

César Alfonso Arroyo Barranco
Rodrigo Ramírez Ramírez
Heriberto Nicolas Morales

Evaluando métodos de diseño con el modelo FAROUT

Evaluando métodos de diseño con el modelo FAROUT

César Alfonso Arroyo Barranco (0000-0002-5810-1336)^{1*}

Rodrigo Ramírez Ramírez (0000-0003-3895-2675)^{2*}

Heriberto Niccolas Morales (0000-0002-6402-121X)^{3*}

¹Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*arroyoca@uaeh.edu.mx

²División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

*dr.rodrigo.uam@gmail.com

³Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*hnicolas@uaeh.edu.mx

Resumen

En el ámbito del diseño y el desarrollo de productos existen diversos métodos que ayudan a los equipos a realizar la adecuada toma de decisiones posterior al proceso creativo donde se generan las soluciones o alternativas que deberán ser evaluadas para encontrar la que mejor satisfaga las necesidades demandadas por los usuarios de un producto específico.

De acuerdo con diversos documentos consultados y revisados en la literatura, se encontraron seis métodos de amplio uso para la evaluación y toma de decisiones. Posteriormente, se analizaron sus principales características para conocer sus alcances y limitaciones, y se realizó una comparación de los métodos obteniendo las conclusiones a partir del análisis comparativo. Para alcanzar tal objetivo del presente, se utilizó el sistema FAROUT propuesto por Fleisher y Bensoussan.

Palabras clave | FAROUT, Caja de agrupamiento, Datum, Objetivos ponderados, Perfil de Harris, Respuesta detallada.

Evaluation Design Methods with the FAROUT Model

Abstract

In the field of product design and development there are several methods that help teams to make the appropriate decision-making after the creative process where the solutions or alternatives are generated that must be evaluated to find the one that best meets the needs demanded by the users of a specific product.

According to various documents consulted and reviewed in the literature, six widely used methods for evaluation and decision making were found. Subsequently, its main characteristics were analyzed to know its scope and limitations, and a comparison of the methods was obtained obtaining the conclusions from the comparative analysis. To achieve this objective of the present, the FAROUT system proposed by Fleisher and Bensoussan was used.

Keywords | FAROUT, Clustering-Box, Datum, Weighted Objects, Harris profile, Itemised Response Method.

Copyright

Centro de Diseño y Comunicación, S.C.© 2020. Este es un artículo de acceso abierto distribuido según los términos de la Licencia de Atribución de Creative Commons ([CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)), que permite la descarga, el uso y la distribución en cualquier medio, sin propósitos comerciales y sin derivadas, siempre que se acredite al autor original y la fuente.

Introducción

En las etapas o fases del proceso de diseño de productos se realizan diferentes acciones y entre ellas se destaca la evaluación y selección de las alternativas de diseño donde se utiliza algún método con base en la necesidad del equipo. Esta acción tiene gran relevancia considerando que, por ejemplo, dependiendo del camino que se tome, el costo de un producto puede oscilar entre un 60 y 80% (Duffy et al., 1993). Por lo tanto, los métodos para la evaluación y selección de alternativas deberán proporcionar certidumbre a los equipos de diseño para tomar las decisiones adecuadas. Un error en la selección tendrá repercusiones (Just et al., 2007) en distinta escala, por lo que se considera importante tener un conocimiento de los alcances, limitaciones y enfoques de cada método.

En *Métodos de Diseño* (2005), Nigel Cross menciona que la elección puede hacerse basada en conjeturas, intuición, experiencia, o tomando una decisión arbitraria. Sin embargo, es mejor si la elección se hace mediante un procedimiento más lógico. No solamente el diseñador se sentirá más seguro, sino que otras personas implicadas en la toma de decisiones (gerentes y colegas del equipo de diseño), podrán participar de esta o evaluar su pertinencia (Cross, 2005, pp. 31-19).

Para hacer más objetiva la evaluación de los métodos se utilizan diversas técnicas. Aunque existe una división de técnicas de evaluación como monocriterio y multicriterio (García et al., 2011, p. 164). Sin embargo, por las diversas características que poseen las alternativas de diseño, las técnicas de evaluación que se utilizan en este trabajo son de tipo multicriterio (Contreras-Miranda et al., 2010). Para llevar a cabo este procedimiento, es necesario establecer qué criterios de evaluación y selección se aplicarán en cada uno de los métodos, con base en el concepto de diseño (conjunto de deseos y necesidades del cliente). Milton y Rodgers (2013, p. 139) señalan que los diseñadores necesitan métodos fiables, rigurosos y sólidos para evaluar y seleccionar sus alternativas de diseño; por lo tanto, es muy importante elegir los métodos de evaluación adecuados considerando

que los diseñadores evalúan la dirección que deben tomar y al mismo tiempo tener varias alternativas para elegir.

Para realizar lo anterior existen procedimientos matriciales que se describen en este trabajo para posteriormente realizar un análisis comparativo basado en el sistema FAROUT (*Future orientation, Accuracy, Resource efficiency, Objectivity, Usefulness, Timeliness*) en el que se consideran seis criterios para valorar la conveniencia de utilizar cierto método o técnica de análisis estratégico (Fleisher y Bensoussan, 2003).

Métodos para la selección de alternativas de diseño

De acuerdo con la guía de diseño del Departamento de Diseño Industrial de la Universidad Tecnológica de Delft (van Boeijen et al., 2013) entre los métodos más utilizados en el ámbito del diseño y el desarrollo de productos se encuentran los siguientes: método de caja de agrupamiento (Clustering-Box), método *Datum*, (Datum Method), método de objetivos ponderados (Weighted Objectives), método perfil Harris (Harris Profile), método de respuesta detallada (*Itemised Response Method*) y método de ventajas, limitaciones y cualidades únicas (*Advantage, Limitations, and Qualities Unique*). Estos métodos han sido desarrollados en diferentes países como Gran Bretaña, Países Bajos y Estados Unidos. Cabe señalar que, debido a las diferentes características de los métodos, se ha considerado la necesidad de presentar al lector una guía breve sobre cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Guía para la utilización de los métodos

Método	¿Cuándo utilizarlo?	¿Qué se puede evaluar?	Etapas del proceso de diseño
ALoU	Se utiliza para describir las ideas en términos comunes, y se recomienda aplicarlo al inicio del proceso de diseño.	Función, costo, estética, materiales, ergonómicos	Generación de ideas (Etapa temprana)

Caja de Agrupamiento C-Box	Se utiliza para agrupar ideas de solución cuando éstas son excesivas y se necesita realizar un filtro para obtener las mejores.	Función, costo, estética, materiales	Generación de ideas (Etapa temprana)
Respuesta detallada	Se utiliza para seleccionar ideas para el desarrollo de conceptos, y cuando se necesita analizar una cantidad manejable de ideas.	Función, costo, estética, materiales, ergonómicos	Generación de ideas (Etapa temprana)
<i>Datum</i>	Se utiliza para comparar varias alternativas con respecto a un producto existente.	Función, costo, estética, materiales	Desarrollo del concepto (Evaluación de alternativas)
Objetivos ponderados	Se utiliza cuando se debe tomar una decisión con base en los objetivos de diseño.	Función, costo, estética, materiales, ergonómicos	Desarrollo del concepto (Evaluación de alternativas)
Perfil Harris	Se utiliza para comparar varias alternativas de conceptos de productos y se llegue a un consenso para tomar una decisión intuitiva.	Función, costo, estética, materiales, ergonómicos	Desarrollo del concepto (Evaluación de alternativas)

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al., (2013).

Con el objetivo de identificar las etapas del proceso de diseño y de desarrollo de productos, destacando sus primeras fases donde se aplican los métodos (Fig. 1).

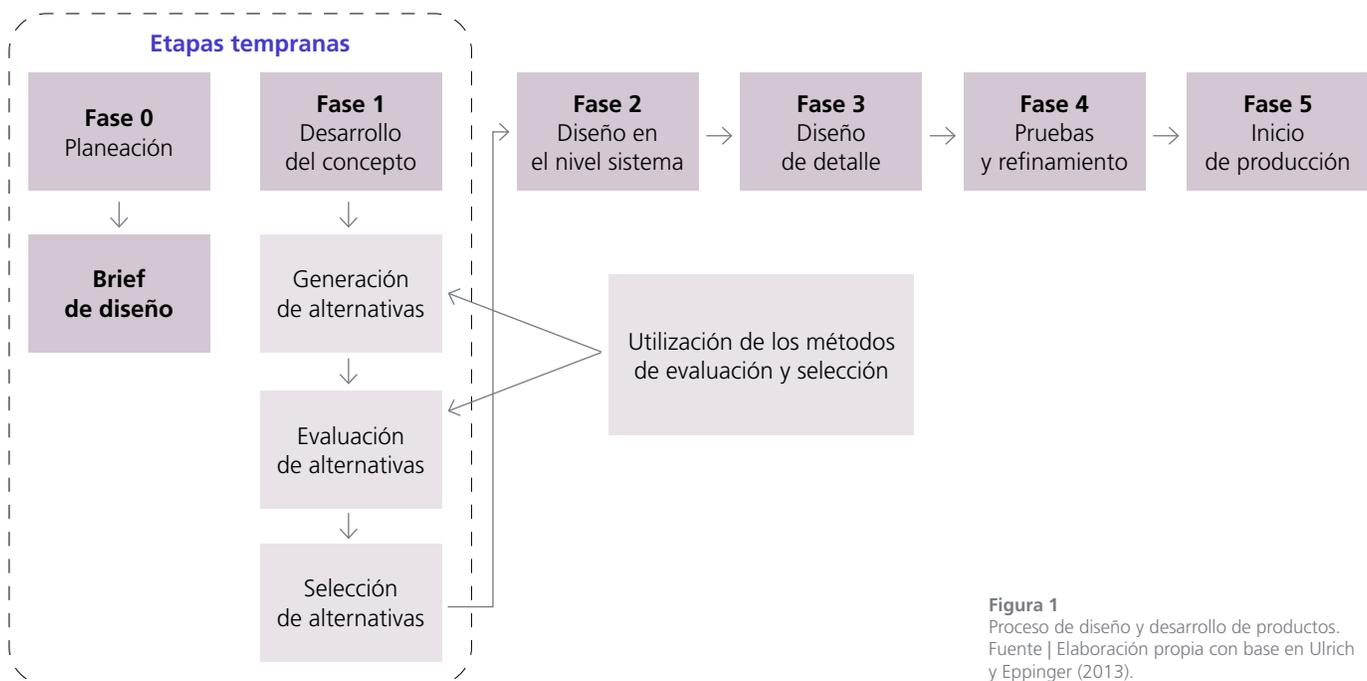


Figura 1
Proceso de diseño y desarrollo de productos.
Fuente | Elaboración propia con base en Ulrich y Eppinger (2013).

Una vez que se tiene un panorama general de los métodos, para ejemplificar la función de los primeros cuatro (caja de agrupamiento C-Box, *Datum*, objetivos ponderados y perfil Harris) se tomaron los diseños del proyecto de una carcasa para los módulos de registro de huella dactilar en una institución educativa (Tomiyama et al., 2009), y para los métodos de Respuesta Detallada y Ventajas, Limitaciones y Cualidades Únicas se ejemplificaron con el diseño de diferentes tazas elaboradas en cerámica.

Antes de iniciar con la descripción de cada uno de los métodos se considera importante enfatizar el valioso papel que juega el documento pormenorizado que describe el problema de diseño que se pretende resolver (brief) de diseño para la adecuada identificación y selección de los criterios de evaluación (Onoff!solutions, 2019).

Ulrich y Eppinger identifican al brief como el documento que contiene la declaración de la misión del producto donde se establecen los siguientes postulados: descripción del producto, propuesta de valor, objetivos de negocio, mercado, restricciones e involucrados (Ulrich y Eppinger, 2013).

Ulrich y Eppinger sugieren tener precaución al respecto de lo siguiente.

- **Descomposición de la calidad del concepto.** La calidad de los conceptos de algunos productos no puede descomponerse fácilmente en un conjunto de criterios independientes ya que, de otro modo, el rendimiento del concepto con respecto a los diferentes criterios puede ser difícil de relacionar con la calidad general del concepto.
- **Criterios subjetivos.** Algunos criterios particularmente los relacionados con la estética, son en gran medida subjetivos. Las elecciones de alternativas con criterios subjetivos deben de hacerse con mucho cuidado. Para este punto, se recomienda que se deben reducir el número de alternativas y luego solicitar las opiniones de clientes representativos del mercado.

- **Dónde incluir el costo.** Casi todos los criterios de selección son adaptaciones de las necesidades del cliente. No obstante, “facilidad de manufactura” y “costo de manufactura” no son necesidades del cliente. Lo único que interesa al cliente del costo de manufactura es porque establece el límite inferior sobre el precio de venta. Sin embargo, el costo es un factor extremadamente importante en la selección de un concepto, porque es uno de los factores que determinan el éxito económico de un producto.

Método C-Box

Conocido también como Método C-Box (*Clustering Box*), se caracteriza por ayudar a los equipos de diseño cuando surgen demasiadas alternativas de solución a una necesidad en el proceso creativo (lluvia de ideas) y es necesaria la agrupación de estas para determinar qué tan viables son, descartando aquellas que no cumplan con ciertos criterios. A estas alternativas también se les conoce como ideas preliminares o alternativas tempranas, ya que son los primeros intentos para solucionar la problemática específica.

El procedimiento consiste en crear una matriz dividida en cuatro cuadrantes (Tabla 2) donde serán colocadas las alternativas a partir de un análisis por parte del equipo de diseño basado en ciertos criterios que valoran los aspectos positivos y negativos de las alternativas de diseño. Algunos criterios positivos podrían ser la factibilidad de realización de la alternativa, si es innovadora, el bajo costo de fabricación, comodidad para el usuario final, si es amigable con el medio ambiente, entre otros. Como criterios negativos se puede considerar si la alternativa o propuesta es no realizable, si resulta común, y de alto costo de fabricación.

Tabla 2. Estructura genérica de Método C-Box

	Criterio Negativo	Criterio Positivo
Criterio positivo	Alternativas que se asignan de acuerdo con el análisis del equipo de diseño	Alternativas que se asignan de acuerdo con el análisis del equipo de diseño
Criterio negativo	Alternativas que se asignan de acuerdo con el análisis del equipo de diseño	Alternativas que se asignan de acuerdo con el análisis del equipo de diseño

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al., (2013).

Por ejemplo, el equipo de diseño lo primero que establecerá son los criterios de realizable y no realizable para la parte vertical de la matriz y los criterios de conservadora e innovadora para la parte horizontal (Tabla 3). Con estos parámetros se analizarán las alternativas y el resultado se asignará al cuadrante correspondiente.

Tabla 3. Ejemplo de Matriz C-Box

	Conservadora	Innovadora
Realizable	Alternativas realizables pero usuales, conocidas o comunes.	Alternativas realizables e innovadoras.
No Realizable	Alternativas no realizables, usuales, conocidas y comunes.	Alternativas innovadoras, pero no realizables.

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al., (2013)

Finalmente, una vez que se ha completado la matriz, el equipo tendrá una visión general para decidir cuáles son las alternativas para continuar el proceso de diseño, siendo las ubicadas en el primer cuadrante las más sobresalientes porque cumplen con los criterios de realizables e innovadoras.

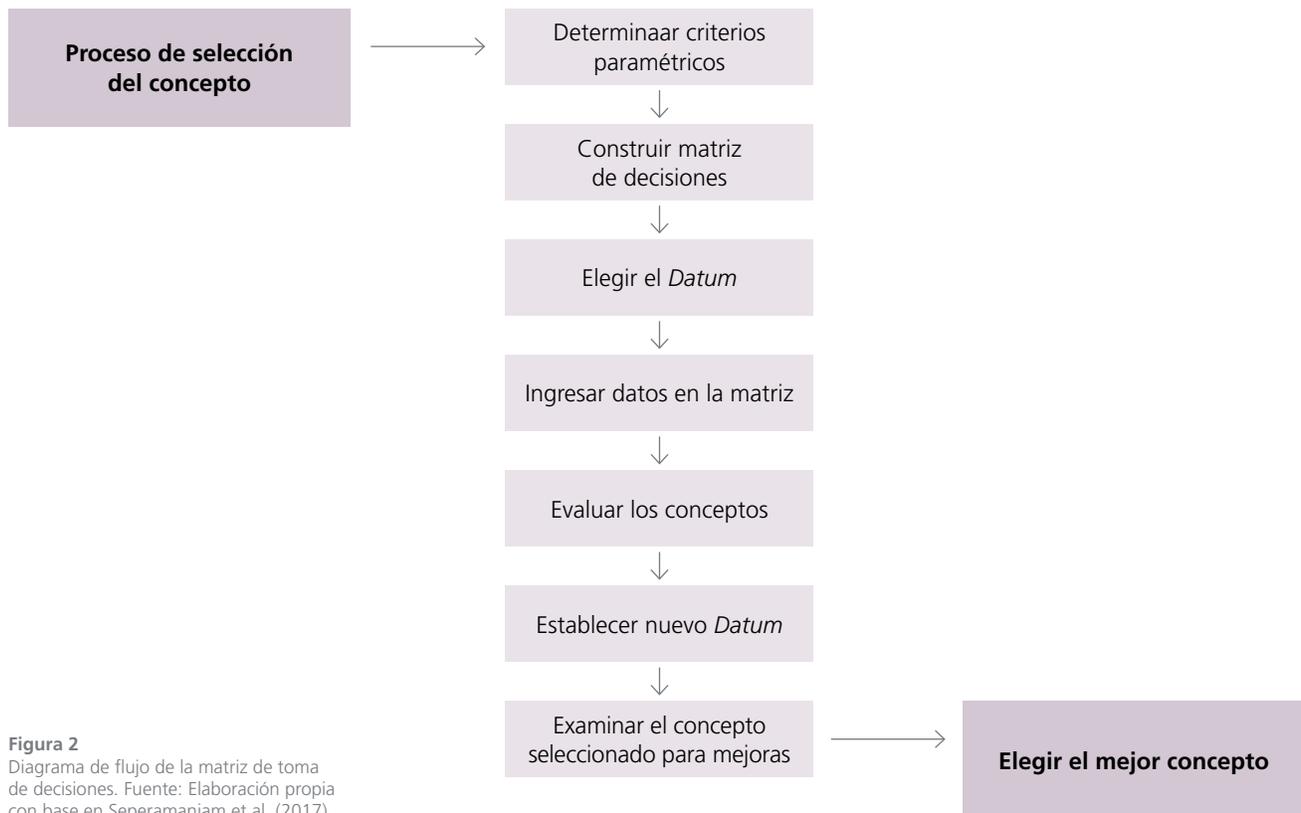


Figura 2
Diagrama de flujo de la matriz de toma de decisiones. Fuente: Elaboración propia con base en Seperamian et al. (2017).

Método Datum

El método *Datum* se utiliza para evaluar y seleccionar alternativas de diseño resultado del proceso creativo, desarrollado en 1981 por el ingeniero británico Stuart Pugh (Aguayo y Soltero, 2003). En comparación con otros métodos, la metodología de Pugh es simple y fácil de utilizar por los equipos de diseño, la cual han sido probados para numerosos usos industriales (Tomiyama et al., 2009).

Para realizar el proceso de evaluación mediante el método *Datum*, Seperamian et al., (2017), proponen una serie de pasos mediante un diagrama de flujo.

Tal como se describe en la figura 2, el primer paso será la adecuada identificación de los criterios o características que deberá cumplir el nuevo producto de acuerdo con lo establecido en el brief. Por ejemplo, se necesita diseñar un dispositivo de lector óptico para el registro de asistencia que mejore las características del actual entre las cuales se encuentran las siguientes: apariencia, comodidad, funcionalidad, volumen, altura y peso; estas características serán los criterios a evaluar.

El segundo paso será elaborar la matriz de decisión donde se colocarán las alternativas o conceptos a evaluar, así como los criterios de evaluación (Tabla 3). Para el tercer paso, se coloca en la matriz el *datum* o la referencia con la cual se comparará cada alternativa.

En el cuarto paso se realizará la asignación de un valor a partir de la siguiente escala: "mejor" (+), "igual" (=) o "peor" (-), que el *datum*. Para realizar el ejercicio comparativo del método se necesita construir una matriz donde se representen de manera gráfica las alternativas de diseño. Cada alternativa debe mostrar el mismo nivel de detalle para evitar que se presenten características de más en una u otra. Posteriormente, el equipo de diseño deberá colocar en la fila izquierda de la matriz los criterios de evaluación antes mencionados (características que se deben atender), para que se asigne el calificativo "+", "=" o "-", en las columnas donde se coloca a las alternativas a comparar. En la tabla 4 se ejemplifica la aplicación del método *datum* considerando tres alternativas de diseño.

Tabla 4. Ejemplo de Matriz *Datum*

	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Referencia
Criterios de evaluación				
Apariencia	+	-	+	
Comodidad	+	-	+	
Funcionalidad	+	S	+	
Volumen	+	S	S	
Altura	S	S	S	
Peso	S	S	+	
$\Sigma +$	4	0	4	
Σs	2	4	3	
$\Sigma -$	0	2	0	
Resultado	Fuerte	Débil	Fuerte	

Fuente | Elaboración propia con base en Ulrich y Eppinger (2013).

Por ejemplo, el calificativo asignado para el criterio de apariencia de la alternativa A es "+", lo que significa que la Alternativa A tiene mejor apariencia que el *datum*, sin embargo, el peso es igual que el *datum*.

En el quinto paso, una vez que se han asignado los calificativos correspondiente a cada criterio por alternativa, se procederá a realizar la sumatoria para obtener el valor total, por ejemplo, en la Alternativa A se obtuvieron cuatro "+", tres "S" y ningún "-", pero como el mayor corresponde a cuatro valores positivos (mejor que) de acuerdo con el método se considera como una propuesta fuerte. Caso contrario es el resultado de la Alternativa B, que obtuvo dos valores negativos (peor que) se considera una propuesta débil (Tabla 4).

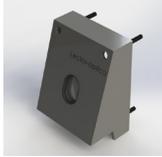
Es importante mencionar que en el proceso de evaluación se pueden obtener resultados de empate donde varias alternativas resulten con el mismo resultado (fuertes). Con base en lo anterior, será necesario realizar una segunda iteración para evaluar y desempatar, pero bajo criterios adicionales que ayuden a calificar otras características que también agregarán valor al producto y servirán para la toma de decisión final. En la tabla 4, se observa que existen dos alternativas que resultaron con calificación "fuerte", tanto la A, como la C, por lo que se realizará una segunda y tercera iteración del procedimiento de evaluación para obtener a la alternativa ganadora tal como se ilustra en las tablas 5 y 6, por lo que se establecerá como nuevo *Datum* a la alternativa contraria, es decir, para la alternativa A el *datum* será la Alternativa C y viceversa. Lo anterior corresponde al sexto paso de la evaluación.

Tabla 5. Matriz *Datum* iteración 2

	Alternativa A nuevo <i>Datum</i>	Alternativa C
Criterios de evaluación adicionales		
Adaptabilidad al usuario		+
Ligero		+
Peso		S
$\Sigma +$		2
Σs		1
$\Sigma -$		0
Resultado	Fuerte	

Fuente | Elaboración propia con base en Ulrich y Eppinger (2013).

Tabla 6. Matriz *Datum* iteración 3

	Alternativa A	Alternativa C nuevo <i>Datum</i>
Criterios de evaluación adicionales		
Adaptabilidad al usuario	-	
Ligero	-	
Peso	5	
$\Sigma +$	0	
Σs	1	
$\Sigma -$	2	
Resultado		Débil

Fuente | Elaboración propia con base en Ulrich y Eppinger (2013).

Para finalizar el ejemplo, la Alternativa C resultó ser la más fuerte dado que en la segunda iteración los resultados del análisis comparativo bajo los criterios adicionales de adaptabilidad al usuario, y ligero, demostraron una mejor calificación para esta alternativa, dadas sus características de diseño.

Método de objetivos ponderados

El método de objetivos ponderados es de utilidad cuando es necesario determinar el valor global de una propuesta con relación a los objetivos de diseño y para evaluar y comparar las alternativas equiparando distintos criterios.

La principal característica de este método es la asignación de ponderaciones a cada criterio que se establezca para realizar la evaluación de cada alternativa.

El método se realiza utilizando una matriz en cuyas filas se colocan los criterios usados para la evaluación y en las columnas, las alternativas (soluciones de diseño) a ser evaluadas (tabla 7).

Para definir los criterios de evaluación, el equipo de diseño se apoyará en las necesidades establecidas en el brief. Por ejemplo, para el diseño de un dispositivo

de registro de asistencia en el brief se ha establecido que se deben resolver las necesidades de apariencia, comodidad, funcionalidad, altura y estabilidad. Por lo tanto, el equipo de diseño se basará directamente en las necesidades descritas para utilizarlas como criterios de evaluación. En la tabla 7 se pueden apreciar los criterios que se ponderarán.

Nuevamente, la información establecida en el brief servirá como referencia para la asignación de los valores de peso. Los valores de peso que se asignarán a cada criterio de acuerdo con el valor de su importancia deberán expresarse en percentiles para que al sumarlos den como resultado el cien por ciento. Siguiendo con el ejemplo, el equipo de diseño basado en la interpretación del brief, ha resuelto establecer la asignación de los valores de la siguiente manera: La apariencia tiene una importancia del 5%, la comodidad del 25%, la funcionalidad del 20%, la altura del 20%, y la estabilidad del 20%. En la tabla 8, se pueden identificar estos valores en la fila denominada peso y sumados estos valores se obtiene el 100%.

El siguiente paso consiste en calificar a cada criterio con base en la observación de cada alternativa, y para realizar este procedimiento, el equipo de diseño deberá establecer los factores de ponderación o los valores de calificación (ponderación) representados en una escala, por ejemplo, del 1 al 4 donde además se describe el significado de cada valor (valoración) tal como se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7. Criterios de ponderación (Escala de calificación)

Valoración	Ponderación
Excelente	4
Bueno	3
Regular	2
Deficiente	1

En la tabla 8 se pueden apreciar que la Alternativa A fue calificada con los siguientes valores: En la apariencia se logró tres puntos de calificación, en comodidad tres puntos, funcionalidad dos puntos, en altura tres puntos, y en estabilidad cuatro puntos. En este caso, para asignar la calificación, el equipo de diseño interpretó que la apariencia, la altura y la comodidad son buenas, que la funcionalidad es regular y la estabilidad es excelente.

El siguiente paso consiste en obtener la evaluación ponderada de cada criterio para cada alternativa a partir de la siguiente formula:

$$EP \text{ (evaluación ponderada)} = \frac{P \text{ (peso)} \times C \text{ (calificación)}}{100}$$

Sustituyendo, para la Alternativa A en el criterio de Apariencia encontramos que:

$$EP = \frac{5 \times 3}{100} = 0.15$$

De esta manera se realizarán todas las ponderaciones.

Tabla 8. Ejemplo de Matriz de Objetivos Ponderados

		Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C			
							
Crterios (objetivos)	Peso	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada	Calificación	Evaluación Ponderada
Apariencia	5%	3	0.15	2	0.10	3	0.15
Comodidad	25%	3	0.75	2	0.50	2	0.50
Funcionalidad	20%	2	0.40	2	0.40	4	0.80
Altura	20%	3	0.60	2	0.40	4	0.80
Estabilidad	15%	4	0.60	2	0.30	3	0.45
Total	100%		2.5		1.7		2.7

Fuente | Elaboración propia con base en Ulrich y Eppinger (2013).

Para conocer el resultado de la evaluación, basta con observar los datos de la fila “Total” en la tabla 8, donde se muestra que la alternativa mejor valorada es la Alternativa C, dada su mayor puntuación ponderada con un valor total de 2.7, lo que significa que esta alternativa tiene el mejor valor global para el cumplimiento de los objetivos de diseño y que valdrá la pena que continúe hacia las siguientes etapas del proceso de diseño y desarrollo.

Método de Perfil Harris

El Perfil Harris se enfoca en el análisis de las fortalezas y las debilidades de las alternativas de diseño y con base en los resultados se realiza la toma de decisiones sobre la mejor opción. Al igual que los métodos *Datum* y de objetivos ponderados, este es un método matricial donde se colocan los criterios de evaluación y las alternativas a evaluar (Tabla 9).

Tabla 9. Ejemplo de matriz de perfil Harris

	Alternativa A				Alternativa B				Alternativa C				Alternativa D			
	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2
Criterios																
Apariencia			•			•						•		•		
Comodidad			•				•				•				•	
Funcionalidad		•					•				•				•	
Mantenimiento			•				•					•			•	
Ligero			•					•			•					•

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al., (2013).

Como se observa en la matriz, el equipo de diseño asignará una calificación a cada alternativa de acuerdo con los criterios establecidos en la columna izquierda. Los valores establecidos en el método (-2, -1, +1, y +2) deberán tener un significado como referencia. Para otorgar el significado a los valores establecidos, se puede tomar cada criterio de la columna izquierda y por ejemplo, agregar un adjetivo para cada valor (Tabla 10).

Tabla 10. Ejemplo de asignación de significado

Criterios	Valores establecidos en el método			
	-2	-1	+1	+2
Apariencia innovadora	Muy Poca	Poca	Mediana	Bastante
Comodidad	Muy Poca	Poca	Mediana	Bastante
Funcionalidad	Muy Poca	Poca	Mediana	Bastante
Mantenimiento	Muy Poca	Poca	Mediana	Bastante
Ligero	Muy Poca	Poca	Mediana	Bastante

Fuente | Elaboración propia.

Por lo tanto, se puede interpretar de la siguiente manera: Muy Poca comodidad equivale a -2, Mediana comodidad equivale a +1, Poca comodidad equivale a -1, y Mucha comodidad equivale a +2. En la tabla 11 se muestra la interpretación de los resultados de la aplicación del método, en la que resulta mejor evaluada la alternativa C.

Tabla 11. Interpretación de resultados

Valores Establecidos	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
+2	0	1	2	0
+1	4	3	3	1
-1	1	1	0	4
-2	0	0	0	0
Total	3	4	7	-3

Fuente | Elaboración propia.

Para obtener la calificación total de cada alternativa se realiza la suma de cada uno de los valores asignados a los criterios. Por ejemplo, en la alternativa A, se calificaron cuatro criterios con el valor de +1 (apariencia, comodidad, mantenimiento y ligero) y un criterio con el valor de -1 (funcionalidad). Se sumaron los cuatro valores positivos obteniendo un valor de 4 y se restó el valor negativo de -1, dando como resultado un total de 3. (Tabla 12). Para el caso de la alternativa B, se calificaron tres criterios con el valor de +1 (comodidad, funcionalidad y mantenimiento), un criterio con el valor de +2 (ligero), y un criterio con el valor de -1 (apariencia). La suma de los tres valores positivos de +1 con el valor positivo de +2 dio como resultado un valor de 5 (3+2), posteriormente se resto el valor de -1 resultando un valor total de 4 (Tabla 12).

La alternativa que obtuvo la mayor puntuación es la alternativa C, considerando lo siguiente: Se calificaron dos criterios con valor de +2 (apariencia y capacidad) dando un valor de 4. Además, se calificaron tres criterios con valor de +1 (comodidad, funcionalidad y altura) obteniendo un valor de 3. Al sumar los valores de 3 y 4 el resultado total es de 7. Por lo tanto, con base en los resultados totales de las alternativas evaluadas el equipo de diseño podrá hacer la toma de decisiones de cuál es la alternativa más conveniente para continuar hacia las siguientes etapas del proceso de diseño y desarrollo.

Tabla 12. Matriz Perfil Harris con resultados totales por alternativa

	Alternativa A				Alternativa B				Alternativa C				Alternativa D			
	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2
Criterios																
Apariencia			•		•							•		•		
Comodidad			•				•				•			•		
Funcionalidad		•					•				•			•		
Capacidad			•				•					•		•		
Mantenimiento			•					•		•					•	
Total			3				4				7				-3	

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al. (2013).

Método de respuesta detallada

El método de respuesta detallada (PMI por sus siglas en inglés) permite calificar un conjunto de ideas de manera rápida e intuitiva (van Boeijen et al., 2013) a partir de la elaboración de una lista de características positivas (ventajas) y negativas (desventajas). En la tabla 13 se muestra un ejemplo de aplicación del método de respuestas detalladas donde se evalúan cuatro alternativas. Para cada alternativa se enuncian y enlistan las características positivas negativas con base en lo que observa el equipo de diseño.

Tabla 13. Ejemplo de método de respuesta detallada

Ideas o alternativas	Características Positivas	Características Negativas	Posibles Mejoras	
A		Buena capacidad de contenido Asa cómoda Forma atractiva Color cálido	Poca estabilidad Asa incómoda	Aumentar el diámetro de la base Diseño de asa con forma recta
B		Buena capacidad de contenido Asa cómoda Color cálido	Forma tradicional	Aumentar el diámetro de la parte superior
C		Buena capacidad de contenido Asa cómoda Forma atractiva Color cálido	Poca estabilidad	Cambiar la base de forma redonda a cuadrada
D		Forma atractiva Color cálido	Poca capacidad de contenido Asa incómoda	Diseño de asa con forma recta

Fuente | Elaboración propia con base en van Boeijen et al. (2013).

Una de las características del método es que los aspectos negativos son susceptibles de mejora.

Método ALoU

El método ALoU (Advantage, Limitations and Quality Unique) se utiliza para evaluar un gran conjunto de ideas tempranas de diseño de manera rápida y sistemática (van Boeijen et al., 2013). Es un método de inventario que permite al equipo de diseño revisar y validar las ideas, sin embargo, no es un método tan conocido o empleado en la toma de decisiones como los métodos *Datum* o de objetivos ponderados (Wasilewska y Ryszard, 2014).

Comúnmente se emplea en sesiones de lluvia de ideas para seleccionar aquellas soluciones que puedan aportar propuestas que se acerquen más a la solución

de un problema. El procedimiento consiste definir cuáles son las ventajas, limitaciones y cualidades únicas de cada alternativa a evaluar (Tabla 14).

Tabla 14. Ejemplo del Método ALoU

Ideas o alternativas	Ventajas	Limitaciones	Cualidades únicas	
A		Funcionalidad Mayor capacidad	Forma cilíndrica	Asa curvilínea
B		Funcionalidad Forma conocida	Forma cilíndrica Capacidad	Asa recta
C		Funcionalidad Mayor capacidad	Base cilíndrica	Forma cuadrada
D		Diseño novedoso	Menor capacidad Menor funcionalidad	Diferentes diámetros en su capacidad de almacenamiento

Fuente | Elaboración propia con base en Wasilewska y Ryszard (2014).

Como ejemplo se evaluaron cuatro alternativas, pero el método ha sido pensado para evaluar de veinte a treinta ideas aproximadamente. Una vez que las alternativas han sido calificadas, el equipo de diseño podrá determinar con base en los resultados cuáles ideas tienen mayor oportunidad para continuar en el proceso de diseño y desarrollo.

Para la interpretación del resultado y ulterior toma de decisiones, se puede observar que la alternativa D con base en su mayor número de limitaciones y pocas ventajas sería descartada para continuar en el proceso de diseño y desarrollo.

Análisis mediante el modelo FAROUT

Como apoyo en el proceso de análisis comparativo de los métodos de selección y evaluación de alternativas de diseño, se utilizó como referente el modelo propuesto FAROUT (*Future orientation, Accuracy, Resource efficiency, Objectivity, Usefulness and Timeliness*) (Fleisher y Bensoussan, 2003), que considera seis criterios para valorar la conveniencia de utilizar cierto método o técnica de análisis estratégico.

Los autores señalan que cada método tiene limitaciones y que estas se multiplican cuando se utilizan en contextos organizacionales específicos. Así mismo, estiman que un análisis debe tener en cuenta el tiempo, el costo y la eficiencia del resultado que se entregará para la toma de decisiones (Gonçalves, 2018).

El modelo FAROUT está respaldado por la premisa de que el resultado del análisis debe entregar valor al tomador de decisiones. En este sentido, debe cumplir con algunas características comunes, que serían: orientación al futuro, precisión, eficiencia en el uso de recursos, objetividad, utilidad y oportunidad (Gonçalves, 2018).

Aunque FAROUT se concibió para calificar o valorar métodos de análisis estratégico, también puede ser adaptado para evaluar métodos de diseño con las modificaciones o ajustes pertinentes. Es importante hacer notar que el sistema FAROUT como método de evaluación ha mostrado utilidad en la literatura, pero requiere que el diseño y la ponderación de los criterios sea debidamente sustentada para que los resultados tengan sustento y validez.

La evaluación, que considera una escala de cinco puntos que va de bajo (1) a alto (5) (Fleisher y Bensoussan, 2003), se realiza por expertos que valorarán un objeto, un instrumento, un material o un aspecto concreto (Cabero y Llorente, 2013) de los anteriores. Se considera que esta técnica bien aplicada es adecuada, desde un punto de vista metodológico, y constituye un indicador de validez de contenido como estrategia para recoger datos o información (Escobar y Cuervo, 2008).

Por lo anterior, puede decirse que esta forma de evaluar tomando en cuenta los seis criterios incluidos en el método FAROUT, resulta de gran utilidad en la valoración cualitativa de diseño de productos (Alcaide et al., 2004), proceso en el que la creatividad y los aspectos perceptuales y sensoriales toman gran relevancia (Sarkar y Chakrabarti, 2011).

Escala de medición

Para establecer la escala de medición se adaptó la escala de FAROUT a las necesidades del presente trabajo. En la tabla 15 se muestra la escala de medición para cada uno de los criterios con que serán analizados los métodos.

Tabla 15. Escala de medición para valorar los métodos de evaluación de alternativas de diseño

Criterios	Puntuación				
	1 (Bajo)	2 (Mediano bajo)	3 (Medio)	4 (Mediano Alto)	5 (Alto)
Orientación al futuro	El método tiene muy poca orientación hacia el futuro. Los resultados de éste casi no influyen en las etapas posteriores de un proceso.	El método tiene poca orientación hacia el futuro. Los resultados de éste influyen poco en las etapas posteriores de un proceso.	El método tiene una mediana orientación hacia el futuro. Los resultados de éste influyen medianamente en las etapas posteriores de un proceso.	El método tiene orientación hacia el futuro. Los resultados de éste influyen en las etapas posteriores de un proceso.	El método tiene alta orientación hacia el futuro. Los resultados de éste influyen fuertemente en las etapas posteriores de un proceso.
Precisión	El método proyecta resultados con un bajo nivel de precisión.	El método emite resultados poco precisos.	El método proyecta resultados medianamente precisos.	El método proyecta resultados casi precisos.	El método proyecta resultados con un alto nivel de precisión.
Eficiencia en el uso de recursos	El método requiere una gran cantidad de datos, por lo que se considera baja su eficiencia.	El método requiere de una cantidad de datos, y es medianamente bajo en eficiencia.	El método requiere una cantidad promedio de datos por lo que se considera mediana su eficiencia.	El método requiere una baja cantidad de datos, por lo que se considera eficiente.	El método requiere muy pocos datos por lo que es altamente eficiente.

Objetividad	El método es bajo en la objetividad de los resultados debido a una gran cantidad de sesgos.	El método es medio bajo en objetividad debido a la presencia de sesgos.	El método es medianamente objetivo debido a que puede presentar algunos sesgos.	El método es medio alto en objetividad debido a la baja cantidad de sesgos.	El método presenta mínimos sesgos por lo que es alto en objetividad.
Utilidad	El método presenta resultados incompletos y requiere análisis adicionales para la toma de decisiones.	El método presenta resultados medianamente completos que pueden ayudar en la toma de decisiones.	El método presenta resultados intermedios que pueden ayudar en la toma de decisiones.	El método presenta resultados medianamente completos que pueden ayudar en la toma de decisiones.	El método presenta resultados completos que ayudan en la toma de decisiones sin requerir análisis adicionales.
Oportunidad	El método requiere mucho tiempo para la evaluación y obtención de resultados.	El método requiere tiempo por arriba del promedio para la evaluación y obtención de resultados.	El método requiere un tiempo promedio para la evaluación y obtención de resultados.	El método requiere tiempo por debajo del promedio para la evaluación y obtención de resultados.	El método requiere poco tiempo para la evaluación y obtención de resultados.

Fuente | Elaboración propia con base en Fleisher y Bensoussan (2003).

Asignación de valores

Para asignar la puntuación correspondiente a cada uno de los métodos se realizó un análisis de las principales características que los definen con base en la verificación de éstas con la escala de valores de FAROUT. A continuación, se hará una descripción breve del porqué se hicieron tales asignaciones, tomando el orden de los criterios (orientación al futuro, precisión, eficiencia en el uso de recursos, objetividad, utilidad, oportunidad). En la tabla 16 se muestran los resultados del análisis de cada uno de los métodos de evaluación y de manera gráfica (Fig. 9).

Método de caja de agrupamiento C-Box

Para este método, el criterio de orientación al futuro se consideró cómo el más fuerte al ofrecer un apoyo importante a los equipos de diseño para la toma de decisiones sobre las alternativas con mejores posibilidades de desarrollo en las subsecuentes fases del proceso de diseño, por lo que se asignaron cinco puntos. Para el criterio de precisión, se otorgó una calificación de tres puntos con base en que los resultados que proyecta C-Box podrían tener cierto sesgo debido a que el método permite a los diseñadores declinar su decisión con cierto grado

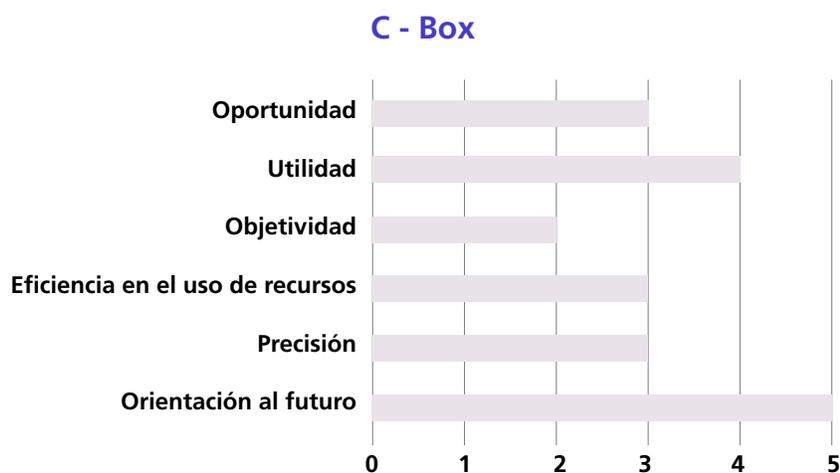


Figura 3
Gráfico comparativo de resultados para C-Box.

de arbitrariedad. Se puede considerar como un método con una eficiencia en el uso de recursos promedio para la realización del proceso de evaluación al utilizar algunos datos como criterios y alternativas, por lo tanto, se le asignó una calificación de tres puntos. En cuanto a la objetividad, al haber sesgo en los resultados del proceso de selección, el método se puede considerar con baja objetividad, otorgándole una calificación de dos puntos. Para el criterio de utilidad, la calificación fue de cuatro puntos, con base a los resultados del proceso de selección de alternativas considerados como completos y que pueden apoyar en la toma de decisiones. Por último, para el criterio de oportunidad, el método C-Box obtuvo una calificación de tres puntos al utilizar un tiempo promedio para la realización del proceso de selección (Fig. 3).

Método *Datum*

Para el método *Datum* el criterio de orientación al futuro es el mejor calificado con cinco puntos al ser un método de evaluación para la toma de decisiones que tendrá importantes repercusiones durante el proceso de diseño y desarrollo. El criterio de precisión fue calificado con cuatro puntos dado que el método es cercano a la exactitud de sus resultados, aunque estos podrían estar sesgados a la conveniencia del diseñador. En la eficiencia de recursos, el método *Datum*

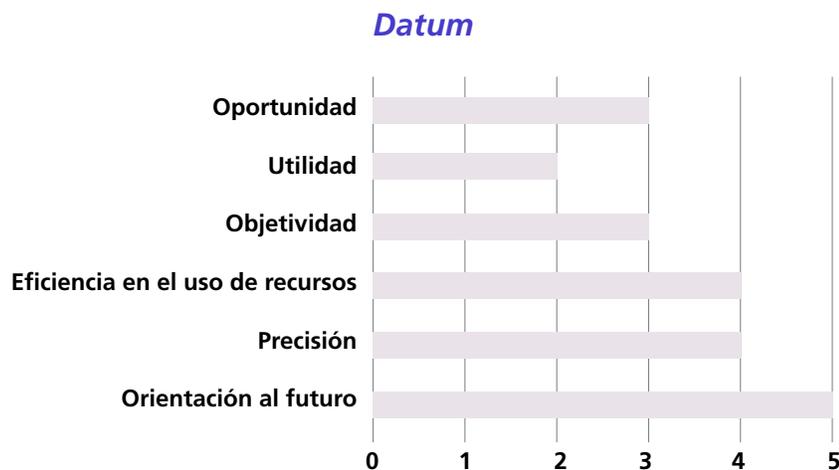


Figura 4
Gráfico comparativo de resultados para *Datum*.

requiere una cantidad suficiente (criterios, alternativas, valores) de información por lo que es calificado con cuatro puntos. En cuanto a la objetividad se consideró que el método *Datum* debe tener una calificación de 3 puntos con base a la presencia de sesgos en los resultados como ya se comentó en el criterio de precisión.

En el criterio de utilidad, a pesar de que los resultados pudieran estar sesgados, estos pueden servir como un punto de apoyo en la toma de decisiones por el hecho de haber sido sometidas las alternativas a un método estructurado de evaluación con criterios específicos a evaluar. Sin embargo, el proceso de evaluación puede requerir de más de una iteración, y por lo tanto se otorga una calificación de dos puntos. Finalmente, para el criterio de oportunidad, el método *Datum* no requiere de una gran cantidad de tiempo para realizar el procedimiento de evaluación, solo basta con establecer los criterios de evaluación y asignar los valores calificativos correspondientes para cada alternativa (Fig. 4).

Método de objetivos ponderados

En relación con el método de objetivos ponderados, el criterio de orientación al futuro es el mejor calificado con cinco puntos al ser un método de evaluación para la toma de decisiones que afectarán hacia el resto del proceso de diseño.

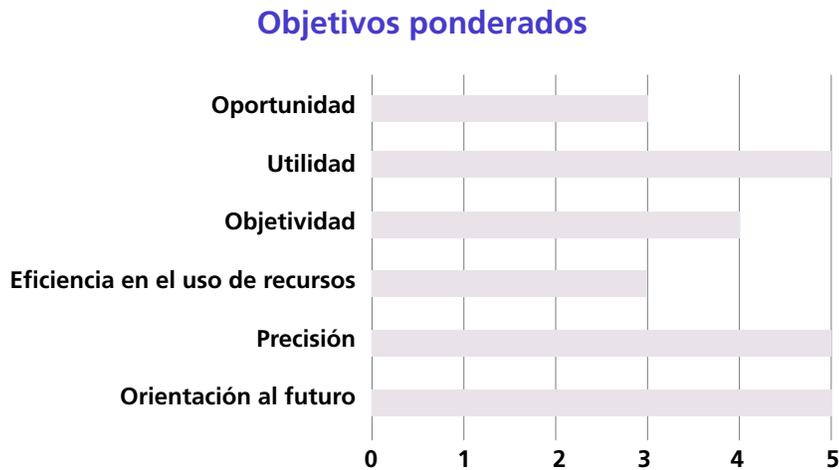


Figura 5
Gráfico comparativo de resultados para objetivos ponderados.

Para el criterio de precisión, este podría ser el método más certero al ser más estructurado que C-Box y *datum*, donde a los criterios se les establece un peso porcentual de acuerdo con la importancia de cada uno de estos. Por lo tanto, se considera una calificación de cinco puntos. En cuanto al criterio de eficiencia en el uso de recursos, este método obtuvo una calificación de tres puntos al requerir una mediana cantidad de datos para el desarrollo del proceso de evaluación y selección. Para el criterio de objetividad, la baja cantidad de sesgos que se presenta lo convierte en un método casi imparcial, sin embargo, puede llegar a manipularse, aunque de manera mínima la información por parte del diseñador. Lo anterior lo hace acreedor a una calificación de cuatro puntos.

El criterio de utilidad también es uno de los mejor calificados con cinco puntos. Al presentar resultados concretos, la toma de decisiones se torna de una manera práctica y sencilla. Sin embargo, existe la mínima posibilidad de una segunda iteración en el proceso de evaluación. Finalmente, para el criterio de oportunidad, se asignó una calificación de tres puntos al considerarse que el método requiere de un tiempo promedio para la obtención de resultados al realizarse algunos procedimientos para la asignación de pesos a los criterios (Fig. 5).



Figura 6
Gráfico comparativo de resultados para Perfil Harris.

Método de perfil Harris

Al igual que en los métodos anteriores, el criterio de orientación al futuro es el mejor calificado con cinco puntos, por ser un método que ayudará a agrupar ideas tempranas (alternativas) y a elegir la mejor para su posterior desarrollo. Por su parte el criterio de precisión obtuvo una calificación de cuatro puntos con base en su proyección de resultados muy cercanos a la exactitud al emplear una escala numérica establecida en el método (-1,-2, +1, +2). Para el criterio de eficiencia en el uso de recursos, se obtuvo una calificación de tres puntos con base en que el método necesita de una cantidad promedio de datos para realizar el proceso de evaluación de alternativas. En el criterio de objetividad, el método obtuvo una calificación de cuatro puntos considerando que la desviación de los resultados obtenidos por éste puede ser mínima debido a que puede haber sesgos por parte del equipo de diseño. Se observa que el método de Perfil Harris presenta resultados medianamente completos y puede ser posible realizar más de una iteración, por lo que en el criterio de utilidad se consideró asignarle una puntuación de cuatro. Por último, con relación al criterio de oportunidad, se consideró asignarle una calificación de tres puntos dado que el método puede tomar un tiempo promedio para la realización del proceso de evaluación (Fig. 6).



Figura 7
Gráfico comparativo de resultados para respuesta detallada.

Método de respuesta detallada

Siendo un método de evaluación para la mejora de las características negativas de las alternativas de diseño se considera que el criterio de orientación al futuro es su punto más fuerte obteniendo una calificación de cinco puntos. Siendo además un instrumento para la toma de decisiones hacia el proceso de desarrollo del producto. En cuanto al criterio de precisión, a pesar del manejo de información de tipo cualitativo puede haber cierta precisión, sin embargo, la precisión dependerá de la claridad de la información y, por lo tanto, se le asignó una calificación de dos puntos.

En la eficiencia en el uso de recursos, el método obtuvo una calificación de tres puntos con base en el requerimiento promedio de datos para realizar el proceso de evaluación. En el criterio de objetividad se otorga una calificación de tres puntos porque se pueden presentar algunos sesgos en la información con base en ciertas percepciones del evaluador a conveniencia de éste. Para el criterio de utilidad, el método presenta resultados medianamente completos que pueden ser de utilidad para la toma de decisiones por lo que se le calificó con cuatro puntos. Finalmente dadas las características el método podría requerir una gran cantidad de tiempo para realizar el proceso de evaluación por lo que obtuvo una puntuación de dos (Fig. 7).

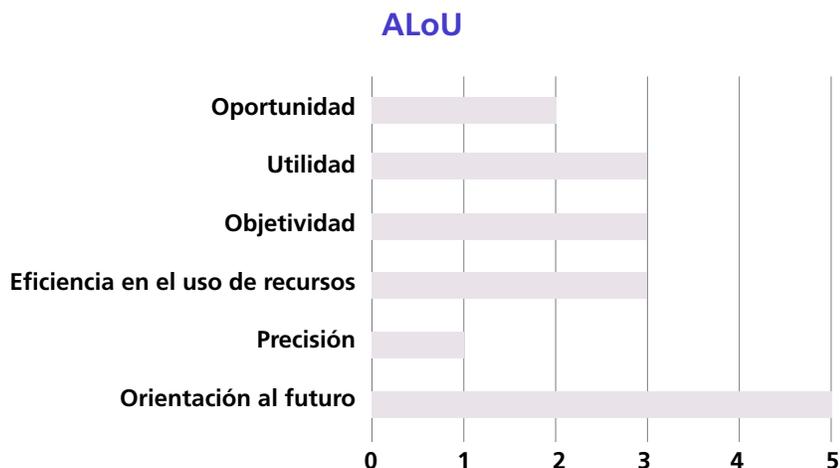


Figura 8
Gráfico comparativo de resultados para ALoU.

Método de ventajas, limitaciones y cualidades únicas

Para el criterio de orientación al futuro, se obtuvo una calificación de cinco puntos al ser un método de selección de alternativas de solución y por lo tanto tendrá repercusiones hacia las siguientes etapas del proceso de diseño y desarrollo. En el criterio de precisión existe algo similar entre el método de respuesta detallada y el método ALoU, puesto que ambos se basan en información cualitativa, y por lo tanto los resultados tendrán que interpretarse con base en las características descritas de las ventajas, limitaciones y cualidades únicas. Por consiguiente, la exactitud de los resultados puede ser hasta cierto punto ambigua y se asignó una calificación de un punto.

Para el criterio de eficiencia en el uso de recursos, el método requiere una cantidad promedio de datos para realizar el proceso de evaluación. Con base en lo anterior obtuvo una calificación de tres puntos. El criterio de objetividad fue calificado con tres puntos debido a los posibles sesgos que pudieran presentarse durante el proceso de evaluación. El criterio de utilidad fue valorado con cuatro puntos tomando como base que los resultados que presenta el método al realizarse el proceso de evaluación se consideran medianamente completos al tener que complementarlos con algún criterio adicional de evaluación.

Finalmente, en el criterio de oportunidad, el método obtuvo una calificación de dos puntos considerando que requiere una considerable cantidad de tiempo para la realización del proceso de evaluación (Fig. 8).

Tabla 16. Resultados del análisis de los métodos de evaluación y selección de alternativas de diseño.

Método de evaluación y/o selección de alternativas de diseño	Criterios						Total (Puntos)
	Orientación al futuro	Precisión	Eficiencia en el uso de recursos	Objetividad	Utilidad	Oportunidad	
C-Box	5	3	3	2	4	3	20
<i>Datum</i>	5	4	4	3	2	3	21
Objetivos ponderados	5	5	3	4	5	3	25
Perfil Harris	5	4	3	4	4	3	23
Respuesta detallada	5	2	3	3	4	2	20
ALoU	5	1	3	3	3	2	17

Fuente | Elaboración propia con base en Fleisher y Bensoussan (2003).

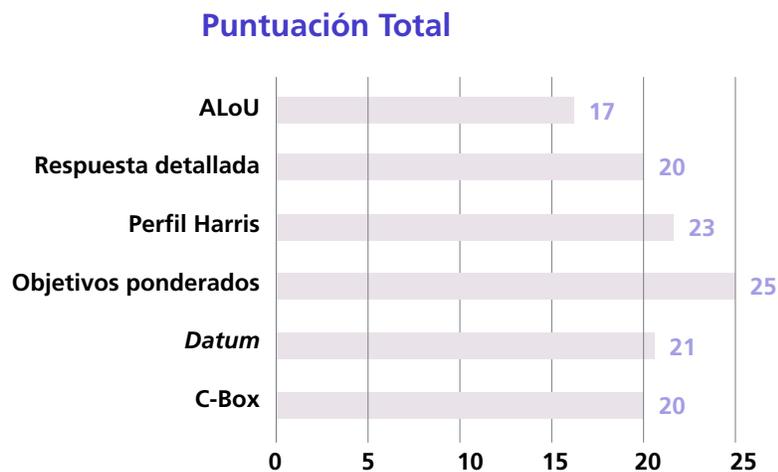


Figura 9
Gráfico comparativo de resultados para ALoU.

Resultados

A continuación, se presenta una breve reflexión sobre los resultados obtenidos a partir del análisis de los métodos donde se resaltan principalmente las siguientes ideas:

Los seis métodos analizados han mostrado tener una alta orientación al futuro, porque estos afectan a través de la toma de decisiones las actividades de las etapas subsecuentes del proceso de diseño y desarrollo de productos.

Por otro lado, si se requiere hacer una toma de decisiones con la mayor precisión, y la menor posibilidad de sesgos, el método de objetivos ponderados se considera como la mejor opción, así mismo, los métodos de *Datum* y perfil Harris se colocan como la segunda mejor opción para este rubro y el método de ventajas, limitaciones y cualidades únicas se considera como el menos apropiado para una evaluación de precisión.

En cuanto a la eficiencia en el uso de recursos, el método *Datum* resultó ser el más recomendado. De acuerdo con el análisis, este método es el que emplea la menor cantidad de información para su desempeño. Así mismo, en este rubro, cualquiera de los cinco métodos adicionales al compartir una puntuación media (tres puntos) podría ser una segunda opción para este criterio.

Para el criterio de objetividad, los métodos de perfil Harris y de objetivos ponderados son los más recomendables de acuerdo con sus características, las cuales permiten disminuir la posibilidad de sesgos. Seguido de estos métodos, se consideran como mejores opciones para este criterio a los métodos de *Datum*, respuesta detallada y ventajas, limitaciones y cualidades únicas, siendo estos de una objetividad media. Cabe notar que, para este rubro el método C-Box resultó ser el menos indicado.

En cuanto al criterio de utilidad de resultados, el método de objetivos ponderados se considera el método más apropiado al no requerir de algún otro método o herramienta complementaria para la interpretación de los resultados de una evaluación. Caso contrario, encontramos al método *Datum*.

Conclusiones

El diseño, al ser un proceso para solucionar problemas y dar respuesta a las múltiples necesidades del ser humano, necesita de métodos de evaluación para realizar la adecuada toma de decisiones con base en distintos criterios (sustentabilidad, rentabilidad, funcionalidad o estética). Afortunadamente existen diversos métodos de evaluación que han sido probados y utilizados para tal fin.

Mediante de la búsqueda en diferentes fuentes de información, se encontraron diversos métodos específicos para evaluar las alternativas de diseño, encontrando diferentes procedimientos de evaluación de acuerdo con la naturaleza de cada método. Para ello se considero de mucho interés y provecho hacer la descripción de cada uno de los métodos además de ejemplificar la aplicación de cada uno para su mejor comprensión.

Se realizó una descripción de los métodos, resaltando sus principales características y diferencias; además se corroboraron los resultados, mediante la evaluación del sistema FAROUT, como alternativa de diseño. El análisis realizado ha permitido hacer una comparación con cierta objetividad acerca de las cualidades de cada uno de los métodos. Si bien el resultado del análisis de los métodos no se considera al cien por ciento objetivo, el hecho de haber analizado los métodos tomando como base el sistema FAROUT, coloca a este trabajo como un punto de partida y un precedente en el análisis de los métodos de evaluación de alternativas de diseño, para conocer las limitaciones y los alcances de cada uno y poder hacer propuestas de mejora en las "deficiencias encontradas" o en su caso proponer un nuevo método.

Considerando lo anterior, se puede decir que el método de objetivos ponderados resulto ser el método más confiable, aunque presentó solo una desventaja en el criterio de eficiencia en el uso de los recursos con respecto al método *Datum*. Con base en lo anterior se podrían tomar algunas características del método

Datum para complementar al método de objetivos ponderados, fortaleciendo la deficiencia encontrada en el análisis. Así mismo, se podrían tomar las mejores características de un método para fortalecer a otro.

También, el presente trabajo podrá servir como una referencia para conocer el estado del arte de los métodos de evaluación en diseño de productos. Así mismo se podrá considerar como un ejemplo para analizar distintos de métodos o instrumentos de evaluación al tomar como base los criterios establecidos en el sistema FAROUT. Sin embargo, es importante señalar que, al ser el primer trabajo en su tipo, este puede ser susceptible de mejoras y actualizaciones en un mediano plazo considerando que se están desarrollando nuevos métodos para la toma de decisiones en diseño de productos.

Finalmente, es preciso mencionar que la limitación de esta investigación está en utilizar únicamente el sistema FAROUT para hacer el ejercicio de comparación. Si bien, el método permite alcanzar los objetivos principales del estudio, posibilitando una valoración más objetiva de los métodos de evaluación de alternativas, algunas cuestiones de interés sobre los métodos precisarán un tratamiento complementario y mejor dirigido al ámbito del diseño de productos. Un trabajo futuro puede ser definir algunos criterios adicionales a los seis manejados por FAROUT, pero este trabajo sienta las bases necesarias para un análisis más refinado y es en sí mismo una primera aproximación que requiere mayor profundidad.

Referencias

- Aguayo, F., y Soltero, V. (2003).** Diseño por ingeniería concurrente y especificación del producto/proceso. En F. Aguayo, y V. Soltero, *Metodología del diseño industrial, un enfoque desde la ingeniería concurrente*. Alfaomega, Ra-Ma.
- Alcaide, J., Diego, J., y Artacho, M. (2004).** *Diseño de producto. Métodos y técnicas* (1ª ed.). Alfaomega.
- Cabrero, J., & Llorente, M. (2013).** La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Eduweb Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 7(2), 11-22: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/index.html>
- Contreras-Miranda, W., Cloquell-Ballester, V., y Owen, M. (2010).** Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera, para construcción de viviendas sociales en Venezuela. *Madera y Bosques*, 16(3), 7-22. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1631163>
- Cross, N. (2005).** El proceso de diseño. En N. Cross, *Métodos de diseño, estrategias para el diseño de productos*. Limusa.
- Duffy, A.H.B., Andreasen, M.M., MacCallum, K.J. & Reijers, L.N. (1993).** Design co-ordination for concurrent engineering. *Journal of Engineering Design*, 4 (4), 251-265. <https://doi.org/10.1080/09544829308914785>
- Escobar, J., y Cuervo, A. (2008).** Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6, 27-36. <http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/revista/volumenes/volumen-6/>
- Fleisher, C., & Bensoussan, B. (2003).** *Strategic and Competitive Analysis: Methods and Techniques for Analyzing Bussines Competition*. Prentice Hall.
- Garcia, M., Cloquell, V., y Gomez, T. (2011).** Técnicas de Evaluación. En *Metodología del Diseño Industrial*. Universitat Politècnica de València.
- Gonçalves, M. (5 de Abril de 2018).** Método FAROUT: definiendo modelos analíticos. *Performance & Inteligência*. <https://mktperformance.blog/2018/04/05/metodo-farout-definiendo-modelos-analiticos/>
- Juiña, L., Cabrera, V., y Reina, S. (2017).** Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un Sistema de Manufactura CAD-CAM en la industria Metalmeccánica-Plástica. *Enfoque Ute*, 8(3), 56-71.
- Justel, D. L, Perez, E. B., Vidal, R., Gallo, A. F., y Val, A. J. (26-28 de septiembre de 2007).** *Estudio de métodos de selección de conceptos*. En XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Lugo. <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/82247>
- Milton, A., y Rodgers, P. (2013).** Evaluar y Seleccionar. En A. Milton, & P. Rodgers, *Métodos de Investigación para el Diseño de Producto*. BLUME.
- Onoff!solutions (1 de Agosto de 2019).** Cómo y porqué armar un brief de diseño. *Onoff!solutions*. <https://onoffsolutions.com.ar/2019/08/01/como-y-porque-armar-un-brief-de-diseno/>
- Sarkar, P., & Chakrabarti, A. (2011).** Assessing design creativity. *Design Studies*, 32(4), 348-383. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.01.002>

Seperamaniam, T., Nawal, A., Abdul, J., y Zamir, A., Z. (2017). Hydrostatic Bearing Design Selection for Automotive Application Using Pugh Controlled Convergence Method. *Procedia Engineering*, 170, 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.068>

Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, Ch., & Kimura, F. (2009). Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals*, 58(2), 543–565. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2009.09.003>

Ulrich, K. T., y Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos* (5ª ed.). Mc Graw Hill.

Van Boeijen, A., Daalhuizen, J., Zijlastra, J., y van der Schoor, R. (2013). *Delft Design Guide* (2ª ed.). BisPublishers.

Wasilewska, B., & Ryszard, K. (2014). Methods for stimulating creativity in production engineering. *Management and Production Engineering Review*, 5(4), 82-83. <https://doi.org/10.2478/mper-2014-0038>