

Método de selección heurístico de diferencias y comparación para el diseño de productos

Method of selection heuristic of comparison and differences for product design

MILTON MAURICIO HERRERA RAMÍREZ

Ingeniero de Producción y Tecnólogo Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Miembro del Grupo de Investigación DEDALO, Universidad Distrital Investigación en Gestión Tecnológica: Correo electrónico: m_herrera26@yahoo.es

RUBÉN DARÍO BONILLA ISAZA

Ingeniero electricista y Magíster en Ingeniería-Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Docente TCP del Programa Ingeniería de Producción en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica. Director del grupo de Investigación DEDALO, Investigación en Gestión Tecnológica.

Correo electrónico: rdbonillai@udistrital.edu.co.

Clasificación del artículo: reflexión (Re-creaciones)

Fecha de recepción: 16 de abril de 2008

Fecha de aceptación: 18 de octubre de 2008

Palabras clave: proceso de selección de productos, heurística de diferencias y comparación, selección de semillas, cultivo hidropónico forrajero.

Key words: the process of product selection, heuristics and comparison of differences, selection of seed, hydroponic forage crop.

RESUMEN

El siguiente artículo pretende mostrar el desarrollo de un modelo heurístico de diferencia y comparación aplicado en la selección de productos. El desarrollo de la heurística contempla un enfoque económico que diferencia las características de los productos y un criterio subjetivo que las lleva a una comparación, en la cual se arroja un buen resultado en el proceso de selección. La heurística de diferencias y comparación es aplicada a la se-

lección de una semilla para un cultivo hidropónico forrajero, sin embargo, ésta puede ser aplicada a productos con características químicas o físicas similares que sean representativas. El desarrollo heurístico se puede realizar por medio de programas como Microsoft Excel, lo cual demuestra que este proceso no requiere programas especializados para su aplicación.

ABSTRACT

The following article aims to show the development of a heuristic model and comparison of difference applied in the selection of products. The development of the heuristic provides an economical approach that differentiates product characteristics and subjective criteria, which leads to a comparison yielding good results in the selection process. The

heuristics differences and comparison is applied to the selection of a seed for a hydroponic forage crop, however is can be applied to products with similar physical or chemical characteristics that are representative. The development heuristic can be done through programs such as Microsoft Excel, demonstrating that this process does not require specialized programs for their implementation.

* * *

1. Introducción

En el diseño de un proceso de producción, una de las etapas primordiales es la selección del producto por sus características. El proceso de diseño constituye la transformación de los requisitos en características especificadas de un producto [1]. En la ingeniería concurrente¹, según [2], el proceso de diseño y desarrollo de productos se caracteriza por la mejora continua de los productos existentes. La mejora de un producto requiere que exista una mejora en el proceso.

La selección de un producto tiene connotaciones a nivel estratégico, táctico y operativo. Existen varios enfoques relacionados con el diseño del producto, los cuales se enmarcan en niveles diferentes, pero con un mismo objetivo, la satisfacción del cliente. Según [3], el enfoque norteamericano de planeación y control de la producción plantea la elaboración de los planes sobre productos y servicios con el fin de ofrecer como un nivel estratégico el diseño del proceso de producción en el nivel táctico. Sin embargo, Buffa [4] postula la importancia de la planeación de la producción en un sentido operativo, como refuerzo al diseño físico del proceso o producto. Por otra parte, el enfoque japonés se basa

en la opinión de los clientes utilizando el despliegue de la función de la calidad (QFD)².

Una buena selección del producto reduce el problema de *Rework*³ de diseño, planteado por autores, como Cross [5]. La introducción de nuevos productos resulta de la flexibilidad con la cual se diseñó el proceso inicialmente y ésta, a su vez, requiere que el producto diseñado por primera vez halla sido seleccionado de un número amplio de alternativas de productos.

Los procesos de selección cada vez recurren más a la ayuda de las tecnologías informáticas. Un ejemplo de ello son los programas específicos utilizados por la computación evolutiva como BUGS, Génesis, GALOPPS, Evolver, MicroGA, entre otros [6] y los programas de propósito general como FORTRAN, Pascal, C++, etc. Sin embargo, el uso de los programas de propósito general tiene la desventaja del conocimiento y dominio que se debe tener de este lenguaje [7]. Para la aplicación de la heurística se realizó el proceso de selección de una semilla para cultivo de pasto hidropónico en el programa de Microsoft Excel por ser una herramienta de uso común

¹ La Ingeniería Concurrente hace énfasis en la integración interfuncional y el desarrollo concurrente del producto y sus procesos asociados [9].

² El QFD quality function deployment se utiliza ampliamente en el contexto de la gerencia de la calidad.

³ El problema de Rework consiste en realizar trabajos sobre otros efectuados deficientemente.

y simple de operar [8]. La heurística de selección desarrollada genera un costo mínimo computacional, al aplicar el programa Microsoft Excel.

Se encuentran una gran variedad de técnicas de selección de un producto o proceso entre las cuales podemos nombrar la programación lineal o no lineal, métodos de asignación de recursos, despliegue de la función de calidad (QFD), árbol de objetivos, objetivos ponderados, entre otros, que son del tipo determinista o probabilista. De tipo heurístico encontramos algunas técnicas como búsqueda tabú, recocido simulado y escalando la colina [6]. La heurística de selección propuesta es una alternativa simple y práctica para aplicar en el diseño de procesos. Como lo describe Cross [5], en el proceso de diseño los modelos descriptivos⁴ (heurísticos) emplean la experiencia previa, guías generales y reglas prácticas que llevan a lo que el diseñador espera que sea la dirección correcta.

2. Métodos utilizados en la selección de productos

La selección de productos y características en el proceso de diseño de producción es un arte, como lo describe Chase [9]. Generalmente, los métodos para el diseño de un producto consisten en la búsqueda y en selección de las mejores características para satisfacer las necesidades del cliente. Una de las oportunidades de aumentar la productividad es mejorar el diseño del producto para captar mayor participación en el mercado [10]. Según Cross [5], los métodos de diseño y selección de productos son:

- Árbol de objetivos.
- Análisis de funciones.
- Especificación del desempeño.

- Despliegue de la función de calidad.
- Diagrama morfológico.
- Objetivos ponderados.
- Ingeniería del valor.

De los anteriores métodos, el más usado en el diseño industrial y de servicios es el despliegue de la función de calidad o *quality function deployment* (QFD), debido a que, según Aguayo y Soltero [2], se utiliza como una de las herramientas metodológicas y de soporte para la ingeniería concurrente, la cual, según Chase [9], acelera el proceso de desarrollo de productos. El método del QFD se basa en la opinión del cliente o del consumidor y aplica las etapas de estudio de mercado para lograr identificar las necesidades y las preferencias del producto, según los clientes [11]. Aunque es un método completo de análisis y selección de un producto su aplicación se dificulta cuando el productor no puede comparar las características del producto con el que produce la competencia, es decir, cuando las opiniones de los clientes o consumidores, en cuanto a las características del producto, son difíciles de captar o el estudio de mercado es complejo. El estudio de mercado en el consumo bovino de concentrados o forrajes es un típico ejemplo de mercado complejo en el cual el productor de concentrados o forrajes no tiene la facilidad para captar la opinión del consumidor directo que sería el bovino.

Según Méndez [20], existe un desarrollo tradicional de un producto en el cual las necesidades del cliente son interpretadas por el vendedor; seguidamente, esta percepción pasa al análisis de mercado que interpreta las necesidades del cliente y finalmente esta información es suministrada para diseño de producto, en el que se determinan las características que va a poseer el producto.

El enfoque desarrollado por Taguchi, lo describe Méndez [20] como un enfoque sistémico novedoso, que aplica los experimentos estadísticos al diseño,

⁴ Los modelos descriptivos se encuentran enfocados hacia la solución y son denominados heurísticos.

con el fin de incorporar la calidad en los productos y los procesos y lograr la mejora continua requerida en la actualidad. En el enfoque Taguchi se manifiestan los siguientes aspectos según Méndez [20]:

- Definición de calidad.
- Función de pérdida.
- Sistemas de calidad (control de calidad) *On line* y *Off line*.
- Filosofía de la calidad.

La concepción de control de calidad hace referencia al control *On line* con actividades de diseño del producto y diseño del proceso y el control *Off line* con las actividades realizadas en la producción y en la relación con los clientes.

3. Metodología del proceso de selección heurística de un producto

La metodología propuesta para el desarrollo de la heurística se propone como método alternativo para la selección de un producto, teniendo en cuenta sus características, su costo y un análisis subjetivo del diseñador del proceso de producción. Aunque, según Taha [12], existen una variedad de modelos matemáticos que han obligado a los analistas a buscar métodos con menores dificultades de cálculo y es a razón de estos análisis que se desarrollan los métodos heurísticos. Según Taha [12], estos métodos son llamados heurísticos, porque su lógica está basada en reglas o métodos prácticos que conllevan a obtener una buena solución.

La heurística desarrollada para la selección de un producto consiste en seis etapas descritas a continuación:

1. Realizar la matriz de entrada con las características químicas o físicas del producto con el precio correspondiente del producto que se va

a evaluar. Las características de los productos deben poseer los mismos criterios para que puedan ser evaluados en el mismo nivel. Para Gómez [13] dentro del método de análisis de valor, las características que se presentan son de tipo estructural, funcional y de apariencia.

2. Realizar la división entre el precio del producto por cada una de sus características y restarlo al producto que se va a comparar, como lo muestra la fórmula (1):

$$D = \frac{P_A}{C_A} - \frac{P_B}{C_B} \quad (1)$$

Donde:

D: Diferencia entre productos A y B.

P_A : Precio del producto A.

C_A : Característica del producto A.

P_B : Precio del producto B.

C_B : Característica del producto B.

3. Aplicar la relación entre valores positivos y negativos como lo indica la fórmula (2), es decir, analizar el beneficio versus el costo que uno u otro producto presentan:

$$RD = \frac{+d}{-d} \quad (2)$$

Donde:

RD: relación de diferencia.

+d: valores positivos.

-d: valores negativos.

En este paso se deben tener en cuenta las siguientes premisas:

- Sí las diferencias de todos los costos porcentuales son negativas la relación de diferencias siempre arrojará como resultado cero, lo que favorece el menor costo, indicando que la diferencia es pronunciada.
- Sí las diferencias entre los costos porcentuales son positivas el resultado de la relación de diferencias será siempre 1, lo que favorece el menor costo y, en consecuencia, indica que existe una diferencia significativa.
- Sí las diferencias entre los costos porcentuales son positivas y negativas se aplica la fórmula (2), que indica el porcentaje de diferencia entre una y otra.

Para la selección del producto se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

Si $RD > 1$ se elige el producto B.
Si $RD < 1$ se elige el producto A.

4. Seleccionar criterios de competencia (calidad, entrega, garantía, etc.) y asignarles a cada uno un peso que la sumatoria resultante de éstos no sea mayor que 1.
5. Asignar un puntaje de 1 a 5 a cada producto por cada criterio anteriormente seleccionado. Se toma un rango corto, para que la competencia sea más estricta o como se denomina en computación evolutiva, según Coello [6], extintiva en la selección.
6. Finalmente, aplicar el producto entre el peso de competencia y el puntaje asignado al producto la fórmula (3) y evaluar:

$$VC = PC_i * PP_i \quad (3)$$

Donde:

VC: Valor de Competencia.

PC_i : Peso de Competencia del criterio asociado alproducto i .

PP_i : Puntaje del Producto i seleccionado.

El criterio de evaluación será elegir el producto i que presente el mayor valor de la sumatoria del valor de competencia (VC). Los criterios utilizados en la heurística de diferencias y competencia desarrollada se basan en dos postulados a saber:

- La relación de diferencias favorece el producto que menor costo posee, teniendo en cuenta sus características físicas o químicas.
- Según la aptitud de cada individuo, la competencia selecciona cómo se realiza en el método de selección por torneo para la computación evolutiva [6].

4. Aplicación de la heurística de selección de productos

La aplicación de la heurística de diferencia y competencia se realiza en el proceso de selección de semillas para un cultivo hidropónico de pasto [8]. El objetivo principal de la aplicación en la selección de una semilla para un cultivo hidropónico de pasto es la selección de una semilla que cumpla con unas características, un costo y un criterio de diseño. Esta aplicación heurística se justifica en la medida en que no se tiene por parte del consumidor directo (el bovino) una opinión sobre un futuro producto, es decir, el productor necesita una solución en cuanto a selección de semillas para un producto con buenos resultados (heurística), en un tiempo corto y sin poder contar con la opinión del consumidor, en este caso el bovino.

El desarrollo de la heurística se puede realizar en el programa de Excel de Microsoft, para incurrir en un costo computacional bajo, formulando las

ecuaciones correspondientes a cada una de las etapas de la metodología expuesta anteriormente. La siguiente descripción es la aplicación realizada en la selección de semillas para pasto:

PRECIO POR UNIDAD APORTADA											
Tipo de Semilla	Humedad	Costo porcentual	Proteína Cruda	Costo porcentual	Extracto etéreo	Costo porcentual	Fibra cruda	Costo Porcentual	Ceniza	Costo porcentual	Precio kilo semilla
Cebada	14,0	378,6	9,0	588,9	1,0	5300,0	5,0	1060,0	5,0	1060,0	\$ 5.300
Maíz	15,0	300,0	8,0	562,5	3,5	1285,7	3,0	1500,0	2,0	2250,0	\$ 4.500
Diferencia		78,6		26,4		4014,3		-440,0		-1190,0	
Trigo	15,0	186,7	11,0	254,5	2,0	1400,0	3,0	933,3	2,0	1400,0	\$ 2.800
Sorgo	15,0	600,0	7,0	1285,7	3,5	2571,4	3,0	3000,0	4,0	2250,0	\$ 9.000
Diferencia		-413,3		-1031,2		-1171,4		-2066,7		-850,0	

1. Las semillas más utilizadas para el pasto hidropónico son la de cebada, maíz, trigo y sorgo [14]. El primer paso es realizar una matriz de entrada con los tipos de semilla, el análisis químico y el criterio o tolerancia de cada característica química (tabla 1). Los datos aquí tomados fueron recolectados de fuentes secundarias en los cuales se presentan las características químicas esenciales para la selección de la semilla.

ANÁLISIS QUÍMICO PORCENTUAL					
TIPO DE SEMILLA	Humedad	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra cruda	Ceniza
CEBADA	14	9,0	1,0	5,0	5,0
MAÍZ	15	8,0	3,5	3,0	2,0
TRIGO	15	11	2,0	3,0	2,0
SORGO	15	7	3,5	3,0	4,0

Tabla 1. Matriz de entrada. Tipos de semilla para la producción de pasto hidropónico.

Fuente: Datos tomados de BASF Química Colombia S.A.

2. El segundo paso es dividir el precio⁵ de cada semilla por el porcentaje del análisis químico⁶ porcentual; este resultado nos da a conocer el costo en el que se incurre al comprar una semilla con determinadas características, seguidamente se realiza la diferencia entre dos semilla, el proceso de este paso se observa en la tabla 2.

⁵ Los precios obtenidos por kilo de semilla fueron suministrados por ABC Semicol [16], para el mes de Febrero de 2.008.

⁶ Los datos del análisis químico de cada semilla fue tomado de BASF Química Colombiana S.A. [15].

Tabla 2. Costo porcentual y diferencia entre semillas para la producción de pasto.

Fuente: autor.

3. Para el siguiente paso se aplica la relación de diferencias entre los valores negativos y positivos, los cuales son resultados de la diferencia entre los pares de semillas comparadas, como se observa en la tabla 3, en la que son seleccionadas las semillas para competencia, según los criterios, maíz y el trigo.

Tipo de semilla	Relación de diferencias	Condición de comparación	Selección para competencia
Cebada (A)	25.271	> 1 Se elige B	Maíz (B)
Maíz (B)		< 1 Se elige A	
Trigo (C)	0	> 1 Se elige D	Trigo (C)
Sorgo (D)		< 1 Se elige C	

Tabla 3. Relación de diferencias y selección para competencia de la semilla para la producción de pasto hidropónico.

Fuente: autor.

En la tabla 3 se presenta entre el trigo y el sorgo la premisa que se conceptualiza de la siguiente forma: si las diferencias de todos los costos porcentuales son negativas la relación de diferencias siempre arrojará como resultado cero, favoreciendo el menor costo, indicando que la diferencia es pronunciada.

- Después de seleccionar las semillas que entran en competencia se deben tomar antes los criterios para la selección de una semilla y se les debe asignar un peso a cada uno a criterio del diseñador. La sumatoria total del peso de cada criterio debe ser 1. Se debe también asignar un puntaje por semilla esta asignación se debe dar entre un rango de 1 a 5, igualmente, a criterio del diseñador.

La selección final se realiza escogiendo la semilla que mayor presente un valor en la sumatoria del producto entre el peso y el puntaje asignado subjetivamente por el autor. Para la aplicación realizada la selección de la semilla arroja como resultado la semilla de maíz en el proceso de producción de pasto hidropónico como se observa en la tabla 4 que se presenta en las conclusiones.

4. Conclusiones

En la heurística desarrollada se realiza una selección de un producto partiendo de la premisa que por cada porcentaje que caracteriza un producto o le da determinadas características, éste tiene determinado costo por cada porcentaje de la característica que le pertenece; es así como la heurística selecciona el producto más económico teniendo en cuenta sus características. El paso final de la heurística es poner en competencia con criterios ya subjetivos de diseño a cada producto que se diferencié y así seleccionar un producto.

Sin embargo, la heurística de diferencias y comparación entre características y costo sólo puede ser efectiva si se desarrolla para una cantidad mínima de cuatro productos, ya que de esta forma tendría sentido aplicarla. La heurística muestra una metodología simple de aplicar y que computacionalmente económica y rápida en comparación con técnicas japonesas como el despliegue de la función de calidad, sin embargo,

no presentaría la mejor decisión, sino una alternativa buena como guía para tomar la decisión.

En la aplicación de la heurística para la selección de una semilla para el cultivo de pasto, según Herrera [8] coincide con otros autores como Castro [22] y Sánchez [14] en realizar selecciones de la semilla de maíz para forraje hidropónico para la alimentación animal, validando la heurística inicialmente.

En investigaciones realizadas por Carballido [24] se lograron obtener resultados comparativos entre los diferentes forrajes (tabla 5), mostrando un buen rendimiento del forraje de maíz, el cual resulta de la aplicación de la heurística de diferencias y comparación que se observa en la tabla 4. Los resultados que se generan en la aplicación presentada en el artículo muestran una selección de la semilla de maíz en la que se refleja un puntaje determinante en la disminución de los gastos de la mano de obra y la reducción en el uso de productos químicos.

Criterios de competencia	(P) Peso de Valoración	Puntaje maíz (B)	Valor	Puntaje trigo (C)	Valor
			B*P		C*P
Reducción de gastos de mano de obra	0,2	4	0,8	3	0,6
Reducción de agua	0,25	3	0,75	4	1
Reducción de energía	0,25	3	0,75	4	1
Eliminación de productos químicos	0,3	4	1,2	2	0,6
Total competencia	1.00		3,5		3,2

Tabla 4. Competencia de semillas. Selección de la semilla de cebada en el proceso de producción de pasto hidropónico.

Fuente: autor.

Forraje	Rendimiento (Há/año)	Rendimiento Ms Há /año
Alfalfa	60	20
Maíz forrajero	180	54
Avena	120	36

Tabla 5. Rendimiento de diferentes forrajes hidropónicos.

Fuente: Claudio Carballido (2007).

Finalmente, la heurística de diferencias y competencias es un método alternativo para la selección de productos y procesos en la etapa de diseño, selección de materias primas con características similares entre otras aplicaciones, que a futuro se puedan desarrollar.

Referencias bibliográficas

- [1] ICONTEC, *Norma Técnica Colombiana NTC -ISO 9000 Sistemas de Gestión de la Calidad*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá D.C., Colombia, 2000.
- [2] F. Aguayo González & V.M. Soltero Sánchez, *Metodología del Diseño Industrial. Un enfoque desde la ingeniería concurrente*, Alfaomega Rama, México D.F., 2003.
- [3] J.H. Torres Acosta, *Planeación Agregada en la PYME, Aplicación al sector industrial Colombiano*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2002.
- [4] E.S. Buffa, *Dirección de operaciones. Problemas y modelos*, Limusa, México D.F., 1982.
- [5] N. Cross, *Métodos de Diseño. Estrategias para el diseño de productos*, Limusa, México D.F., 2003.
- [6] C.A. Coello Coello, *Introducción a la computación Evolutiva. Notas de Curso*, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Sección de Computación, México D.F., 2006.
- [7] R. Coss Bú, *Simulación, un enfoque práctico*, Editorial Limusa, México D.F., 2000.
- [8] M.M. Herrera Ramírez, *Diseño de Proceso para la Producción de pasto como alternativa en la alimentación de bovinos utilizando un sistema hidropónico de cultivo cerrado*, Trabajo de Tesis en curso Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2008.
- [9] R.B. Chase, N.J. Aquilano & F.R. Jacobs, *Administración de producción y operaciones*, Mc Graw Hill, Bogotá D.C., 2000.
- [10] R. Harmon & L.D. Peterson, *Reinventar la fábrica*, Limusa Noriega Editores, México D.F., 1994.
- [11] R.E. Román Castillo, *Notas de Clase. Formulación y evaluación de proyectos de Inversión*, Fondo de Publicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2005.
- [12] H.A. Taha, *Investigación de operaciones. 5a Ed.*, Alfaomega, México D.F., 2004.
- [13] E. Gómez Saavedra, *El control total de la calidad. Como una estrategia de comercialización*, RAM Editores, Bogotá D.C., 1991.
- [14] A. Sánchez Cortazzo, *Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico*, Organización

- de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, Santiago, Chile, 2001.
- [15] BASF Química Colombiana S.A. *Nutrición Animal*, BASF, Bogotá D.C., 2003.
- [16] ABC Semicol. Cotización telefonica. *Precios de kilo de semillas de Cebada, Maiz, Sorgo y Trigo*. Bogotá D.C. s.n., 2008.
- [17] Grupo Latino LTDA., *Cultivo de pastos y forrajes*, Grupo Latino LTDA, Bogotá, 2003.
- [18] M. N. Namakforoosh, *Investigación de operaciones*. Limusa, México, 1996.
- [19] G. Vargas Morales, *Modelos lineales en investigación de operaciones*, Fondo Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 1990.
- [20] G.A. Méndez Giraldo, *Gerencia de Manufactura. Función de Planeación*, Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2003.
- [21] M. Howard, *Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de producción*, Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España, 2001.
- [22] A. Castro Ramírez, *Forraje Hidropónico para alimentar cabras*. Disponible en: <http://www.capraispana.com/destacados/costarica/forraje.htm>. Recuperado el 22 de febrero de 2008.
- [23] C.D. Carballido Carlin, *Silvoagropecuarios*. En línea]5 de agosto de 2005. Disponible en: www.usuarios.lycos.es/forrajehidroponico. Recuperado el 7 de enero de 2008.