

Metodología de diseño conceptual para la selección de un sistema manipulador de tambores para camiones de carga

Conceptual design methodology, applied to the selection of a manipulator of drums for trucks load

Wilmer Velilla Díaz¹, Deymar Montero Álvarez², Oscar Pérez Ariza², Ronald Álvarez Barreto²

1. Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Mecánica, Universidad Autónoma del Caribe, Coordinador de Investigaciones del programa de Ingeniería Mecánica. Integrante Grupo de Investigación IMTEF. wvelilla@uac.edu.co

2. Estudiantes de Ingeniería Mecánica, Universidad Autónoma del Caribe, IMTEF Grupo de Investigación en Materiales, Procesos y Tecnologías de Fabricación, deymar.montero@uautonoma.edu.co

Recibido 1/04/2010, Aceptado 10/06/2010

RESUMEN

El presente artículo corresponde a reflexiones originales sobre un problema o tópico particular, describe la utilidad de las metodologías de diseño para la selección de sistema industriales eficientes, que cumplan con funciones específicas. Basándose en el proceso de diseño de máquinas y productos, se determinaron los criterios fundamentales y los objetivos que el sistema tiene que cumplir para alcanzar un óptimo rendimiento. La selección del sistema se efectuó realizando una matriz métrica, un análisis del Brainstorming y la evaluación de las alternativas a través de pesos ponderados. Esta metodología proporcionó los fundamentos para la selección del sistema correcto, el cual cumplió en mayor grado las funciones requeridas.

Palabras clave: Diseño conceptual, Lista de especificaciones, Matriz métrica, Pesos ponderados, Diagrama de funciones, Objetivos jerarquizados.

ABSTRACT

This paper have an original reflection about a specific problem, describes the utility of design methodologies for the selection of the right system for an specific function. With the methodology of product's design and design process was establish the fundamental criteria and objectives that the system should have to work optimally. The selection of the system was made with a metric matrix, an analysis of Brainstorming and evaluating alternatives with the weighted rating method. This methodology provides criteria to select the correct system that had the best grade of the functions required.

Key words: Conceptual design, Specification list, Metric's Matrix, Weighted rating method, Overall function diagram, Hierarchal objectives list.

Introducción

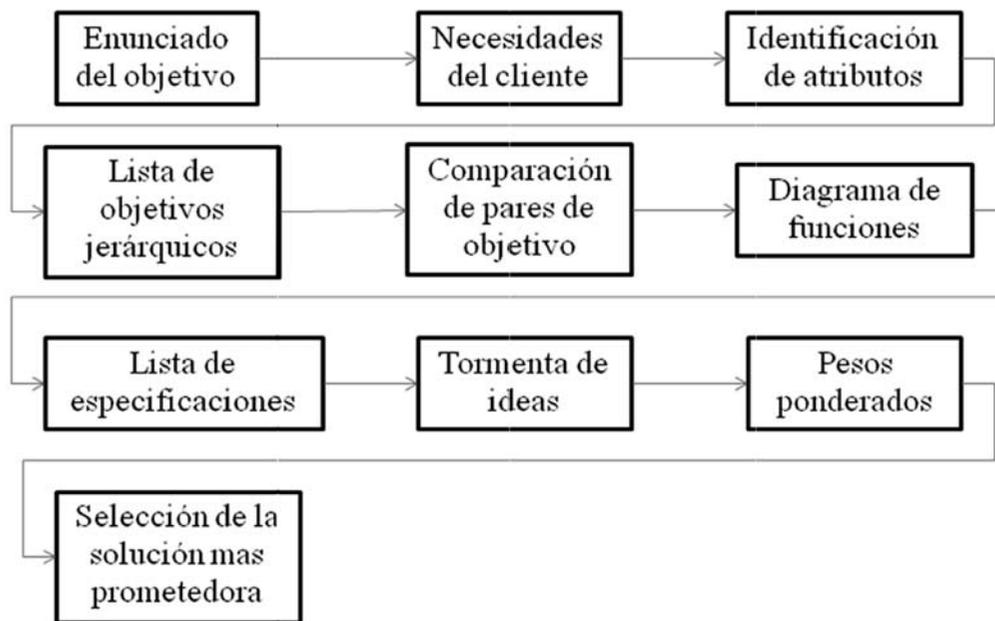
Las metodologías de diseño contienen una colección de resultados de investigación, que se han desarrollado inicialmente en instituciones educativas y posteriormente en empresas. Un problema práctico donde se puede ver la implementación de estas, es en el caso la selección de un sistema que manipule tanques de lubricantes en el menor tiempo posible. La falta de control en la manipulación de estos tambores ha hecho que los camiones transportadores no lleguen dentro de los tiempos estipulados de entrega, y esto causa insatisfacciones en sus clientes por el retraso del proceso. Por consiguiente las empresas distribuidoras constantemente están abordando medidas que mejoren el sistema de montaje de los elementos que están operando.

Este estudio establece una metodología, en la cual se plantea una serie de criterios específicos para seleccionar el sistema con mejor desempeño frente a las funciones requeridas. La aplicación de criterios fundamentales, tales como; identificar el problema, plantear la necesidad real de la empresa o listar los objetivos ponderadamente garantizan que el sistema seleccionado es el que mejor se desempeñara para satisfacer los atributos correspondientes a la necesidad [1] [4].

1. Esquema de la metodología aplicada

En la figura 1 se presenta cada uno de los pasos que se desarrollaron en la metodología de diseño para llegar hasta la selección del sistema.

Figura 1. Diagrama de la metodología aplicada.



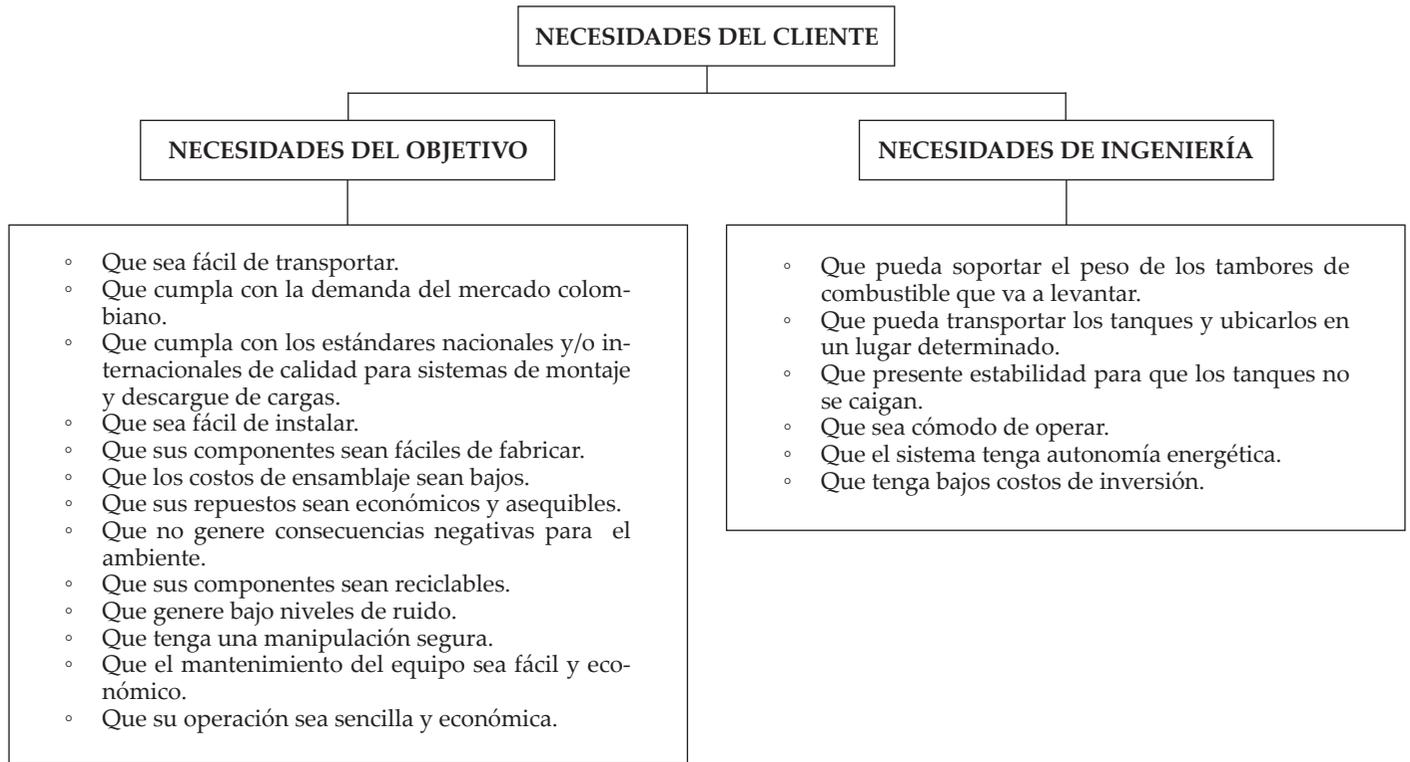
2. Enunciado del objetivo

“Diseñar un sistema que permita maniobrar cargas pesadas, facilitando así el montaje y descargue de tambores de lubricante en camiones FTR de manera segura, económica y rentable. Que cumpla con la demanda del mercado colombiano (que los tanques se puedan montar y descargar de forma rápida y segura) y satisfaga los estándares de calidad nacionales y/o internacionales para sistemas de montaje y descargue de cargas”.

3. Necesidades del cliente

En esta fase se identifica las necesidades que rigen el problema, describiéndolas como funciones que debe cumplir el sistema seleccionado. Identificando dos tipos de requisitos; requisitos formales (de ingeniería) y requisitos informales (de objetivo) [2]. Los primeros describen los requerimientos funcionales para el sistema, los últimos son los requerimientos sugeridos por el cliente y sus beneficiarios. (Figura 2).

Figura 2. Necesidades del Cliente. (Client's Requirement)



4. Identificación de atributos

Cada requerimiento identificado en la fase anterior, se convierte automáticamente en objetivos otorgados al sis-

tema. De la misma forma, las funciones a desempeñar y en las restricciones a las cuales estará sometido. Estos tres tópicos se identifican como los atributos del sistema. (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de Atributos (Identification of Attribute)

OBJETIVOS	RESTRICCIONES
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Que sea fácil de transportar. ◦ Que sea fácil de instalar. ◦ Que sus componentes sean fáciles de fabricar. ◦ Que los costos de ensamblaje sean bajos. ◦ Que sus repuestos sean económicos y asequibles. ◦ Que no genere consecuencias negativas para el ambiente. ◦ Que sus componentes sean reciclables. ◦ Que genere bajo niveles de ruido. ◦ Que tenga una manipulación segura. ◦ Que el mantenimiento del equipo sea fácil y económico. ◦ Que su operación sea sencilla y económica. ◦ Que pueda soportar el peso de los tambores de combustible que va a levantar. ◦ Que presente estabilidad para que los tanques no se caigan. ◦ Que el sistema tenga autonomía energética. ◦ Que tenga bajos costos de inversión. ◦ Que pueda transportar los tanques y ubicarlos en un lugar determinado. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Que cumpla con la demanda del mercado colombiano. ◦ Que cumpla con los estándares nacionales y/o internacionales de calidad para sistemas de montaje y descargue de cargas.
	<p style="text-align: center;">FUNCIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Soporta la carga de los tanques. ◦ Levantar, transportar y ubicar los tanques. ◦ Montar y descargar los tanques de combustibles de los camiones FTR.

5. Lista de objetivos jerárquicos

Los objetivos enunciados cumplen las necesidades previstas y visualizan el funcionamiento general del sistema. Se identificó de esta manera los objetivos de diseño, cos-

tos, logística, medio ambiente u otros. Esto se hace para asignar un grado de jerarquía a cada uno de los términos mencionados, con la finalidad de orientar las actividades durante el proceso de diseño conceptual. (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de Objetivos Jerárquicos (List of Hierarchical Objectives)

1. COSTOS	2. DISEÑO	3. LOGÍSTICA	4. MEDIO AMBIENTE
1.1 Que tenga bajos costos de inversión.	2.1 Que pueda soportar el peso de los tambores de combustible que va a levantar.	3.1 Que el sistema tenga autonomía energética.	4.1 Que no genere consecuencias negativas para el ambiente.
1.2 Que el mantenimiento del equipo sea fácil y económico.	2.2 Que pueda transportar los tanques y ubicarlos en un lugar determinado.	3.2 Que sus repuestos sean asequibles.	4.2 Que sus componentes sean reciclables.
1.3 Que sus repuestos sean económicos.	2.3 Que presente estabilidad para que los tanques no se caigan.	3.3 Que sea fácil de transportar.	4.3 Que genere bajo niveles de ruido.
1.4 Que los costos de ensamblaje sean bajos.	2.4 Que sus componentes sean fáciles de fabricar.	3.4 Que sea fácil de instalar.	
	2.5 Que tenga una manipulación segura.		
	2.6 Que su operación sea sencilla y económica.		

6. Comparación de pares de objetivo

En esta etapa se presenta la relación de importancia que los objetivos mantienen entre sí, tomando como punto de comparación las filas frente a las columnas. Se asigna un valor numérico que representa la importancia del objetivo

respecto a otro para mantener un control durante el proceso de diseño [3]. En la tabla 3, se presentan los objetivos de primer nivel (diseño, costo, logística y medio ambiente). Posteriormente se establece la comparación entre los grados de importancia para los objetivos de segundo nivel. (Tablas 4, 5, 6, 7).

6.1. Objetivos de primer nivel

Tabla 3. Objetivos de primer nivel (Objectives of First Level)

FACTORES A EVALUAR	1.COSTOS	2.DISEÑO	3.LOGÍSTICA	4.MEDIO AMBIENTE	TOTAL (FILA)	PESO
1. COSTOS	3	4	4	4	15.00	0.42
2. DISEÑO	0.25	3	3	4	10.25	0.29
3.LOGÍSTICA	0.25	0.33	3	3	6.58	0.18
4.MEDIO AMBIENTE	0.25	0.25	0.33	3	3.83	0.11
TOTAL					35.66	1.00

NOTA: los valores de las calificaciones son los siguientes: 1-Mucho Menos Importante, 3- Igual De Importante, 5-Más Importante.

6.2. Objetivos de segundo nivel

Tabla 4. Objetivos de Segundo nivel; Costos (Objectives of Second Level; Costs)

1. COSTOS						0.42	
CRITERIOS	1.1	1.2	1.3	1.4	TOTAL (FILA)	PESO RELATIVO	PESO ABSOLUTO
1.1	3	3	2	5	13	0.35	0.147
1.2	0.33	3	5	4	12.33	0.34	0.143
1.3	0.5	0.2	3	4	7.7	0.21	0.088
1.4	0.2	0.25	0.25	3	3.7	0.10	0.042
TOTAL					36.73	1.00	0.420

Tabla 5. Objetivos de Segundo nivel; Diseño (Objectives of Second Level; Design)

2. DISEÑO								0.29	
CRITERIOS	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	TOTAL (FILA)	PESO RELATIVO	PESO ABSOLUTO
2.1	3	3	3	4	3	4	24	0.31	0.09
2.2	0.33	3	3	4	4	4	18.33	0.24	0.07
2.3	0.33	0.33	3	4	4	3	14.66	0.19	0.05
2.4	0.25	0.25	0.25	3	3	2	8.75	0.11	0.03
2.5	0.33	0.25	0.25	0.33	3	3	7.16	0.09	0.03
2.6	0.25	0.25	0.33	0.5	0.33	3	4.66	0.06	0.02
TOTAL							77.56	1.00	0.29

Tabla 6. Objetivos de Segundo nivel; Logística (Objectives of Second Level; Logistics)

3. LOGISTICA						0.18	
CRITERIOS	3.1	3.2	3.3	3.4	TOTAL (FILA)	PESO RELATIVO	PESO ABSOLUTO
3.1	3	4	4	4	15.00	0.41	0.07
3.2	0.25	3	4	4	11.25	0.31	0.06
3.3	0.25	0.25	3	3	6.50	0.18	0.03
3.4	0.25	0.25	0.33	3	3.83	0.10	0.02
TOTAL					36.58	1.00	0.18

Tabla 7. Objetivos de Segundo nivel; Medio Ambiente (Objectives of Second Level; Environment)

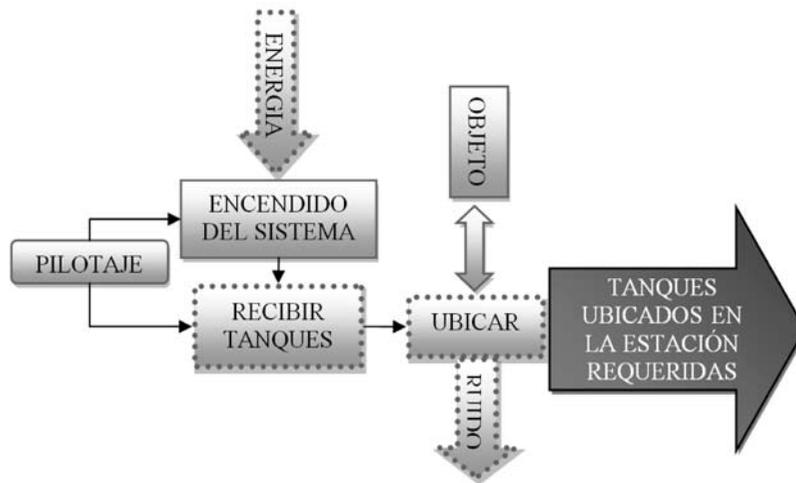
4. MEDIO AMBIENTE					0.11	
CRITERIOS	4.1	4.2	4.3	TOTAL (FILA)	PESO RELATIVO	PESO ABSOLUTO
4.1	3	4	5	12	0.51	0.056
4.2	0.25	3	5	8.25	0.35	0.038
4.3	0.2	0.2	3	3.4	0.14	0.016
TOTAL				23.65	1.00	0.11

7. Diagrama de funciones

En el diagrama de funciones se logra apreciar de forma clara los factores involucrados en el proceso de manipulación de tambores y la forma cómo interactúan, visualizando los insumos y las funciones próximas a seguir [4].

Se observa que el sistema recibe energía junto con un pilotaje (señal de mando), interactúa con el objeto, en este caso son los tambores de combustible, generara algún tipo de ruido, y finalmente cumple la función para la cual fue diseñado. (Figura 3).

Figura 3. Diagrama De Funciones (Function Diagram)



8. Lista de especificaciones

A continuación se presenta un listado detallado de las necesidades con su grado de importancia, para apreciar el

grado de cumplimiento en cuanto a necesidades significativas [5]. (Tabla 8).

Tabla 8. Lista de Necesidades - Métricas (List of Needs - Metric)

Núm. NEC.	NECESIDAD	Grado Imp.
1	Que tenga bajos costos de inversión.	14.7%
2	Que el mantenimiento del equipo sea fácil y económico.	14.3%
3	Que sus repuestos sean económicos.	8.8%
4	Que los costos de ensamblaje sean bajos.	4.2%
5	Que soporte el peso de los tambores de combustible que va a levantar.	9%
6	Que pueda transportar los tanques y ubicarlos en un lugar determinado.	7%
7	Que presente estabilidad para que los tanques no se caigan.	5%
8	Que sus componentes sean fáciles de fabricar.	3%
9	Que tenga una manipulación segura.	3%
10	Que su operación sea sencilla y económica.	3%
11	Que el sistema tenga autonomía energética.	7%
12	Que sus repuestos sean asequibles.	6%
13	Que sea fácil de transportar.	3%
14	Que sea fácil de instalar.	2%
15	Que no genere consecuencias negativas para el ambiente.	5.6%
16	Que sus componentes sean reciclables.	3.8%
17	Que genere bajo niveles de ruido.	1.6%

9. Brainstorming (tormenta de ideas)

En la tabla 9, se presentan las alternativas para el sistema a seleccionar; de los cuales será seleccionado el que en mayor grado cumpla las funciones [6].

Tabla 9. Lista De Alternativas (Alternatives List)

LISTA DE ALTERNATIVAS			
	ALTERNATIVA	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Nº			
1	CARRETILLA ELEVADORA		-Máxima altura de horquillas mm (mm): 3007 - Elevación libre mm (mm): 100
2	ELEVADOR HIDRÁULICO DE TIJERAS CON ELEVADOR AUXILIAR		-Capacidad de carga (kg): 5000 -Altura máxima de elevación (mm) 330-1850 -Motor: Trifásico 400 V, 50-60 Hz, 2.2 Kw
3	MESA ELEVADORAS		-Capacidad de carga (Kg): 750 - Dimensiones (cm): 100 x 51 x 5.5
4	AMPLIADOR MANUAL		-Capacidad de carga (kg): 500- 1500. -Elevación (mm): 1600 – 3000
5	MONTACARGA		-Capacidad de carga en posición máxima: 1750 kg. -Altura máxima de la horquilla (mm): 3,000 -Potencia máxima admisible (KW): 34.0
6	GRÚA TELESCÓPICA MONTADA SOBRE CAMIÓN		-Alcance máximo 6.09 m. - Capacidad de la grúa evaluación 32.000 pies. lbs. 4,42tm

10. Pesos ponderados

Para evaluar y seleccionar la alternativa final se desarrolla una comparación entre los pesos ponderados de cada alternativa y se selecciona la que presente mayor cumplimiento frente a las funciones requeridas. De acuerdo a cada criterio: costos, diseño, logística, y medio ambiente se analiza si cada una de las alternativas cumple con el objetivo propuesto en cada criterio, asignándole un valor ponderado el cual mide la importancia relativa de cada una de ellas [7] [9]. Este procedimiento es importante para la toma de decisiones, debido a que se escoge el sistema que más satisfaga las necesidades. (Tabla 10).

Tabla 10. Pesos Ponderados (Weights Weighted)

CATEGORIAS DE	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3		ALTERNATIVA 4		ALTERNATIVA 5		ALTERNATIVA 6	
		Apreciación	Ponderación										
COSTOS	Que tenga bajos costos de inversión.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	2	0,294
	Que el mantenimiento del equipo sea fácil y económico.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	2	0,294	2	0,294
	Que sus repuestos sean económicos.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	2	0,294
	Que los costos de ensamblaje sean bajos.	4	0,588	3	0,441	3	0,441	4	0,588	2	0,294	2	0,294
	Que pueda soportar el peso de los tambores de combustible que va a levantar.	4	0,588	5	0,735	1	0,147	4	0,588	4	0,588	5	0,735
DISEÑO	Que pueda transportar los tanques y bucalos en un lugar determinado.	3	0,441	2	0,294	1	0,147	3	0,441	3	0,441	4	0,588
	Que presente estabilidad para que los tanques no se caigan.	3	0,441	2	0,294	1	0,147	3	0,441	3	0,441	3	0,441
	Que sus componentes sean fáciles de fabricar.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	4	0,588	3	0,441	2	0,294
	Que tenga una manipulación segura.	4	0,588	4	0,588	2	0,294	4	0,588	4	0,588	3	0,441
	Que su operación sea sencilla y económica.	4	0,588	2	0,294	3	0,441	4	0,588	4	0,588	2	0,294
LOGÍSTICA	Que el sistema tenga autonomía energética.	4	0,588	3	0,441	3	0,441	3	0,441	4	0,588	4	0,588
	Que sus repuestos sean asequibles.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	4	0,588	2	0,294
	Que sea fácil de transportar.	3	0,441	1	0,147	4	0,588	3	0,441	4	0,588	2	0,294
	Que sea fácil de instalar.	4	0,588	3	0,441	4	0,588	3	0,441	3	0,441	2	0,294
	Que no genere consecuencias negativas para el ambiente.	4	0,588	4	0,588	4	0,588	4	0,588	3	0,441	3	0,441
MEDIO AMBIENTE	Que sus componentes sean reciclables.	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441	3	0,441
	Que genere bajo niveles de ruido.	3	0,441	3	0,441	4	0,588	3	0,441	2	0,294	2	0,294
	TOTAL	8,526		7,35		7,056		8,379		7,938		6,615	

11. Selección de la solución más prometedora

La evaluación de las alternativas arrojaron como resultado que la solución más prometedora es la alternativa número 1 "CARRETILLA ELEVADORA". A continuación se muestra esta alternativa más detallada. [8]

Figura 4. Carretilla Elevadora (Wheelbarrow Elevator)



Características de la maquina tomadas del manual HYSTER. Apilador Contrapesado S1.0C, S1.2C, S1.5C. Disponible en: www.iberlift.pt/getfile.php?xp=2&src=15&ext=pdf (abril 2010) [3].

Conclusiones

Las metodologías de diseño son herramientas útiles para tomar decisiones en Ingeniería, dado que fundamenta la selección en el grado de cumplimiento de las funciones. Este procedimiento permite a los ingenieros tener un análisis cuantitativo del grado de cumplimiento en las ideas planteadas y fuerza al diseñador a tener un conocimiento total del proceso.

El manejo de una metodología adecuada para el desarrollo del proyecto de diseño garantiza la ejecución de una serie de pasos estratégicos, bajo un régimen organizacional y sistemático.

La aplicación de la metodología de diseño es fundamental para la obtención del objetivo propuesto: seleccionar la alternativa más eficiente para solucionar el problema (cargar los tambores de lubricante en el menor tiempo posible, de forma segura, económica y rentable). La identificación de la necesidad, la investigación de los antecedentes, el enunciado de los objetivos, la lista de objetivos ponderados y jerarquizados, la matriz métrica, el Brainstorming y los pesos ponderados (matriz de decisiones); permitieron

seleccionar el sistema más prometedor a satisfacer la necesidad del cliente.

La alternativa de "La Carretilla Elevadora" fue el sistema con mayor ponderación en los pesos ponderados (8.526). Por consiguiente este sistema cumplirá en mayor grado con las funciones demandadas. Las funciones con mayor ponderación fueron las relacionadas con el costo de inversión, de acuerdo a las necesidades del cliente, esto permite estimar una alta aceptación por parte del cliente ante el diseño propuesto.

Referencias

- [1] NORTON ROBERT L. Diseño de Maquinaria: Síntesis y Análisis Maquinas y Mecanismos. Tercera Edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 1992. PAG: 7, El Proceso de Diseño. ISBN: 13: 978-970-10-4656-2.
- [2] GARCÍA MELO J. I. Fundamentos del Diseño Mecánico. Programa Editorial Universidad del Valle. 2004. PAG: 11, Proceso de Diseño en Ingeniería; Definición de Necesidades. ISBN: 958-670-335-5.
- [3] ANDERSON DAVID R., SWEENEY DENNIS J., THOMAS A. WILLIAMS. Métodos Cuantitativos Para Los Negocios. Editorial Thomson PAG: 774, Proceso de Jerarquía Analítica. ISBN: 970-686-372-9.
- [4] GARCÍA MELÓN M. CLOQUELL BALLESTER V. GÓMEZ NAVARRO T. Metodología Del Diseño Industrial. Editorial de la UPV Camino de Vera, s/n 46071 Valencia. PAG. 141, Descomposición en Diagrama de Funciones. ISBN: 84-9705-024-X.
- [5] ULRICH KARL T. Diseño y Desarrollo de Producto. Cuarta Edición. México: McGraw-Hill Interamericana, 2009. PAG: 83, Especificaciones del Producto. ISBN: 978-970-10-6936-3.
- [6] JIMÉNEZ SILVIA. 2007. **El Aprendizaje De La Creatividad En Las Facultades De Comunicación**. Área Abierta. (On line), págs. 15. Disponible desde: <<http://proquest.umi.com/pqdweb?index=1&did=1920947971&SrchMode=1&sid=2&Fmt=3&VInst=PROD&VType=PQD&RQT=309&VName=PQD&TS=1270786888&clientId=58018>> [Acceso 17 de Marzo 2010].
- [7] HERNÁNDEZ R., JOSÉ G. MARÍA J. GARCÍA G. 2007. **Matrices De Ponderación Para La Evaluación De Proveedores**. (On line), págs. 8. Disponible Desde: <<http://ares.unimet.edu.ve/sistemas/fpis05/TrabajosyPresentaciones/Trabajos/Tra2007/CDICSEPeruPondracionProveedores.pdf>> [Acceso 15 Marzo 2010].

[8] HYSTER EUROPE, Flagship House, Reading Road North, Fleet, Hants GU51 4WD, Inglaterra. Tel: +44 (0) 1252 810261 Fax: +44 (0) 1252 770702. Email: info@hyster.co.uk <http://www.hyster.co.uk>

Una división de NACCO Materials Handling Ltd. manual HYSTER. Apilador Contrapesado S1.0C, S1.2C,

S1.5C. Disponible desde: www.iberlift.pt/getfile.php?xp=2&src=15&ext=pdf [Acceso 15 Marzo 2010].

[9] MARTÍNEZ EDUARDO. **Estrategias, Planeación Y Gestión De Ciencia Y Tecnología.** [Internet] Disponible Desde: < http://www.oei.es/ctsiima/POCI_Mendoza_Unidad_2.pdf > [Acceso Abril 2010].