

PROCESO DE ADJUDICACIÓN DE UN CONTRATO PÚBLICO PARA EL DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO EN RED (ANP)

Pablo Aragonés-Beltrán

Neus Morro-Botía

Marina Nuévalos-González

Juan Pascual Pastor-Ferrando

Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de València

Abstract

The process of awarding a public contract to the most economically advantageous tender (according to the LCSP 2007) when taking more criteria into account besides price, is a complex task. The law specifies that the criteria and their weights, as well as how to value the bidders according to these criteria have to be determined, following the principles of transparency and equality among bidders.

In this paper we propose the use of the Analytic Network Process (ANP) to help the technicians, who must make reports, to make the process more systematic, transparent and traceable. This method allows to weight the decision criteria, which are included in the tender documents, to value each of the alternatives and to prioritize the tenders, in a consistent and scientifically way.

The method is applied to a case study involving the award of the development and maintenance of a software application for managing patient appointment request.

Keywords: *public bidding; analytic network process*

Resumen

El proceso de adjudicación de un contrato público a la oferta económicamente más ventajosa cuando se tienen en cuenta más criterios, además del precio, es una tarea compleja. La Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público (LCSP 2007) especifica que hay que determinar los criterios y su ponderación, así como la forma de valorar a los diferentes licitadores según satisfagan estos criterios, siguiendo los principios de transparencia e igualdad entre los licitadores.

En el presente trabajo se propone la utilización del Proceso Analítico en Red (ANP) para ayudar a los técnicos que deben realizar los informes a hacer que su proceso sea más sistemático, transparente y trazable. Este método permite la asignación de los pesos (prioridades) de los criterios de decisión, los cuales se recogen en el Pliego de Cláusulas Administrativas de la licitación, la valoración de cada una de las alternativas y la priorización de las ofertas, de un modo consistente y científicamente contrastado.

El método se aplica a un caso de estudio consistente en la adjudicación del desarrollo y mantenimiento de una aplicación software para la gestión de solicitud de cita de pacientes.

Palabras clave: *adjudicación contrato público; proceso analítico en red*

1. Introducción

El proceso de adjudicación de un contrato público a la oferta económicamente más ventajosa cuando se tienen en cuenta más criterios, además del precio, está regulado por la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público (LCSP 2007). En ella se especifica que hay que determinar los criterios y su ponderación, así como la forma de valorar a los diferentes licitadores según satisfagan estos criterios, siguiendo los principios de transparencia e igualdad entre los licitadores. La misión de los técnicos de la Administración que participan en el proceso es la definición de las cláusulas técnicas que compongan el objeto del contrato y la valoración de los licitadores de acuerdo con estas cláusulas.

Se trata de un problema en el que hay que establecer los criterios que han de definir la oferta más ventajosa, ponderarlos y, de acuerdo con ellos, valorar las diferentes propuestas. Este problema se puede tratar como un problema de toma de decisiones multicriterio discreto y aplicar, métodos de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio (Belton y Stewartt, 2002) (Figueira et al., 2005)

En este trabajo se aplica el Proceso Analítico en Red (ANP), para establecer una prioridad entre las diferentes ofertas que se presentan a un contrato para el desarrollo y mantenimiento de una aplicación software para la gestión de solicitud de cita de pacientes. Se van a emplear dos modelos diferentes de este método, uno jerárquico (Proceso Analítico Jerárquico, AHP) y otro en red (ANP), considerando que AHP es un caso particular de ANP (Saaty, 2001).

El Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP) es un conocido método de toma de decisiones multicriterio, propuesto por Th Saaty en 1980 (Saaty, 1980). Según su autor, el método constituye una teoría de la medida relativa de criterios intangibles para el análisis de decisiones. Se basa en la descomposición del problema de decisión en varios niveles de tal modo que se establece una jerarquía con relaciones unidireccionales entre cada uno de los niveles. El nivel más alto de la jerarquía está formado por el objetivo del problema. En el siguiente nivel se sitúan los criterios, tangibles e intangibles, y subcriterios, en base a los cuales se valorarán las alternativas, las cuales forman el nivel más bajo de la jerarquía. AHP utiliza comparaciones pareadas para asignar pesos a los elementos de cada nivel, midiendo su importancia relativa mediante la escala 1-9 de Saaty y finalmente calcula la prioridad global correspondiente a los elementos del último nivel que son las alternativas del proceso de decisión (Saaty, 2008). El método también calcula un ratio de consistencia asociado a cada matriz de comparaciones pareadas para verificar la coherencia del DM. Los fundamentos matemáticos del método se pueden encontrar en (Saaty 1994, 1996).

AHP es conceptualmente fácil de usar, sin embargo, su estructura jerárquica estricta no refleja la complejidad de muchos problemas del mundo real en los que los criterios de decisión y las alternativas pueden influirse entre ellos. Como solución, Saaty propuso el modelo ANP, una generalización del AHP (Saaty 2001, 2005). ANP representa un problema de toma de decisiones como una red compuesta por criterios y alternativas (todos ellos llamados elementos), agrupados en clusters (grupos). Todos los elementos de la red pueden estar relacionados de cualquier forma posible, es decir, una red puede incorporar relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema. Esto proporciona un modelado más exacto de los entornos de decisión complejos. La influencia de los elementos de la red sobre otros elementos de esa misma red se puede representar en una supermatriz. Este nuevo concepto consiste en una matriz cuadrada de dos dimensiones (elementos-elementos) en la que cada valor representa la intensidad con la que el elemento fila influye sobre el elemento columna. El procedimiento de cálculo de esta influencia se realiza analizando sucesivamente los elementos de cada grupo de la red que influyen sobre un determinado elemento columna y calculando, mediante matrices de comparación pareada

(similar al cálculo de las importancias en AHP), la influencia relativa que cada uno de los elementos de cada grupo ejerce respecto a los demás sobre el elemento columna objeto del cálculo. Esta influencia se pondera por la influencia que cada grupo ejerce sobre el grupo al que pertenece el elemento columna. Mediante cálculo matemático se obtiene la ponderación de la influencia que cada elemento (criterios y alternativas) ejerce en el sistema, obteniéndose las prioridades finales.

Según (Saaty 2001), el modelo ANP comprende las siguientes etapas:

- I. Identificación de los componentes y elementos (criterios y alternativas) y sus relaciones de influencia. Generación de la red.
- II. Determinación de las prioridades entre elementos de la red que ejercen influencia sobre otros. Estas prioridades se calculan utilizando comparaciones pareadas y juicios en la escala 1-9 de forma similar a AHP.
- III. Colocación de los vectores de prioridad como parte de una supermatriz por columnas (supermatriz original o *unweighted*). Los elementos de esta supermatriz representan la prioridad que cada elemento fila ejerce, en relación con el resto de su grupo sobre cada elemento columna.
- IV. Cada grupo de elementos columna de la supermatriz original ha de ser ponderada por la influencia que el resto de grupos fila ejerce sobre él. Así se obtiene una matriz estocástica por columnas que se denomina supermatriz ponderada (*weighted*).
- V. Se eleva la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan a un determinado valor (supermatriz límite).

Algunas aplicaciones recientes de ANP al área de dirección de proyectos son: selección de proyectos de I+D (Meade and Presley, 2002), (Mohanty et al., 2005), selección de proyectos de construcción (Cheng and Li, 2005), selección de proveedores (Gencer and Gürpınar, 2007). Recientemente Pastor-Ferrando et al. (2010) han publicado un trabajo en el que se aplica ANP a la ponderación de criterios de contratos públicos de obras.

2. Caso de estudio

2.1 El decisor

En el servicio administrativo objeto de este caso de estudio, el procedimiento que se sigue para la adjudicación de un concurso público es multipersonal, mediante una jerarquía estructurada para la toma de decisiones encabezada por el jefe de área de la materia, y determinada en último nivel por el director de proyecto. Las decisiones se toman, siguiendo todos los procedimientos establecidos por la LCSP, en cascada, de forma que el informe de adjudicación se realiza por el director de proyecto con las determinaciones que se toman en la jerarquía de decisión de la siguiente forma:

- Se concretan los criterios de valoración en función del objeto del concurso por una comisión jerárquica determinada para tal, normalmente formada por el jefe de proyecto y el jefe de servicio del que depende. Además se incluyen expertos en el proyecto a tratar en función de las necesidades del servicio.
- El jefe de proyecto estudia cada una de las ofertas que se presentan a concurso, obteniendo la información que permite realizar las valoraciones a tener en cuenta.
- Mediante sesiones de trabajo con el jefe de servicio y los expertos, se determinan las valoraciones en cada una de las ofertas. En el presente estudio las valoraciones se han realizado siguiendo el método ANP/AHP. Se comparan las diferentes alternativas (propuestas realizadas por los licitadores) para obtener una decisión sobre la mejor oferta y se realiza un informe detallado.
- El responsable último es el jefe de área, quien estudia y valida cualquier decisión tomada en el ámbito de la adjudicación.

2.2 Criterios y alternativas.

El objeto del contrato es el desarrollo y mantenimiento de una aplicación software para la gestión de solicitud de cita de pacientes. En el *Pliego de Especificaciones Técnicas* se especifican todas las necesidades técnicas que se desean contratar, y en el *Pliego de Cláusulas Administrativas*, se especifican los criterios de adjudicación y la estimación del coste del concurso, de forma que los criterios de base para la adjudicación son (Tabla 1):

- Criterios que evalúan la Valoración Técnica de la propuesta.
- Criterios que evalúan la Valoración Económica de la propuesta.

Durante el proceso, se presentaron cuatro empresas licitadoras, cada una de las cuales aportó un informe detallado con la descripción de la oferta de acceso al concurso público.

Tabla 1. Descripción de los criterios

C1 CRITERIOS DE VALORACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA	
C11 Adecuación de los recursos humanos	
C111 Cantidad de recursos adicionales	valora de forma cuantitativa el número de recursos adicionales que se ofrecen al margen de los solicitados en el pliego.
C112 Justificación razonada por perfiles	valora de forma cualitativa el desglose de funciones y responsabilidades que se especifican en las ofertas para todos los perfiles incluidos.
C113 Cualificación de recursos	valora de forma cualitativa el conocimiento de los recursos en la utilización de las herramientas necesarias para el desarrollo del proyecto
C114 Experiencia en el sector	de los recursos ofertados con valoración cualitativa
C115 Experiencia en integración de sistemas	de los recursos ofertados con valoración cualitativa.
C12 Metodología, procedimientos de trabajo y herramientas incluidas.	
C121 Calidad del producto	valora de forma cualitativa el plan de pruebas, las herramientas de optimización de código y la documentación a generar
C122 Implantación, formación y soporte	valora cuantitativamente los perfiles a dedicar a la implantación del sistema así como las sesiones de formación planificadas.
C123 Propuesta Funcional	valora las funcionalidades a realizar de forma cualitativa.
C124 Productos ofertados como herramientas de trabajo	valora cuantitativamente el número de productos ofertados para diferentes tareas
C125 Metodología y procedimientos de trabajo	valora cualitativamente la metodología a seguir para el desarrollo del proyecto.
C13 Planificación, dirección y seguimiento del proyecto. Valora cualitativamente las técnicas de gestión y dirección del proyecto a utilizar.	
C2 CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA	
La evaluación económica se va a realizar en base al porcentaje de baja sobre el precio de licitación, teniendo en cuenta que se considera baja temeraria, y por tanto no forma parte de las alternativas, aquellas bajas superiores al 25% del importe de licitación.	

prioridades globales asociadas a cada alternativa. La Tabla 2 muestra los pesos de los criterios de más bajo nivel y la Tabla 3 las prioridades obtenidas por cada empresa licitadora.

Tabla 2: pesos locales y globales de los criterios

CRITERIOS	PESOS LOCALES	PESOS GLOBALES
C1 CRITERIOS DE VALORACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA		0,667
C11 Adecuación de los recursos humanos	0,731	0,487
C111 Cantidad de recursos adicionales	0,168	0,082
C112 Justificación razonada por perfiles	0,070	0,034
C113 Cualificación de recursos	0,360	0,175
C114 Experiencia en el sector	0,321	0,156
C115 Experiencia en integración de sistemas	0,082	0,040
C12 Metodología, procedimientos de trabajo y herramientas incluidas.	0,189	0,126
C121 Calidad del producto	0,174	0,022
C122 Implantación, formación y soporte	0,174	0,022
C123 Propuesta Funcional	0,039	0,005
C124 Productos ofertados como herramientas de trabajo	0,278	0,035
C125 Metodología y procedimientos de trabajo	0,334	0,042
C13 Planificación, dirección y seguimiento del proyecto.	0,081	0,054
C2 CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA		0,333

Tabla 3: Valoración de las alternativas

EMPRESA1	0,205
EMPRESA2	0,156
EMPRESA3	0,333
EMPRESA4	0,305

2.4. Modelo en red (ANP)

En este modelo los elementos de la red son todos los criterios y todas las alternativas que componen el problema, estos elementos o nodos se encuentran agrupados en grupos o

clusters. Atendiendo al problema objeto de análisis los clusters creados con los elementos agrupados en ellos son los siguientes:

- Cluster: C1-Valoración Técnica
Elementos:
C1-Valoración Técnica
- Cluster: C11-Adecuación RRHH
Elementos:
C111-Cantidad
C112-Perfiles
C113-Cualificación
C114-Experiencia en el sector
C115-Experiencia integración de sistemas
- Cluster: C12-Metodologías, procedimientos de trabajo, y herramientas
Elementos:
C121-Calidad
C122-Implantación, formación y soporte
C123-Propuesta funcional
C124-Herramientas de trabajo
C125-Metodología y procedimientos
- Cluster: C13-Planificación y control
Elementos:
C13-Planificación y control
- Cluster: C2-Valoración Económica
Elementos:
C2-Valoración Económica
- Cluster: Alternatives
Nodos:
Empresa1
Empresa2
Empresa3
Empresa4

Una vez creados los clusters se establecen las relaciones de interdependencia y realimentación entre los elementos del sistema. Esto se realiza mediante la matriz de dominación interfactorial de la Tabla 4. En esta matriz se coloca un 1 si el elemento fila influye sobre el elemento columna y 0 si no influye. A partir de esta matriz se ha elaborado el modelo en red con ayuda del programa informático *Super Decisions 1.6.0*. La Figura 2 presenta el modelo en red del problema implementado en el programa.

Una vez se ha modelado el problema como una red, se procede a la ponderación de las intensidades de las influencias establecidas, tanto entre elementos de la red como entre clusters. La Tabla 5 muestra la supermatriz original (unweighted) y la Tabla 6 muestra la Supermatriz ponderada (weighted). Esto se ha realizado a través de un cuestionario que respondieron los expertos por consenso como si fueran un único decisor. Las valoraciones de las alternativas respecto a los criterios son las mismas que en el modelo jerárquico. Ha habido que añadir el análisis de influencia de los criterios entre sí (sólo entre los que se ha percibido influencia) y la influencia de los criterios sobre cada una de las alternativas.

Al igual que en el modelo jerárquico tras realizar todas las comparaciones pareadas se ha verificado la consistencia de los juicios emitidos.

Figura 2: Modelo en red

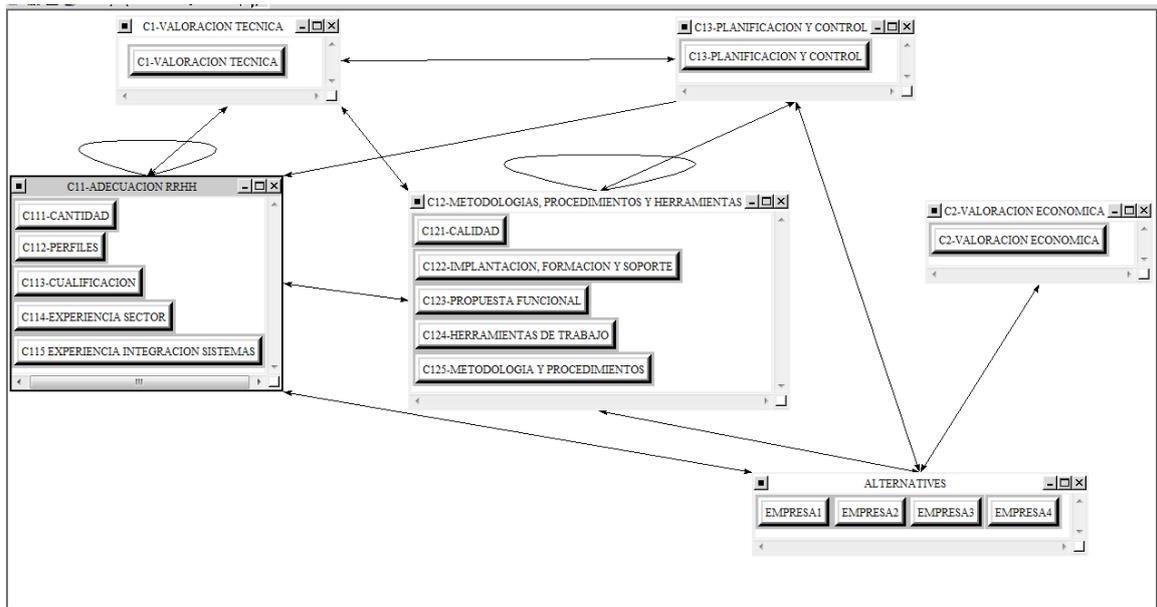


Tabla 4: Matriz de dominación interfacorial

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	C1	C2	C111	C112	C113	C114	C115	C121	C122	C123	C124	C125	C13
EMP1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMP2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMP3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMP4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C111	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
C112	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
C113	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C114	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
C115	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C121	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C122	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C123	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C124	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
C125	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
C13	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Tabla 5: Supermatriz original (unweighted)

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	C1	C2	C111	C112	C113	C114	C115	C121	C122	C123	C124	C125	C13
EMP1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,304	0,384	0,201	0,215	0,052	0,067	0,081	0,227	0,055	0,063	0,075	0,093
EMP2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,352	0,040	0,035	0,039	0,052	0,067	0,041	0,057	0,055	0,313	0,036	0,040
EMP3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,173	0,579	0,215	0,595	0,583	0,615	0,062	0,669	0,313	0,444	0,579
EMP4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,144	0,403	0,184	0,531	0,300	0,282	0,262	0,654	0,220	0,313	0,444	0,289
C1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
C2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C111	0,261	0,260	0,081	0,138	0,168	0,000	0,000	1,000	0,167	0,750	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C112	0,350	0,080	0,047	0,034	0,070	0,000	0,000	0,000	0,833	0,250	0,833	0,250	0,125	0,000	0,000	0,000	1,000
C113	0,307	0,514	0,301	0,573	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C114	0,041	0,073	0,492	0,203	0,321	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,875	0,000	0,000	0,000	0,000
C115	0,041	0,073	0,078	0,051	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C121	0,105	0,072	0,265	0,071	0,174	0,000	0,080	0,305	0,368	0,112	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C122	0,355	0,135	0,037	0,160	0,174	0,000	0,241	0,167	0,099	0,436	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C123	0,048	0,072	0,065	0,038	0,040	0,000	0,046	0,208	0,181	0,279	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C124	0,355	0,586	0,131	0,160	0,278	0,000	0,413	0,111	0,106	0,087	0,000	0,000	0,000	0,167	0,000	1,000	0,125
C125	0,137	0,135	0,502	0,570	0,334	0,000	0,220	0,210	0,245	0,087	0,000	0,000	0,000	0,833	0,000	0,000	0,875
C13	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 6: Matriz ponderación de clusters

	ALT	C1	C2	C11	C12	C13
ALTERNATIVES	0,000	0,000	1,000	0,250	0,177	0,230
C1-VALORACION TECNICA	0,000	0,000	0,000	0,250	0,177	0,230
C2-VALORACION ECONOMICA	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C11-ADECUACION RRHH	0,506	0,731	0,000	0,250	0,392	0,379
C12-METODOLOGIAS, PROCEDIMIENTOS Y HERRAMIENTAS	0,175	0,188	0,000	0,250	0,156	0,161
C13-PLANIFICACION Y CONTROL	0,099	0,081	0,000	0,000	0,099	0,000

Tabla 7: Supermatriz ponderada (weighted)

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	C1	C2	C111	C112	C113	C114	C115	C121	C122	C123	C124	C125	C13
EMP1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,304	0,128	0,050	0,054	0,013	0,022	0,019	0,048	0,016	0,031	0,026	0,021
EMP2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,352	0,013	0,009	0,010	0,013	0,022	0,010	0,012	0,016	0,156	0,013	0,009
EMP3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,058	0,145	0,054	0,149	0,194	0,146	0,013	0,194	0,156	0,154	0,133
EMP4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,144	0,134	0,046	0,133	0,075	0,094	0,062	0,137	0,064	0,156	0,154	0,067
C1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,250	0,250	0,250	0,333	0,237	0,209	0,290	0,500	0,347	0,230
C2	0,220	0,220	0,220	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C111	0,132	0,132	0,041	0,070	0,123	0,000	0,000	0,250	0,042	0,188	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C112	0,177	0,040	0,024	0,017	0,051	0,000	0,000	0,000	0,208	0,063	0,278	0,131	0,058	0,000	0,000	0,000	0,379
C113	0,155	0,260	0,152	0,290	0,263	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,394	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C114	0,021	0,037	0,249	0,103	0,234	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,406	0,000	0,000	0,000	0,000
C115	0,021	0,037	0,040	0,026	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C121	0,018	0,013	0,046	0,012	0,033	0,000	0,027	0,076	0,092	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C122	0,062	0,024	0,006	0,028	0,033	0,000	0,080	0,042	0,025	0,109	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C123	0,008	0,013	0,011	0,007	0,007	0,000	0,015	0,052	0,045	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C124	0,062	0,103	0,023	0,028	0,052	0,000	0,138	0,028	0,027	0,022	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,307	0,020
C125	0,024	0,024	0,088	0,100	0,063	0,000	0,073	0,053	0,061	0,022	0,000	0,000	0,000	0,214	0,000	0,000	0,141
C13	0,099	0,099	0,099	0,099	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,117	0,163	0,000	0,000	0,000

Elevando la matriz ponderada, que es estocástica por columnas, a sucesivas potencias se obtiene la matriz límite. Esta matriz tiene todas las columnas iguales. Sus valores representan la influencia que cada elemento ejerce en el conjunto del sistema. A partir de ellos se obtienen las prioridades de las alternativas y las ponderaciones de los criterios

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 8 y Tabla 9

Tabla 8: Valoración de las alternativas ANP

EMPRESA1	0,190
EMPRESA2	0,144
EMPRESA3	0,350
EMPRESA4	0,316

Tabla 9: pesos de los criterios ANP

CRITERIOS	PESOS GLOBALES
C111 Cantidad de recursos adicionales	0,123
C112 Justificación razonada por perfiles	0,116
C113 Cualificación de recursos	0,163
C114 Experiencia en el sector	0,129
C115 Experiencia en integración de sistemas	0,027
C121 Calidad del producto	0,048
C122 Implantación, formación y soporte	0,051
C123 Propuesta Funcional	0,030
C124 Productos ofertados como herramientas de trabajo	0,085
C125 Metodología y procedimientos de trabajo	0,085
C13 Planificación, dirección y seguimiento del proyecto.	0,067
C2 CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA	0,076

2.5. Comparación de resultados

Tabla 10: Comparación de resultados entre los dos modelos

JERARQUIA		RED	
EMPRESA3	0,333	EMPRESA3	0,350
EMPRESA4	0,305	EMPRESA4	0,316
EMPRESA1	0,205	EMPRESA1	0,190
EMPRESA2	0,156	EMPRESA2	0,144

2.6. Análisis de sensibilidad

Una vez obtenidos los resultados es conveniente realizar un análisis de sensibilidad para observar cómo pueden modificarse las ordenaciones obtenidas si se modifican los pesos de los criterios. Este análisis se ha llevado a cabo en el modelo jerárquico. El procedimiento que se ha seguido ha sido el de ir modificando uno a uno los pesos de los tres criterios de mayor peso (*C2-Valoración Económica (peso= 0,33)*; *C113-Cualificación de recursos (peso= 0,18)*; *C114-Experiencia en el Sector (peso= 0,16)*), en varios pasos sucesivos, manteniendo fijos los demás y observar si se produce alguna modificación en la ordenación.

El programa Super Decisions permite realizar los cálculos de forma sistemática de manera que para cada criterio se puede modificar su peso desde un valor inicial hasta uno final en varios pasos, obteniéndose una gráfica en la que se puede observar la evolución de las ordenaciones de las alternativas. Aunque cabe destacar que tal y como se ha realizado el planteamiento del problema, dado que la jerarquía de criterios no está balanceada, con el criterio C2-Valoración Económica no se puede realizar el análisis de sensibilidad de forma automática, no permitiendo realizar un análisis de sensibilidad tampoco con los criterios C2 y

C1 a la vez. En este caso, la única forma que se tiene para ver como varían las prioridades asociadas a las alternativas modificando los criterios mencionados, es introduciendo directamente dichas modificaciones en el programa y analizando los resultados.

Tras realizar el análisis se pudo comprobar que la alternativa de mayor prioridad permanece en esa posición siempre y cuando la variación de los pesos de los criterios no sea considerable, y hay que tener en cuenta que dichas variaciones notables no son factibles en el contexto de un proceso de toma de decisiones racionalmente dirigido. A continuación se muestran, a modo de ejemplo, las variaciones en los pesos de los criterios C2-Valoración Económica y C1-Valoración Técnica, y C113-Cualificación de recursos, que dan lugar a cambios en la ordenación:

2.6.1. Modificaciones en los criterios C2-Valoración Económica y C1-Valoración Técnica

1. *Escenario de partida:* el criterio C1-Valoración Técnica es entre igual y moderadamente más importante que el criterio C2-Valoración Económica.
2. *Escenario 2:* El criterio C2-Valoración Económica es moderadamente más importante que el criterio C1-Valoración Técnica

Tabla 11: Comparación escenarios de sensibilidad. Pesos

ESCENARIO DE PARTIDA	ESCENARIO 2	
	Pesos	Pesos
C1-Valoración Técnica	0,67	C1-Valoración Técnica 0,25
C2-Valoración Económica	0,33	C2-Valoración Económica 0,75

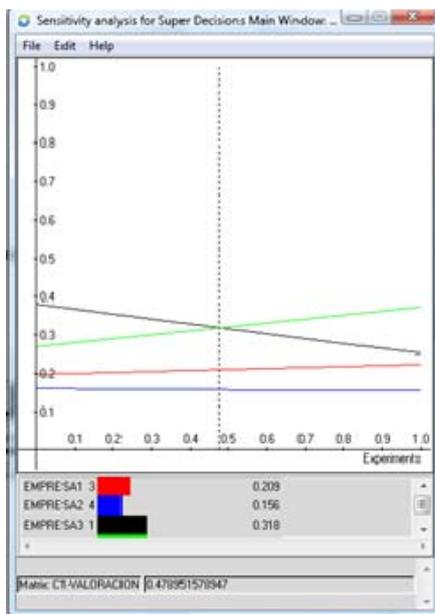
Tabla 12: Comparación escenarios de sensibilidad. Alternativas

Alternativas	PRIORIDADES	
	<i>Escenario de Partida</i>	<i>Escenario 2</i>
EMPRESA 1	0.205453	0.267046
EMPRESA 2	0.156431	0.278669
EMPRESA 3	0.333346	0.250001
EMPRESA 4	0.304770	0.204284

2.6.2. Modificación en el criterio C113 Cualificación de recursos

La figura 3 muestra el análisis de sensibilidad respecto al criterio Cualificación de recursos. La Empresa 3 deja de ser la alternativa de mayor prioridad cuando el criterio C113-Cualificación de recursos tiene una prioridad (peso) de 0,48 o más, tal y como se puede observar en la gráfica. Por lo tanto, los análisis de sensibilidad realizados permiten asegurar que existe suficiente estabilidad en la ordenación sugerida.

Figura 3. Análisis de sensibilidad respecto al criterio Cualificación de recursos humanos.



3. Conclusiones

AHP y ANP han permitido establecer una prioridad entre el conjunto de licitadores para la adjudicación de un contrato de desarrollo y mantenimiento de una aplicación software para la gestión de solicitud de cita de pacientes. Los métodos empleados han permitido realizar un profundo análisis sobre los criterios que hay que tener en cuenta, sus pesos, así como las respectivas valoraciones de cada propuesta. Se ha logrado mejorar la organización de las ideas y sistematizar el proceso.

El análisis realizado por los dos modelos, jerárquico y en red, indica como mejor alternativa a la EMPRESA 3, por lo que esta será la propuesta para su selección, realizando un informe técnico de adjudicación avalado por el resultado obtenido de los dos métodos de estudio consensuados.

Comparando los modelos, jerárquico (AHP) y en red (ANP) se observa que los resultados obtenidos mediante ambos análisis es el mismo pese a las diferencias que existen entre los dos. El método ANP es más aproximado a la realidad que el método AHP, pues en él se pueden establecer las interdependencias y realimentaciones que los expertos perciben. Los resultados muestran una prioridad entre todos los elementos del sistema, por lo que los pesos de los criterios salen como consecuencia del análisis de todas las influencias calculadas conjuntamente. En el modelo jerárquico, las prioridades de los criterios las establece el decisor desde el comienzo del problema, representan la importancia que se asigna a los criterios, independientemente de las influencias que haya entre ellos y de las alternativas que se tenga.

En el caso de un contrato público, con la legislación actual, en el que los pesos de los criterios se han de establecer como paso previo a la presentación de las ofertas, sólo se puede usar el modelo jerárquico. Sin embargo, sería más realista considerar un modelo en red que permitiese modificar los pesos de los criterios según las ofertas presentadas. Esto con ANP se puede realizar de modo sistemático, transparente y trazable. En este caso de estudio las ordenaciones no se han visto afectadas.

Los resultados del Análisis de Sensibilidad aportan mucha información sobre el caso de estudio al comparar los criterios de *Valoración Técnica* frente a los de *Valoración económica*. En este caso, el análisis realizado para AHP determina que si el peso asignado a la valoración económica es moderadamente superior al de valoración técnica, varía la selección de la mejor alternativa, quedando la EMPRESA 2 como mejor alternativa, que corresponde con la alternativa que más baja presenta en la oferta. Además, las alternativas se ordenan en el mismo orden que el valor correspondiente al criterio de valoración técnica:

Este análisis de sensibilidad aporta la demostración de un problema real patente en la administración pública, demostrando de forma precisa el valor que tiene el criterio económico en una adjudicación, que dependiendo del peso que se le asigne, las decisiones cambiarán radicalmente. Es importante que el decisor, o la estructura jerárquica de decisión, sean conscientes del rango permisible de asignación de pesos para que todos los criterios influyan en la decisión final y no sea exclusivamente por la baja sobre el precio de licitación, cuando se tienen en cuenta más criterios de adjudicación que el del precio más bajo.

El resto de comparaciones realizadas en el análisis de sensibilidad demuestran la estabilidad de la solución y la consistencia del método utilizado, ya que la variación de los criterios de mayor peso que se han comparado (Cualificación de Recursos y Experiencia en el Sector) aportan un balanceo entre las dos alternativas mejor valoradas, determinando los rangos en los que podría dominar la EMPRESA 4 a la EMPRESA 3.

REFERENCIAS

Belton V., & Stewart T.J. (2002) *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. London: Kluwer Academics Publishers.

Cheng E.W.L., & Li H. (2005). Analytic network process applied to project selection. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 459-466.

Figueira, J. Greco, S, & Ehrgott, M (Eds) (2005) *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys*. New York. Springer.

Gencer C., & Gürpınar D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling*, 31; 2475-2486.

Meade L.M., & Presley A. (2002). R&D project selection using the analytic network process. *IEEE Transactions on Engineering Management*; 49, 59-66.

Mohanty R.P., Agarwal R., Choudhury A.K., & Tiwari M.K. (2005). A fuzzy ANP-based approach to R&D project selection: a case study. *International Journal of Production Research*; 43 (24), 5199-5216.

Pastor-Ferrando, J.P., Aragonés-Beltrán, P., Hospitaler-Pérez, A., & García-Melón, M. (2010), An ANP –and AHP- based approach for weighting criteria in public Works bidding. *Journal of Operational Research Society*, 61, 905-916.

Saaty, TL. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw-Hill.

Saaty, TL. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP*. Pittsburgh. RWS Publications..

Saaty, TL. (1996). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. Pittsburgh. RWS Publications.

Saaty, TL. (2001). Decision making with independence and feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications. Pittsburgh.

Saaty, TL. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are central in Mathematics for the measurement of intangible factors. The Analytic Hierarchy/Network Process. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Matemáticas (RACSAM)*, 102 (2), 183-191.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Pablo Aragonés-Beltrán.
Departamento de Proyectos de Ingeniería.
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n
46022 Valencia
Phone: +34 963879860
Fax: + 34 963879869
E-mail: aragones@dpi.upv.es