exclusivamente conocimientos y experiencia, sino otros atributos humanos, tanto objetivos como subjetivos, más amplios y complejos (Canós et al., 2003; Canós y Liern, 2003; Canós y Liern, 2004).

Diversos autores han definido el término competencia, entre los que destacan Spencer y Spencer (1993), que la consideran como una características subyacente de un individuo, que está causalmente relacionada con un rendimiento efectivo o superior en una situación o trabajo, definido en términos de un criterio y Boyatzis (1982), que la define como un conjunto de patrones de conducta, que la persona debe llevar a un cargo para rendir eficientemente en sus tareas y funciones. Reuniendo los aspectos comunes a las diferentes definiciones proponemos definir competencia como un conjunto de patrones compuestos de características subyacentes a la persona (conocimientos, habilidades, disposiciones, conductas, etc.) que permiten al individuo alcanzar un rendimiento efectivo o superior en una actividad o trabajo.

En definitiva, las competencias son los conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes, etc., que hacen que el desarrollo de ciertas tareas y actividades, así como el logro de determinados resultados, sean sobresalientes. Cabe recordar que las competencias son una disposición y no una tarea o actividad, que se materializa en el

desempeño profesional, donde pueden identificarse, evaluarse y desarrollarse. Cada individuo posee unos recursos (como conocimientos generales, específicos, de procedimiento, operativos, experiencias, capacidad de relación, aptitudes y cualidades, recursos fisiológicos y emocionales) que deben ser compartidos con otros empleados para obtener sinergias positivas. Las competencias son individuales y no transferibles ni imitables, constituyendo un recurso valioso para la empresa (Gallego, 2001).

Una de las principales ventajas que el enfoque de competencias aporta a la gestión de recursos humanos es que facilita el uso de un lenguaje común en la empresa, ya que, al hablar de comportamientos observables que permiten tener un buen rendimiento en el trabajo, es más fácil que la dirección de recursos humanos y el resto de la organización se pongan de acuerdo (Hayes *et al.*, 2000). Así mismo, permite conocer los comportamientos futuros, pues cuando una persona ha sido capaz de llevar a cabo un determinado comportamiento, en unas condiciones dadas, se puede esperar que sea capaz de repetir el mismo comportamiento en unas condiciones similares. Por otra parte, este enfoque facilita la comparación entre el perfil de exigencia del puesto y el perfil de competencias de las personas, al tomar como unidad de análisis al individuo y no al puesto de trabajo (Pereda y Berrocal, 1999).

El punto de partida de este modelo de gestión es la identificación de las competencias y los perfiles de referencia. La definición de los perfiles de exigencias deben incluir las formas en que se van a adquirir nuevas competencias, la forma en que se van a desarrollar las competencias que ya dispone la empresa en todos los niveles, los comportamientos necesarios para activar las competencias y la forma en que se van a inhibir las competencias que pueden dificultar la consecución de los objetivos estratégicos de la empresa (Pereda y Berrocal, 1999). Seguidamente se desarrollan metodologías útiles para iniciar el proceso, que deben contener análisis preliminares de la situación de la empresa. Posteriormente se implementa el modelo, propio para cada organización, que está continuamente retroalimentándose. Los instrumentos más comunes que sirven para describir los puestos son: la entrevista personal, la descripción de una jornada de trabajo, análisis documental, observación directa, tests, assessment center, juegos de empresa y simulación, role-playing, dinámicas de grupo o el método del caso (Canós *et al.*, 2003; Le Boterf, 2000).

En este contexto, son clave las políticas de adquisición (reclutamiento, selección, contratación) y desarrollo (formación, planes de carrera, promociones). Además, la empresa puede apropiarse de las rentas generadas por los empleados en el desempeño de su trabajo mediante la socialización y la integración en la cultura organizativa, aunque no hay que obviar las dificultades inherentes de cuantificación, pues los indicadores estándares no son útiles en este caso por la propia naturaleza humana.

En este trabajo nos centramos en las políticas de reclutamiento, selección y contratación, puesto que, como hemos descrito, son básicos para la supervivencia de la empresa. En éstas, las políticas de afectación tienen un carácter más interno que externo, puesto que los directivos tratan de alcanzar una plantilla óptima respetando al máximo posible los puestos de trabajo existentes, aplicando reasignaciones de puestos y realizando reestructuraciones en la plantilla.

Otra cuestión relevante para las empresas es la toma de decisiones, de las que depende el éxito empresarial. Si el modelo planteado es lo suficientemente grande, el conjunto de soluciones alternativas pasa por dos fases: la agregación y la explotación. La agregación supone el uso de uno o varios operadores capaces de proporcionar una relación de preferencia colectiva de la que puede depender en gran medida las decisiones empresariales. La agregación de información de manera eficiente y flexible se ha convertido en la principal tarea de los problemas de acceso de información y otros problemas de decisión multicriterio, puesto que precisan procesar una grandísima cantidad de información cuya calidad y precisión es muy variada. En particular, resultan muy útiles las agregaciones entre el operador mínimo y el operador máximo a través de los operadores de medias (Legind, 2002).

En primer lugar, realizamos una breve introducción sobre la gestión por competencias, modelo seguido como base para los algoritmos de selección de personal propuestos. A continuación realizamos una revisión de la literatura sobre la aplicación de técnicas fuzzy a las políticas de recursos humanos, mostrando las ideas básicas de los trabajos más relevantes en este campo. Finalmente, proponemos un sistema de ayuda a la toma de decisiones útil para dos situaciones: si los responsables de personal son capaces de definir las competencias ideales de los candidatos que se han de evaluar en el proceso de selección y si no existe esta valoración ideal.

Para finalizar esta introducción, creemos necesario advertir de que se trata de un trabajo que resume los fundamentos teóricos de un algoritmo que ha sido implementado en la aplicación informática *StaffDesigner*, que actualmente se está probando en una sección de la empresa FAURECIA. Los criterios para la selección de competencias, así como los detalles de esta aplicación, y las conclusiones extraídas, serán motivo de un nuevo trabajo que será sometido a la revista *Rect@*.

## **2. LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS FUZZY A LA GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS**

Para poder objetivar y cuantificar las magnitudes de recursos humanos, en muchas ocasiones, se requiere la utilización de técnicas de programación matemática que sirvan de apoyo a la toma de decisiones y resulten útiles a los directivos para desempeñar su función como decisores. Sin embargo, la gran cantidad y rapidez de las interacciones a las que la empresa actual se ve sometida, así como la incertidumbre de muchos de los datos manejados, hacen que las matemáticas deterministas resulten insuficientes. Por un lado, poder incorporar toda la información, incluso subjetiva, de expertos, puede resultar muy beneficioso, y por otro lado, en cualquier proceso de toma de decisiones, el modelo matemático empleado se verá afectado por los valores numéricos introducidos. En algunas ocasiones es posible asignar distribuciones de probabilidad a algunos parámetros (*incertidumbre estocástica*), pero en otras ocasiones, incluso esto resulta inapropiado, pues no hay realmente ninguna base fundada para suponer que el parámetro en cuestión va a seguir una distribución concreta, en este caso hablamos de *incertidumbre fuzzy* (Zimmermann, 1997; Carlsson y Korhonen, 1986; Carlsson y Fullér, 2002).

En la teoría de conjuntos fuzzy, la idea básica es sustituir la función característica de un conjunto  $A$ , que asigna el valor 1 cuando el elemento pertenece a  $A$  y 0 si no es así, por una función de pertenencia  $\mu_{\tilde{A}}$  que toma valores en el intervalo  $[0, 1]$ . El valor  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  se interpreta como el grado de pertenencia del elemento  $x$  al conjunto  $\tilde{A}$  (Kaufmann y Gil Aluja, 1987). Un grado de pertenencia nulo se interpreta como no pertenencia, el 1 como pertenencia en el sentido booleano y los números intermedios reflejan una pertenencia incierta, que será interpretada de diversos modos según cada

aplicación (Zadeh, 1965; Goguen, 1969). Si el conjunto de referencia del que partimos es  $X$ , la forma habitual de expresar los conjuntos fuzzy es la siguiente.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)), x \in X\}$$

La teoría de conjuntos fuzzy ha sido aplicada a la gestión de recursos humanos en distintas ocasiones. Por ejemplo, Capaldo y Zollo (2001) han estudiado la mejora de la efectividad del desempeño del personal en una gran empresa italiana que opera en el sector de la investigación, analizando ratios de comportamiento, validando las categorías de los juicios emitidos y utilizando un método de ordenación fuzzy que fue comparado con el método tradicional de la empresa y resultó ser más eficiente y fiable. El modelo tiene dos etapas: en la primera se define el conjunto de competencias que es valorado para cada trabajador por un grupo de evaluadores, mientras que en la segunda se utilizan árboles de decisión borrosos. En Gupta y Chakraborty (1998) también se trata el tema de la evaluación del puesto de trabajo en un entorno fuzzy, enfocado como un problema de gestión de toma de decisiones (optimizar la decisión de maximizar el operador min) y se aplica el método propuesto en un caso de estudio. En Pacheco (1997) se describe un nuevo proceso de evaluación del desempeño de los recursos humanos aplicando conceptos como políticas, estrategias y técnicas de la gestión de la calidad total.

Cuando se trabaja con conjuntos fuzzy, es necesario utilizar funciones distancia adecuadas. En este sentido, es muy interesante el trabajo de Chen y Cheng (2005) en el que se propone un nuevo enfoque para ordenar números borrosos utilizando la distancia métrica implementado en un sistema de ayuda a la decisión informatizado, mostrando además dos ejemplos ilustrativos de selección de personal. En Liang y Wang (1994) se desarrolla un algoritmo fuzzy de gestión de personal que combina la información objetiva obtenida de los test realizados por los candidatos y la información subjetiva de las entrevistas de selección. Por otra parte, en Lee y Chen (2001) se formula un modelo de regresión fuzzy generalizado cuyos parámetros son calculados mediante un modelo de programación no lineal. La vaguedad de los resultados es causada no sólo por la poca definición de los parámetros del modelo sino también por la vaguedad de los datos introducidos, extendiendo así el modelo de regresión convencional. Este enfoque se implementa en un ejemplo de gestión provisional de la plantilla. En Chang, Huang y

Lin (2000) se propone un nuevo método Delphi que utiliza estadísticos fuzzy y la técnica de la búsqueda del gradiente conjugado para acotar las funciones de pertenencia. Se utilizan entrevistas cuyos valores se acotan por intervalos para equilibrar y adaptar las estimaciones fuzzy de los expertos, más que para reducirlas o forzarlas a converger. El trabajo muestra una aplicación de este método al problema de valoración de talento gerencial para una empresa localizada en Taiwan.

Un enfoque diferente es el uso de variables lingüísticas. Por ejemplo, en López *et al.* (1996) se resuelve un problema real de gestión de personal obteniendo una solución satisfactoria a través de un algoritmo genético fuzzy. El objetivo es elaborar un modelo de selección de personal en condiciones de incertidumbre que permita tanto minimizar los riesgos derivados de la realización de tareas por personal inadecuado como maximizar la utilidad de la empresa con la ubicación óptima de los trabajadores, permitiendo incorporar en él toda la información de la que se dispone por ambigua o subjetiva que esta sea, así como con las imprecisiones que este tipo de toma de decisiones conlleva. En Herrera *et al.* (2001) también se calcula una solución satisfactoria para un problema de dirección de personal real con información lingüística a través de un algoritmo genético con una función lingüística biobjetivo de ajuste.

A pesar de la generalidad de casos que pueden expresarse mediante conjuntos fuzzy, cuando el valor de  $\mu_A(x)$  deben darlo uno o varios expertos, una forma de proporcionar mayor comodidad es extender el concepto de subconjunto fuzzy admitiendo que  $\mu_A(x)$  sea un intervalo de tolerancia, es decir funciones de pertenencia multivaluadas

$$\mu^\Phi : X \rightarrow P [0,1],$$

dadas por  $\mu^\Phi(x) = [a^1_x, a^2_x] \subseteq [0,1]$ . Al conjunto

$$\tilde{A}^\Phi = \{(x, \mu^\Phi(x)), x \in X\}$$

le llamaremos conjuntos  $\Phi$ -fuzzy<sup>1</sup> (Gil Aluja, 1996). En general, cuando el conjunto referencia es finito,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , la forma de expresarlo suele ser

$$\tilde{A}^\Phi = \{(x_j, \mu^\Phi(x_j)), j = 1, \dots, n\}. \quad (1)$$

---

<sup>1</sup> Los conjuntos  $\phi$ -fuzzy también se conocen como *conjuntos fuzzy valuados por intervalos o conjuntos fuzzy intervalares*.

En nuestro trabajo, supondremos que las valoraciones están dadas por intervalos, y por tanto, trataremos la incertidumbre utilizando conjuntos  $\Phi$ -fuzzy.

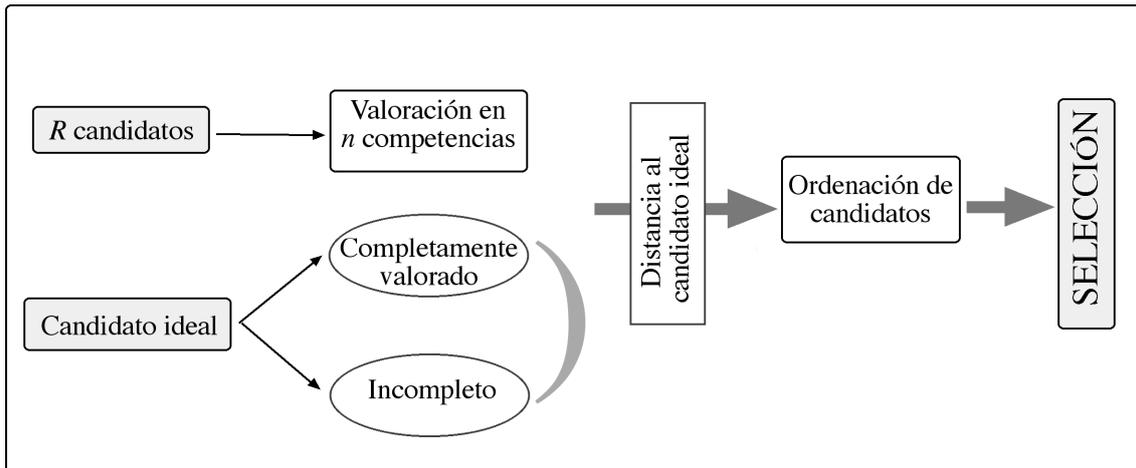
### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por selección de personal se entiende el proceso mediante el cual se elige a una o varias personas que mejor se ajusten a las características del trabajo. Una gestión adecuada de la política de selección que considere las circunstancias de la empresa permite optimizar los costes y alcanzar los objetivos corporativos. Como suele ocurrir en la mayoría de los problemas de gestión, este proceso resulta complicado, e implica centrarse en conceptos como validación, confianza y la fijación de criterios.

En concreto, si consideramos un puesto de trabajo para el que son necesarias  $n$  competencias, que expresamos como un conjunto finito de referencia  $X = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ , y disponemos de  $R$  candidatos,  $Cand = \{P_1, P_2, \dots, P_R\}$ , para cubrir las vacantes, la selección se debe hacer evaluando a cada candidato en las  $n$  competencias. Esta evaluación puede entenderse como el grado de pertenencia a un conjunto borroso o  $\phi$ -borroso (Canós y Liern, 2008).

El esquema con el que trabajaremos es el que aparece representado en la Figura 1. Suponemos que los  $R$  candidatos han sido valorados en las  $n$  competencias por  $p$  expertos, y que las valoraciones de cada competencia se han hecho mediante intervalos.

Por otro lado, la sección de recursos humanos de la empresa ha prefijado las valoraciones que considera óptimas en cada competencia. Esto define un candidato ideal. Si este candidato no tiene valoradas todas las competencias, necesitaremos completar las que faltan con la información que dispongamos. En cualquier caso, podemos asegurar que un aspirante a la plaza será mejor para la empresa cuanto más “parecido” sea al candidato ideal prefijado.



**Figura 1:** Esquema para la selección de candidatos.

La forma de determinar el parecido con el candidato ideal la calcularemos de dos formas diferentes: utilizando la distancia de Hamming y calculando el coeficiente de adecuación (Gil Aluja, 1996).

**Definición 1.** Dados un conjunto de referencia es  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  y dos conjuntos  $\Phi$ -fuzzy  $\tilde{A}^\Phi, \tilde{B}^\Phi$ , con funciones de pertenencia  $\mu_{\tilde{A}}^\Phi(x_j) = [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2]$ ,  $\mu_{\tilde{B}}^\Phi(x_j) = [b_{x_j}^1, b_{x_j}^2]$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , se define la distancia de Hamming normalizada como

$$d(\tilde{A}^\Phi, \tilde{B}^\Phi) = \frac{1}{2n} \left( \sum_{j=1}^n | \mu_{\tilde{A}}^\Phi(x_j) - \mu_{\tilde{B}}^\Phi(x_j) | \right) = \frac{1}{2n} \left( \sum_{i=1}^n ( | a_{x_j}^1 - b_{x_j}^1 | + | a_{x_j}^2 - b_{x_j}^2 | ) \right). \quad (2)$$

Como veremos, una forma de ordenar los candidatos es calcular la distancia de cada uno de ellos al candidato ideal. Aunque podemos considerar cualquier definición de distancia (euclídea, Tchebichev, etc.) para comprobar qué candidato está “más cercano” al ideal, la distancia de Hamming ha ofrecido buenos resultados de ordenación de conjuntos fuzzy en la literatura (Gil Aluja, 1996).

**Definición 2.** Dados un conjunto de referencia es  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  y dos conjuntos  $\Phi$ -fuzzy  $\tilde{A}^\Phi, \tilde{B}^\Phi$ , con funciones de pertenencia  $\mu_{\tilde{A}^\Phi}^\Phi(x_j) = [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2], \mu_{\tilde{B}^\Phi}^\Phi(x_j) = [b_{x_j}^1, b_{x_j}^2]$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , se define el coeficiente de adecuación entre ellos como

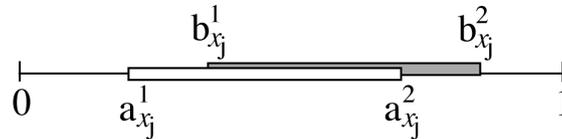
$$\mu_{\tilde{B}^\Phi}(\tilde{A}^\Phi) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \mu_{\tilde{B}^\Phi}^{x_j}(\tilde{A}^\Phi),$$

donde

$$\mu_{\tilde{B}^\Phi}^{x_j}(\tilde{A}^\Phi) = \begin{cases} 1 & \text{si } [b_{x_j}^1, b_{x_j}^2] \subseteq [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2] \\ \frac{\text{longitud}([b_{x_j}^1, b_{x_j}^2] \cap [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2])}{\text{longitud}([b_{x_j}^1, b_{x_j}^2] \cup [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2])} & \text{si } [b_{x_j}^1, b_{x_j}^2] \not\subseteq [a_{x_j}^1, a_{x_j}^2] \end{cases} \quad (3)$$

Veamos en el siguiente ejemplo cómo se calcula el coeficiente de adecuación de una competencia.

**Ejemplo 1:** Si suponemos que la competencia  $j$ -ésima de dos números  $\phi$ -fuzzy es la que aparece representada en la figura,



**Figura 2:** Valoración de dos competencias mediante intervalos.

el coeficiente de adecuación para esta competencia es

$$\mu_{\tilde{B}^\Phi}^{x_j}(\tilde{A}^\Phi) = \frac{\text{longitud}\left[b_{x_j}^1, a_{x_j}^2\right]}{\text{longitud}\left[a_{x_j}^1, b_{x_j}^2\right]}.$$

Cuanto mayor sea la intersección entre el candidato y el ideal, más adecuado es el candidato para el puesto (Gil Aluja, 1996) y, además, podemos otorgar diferentes pesos a las competencias, aunque en este trabajo supondremos todas las competencias igualmente ponderadas.

La distancia de Hamming calcula la diferencia entre los extremos de los intervalos. Así, en este método no se diferencia entre un exceso o un defecto respecto al ideal, por lo que evaluamos ambos de forma equivalente. La formulación del coeficiente de adecuación incluye implícitamente una corrección de los excesos y defectos. Es por esto que los resultados de estas dos técnicas pueden ofrecer resultados diferentes en un mismo proceso de selección de personal.

Por otro lado, si bien es cierto que una valoración basada en intervalos se acerca más al pensamiento humano, para poder trabajar con intervalos necesitamos introducir una relación de orden entre ellos (Canós y Liern , 2008).

**Definición 3:** Dados los intervalos  $A = [a_1, a_2]$ ,  $B = [b_1, b_2] \subset \mathbb{R}$ , decimos que A es mayor que B si y sólo si

$$A \succ B \Leftrightarrow \begin{cases} k_1 a_1 + k_2 a_2 > k_1 b_1 + k_2 b_2, & k_1 a_1 + k_2 a_2 \neq k_1 b_1 + k_2 b_2 \\ a_1 > b_1, & k_1 a_1 + k_2 a_2 = k_1 b_1 + k_2 b_2 \end{cases} \quad (4)$$

donde  $k_1$  y  $k_2$  son dos constantes positivas fijadas *a priori*.

#### 4. MODELOS DE SELECCIÓN DE PERSONAL

En los modelos que vamos a presentar, la selección se basa en  $n$  competencias que se consideran necesarias para ocupar un puesto, por lo tanto, nuestro conjunto de referencia es el de las competencias,

$$X = \{c_1, c_2, \dots, c_n\},$$

en las que se valorará a cada uno de los candidatos, y para las que la empresa cuenta con unas expectativas (al menos para algunas de ellas) que constituyen el denominado *candidato ideal*.

##### 4.1.- Los candidatos

Suponemos que hay  $p$  expertos que valoran a todos los candidatos en todas las competencias mediante intervalos. Así, para el  $i$ -ésimo candidato tendremos  $n \cdot p$  intervalos que expresamos de la forma siguiente:

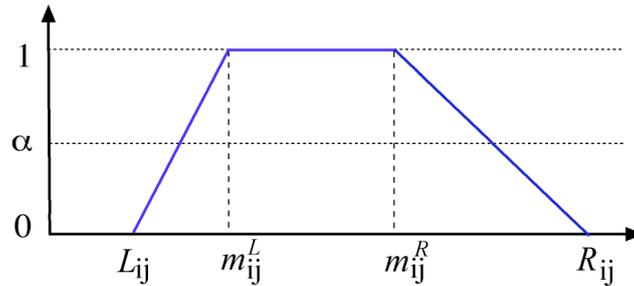
$$\left\{ \left[ c_{ij}^k - d_{ij}^k, c_{ij}^k + d_{ij}^k \right], 1 \leq j \leq n, 1 \leq k \leq p \right\} \quad (5)$$

donde el subíndice  $j$  representa la competencia y el superíndice  $k$  el experto.

A partir de estos intervalos, podemos construir un número fuzzy para cada competencia de cada candidato. En primer lugar, calculamos los valores siguientes:

$$m_{ij}^L = \min_k c_{ij}^k, \quad m_{ij}^R = \max_k c_{ij}^k \quad L_{ij} = \min_k (c_{ij}^k - d_{ij}^k), \quad R_{ij} = \max_k (c_{ij}^k + d_{ij}^k) \quad (6)$$

A partir de (6), para la  $j$ -ésima competencia del  $i$ -ésimo candidato, construiremos el número fuzzy trapezoidal  $\tilde{c}_{ij}$  con base  $[L_{ij}, R_{ij}]$  y meseta  $[m_{ij}^L, m_{ij}^R]$ , es decir



**Figura 3:** Función de pertenencia para la competencia  $j$ -ésima del candidato  $i$ -ésimo.

Nótese que  $\tilde{c}_{ij}$  contiene gran parte de la información del candidato que han proporcionado los expertos para el para el candidato  $P_i$  en la competencia  $c_j$ .

Si repetimos el proceso para todas las competencias del candidato  $i$ -ésimo, obtenemos  $n$  números fuzzy trapezoidales

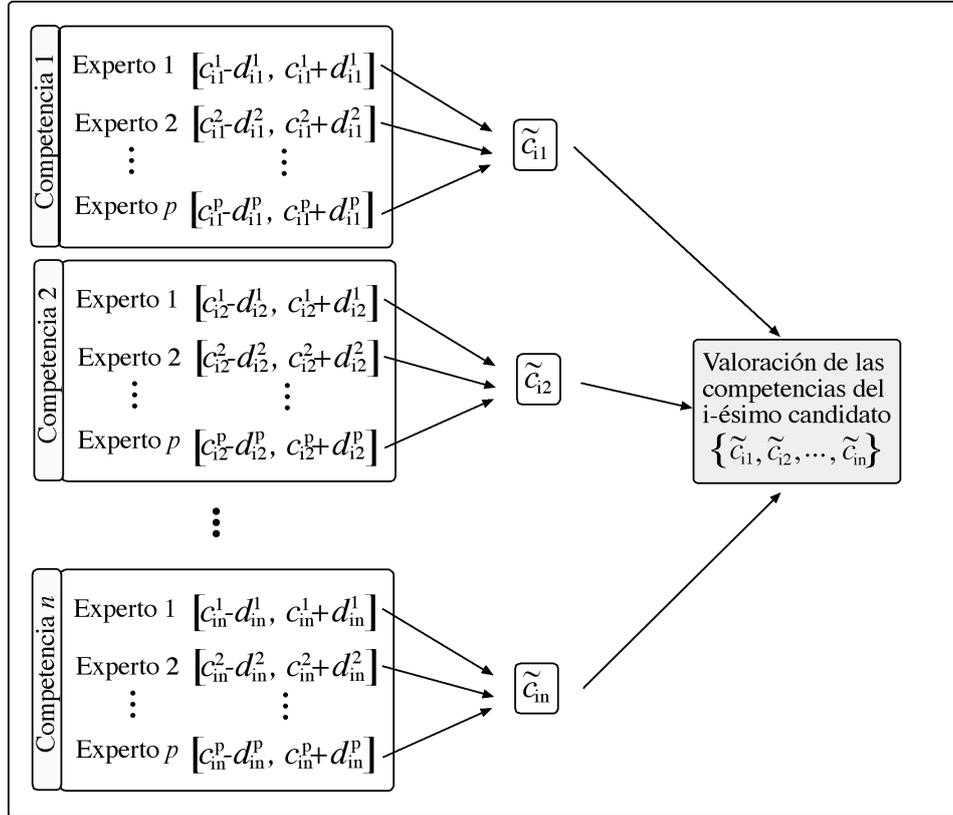
$$\{\tilde{c}_{i1}, \tilde{c}_{i2}, \dots, \tilde{c}_{in}\}, \quad (7)$$

en los que hemos reflejado toda la información disponible del candidato (ver Figura 4).

Una vez expresadas las competencias con números fuzzy, podemos reflejar el nivel de exigencia de la empresa mediante los grados de pertenencia a estos conjuntos fuzzy.

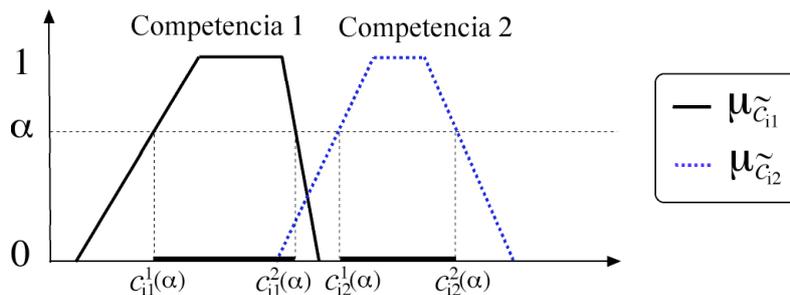
Con esta intención, para cada valor de  $\alpha \in [0,1]$  construimos un número  $\Phi$ -fuzzy (ver Figura 5),

$$P_i^\Phi(\alpha) = \left\{ \left( c_{ij}, [c_{ij}^1(\alpha), c_{ij}^2(\alpha)] \right), 1 \leq j \leq n \right\}.$$



**Figura 4:** Esquema para la construcción de números fuzzy para las competencias del candidato i-ésimo.

**NOTA:** Cada uno de los números fuzzy  $\tilde{c}_{ij}$  agrega la información proporcionada por los expertos. De hecho, el intervalo  $[c_{ij}^1(\alpha), c_{ij}^2(\alpha)]$  no tiene por qué con la valoración hecha por ningún evaluador. Por ejemplo, si suponemos sólo dos competencias, los intervalos que se obtienen para un nivel de exigencia  $\alpha$  son los que se expresan en la Figura 5.



**Figura 5:** Construcción de un número  $\Phi$ -fuzzy para un candidato valorado en dos competencias

#### 4.2.- El candidato ideal

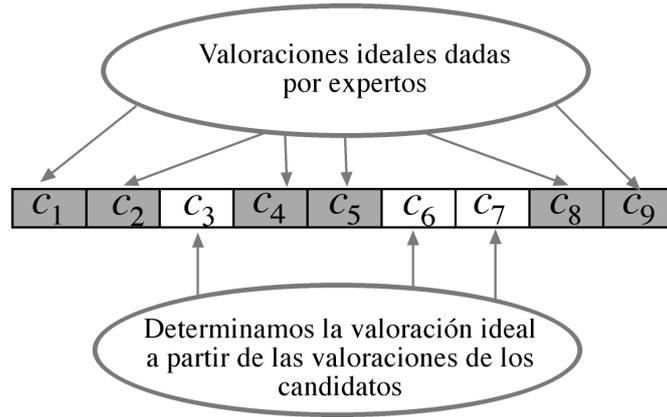
Una técnica muy utilizada para ordenar los candidatos es compararlos con un candidato ideal (Gil Aluja, 1996; Canós et al., 2007, Canós, Liern, 2008). Como ocurriría con cada uno de los aspirantes al puesto de trabajo, las competencias del candidato ideal han sido valoradas, *a priori*, por la empresa. Cuando en esta valoración participan varias personas, es necesario agregar esta información que han expresado mediante intervalos. En este caso, contamos con los  $n \cdot q$  intervalos siguientes:

$$\left\{ \left[ I_j^k - t_j^k, I_j^k + t_j^k \right], 1 \leq j \leq n, 1 \leq k \leq q \right\} \quad (8)$$

Normalmente, la empresa suele proponer cuál es el candidato ideal para el puesto de trabajo, pero esto no siempre es así. Pensemos, por ejemplo, en una empresa que quiere contratar nuevos empleados porque tiene previsto modificar su producción. En este caso, puede haber competencias en las que no se tiene una valoración ideal. Por esta razón, tendremos que distinguir el caso en el que el ideal está completamente valorado y el caso en el que no lo está.

Veamos en un ejemplo cuál es la idea que seguiremos en nuestro método.

**Ejemplo 2:** Supongamos que se han valorado nueve competencias, de las cuales seis cuentan con valoración ideal y tres no. Para las seis que han sido valoradas por la empresa, utilizaremos estos valores para construir números fuzzy que representan las competencias ideales. Para las tres restantes, utilizaremos las valoraciones de los candidatos para llegar a los valores ideales (ver Figura 6).



**Figura 6:** Proceso de determinación del candidato ideal cuando éste ha sido valorado parcialmente.

Con todas las competencias valoradas

En esencia, vamos a repetir el razonamiento empleado con los candidatos en la Sección 4.1. En primer lugar, calculamos para cada una de las competencias ideales los valores siguientes:

$$m_j^L(I) = \min_k I_j^k, \quad m_j^R(I) = \max_k c_j^k, \quad L_j(I) = \min_k (I_j^k - t_j^k), \quad R_j(I) = \max_k (I_j^k + t_j^k)$$

A partir de éstos, construimos para cada competencia un número fuzzy trapezoidal. Para la  $j$ -ésima competencia, la función de pertenencia es la será

$$\mu_{\tilde{I}_j}(x) = \begin{cases} 0, & x < L_j(I) \\ \frac{1}{m_j^L(I) - L_j(I)} (x - L_j(I)), & L_j(I) \leq x \leq m_j^L(I) \\ 1, & m_j^L(I) \leq x \leq m_j^R(I), \\ \frac{1}{m_j^R(I) - R_j(I)} (x - R_j(I)), & m_j^R(I) \leq x \leq R_j(I) \\ 0, & x > R_j(I) \end{cases} \quad (9)$$

Haciendo esto con todas las competencias, tenemos una colección de  $n$  números fuzzy

$$\{\tilde{I}_1, \tilde{I}_2, \dots, \tilde{I}_n\}.$$

Y de forma análoga a lo que se hacía con los aspirantes, para cada  $\alpha \in [0,1]$ , tenemos un número  $\Phi$ -fuzzy que representa las competencias ideales para el nivel de exigencia  $\alpha$ ,

$$\tilde{I}^\Phi(\alpha) = \left\{ \left[ c_j, [I_j^1(\alpha), I_j^2(\alpha)] \right], 1 \leq j \leq n \right\}. \quad (10)$$

**NOTA:** Si  $q=1$ , las competencias ideales vendrán dadas por un único intervalo. En este caso se tiene directamente el número  $\Phi$ -fuzzy

$$\tilde{I}^{\Phi}(\alpha) = \left\{ (c_j, [I_{c_j}^1, I_{c_j}^2]), 1 \leq j \leq n \right\}.$$

Con alguna competencia sin valorar

Si suponemos que la  $j$ -ésima competencia ideal no ha sido valorada, partimos de la única información de la que disponemos: la valoración de los candidatos en todas las competencias:

$$\left\{ [c_{ij}^k - d_{ij}^k, c_{ij}^k + d_{ij}^k], 1 \leq i \leq R, 1 \leq j \leq n, 1 \leq k \leq p \right\}.$$

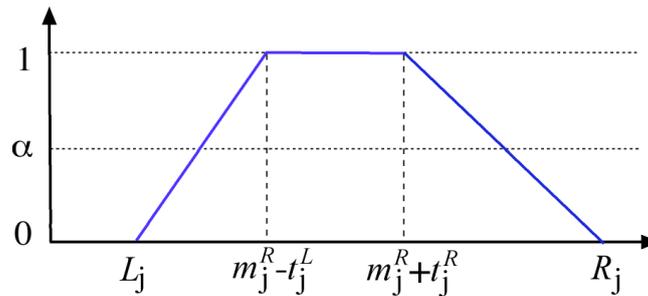
A partir de éstas calculamos los valores siguientes:

$$m_j^R = \max_{i,k} c_{ij}^k \quad L_j = \min_{i,k} (c_{ij}^k - d_{ij}^k), \quad R_j = \max_{i,k} (c_{ij}^k + d_{ij}^k)$$

$$t_j^L = \frac{1}{Rp} \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^R c_{ij}^k - d_{ij}^k, \quad t_j^R = \frac{1}{Rp} \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^R c_{ij}^k + d_{ij}^k.$$

Con ellos podemos construir un número trapezoidal para la  $j$ -ésima competencia: La meseta de la función de pertenencia es  $[m_j^R - t_j^L, m_j^R + t_j^R]$  y la base es  $[L_j, R_j]$ .

Gráficamente, podemos expresarlo de la forma siguiente:



**Figura 7:** Función de pertenencia para la  $j$ -ésima competencia del candidato ideal

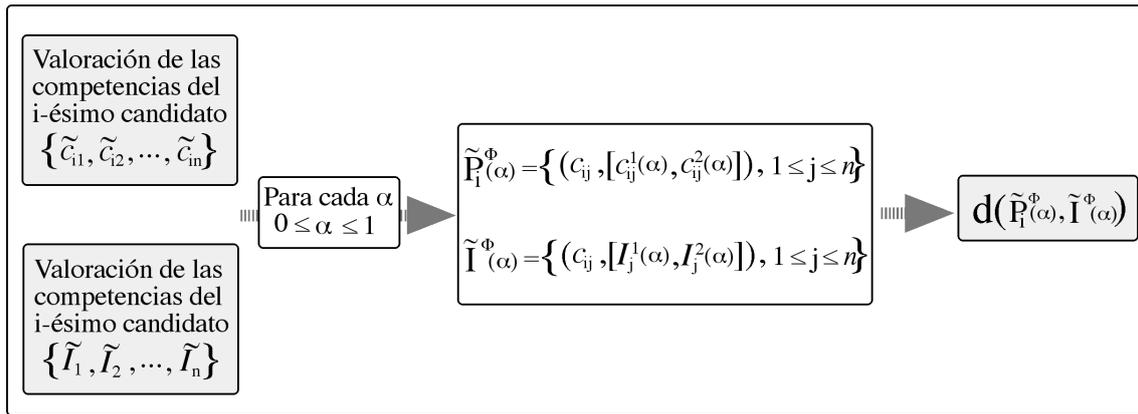
Evidentemente, ésta no es la única manera de construir un número fuzzy que representa la  $j$ -ésima competencia ideal, pero una construcción similar a la que se ha hecho en la sección 4.1, en esta ocasión no sería apropiada. Si lo hiciésemos de esa forma, la competencia ideal resultaría poco exigente.

### 4.3.- Comparación con el candidato ideal

Con lo que hemos expuesto en las secciones 4.1 y 4.2, para cada  $\alpha \in [0,1]$  tenemos  $R+1$  números  $\Phi$ -fuzzy,  $\tilde{P}_i^\Phi(\alpha)$ ,  $1 \leq i \leq R$ , que representan a cada uno de los candidatos, e  $\tilde{I}^\Phi(\alpha)$ , que representa al candidato ideal. La idea es medir la distancia o el parecido de cada uno de los candidatos al ideal mediante la distancia de Hamming o el coeficiente de adecuación, es decir,

$$d_i(\alpha) = d\left(\tilde{P}_i^\Phi(\alpha), \tilde{I}^\Phi(\alpha)\right), 1 \leq i \leq R, \quad (11)$$

donde  $d$  representa la distancia de Hamming (Definición 1) o el coeficiente de adecuación (Definición 2). Esquemáticamente, el proceso que hemos seguido ha sido el siguiente:



**Figura 8:** Esquema para la comparación de los candidatos con el candidato ideal.

Y una vez ordenado el conjunto de números reales  $\{d_i(\alpha)\}_{i=1}^R$ , tenemos ordenados a los candidatos para el nivel de exigencia  $\alpha$ . Si repetimos este proceso para valores de  $\alpha \in [0,1]$  que interesan al decisor, tenemos una ordenación de los candidatos en diferentes situaciones:

$$P_{i_1}(\alpha) \succ P_{i_2}(\alpha) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha). \quad (12)$$

### 4.4.- La selección

En general, a la sección de recursos humanos de la empresa le presentamos diferentes ordenaciones de los candidatos para distintos grados de exigencia. Salvo que

la empresa o el puesto a cubrir impusieran otros escenarios, estos grados suelen ser los siguientes: *Muy poco exigente*, *Poco exigente*, *Exigencia media*, *Bastante exigente* y *Muy exigente* (ver Tabla 1).

Exigencia	Valor de $\alpha$	Ordenación
Muy poco exigente	$\alpha_{MPE} = 0$	$P_{i_1}(\alpha_{MPE}) \succ P_{i_2}(\alpha_{MPE}) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha_{MPE})$
Poco exigente	$\alpha_{PE} = 0.25$	$P_{i_1}(\alpha_{PE}) \succ P_{i_2}(\alpha_{PE}) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha_{PE})$
Exigencia media	$\alpha_M = 0.5$	$P_{i_1}(\alpha_M) \succ P_{i_2}(\alpha_M) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha_M)$
Bastante exigente	$\alpha_{BE} = 0.75$	$P_{i_1}(\alpha_{BE}) \succ P_{i_2}(\alpha_{BE}) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha_{BE})$
Muy exigente	$\alpha_{ME} = 1$	$P_{i_1}(\alpha_{ME}) \succ P_{i_2}(\alpha_{ME}) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha_{ME})$

**Tabla 1:** Ordenación de candidatos para diferentes grados de exigencia de la empresa.

Una vez determinado el valor de  $\alpha$  adecuado, sólo queda un último problema: *los empates*. Existen varios criterios complementarios para deshacer los empates (Gil-Aluja, 1996), pero aunque pudiera parecerlo, este no es un problema para los directivos de la empresa. El hecho de que dos candidatos empaten para un puesto de trabajo permite que sean los propios directivos, con criterios diferentes a las competencias valoradas, cuál es el candidato idóneo. Por un lado, esto mantiene el poder de decisión de los directivos y por otro, saben que la decisión, en principio, no puede ser errónea puesto que se trata de elegir entre candidatos que ocupaban el mismo lugar en la ordenación.

Por otro lado, es necesario estudiar si resulta más adecuada la distancia de Hamming o el índice de adecuación. En el primer caso, valoramos igual alejarse del candidato ideal por exceso o por defecto, mientras que en el segundo caso no es así (Canós, Liern, 2004).

#### 4.5.- El algoritmo

A continuación vamos a resumir en un algoritmo lo expuesto en las secciones anteriores:

**PASO 1:** Construimos un número fuzzy para cada una de las competencias del candidato ideal,  $\{\tilde{I}_1, \tilde{I}_2, \dots, \tilde{I}_n\}$ .

**PASO 2:** Construimos un número fuzzy para cada competencia de cada candidato,  $\{\tilde{c}_{i1}, \tilde{c}_{i2}, \dots, \tilde{c}_{in}\}$ .

**PASO 3:** Dado un nivel de exigencia  $\alpha \in [0,1]$ , construimos un número  $\Phi$ -fuzzy para cada candidato y para el candidato ideal.

$$P_i^\Phi(\alpha) = \left\{ \left( c_{ij}, [c_{ij}^1(\alpha), c_{ij}^2(\alpha)] \right), 1 \leq j \leq n \right\}, i = 1, 2, \dots, R.$$

$$\tilde{I}^\Phi(\alpha) = \left\{ \left( c_j, [I_j^1(\alpha), I_j^2(\alpha)] \right), 1 \leq j \leq n \right\}$$

**PASO 4:** Comparamos cada candidato con el ideal,

$$d_i(\alpha) = d\left(\tilde{P}_i^\Phi(\alpha), \tilde{I}^\Phi(\alpha)\right), 1 \leq i \leq R.$$

**PASO 5:** Ordenamos los candidatos para el nivel de exigencia  $\alpha$ ,

$$P_{i_1}(\alpha) \succ P_{i_2}(\alpha) \succ \dots \succ P_{i_n}(\alpha)$$

**PASO 6:** Repetimos los pasos 2, 3, 4 y 5 para diferentes valores de  $\alpha$ .

**PASO 7:** La empresa elige el grado de exigencia y selecciona al candidato.

## 5. CONCLUSIONES

Actualmente los recursos humanos se consideran un activo fuente de ventaja competitiva para la empresa. Una manera de aprovechar lo mejor posible este recurso es a través de la gestión por competencias. Las competencias son los conocimientos, habilidades, actitudes, aptitudes, etc. que hacen que el desarrollo de ciertas tareas y actividades, así como el logro de determinados resultados, sean sobresalientes.

Cuando los modelos matemáticos ayudan a tomar decisiones se muestran algunas ventajas como la obtención de soluciones claras y rápidas que son fáciles de comprender. Por otra parte, las dificultades aparecen porque, de una forma general, los modelos matemáticos son demasiado objetivos y cuantifican magnitudes que difícilmente se relacionan con estas prácticas. Para evitar esto, usamos modelos desarrollados con la teoría de conjuntos fuzzy, para poder añadir incertidumbre y subjetividad al problema. Mostrar un fenómeno que ocurre en la vida real sin ninguna

deformación es una tarea difícil. La lógica fuzzy no aumenta la dificultad de las matemáticas tradicionales y está cercana al pensamiento humano. Así, permite pensar en las políticas futuras para evitar los requerimientos de rigidez que hacen que un modelo no tenga sentido y nos previene de ignorar soluciones que pueden ser útiles.

En la selección de personal, un tratamiento inflexible de las valoraciones de los candidatos puede obstruir el proceso de orden debido a la no consideración de todos los requerimientos necesarios. Además, la valoración global neutraliza la valoración positiva de las competencias con la negativa, y esto es injusto. Presentamos diversos métodos de selección de personal complementarios y flexibles con los que podemos ordenar a los candidatos aspirantes a un puesto de trabajo. Entre ellos, cabe mencionar el uso de intervalos que permiten más flexibilidad y reflejan mejor las formas de valorar en las empresas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESSEYRE DES HORTS, C.H. (1989): *Gestión estratégica de los recursos humanos*, Bilbao: Deusto.
- BOYATZIS, R.E. (1982): *The Competent Manager. A model for effective performance*, New York: John Wiley & Sons.
- CALVO, T.; MESIAR, R. (2003): "Aggregation operators: ordering and bounds", *Fuzzy Sets and Systems*, 139, pp. 685-697.
- CANÓS, L.; CASASÚS, T.; LARA, T.; LIERN, V.; PÉREZ, J.C. (2007): "Un algoritmo fuzzy para la selección de personal basado en agregación de competencias". *XV Jornadas de ASEPUMA y III Encuentro Internacional*.
- CANÓS, L.; LIERN, V. (2008): "Soft computing-based aggregation methods for human resource management". *European Journal of Operational Research*, Vol. 189, N. 1, pp. 669 – 681.
- CANÓS, L.; LIERN, V. (2004): "Some Fuzzy Models for Human Resources Management", *International Journal of Technology, Policy and Management*, Vol. 4, N. 4, pp. 291-308.
- CANÓS, L.; LIERN, V. (2003): "Toma de decisiones mediante algoritmos borrosos: aplicación a la viabilidad y reestructuración de plantillas laborales", *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 12, N. 2, pp. 127-142.

- CANÓS, L., VALDÉS, J.; ZARAGOZA, P.C. (2003): "La gestión por competencias como pieza fundamental para la gestión del conocimiento", *Boletín de Estudios Económicos*, Vol. LVIII, N. 180, pp. 445-463.
- CAPALDO, G.; ZOLLO, G. (2001): "Applying fuzzy logic to personnel assessment: a case study", *Omega*, N. 29, pp. 585-597.
- CARLSSON, C.H.; FULLÉR, R. (2002): *Fuzzy reasoning in decision making and optimization*, Heidelberg: Springer-Verlag.
- CARLSSON, C.H.; KORHONEN, P. (1986): "A parametric approach to fuzzy linear programming", *Fuzzy Sets and Systems*, 20, pp. 17-30.
- CHANG, P.; HUANG, L.; LIN, H. (2000): "The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and an application to the human resources", *Fuzzy Sets and Systems*, 112, pp. 511-520.
- DUBOIS, D.; PRADE, H. (1980): *Fuzzy sets and systems: theory and applications*. San Diego: Academic Press.
- GALLEGO FRANCO, M. (2001): *Gestión humana basada en competencias*, [www.arearh.com](http://www.arearh.com)
- GIL ALUJA, J. (1996): *La gestión interactiva de los recursos humanos en la incertidumbre*. Madrid: Ed. Centro de Estudios Ramón Areces.
- GOGUEN, J. A. (1969): "The logic of inexact concepts", *Synthese*, N. 19, pp. 325-373.
- GUH, Y.Y.; HON, C.C.; LEE, E.S. (2001): "Fuzzy weighted average: The linear programming via Charnes and Cooper's rule", *Fuzzy Sets and Systems*, 117, pp. 157-160.
- GUPTA, S.; CHAKRABORTY, M. (1998): "Job evaluation in fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, 100, pp. 71-76.
- HAYES, J; ROS-QUIRIE, A; ALLISON, C.W. (2000): "Senior managers' perceptions of the competencies they require for effective performance: implications for training and development", *Personnel review*, Vol. 29, N. 1, pp. 92-105.
- HERRERA, F.; LÓPEZ, E.; MENAÑA, C.; RODRÍGUEZ, M.A. (2001): "A linguistic decision model for personnel management solved with a linguistic biobjective genetic algorithm", *Fuzzy Sets and Systems*, 118, pp. 47-64.
- KAUFMANN, A.; GIL ALUJA, J. (1987): *Técnicas operativas de gestión para el tratamiento de la incertidumbre*, Barcelona: Editorial Hispano Europea.

- LE BOTERF, G. (2000): *Ingeniería de las competencias*, Ediciones Gestión 2000.
- LEE, H.T; CHEN, S.H. (2001): "Fuzzy regression model with fuzzy input and output data for manpower forecasting", *Fuzzy Sets and Systems*, 119, pp. 205-213.
- LEGIND LARSEN, H. (2002): "Efficient importance weighted aggregation between min and max", *9th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'2002)*. Annecy.
- LIANG, G.S.; WANG, M.J.J. (1994): "Personnel selection using fuzzy MCDM algorithm", *European journal of operational research*, Vol. 78, issue 1, pp. 22-33.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, E.; Mendaña Cuervo, C.; Rodríguez Fernández, M.A. (1996): "La selección de personal con un algoritmo genético borroso", *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 2, N. 2, pp. 61-76.
- PACHECO PALADINI, E. (1997): "A new process for human performance evaluation", *Deuxième Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel ALBI 1997*.
- PEÑA BAZTÁN, M. (1990): *Dirección de personal. Organización y técnicas*, Barcelona: Hispano Europea.
- PEREDA MARÍN, S.; BERROCAL BERROCAL, F. (1999): *Gestión de recursos humanos por competencias*, Madrid: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- SPENCER, L.M.; SPENCER, S.M. (1993): *Competence at work. Models for superior performance*, New York, Wiley and Sons.
- ZADEH, L. (1965): "Fuzzy Sets", *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-375.
- ZIMMERMANN, H.J. (1997): "Fuzzy mathematical programming", en T.Gal, H.J. Greenberg [eds.], *Advances in sensitivity analysis and parametric programming*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- ZOLLO, G.; CANNAVACCIUOLO, A.; CAPALDO, G.; VOLPE, A. Y VENTRE, A. (1996): "The organizational evaluation process: a fuzzy model", *Fuzzy Economic Review*, Vol. 1, N. 1, pp. 3-30.