

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS

LUGO, 26-28 Septiembre, 2007

ESTUDIO DE MÉTODOS DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS

D. Justel Lozano^{1(p)}, E. Pérez Bartolomé², R. Vidal Nadal³, A. Gallo Fernández¹, E. Val Jauregui¹

Abstract

Best product concept selection is of prime importance to direct the marketing launching process. This selection is one of the most difficult and critical decisions for the designer, and an inappropriate concept selection can rarely be compensated on a later stage of the process, increasing the cost of redesign at the same time. Nowadays, there are several concept selection and evaluation methods that allow to reduce the failure risk.

The objective of this communication is to carry an analysis of those different methods to evaluate and select concepts, with the aim of reinforcing the methodology developed by the authors on 2006.

Keywords: Product concept selection/assessment, Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA), Selection of portfolio

Resumen

La elección del mejor concepto de producto es vital para encaminar el proceso de lanzamiento del mismo al mercado. Dicha elección es una de las cuestiones más críticas y difíciles que tiene que tomar el diseñador. Una elección inadecuada de concepto raramente puede ser compensada en posteriores fases del proceso incrementando a su vez el coste de rediseño. En la actualidad existen diferentes métodos de selección y evaluación de concepto que permiten reducir el riesgo de fracaso del proceso.

El objetivo de esta comunicación es realizar un estudio de los diferentes métodos que existen en la actualidad para la evaluar y seleccionar conceptos de producto, con el fin de reforzar el método desarrollado por los autores en el año 2006.

Palabras clave: Selección de conceptos, Métodos multicriterio, Selección de portafolio

1. Introducción

Hoy en día, para las empresas, el tiempo de lanzamiento de un producto al mercado es un factor clave para la competitividad. Las necesidades de los clientes están en continuo cambio, y por tanto, hay que ofrecerle lo que desea en el momento adecuado y a un precio competitivo. Por tanto, cuando una empresa pone con éxito en el mercado un nuevo producto con prestaciones diferentes a las existentes, obliga a que sus competidores desarrollen lo más rápidamente posible uno de características similares para hacerle competencia. Ese producto debe pasar por las fases que se muestran en la figura 1. La primera fase es la detección de oportunidades en el mercado, esta finaliza con la redacción de las especificaciones que el producto debe cumplir. A partir de las especificaciones se generan y seleccionan los conceptos de producto que mejor cumplen las especificaciones (fase 2), y de estos conceptos de producto (bocetos) se realiza el diseño del producto y del proceso (fase 3). Una vez diseñado en conjunto el producto se optimiza y valida el diseño,

para después rediseñar el producto y obtener los planos en detalle con los que se realiza la industrialización y venta de producto.

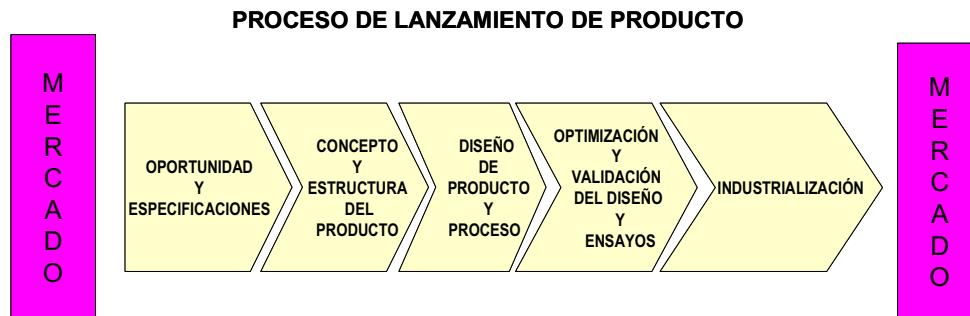


Figura 1. Proceso genérico de lanzamiento de un producto al mercado (Justel *et al.*, 2006)

Las empresas deben innovar para subsistir en el mercado, y la selección del mejor concepto de producto es trascendental para encaminar el proceso de lanzamiento del mismo al mercado. A partir del concepto seleccionado se diseña en detalle para después fabricar y venderlo en el mercado. Una elección inadecuada de concepto es difícil de compensar en posteriores fases del proceso, y siempre incrementa el coste de rediseño. En la figura 2 se puede observar cómo se van fijando los costes del producto en cada una de las fases por las que pasa. En la etapa de diseño conceptual se llega a predeterminar aproximadamente entre un 60-80% del coste final del producto (Nevins y Whitney, 1989; Ullman, 1992; Duffy *et al.*, 1993).

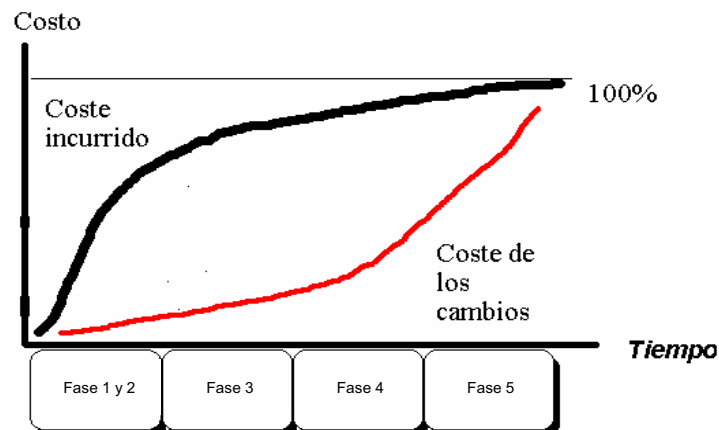


Figura 2. Fijación del coste de un producto

Seleccionar el concepto a diseñar en detalle es una de las decisiones más críticas y difíciles que tiene que tomar el diseñador (Pugh, 1996). Lo más usual es que tenga que decidir entre cuál de las propuestas de diseños conceptuales cumple mejor con los criterios de selección.

Según Fricke (1999), el que existan muchos o pocos conceptos repercute de manera negativa en la calidad de la solución final. Otro factor que condiciona la toma de decisión es la limitación en la capacidad de memoria inmediata de los individuos a la hora de recibir, procesar (interpretar) y recordar la información (Millar, 1956; Baddeley, 2003). Por tanto, es razonable pensar que pueda existir una dificultad a la hora de seleccionar el mejor concepto, ya que se deben considerar simultáneamente un amplio juego de alternativas y varios criterios de toma de decisiones.

Para ayudar a la toma de decisión existen multitud de modelos. Éstos emanan de diferentes disciplinas: ciencias políticas, ciencias de la educación, estadística, economía, informática,

teoría de la decisión, ingeniería, etc. (Bouyssou *et al.*, 2000). Bouyssou *et al.* (2000) analizan los 7 modelos más populares (voting systems, grading students, indicators, cost-benefit analysis, Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) y automatic systems) y llegan a la conclusión de que no hay un modelo de evaluación – decisión perfecto, o que pueda considerarse el mejor, ya que todos tienen limitaciones.

En el área de desarrollo de producto los modelos más empleados son el de cost-benefit analysis y el de MCDA. El cost-benefit analysis es un método muy empleado por lo economistas y el MCDA se emplea cuando se trata de elegir la mejor alternativa desde diferentes puntos de vista. Dentro de MCDA existen multitud de métodos: weight sum, matriz methods, direct or indirect assessment, Analytic Hierarachy Process (AHP), outranking method (fuzzy method), Pugh method, Pahl and Beitz method, flexible design, the lottery method (Utility theory y el método de la imprecisión), ELECTRE I, ELECTRE III, MAVT, TACTIC, PROMETHEE III, PRESS II, Goal Programing, etc., (Bouyssou *et al.*, 2006; Bouyssou *et al.*, 2000; Aragones *et al.*, 1999; King y Sivaloganathan, 1999; Otto y Wood, 1995). Muchos de éstos métodos se emplean en la selección o evaluación de conceptos.

Además de la problemática que se genera en el evaluador de los conceptos, el método de selección-evaluación de conceptos presenta estas características (Salonen y Perttula, 2005):

- Debe ser capaz de seleccionar el concepto más prometedor para su posterior desarrollo.
- Al valorar la relación entre conceptos y criterios van a existir ocasiones en las que se desconoce la relación, o va a ver incertidumbres a la hora de la valorar el grado de cumplimiento de la relación concepto de diseño vs. criterio de selección.
- En la selección participan diferentes personas con diferentes criterios.
- Se debe conocer el efecto del concepto seleccionado en las siguientes etapas del proceso de diseño, así como en las características del producto.

La utilización de métodos de selección de conceptos es una de los factores clave para el desarrollo con éxito de un producto. Este tema preocupa a los investigadores europeos ya que se han encontrado estudios sobre el grado de utilización de éstos métodos (Salonen y Perttula, 2005; Höne *et al.*, 2004, etc.). En cuanto a España, merece destacar el trabajo realizado por el grupo de investigación AMEVA de la UPV en la implementación de métodos MCDA en diferentes sectores empresariales: industria forestal, organización, telecomunicaciones, etc. (Aragones *et al.*, 2004a, 2004b).

En esta comunicación se pretende hacer una comparación de métodos de selección de conceptos para poder reforzar el método desarrollado por los autores en el año 2006.

2. Métodos de selección de conceptos

Tras realizar una revisión bibliográfica hemos definido un listado de los cinco métodos más utilizados en la selección de conceptos (Justel *et al.*, 2007; Salonnen y Perttula, 2005; Takai y Ishii, 2004; Wang, 2001; King y Sivaloganathan, 1999; Thursthon y Carnahan, 1992; Saaty, 1990). Estos se muestran a continuación por orden cronológico:

1. Métodos de Pugh
2. Analytic Hierarachy Process (AHP)
3. Método de Pahl and Beitz
4. QFD matrix method
5. Fuzzy method

Cualquier método de selección consta como mínimo de cuatro pasos o fases (ver figura 3). El primer paso consiste en listar los conceptos a evaluar; el segundo consiste en elegir los criterios de selección; el tercero es valorar el grado de cumplimiento de cada concepto respecto de cada criterio de selección, y finalmente, mediante un algoritmo de selección se determina el mejor concepto.

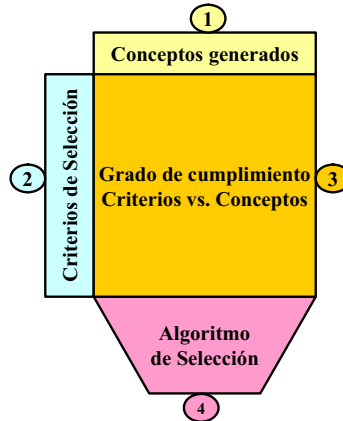


Figura 3. Matriz genérica de selección de conceptos

Para cada uno de los 6 métodos se analizarán básicamente los pasos 2, 3 y 4, ya que los conceptos vienen determinados. Sólo se analizarán el paso 1 si en el método se realiza alguna acción específica.

2.1 Método de Pugh

Pugh (1991) menciona los dos métodos que había desarrollado hasta esa fecha. El primer método data de 1976 y lo denominó the rating/weighting method. Posteriormente en 1981 desarrolló su método más conocido, convergencia controlada o the matrix method o concept comparison and evaluation matrix. A partir de los métodos de Pugh, Takai y Ishii (2004) han desarrollado otras dos nuevas variantes. En la figura 4 se pueden observar un esquema resumen de las características de los métodos basados en Pugh.

PASOS	METODOS DE PUGH		
	Rating/weighting method (1976)	Convergencia controlada (1981)	Métodos modificados, Takai & Ishii (2004)
1) Diseños conceptuales	X	X	X
2) Criterios de evaluación	X	X	X
Importancia criterios (w_j)	escala de 1 a 5		escala de 0 a 1 ($\sum w_i = 1$)
Coste tiene mayor importancia			X
Definir objetivos			X
3) Grado de cumplimiento diseños vs criterios	escala de 0 a 5	"+", "0" y "S"	escala de 1 a 5 y de 0 a 3
Evaluación en referencia a objetivos			
Evaluación en parejas de concepto		X	X
4) Algoritmo de selección	X	X	X
Algoritmo	$\sum_{j=1}^J w_j \cdot r_{ij}$	$\Sigma +$ $\Sigma -$ ΣS	1-Puntuación Performance 2-Puntuación Coste 3-Puntuación Total = Punt Per/Punt Coste
Optimización del concepto		X	

Figura 4. Esquema resumen de los métodos de Pugh

En cuanto a los criterios de selección tanto el primer método como los dos modificados de Takai y Ishii son muy similares, ya que se tienen en cuenta los pesos de los criterios, cosa que no ocurre en el método de convergencia controlada, pero si se realiza un análisis más profundo se observa que los dos métodos modificados se utilizan cuando el diseñador quiere darle una mayor importancia al coste del concepto, es decir, al coste se le asigna un

mayor peso. Ello puede ser debido a que en numerosas ocasiones un bajo coste del producto afectaría en gran medida al éxito del producto.

Por otro lado, a la hora de determinar el grado de cumplimiento de la relación Criterios vs. Conceptos, el método de la convergencia controlada, realiza la evaluación cualitativamente, mejor, peor o igual, mientras que los demás se fundamentan en evaluaciones cuantitativas, puntuaciones. En cambio en este método se pueden conseguir mejoras en los conceptos y con ello en principio conseguir un concepto mejor que el resto.

Respecto al algoritmo de selección de conceptos Pugh emplea la selección ponderada o una simple suma (convergencia controlada), mientras que Takai y Ishii (2004) emplean una suma ponderada modificada para darle más peso al factor coste.

2.2 Analytic Hierarchy Process (AHP)

El segundo método más antiguo es el de Saaty, que lo desarrolló en el año 1978. Las características del método se pueden observar en la figura 5.

PASOS		Método AHP
1)	Diseños conceptuales	X
2)	Criterios de evaluación	X
	Grado de importancia de los criterios (pesos)	X
	El método obtiene los pesos de los criterios	X
3)	Interrelación diseños vs criterios	escala de 1 a 9
	Evaluación en parejas de concepto	X
4)	Selección de concepto	X
	Algoritmo	1-Cálculo de pesos de los criterios 2-Cálculo del peso entre cada criterio y cada concepto 3-Cálculo de puntuación ($\Sigma(\text{pesos criterios}) \cdot (\text{pesos conceptos})$)

Figura 5. Esquema resumen del método AHP

Este método se caracteriza porque tanto para la priorización de criterios como para la determinación de la relación criterios vs. conceptos emplea una comparación bis a bis. En el caso de los criterios, se comparan uno a uno, y en el caso de la relación criterios-conceptos se analiza qué concepto cumple mejor con cada criterio. Para ello, se utilizan las ecuaciones 1 y 2.

$$z_i = \left(\prod_{j=1}^J r_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Siendo z_i el término geométrico, r_{ij} la valoración relativa entre el criterio/criterio vs. concepto i y j , y n es el número de criterio/criterio vs. concepto totales.

$$w_i = \frac{z_i}{\sum_{i=1}^I z_i} \quad \text{Donde } w_i \text{ es el peso de cada criterio/criterio vs. concepto} \quad (2)$$

Finalmente en el algoritmo de selección se introducen los pesos calculados en los pasos anteriores, y se calcula el orden de prioridad de cada alternativa de concepto, mediante la ecuación 3:

$$PUNTUACIÓN = \sum_{j=1}^J w_j \cdot w_{ij} \quad (3)$$

Donde w_j es el peso del criterio j y w_{ij} es el peso que tiene el concepto i sobre el criterio j .

2.3 Pahl & Beitz

Pahl & Beitz publicaron su método en 1984. En la figura 6 se puede observar un resumen de las características. Estos autores son los primeros en mencionar que los criterios de evaluación deben ser unas unidades de medida, y definen unos objetivos para cada uno de ellos. Así es más sencillo valorar el grado de cumplimiento de la relación criterio vs. concepto. En cuanto al algoritmo de selección es una suma ponderada.

PASOS		Método de Pahl & Beitz
1)	Diseños conceptuales	X
2)	Criterios de evaluación	X
	Grado de importancia de los criterios (w_i)	escala de 0 a 1 ($\sum w_i = 1$)
	Parámetros de medida del criterio y unidades	X
3)	Interrelación diseños vs criterios (v_{ij})	escala de 0 a 10 o escala de 0 a 4
	Evaluación en referencia a funciones de valoración	X
4)	Método de selección	X
	Algoritmo	$OWV_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot v_{ij} = \sum_{i=1}^n wv_{ij}$

Figura 6. Esquema resumen del método Pahl & Beitz

2.4 Métodos basados en Matrices QFD

Entre los métodos basados en QFD distinguimos el método propuesto por Harr *et al.* (1993), el propuesto por Binz y Reichle. (2005), y nuestro método (Justel *et al.*, 2006). En la figura 7 se muestran las características de estos tres métodos.

PASOS	Método QFD de Harr et al. (1993)	Método QFD de Binz & Reichle (2005)	Método QFD de Justel et al. (2006)	
1)	Diseños conceptuales	X	X	
	Grado de novedad de los diseños		X	
	Requisitos de diseño		X	
	Grado de novedad de los requisitos de diseños		X	
	Importancia requisitos de diseño		escala de 0 a 10	
	Correlación diseños conceptuales	(positivo = +) y (negativo = -)		
2)	Criterios de evaluación (requisitos)	X	X	
	Grado de importancia criterios (w_i)	escala de 1 a 5 ($\sum w_i = 10$)	escala de 0 a 10	
	Grado de novedad		X	
3)	Interrelación diseños vs criterios	1 (débil) 3 (media) 9 (fuerte)	1 (débil) 3 (media) 9 (fuerte)	
	Interrelación requisitos cliente vs requisitos de diseño		0 (nada) 3 (débil) 6 (media) 9 (fuerte)	
4)	Selección de concepto			
	Variables de influencia		X	
	Importancia variables de influencia		Escala de 0 a 100	
	Algoritmo	$\sum_{j=1}^J w_i \cdot r_{ij}$	1-Cálculo importancia técnica 2-Cálculo variables de influencia 3-Cálculo factor de valoración 4-Cálculo éxito potencial 5-Cálculo Grado de Innovación	1-Cálculo Potencial absoluto 2-Cálculo Potencial relativo 3-Cálculo Potencial innovador
	Optimización de concepto	X		

Figura 7. Esquema resumen de los métodos basados en matrices QFD

Desde la perspectiva de valoración de los conceptos en este método hay dos aportaciones. La primera de Harr *et al.* (1993) que valoran la compatibilidad entre conceptos, y la segunda de Justel *et al.* (2006) que valoran la novedad del concepto.

Para la valoración de interrelación criterios vs. conceptos todos emplean la notación de QFD. En cambio aunque todos utilización la suma ponderada como base del algoritmo de selección, Justel *et al.* (2006) incorpora otros factores para valorar el potencial innovador de un concepto de producto.

2.5 Métodos basados en fuzzy

La metodología fuzzy es una herramienta que se aplica en campos como: el control de sistemas, el tratamiento de señal, los sistemas de información inteligente, etc. Thurston y Carnahan (1992) adaptaron fuzzy a la selección y evaluación de concepto, desarrollando su propio método. En la figura 8 se muestran las características de los métodos basados en fuzzy.

PASOS		Método de Fuzzy
1)	Diseños conceptuales	X
2)	Criterios de evaluación	X
	Grado de importancia de los criterios (w_i)	X
	Definición de objetivos	X
3)	Interrelación diseños vs criterios	Números de fuzzy
4)	Selección de concepto	X
	Algoritmo	1-Calcular la puntuación total de cada concepto 2-Calcular la puntuación total de los objetivos 3-Selección del concepto

Figura 8. Esquema resumen de los métodos basados en fuzzy

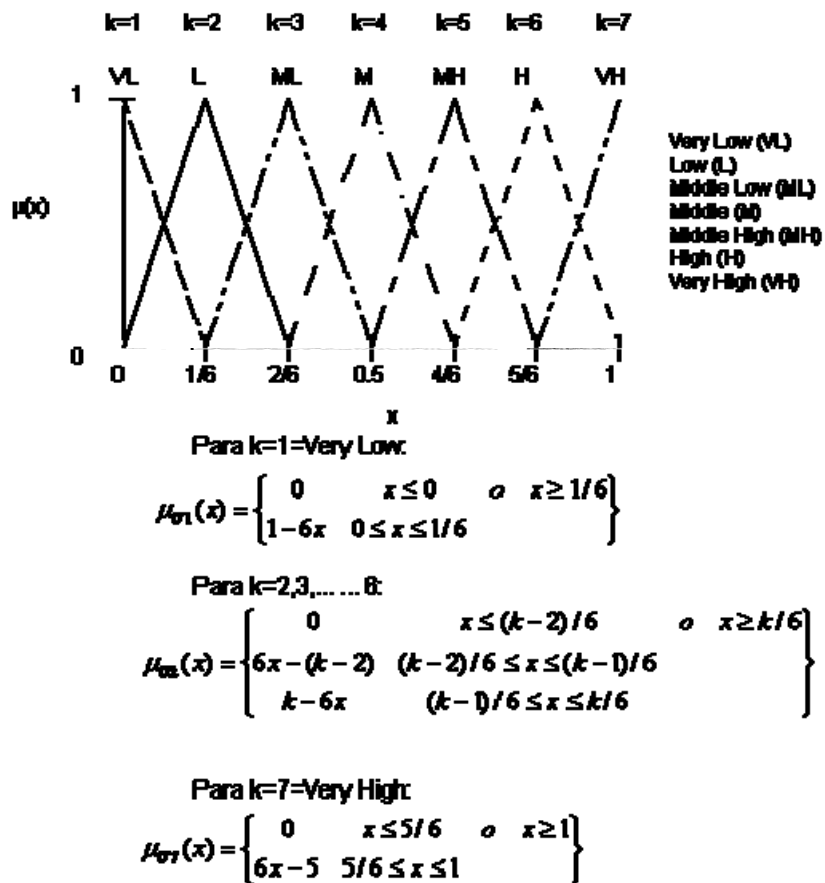


Figura 9: Funciones de pertenencia

Para aplicar esta metodología inicialmente se introducen valoraciones cualitativas, es decir, valoraciones imprecisas o ambiguas, que posteriormente se traducen en valoraciones cuantitativas o numéricas. En este método, se valora el grado de importancia o peso de cada criterio utilizando las categorías, que corresponden a valoraciones cualitativas, de las funciones de pertenencia de la figura 9, Thurston y Carnahan (1992) los denomina números de fuzzy. Por ejemplo, para el criterio del peso se le ha asignado una importancia de H (high) que equivale a una importancia alta.

En cuanto a la interrelación criterios vs. conceptos, la valoración se realiza por medio de las categorías, valoraciones cualitativas, de las funciones de pertenencia de la figura 9, en función de su grado de cumplimiento.

La selección del mejor concepto se realiza mediante la ecuación 4.

$$PUNTUACION \quad TOTAL = \sum_{j=1}^J w_j \cdot r_{ij} \quad i=1, 2, 3...I \quad j= 1, 2, 3...J \quad (4)$$

Donde w_j es la importancia del criterio j y r_{ij} es la valoración entre el criterio i y el concepto j .

El cálculo de esta operación no resulta ser nada sencillo, puesto que requiere un álgebra compleja y es difícil de resolver.

3. Estudio crítico

En la figura 10 se pueden observar las características de todos los métodos estudiados.

METODOS		Métodos de Pugh			AHP. Saaty (1978)	Pahl & Beitz (1984)	Métodos de QFD		Método de Fuzzy. Thurston&Carnahan (1992)	
		Rating/weighting (1976)	Convergencia controlada (1981)	Modificados Takai & Ishii (2004)			Harr et al. (1993)	Justel et al. (2006)		
PASOS	Diseños conceptuales	X	X	X	X	X	X	X	X	
	1) Grado de novedad de los diseños							X		
	Correlación diseños conceptuales						X			
	Criterios de evaluación	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Grado de importancia de los criterios (pesos)	X		X	X	X	X	X	X	
	2) Criterio del coste mayor importancia			X						
	Definición de objetivos			X					X	
	Parámetros de medida del criterio y unidades					X				
	El método obtiene los pesos de los criterios				X			Kano		
	3) Interrelación diseños vs criterios	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Evaluación en referencia a objetivos									
	Evaluación en parejas de concepto		X	X	X					
	Evaluación en referencia a funciones de valoración					X				
	4) Selección de concepto	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Variables de influencia							X		
	Optimización de concepto		X				X			
	Dificultad de uso		baja	baja	baja/media	baja	media	baja	media	alta

Figura 10. Métodos de evaluación y selección de concepto

En el primer paso de diseño conceptual, se observa que el método de método QFD de Harr *et al.* (1993) es el único que realiza una correlación entre conceptos, haciendo posible que los conceptos puedan combinarse entre sí y así obtener nuevos conceptos, tratándose de

un aspecto muy positivo de cara a la optimización del concepto seleccionado (paso 4). Aunque hay que añadir que el método de convergencia controlada de Pugh (1981), mediante su proceso de convergencia, también consigue nuevos conceptos, por lo que en ambos métodos se pueden conseguir optimizaciones de concepto.

Por otro lado el método de Justel *et al.* (2006) introduce una variable nueva, el grado de novedad del diseño, ello es debido a que este método se utiliza para la evaluación del potencial innovador de un diseño conceptual, y el resto de los métodos realizan la evaluación y selección de concepto, tratándose de una finalidad diferente.

Analizando el paso dos de criterios de selección, todos los métodos utilizan el grado de importancia de los criterios para realizar la selección, excepto el método de Pugh de convergencia controlada (1981), donde todos los criterios tienen el mismo peso, por lo que para aquellos casos donde unos criterios de evaluación sean más importantes que otros no parece ser muy apropiado su utilización. Además Takai y Ishii (2004) asignan al criterio del coste un mayor grado de importancia que al resto de los criterios.

Otro aspecto a considerar es la cuantificación de objetivos por cada criterio. Esta sirve para realizar posteriormente la valoración del concepto. Algunos autores lo mencionan expresamente como: Takai y Ishii (2004), Thurston y Carnahan (1992) y Pahl y Beitz (1984), y otros aunque no lo mencionan consideramos que lo tienen en cuenta.

Los métodos que utilizan el grado de importancia de los criterios se basan en valores arbitrarios basados en la intuición o experiencia del diseñador. Aunque el método AHP los calcula, el diseñador debe realizar previamente una evaluación entre los criterios, esta evaluación se realiza en parejas de criterios, siendo el único método que realiza una comparación entre criterios. En esa misma línea el método de Justel *et al.* (2006), utiliza la encuesta Kano para determinar la ponderación de los requisitos de diseño, por lo que la intuición y experiencia del diseñador son mínimas para su determinación.

Para la determinación del grado de importancia u objetivo de los criterios de evaluación, la mayoría de los métodos los representa cuantitativamente, es decir numéricamente, pero en cambio el método de fuzzy se apoya en valoraciones cualitativas, números de fuzzy (bajo, alto, etc.), que son muy apropiadas cuando las variables no pueden ser cuantificadas con precisión.

A la hora de realizar la interrelación criterios vs. conceptos, el método de Pahl y Beitz (1984) se apoya en unas funciones de valoración matemáticas para realizar la evaluación entre conceptos y criterios. Estas funciones matemáticas las determina el equipo de desarrollo en función de sus conocimientos o experiencias. Por lo que éste método sería muy apropiado cuando los criterios de evaluación, o gran parte de ellos, pueden ser medibles o cuantificables mediante parámetros y unidades.

Para finalizar, las valoraciones cuantitativas que se utilizan tanto para la definición de objetivos, como los grados de importancia de criterios y las interrelaciones diseños vs conceptos pueden no ser muy apropiadas para las primeras fases de diseño, ya que pueden resultar difíciles de cuantificar con precisión o puede existir información incompleta. Por lo que la utilización del método fuzzy resulta interesante de aplicar en esas primeras fases de diseño, porque se basa en valoraciones cualitativas (Wang, 2001). Del mismo modo, y como el método de Pugh de convergencia controlada (1981) realiza la evaluación de concepto de forma cualitativa, es más adecuado utilizarlo en las primeras fases de diseño. La mayoría de los métodos se basan en la intuición y experiencia del equipo de diseño o de desarrollo de producto.

En cuanto al cuarto paso, el algoritmo de selección de concepto, se emplea principalmente la suma ponderada. El método de Harr *et al.* (1993) y el de convergencia controlada de Pugh (1981) permiten la optimización del concepto con lo que se obtienen nuevos

conceptos. Otro aspecto a destacar es que el método de Justel *et al.* (2006) introduce unas variables de influencia que el grupo de diseñadores considere importantes para que el diseño sea exitoso.

Además, se ha analizado la dificultad de uso que tiene cada método utilizando una escala de baja, media y alta. Consideramos que el método de fuzzy de Thurston y Carnahan (1992) tiene una dificultad alta debido a los conocimientos matemáticos que debe tener el diseñador en la aplicación del método. Para valorar la dificultad media se han tenido en cuenta aspectos como la definición de objetivos, variables de influencia para que el diseño sea exitoso y funciones de valoración que relacionan criterios de evaluación con puntuación. Por lo que aquellos métodos que se fundamentan en alguno de los aspectos anteriormente citados, como son: Pugh modificado de Takai y Ishii (2004), Pahl y Beitz (1984) y Justel *et al.* (2006), se consideran como métodos de dificultad media. El resto de los métodos son sencillos de aplicar considerándose como métodos de dificultad baja.

4. Conclusiones

La selección de un concepto de producto adecuado es clave para el éxito del mismo en el mercado. A partir de esa selección se diseña en detalle, optimiza y fabrica el producto que después se va a vender en el mercado. Con esa selección se condiciona entre un 60÷80% del coste del producto (Duffy *et al.*, 1993). Por tanto, un error en la selección repercute en el incremento del coste del producto.

Otro aspecto a considerar, es la calidad de la información con la se toma la decisión en la fase conceptual. Se decide qué concepto es el que cumple mejor con todos los criterios, pero muchas veces es difícil de valorar esa relación, ya que no se dispone de suficientes datos, ni información. Se toma una decisión en base al Know-How y a la percepción del equipo, y por tanto, se pueden tomar decisiones erróneas. En otras etapas posteriores del desarrollo si se tienen datos más fiables para tomar la decisión, pero en la fase conceptual no se dispone de ellos.

Para ayudar al equipo de desarrollo de producto en la selección del mejor concepto se pueden emplear gran variedad de métodos multicriterio MCDA que ayudan a disminuir la incertidumbre. En esta comunicación se han analizado los 5 tipologías de métodos más utilizadas: Pugh (1981) divergencia controlada, AHP, Pahl y Beitz, Matrices QFD y fuzzy. La diferencia básica entre ellos esta en su carácter heurísticos, es decir, están basados en la percepción del evaluador (Matrices QFD, Pugh, AHP), o su carácter analítico, para el que necesitan definir una función analítica para cada criterio de evaluación (Pahl y Beitz, y fuzzy).

Tal y como mencionan Bouyssou *et al.* (2000) todos los métodos tiene sus limitaciones por lo que todavía se observa un margen de mejora en ellos. Los mayores problemas vienen derivados de la falta de información para poder valorar el grado de cumplimiento de cada concepto con cada criterio de evaluación.

Otro aspecto a considerar es el grado de utilización de los métodos en las empresas, que en gran medida depende del grado de conocimiento de los mismos en ellas. A las empresas le interesan métodos fiables y sencillos de implementar. En este sentido, el método que estamos implementando esta teniendo muy buena aceptación en las empresas (Justel *et al.*, 2006 y 2007).

Referencias

Aragonés, P., Pastor Ferrando, J.P., Sánchez, M.A., and Gómez--Senent, E. (1999). "Multi-expert PRES II methodology for multicriteria decision aid in the design process". *Proceedings*

of the 12th International Conference on Engineering Design. ICED 99, Munich, Germany, August. 24-26.

Aragonés, P., Contreras, M., Owen de Contreras, M. E. and García, M. (2004a). "Importancia de las aplicaciones de las técnicas de decisión multicriterio (MCDM) en la industria forestal mecánica de Venezuela". *Revista forestal Venezolana*. V (2), nº 48, Julio-Diciembre.

Aragonés, P., García, M., Cortés F.A, and Vega, J.M. (2004b). "Selección de una tecnología de banda ancha para la universidad Nacional de Colombia mediante el empleo de una técnica de decisión multicriterio". *VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, AEIPRO*, Bilbao, España.

Baddeley, A., 2003. "Working Memory: Looking Back and Looking Forward". *Nature Reviews*, Vol. 4, pp. 829-839.

Binz, H. and Reichle M. (2005) "Evaluation method to determinate the success potential and the degree of innovation of technical product ideas and products". International Conference on Engineering Design. ICED 05, Melbourne, August 15-18.

Bouyssou, D, Marchant, T., Pirlot, M.,Perny, P., Tsoukiàs, A and Vincke, P. (2000). "Evaluation and decision models: a critical Perspectiva". *Kluwer Academia Publishers*, Massachussets, USA.

Bouyssou, D, Marchant, T., Pirlot, M., Tsoukiàs, A and Vincke, P. (2006). "Evaluation and decision models: a critical Perspectiva". *Springer*, New York, USA.

Nevins, J.L. and Whitney, D.E. (1989). "Concurrent Design of Products and Processes", *McGraw-Hill, New York*.

Duffy A.H.B, Andreasen M. M., Maccallum K. J. and Reijs L. N (1993). "Design co-ordination for concurrent engineering". *Journal of Engineering Design*, 4, pp251-261.

Ullman, D. G.(1992). "The Mechanical Design Process". *McGraw-Hill, New York*.

Justel, D., Arriaga, E., Vidal, R. and Val, E. (2006). "Diseño de un método para la evaluación del potencial innovador de un diseño conceptual". *X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*. Valencia, 13-15 Septiembre.

Justel, D., Arriaga, E., Vidal, R., Franco, V. and Val, E. (2007). "Evaluation method for selecting innovative product concepts with greater potential marketing success". *International Conference on Engineering Design. ICED*. Paris, August 28-31.

Path, G. and Beitz, W. (1984). "Engineering Design". *The Design Council*. 1984. pp 119-138.

Pugh, S. (1991) "Total Design. Integrated Methods for Successful Product Engineering". *Addison-Wesley*, pp. 67-101.

Binz, H. and Reichle, M. (2005). "Evaluation method to determinate the success potential and the degree of innovation of technical product ideas and products". *International Conference on Engineering Design. ICED*. Melbourne, August 15-18.

Fricke, G. (1999). "Successful Approaches in Dealing with Differently Precise Design Problems". *Design Studies*, Vol. 20, pp. 417-429.

Gurnani, A.P., See, T. and Lewis, K. (2003). "An Approach to Robust Multiattribute Concept Selection". *ASME 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Chicago, Illinois, USA, September 2-6.

Harr, S. T., Claussing, D. and Eppinger, S. (1993). "Integration of Quality Function Deployment and the Design Structure Matrix", *MIT Working Paper*, Cambridge, MA.

Höhne, G., Henkel, V., Müller, H.D., Decker, A. and Klöcker S. (2004). "Computer-supported Design Education for Lifelong Learning for Innovative Product Development". *Proceedings of NordDesign 2004*, Tampere, Finland, August 18-19, pp. 350-360.

King A.M. and Sivaloganathan S (1999). "Development of a Methodology for Concept Selection in Flexible Design Strategies". *Journal of Engineering Design*. Vol. 10, pp. 329-349.

McGrath J.E. "Groups: Interaction and Performance". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Inc. 1984.

Miller, G.A., 1956." The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information". *The Psychological Review*, Vol. 63, pp. 81-97.

Otto, KN and Wood, L. (1995). "Estimating errors in concept selection". American Society of Mechanical Engineers, Design Engineering Division (Publication) DE, 9th International Conference on Design Theory and Methodology, 83(2), pp. 397-412.

Saaty T.L. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, 1990 Vol. 48, pp. 9-26.

Salonen M. and Perttula M (2005). "Utilization of Concept Selection Methods – A Survey of Finnish Industry". *ASME 2005 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*. September 24-28, Long Beach, California USA.

Takai, S. and Ishii, K. "Modifyng Pugh´s decision concept evaluation methods". *ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. September 28-October 2, 2004, Salt Lake City, Utah USA.

Thursthon, D. L. and Carnahan, J. V. (1992). "Fuzzy Ratings and Utility Analysis in Preliminary Design Evaluation of Multiple Attributes". *Journal of Mechanical Design*. Vol 114, pp 648-658.

Wang, J. (2001). "Ranking engineering design concepts using a fuzzy outranking preference model". *Fuzzy Set and System*. 119, pp 161.

Agradecimientos

Los autores agradecemos la financiación recibida por del Ministerio de educación y Ciencia proyecto DPI2006-15570-C02-01, financiado con fondos FEDER, por Mondragón Corporación Cooperativa (MCC) y la por Escuela Politécnica Superior (EPS) de Mondragón.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Daniel Justel Lozano, Mondragon Unibertsitatea, Escuela Politécnica Superior de Mondragón (EPS) Departamento de Mecánica, Loramendi, 4, Apto. 23, 20500 Mondragón, Spain.
Phone: +34 943 794700 Fax: +34 943 791536 E-mail: djustel@eps.mondragon.edu
URL: <http://www.eps.mondragon.edu>

NOTA

- (1) Departamento de Mecánica. EPS. Mondragon Unibertsitatea.
- (2) Alumno de Ingeniería Industrial de EPS. Mondragon Unibertsitatea.
- (3). Grupo de Ingeniería del Diseño. Universitat Jaume I, DMEC, Castelló.