

DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE COMBUSTIBLE PARA SU USO EN EL AEROPUERTO J. J. OLMEDO DE GUAYAQUIL

Juan Pablo Contreras¹, Ernesto Martinez²

¹ Ingeniero Mecánico 2006

² Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el actual Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil, donde se ha propuesto el diseño y construcción de un sistema de bombeo de combustible para su uso a través de hidrantes, los cuales están en proceso de construcción en la terminal.

Para la selección de este sistema, analizado en el Título 1, se realizó primeramente un estudio de mercado en el que constan compañías actuales, número, frecuencia y tipo de aeronaves, así como datos técnicos necesarios como altura del acople de carga y el volumen y flujo real de carga de combustible cada aeronave abastecida mediante autotanques, luego de esto se realizó un análisis de caja negra de los sistemas y se estudió las proyecciones de construcción en el aeropuerto.

En el Título 2 se hace una presentación de las normas bajo las cuales se diseñará, ambas provenientes de Estados Unidos, ATA 103 y API/IP 1540, las cuales contienen en diferentes capítulos información para el diseño de este tipo de sistema.

En el Título 3 se presenta los resultados del diseño basado en el análisis de 6 sistemas, los cuales se unen para formar el sistema propuesto en cumplimiento con las normas mostradas en el título 2 y son mostradas en el orden en que se realiza el diseño. Para cada componente del sistema se realizó un análisis individual que incluyó revisión de los datos técnicos y obligaciones de las normas, selección de las ecuaciones, asunciones para utilizar las fórmulas y finalmente su diseño o selección.

Finalmente en el título 4 se presenta el costo del sistema producido y el costo de importación de un sistema similar.

SUMMARY

The present thesis is developed in the José Joaquín de Olmedo Airport in Guayaquil, where it has been proposed the design and construction of a Pumping System of Aviation Fuel through a hydrant system, the last is being constructed in the airport currently.

To choose this system, analyzed in title 1, it was performed a marketing study which includes information such as: current airlines, flight frequencies, types of aircrafts and additional necessary technical data such as: height of fuel charge coupling, volume and real flow of rate of fuel for each aircraft refuelled by refueller trucks, the blackbox analysis of the systems and future buildings in the airport.

In title 2, there is a presentation of the norms applied to the design ATA 103 & API/IP 1540, both were developed in the U.S.A., they contain in different chapters the necessary information for the design of this system.

In title 3, it is shown the design's results of 6 systems, which together composed the proposed system in comply with the norms mentioned in title 2 and they are shown in the order in which they are to be designed. For each component of the system it was performed an individual analysis which included a technical data review and the should of the norms, selection of the equations, assumptions used for the equations and finally its design or selection.

Finally in title 4 it shows the proposed system's cost manufactured locally and the importation cost of a similar system.

INTRODUCCION

El presente trabajo trata del “Diseño de un sistema de Abastecimiento de Aerocombustibles”, el cual será propuesto para ser usado en el Aeropuerto José Joaquín de Olmedo de Guayaquil, este diseño esta enfocado a suplir las necesidades de bombeo para ciertas aeronaves cuyo flujo no pase de 300 USG/min, cubriendo de ésta manera las frecuencias nacionales y parte del mercado internacional.

Este diseño pretende proporcionar una manera barata de agilizar la operación de la empresa que proporciona el servicio de distribución de combustible, ya que esta dispone al momento de equipo para altos caudales y alto volumen perdiendo tiempo y dinero al utilizarlos en las aeronaves de bajo consumo, es de esta manera que el diseño a ser presentado liberaría al equipo grande ahorrando de esta manera tiempo y dinero ocasionado por el mantenimiento del equipo.

Adicionalmente cabe añadir que existen las condiciones favorables para el desarrollo del proyecto, ya que en la nueva terminal se encuentra instalada la tubería para el sistema de hidrantes y actualmente se esta trabajando en el equipo de bombeo y el sistema de tuberías que unan la Planta de almacenamiento de combustible con la nueva terminal.

CONTENIDO

ANALISIS Y DECISION DEL SISTEMA

Para el análisis y selección del sistema a ser diseñado se tomaron en cuenta varios factores, entre los cuales, los más importantes se basan en el estudio del mercado actual que incluye las compañías, aeronaves y frecuencias, caudal real utilizado y volumen cargado en promedio.

TABLA I: ANALISIS DE MERCADO DEL AEROPUERTO JOSE JOAQUIN DE OLMEDO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

ITEM	COMPAÑÍA	AERONAVE	VOLUMEN PROM (USG)	CAUDAL (USG / min)	Vuelos/Sem
1	AEROGAL	B-727	2200	280	10
		B-737	1200		40
2	TAME	B-727	2200	280	46
		A-320	1500	200	27
		F-28	750	225	10
		E-170/190	1000	225	10
3	ICARO	F-28	750	225	31
4	TRANSAM	ATR 42	600		7
5	CLUB VIP	DORNIER	200		16
6	AVIANCA	MD-83	1300		7
7	COPA	B-737	1500		10
8	LACSA	A-320	2000	230	7
9	TACA	A-320	2500	230	4
10	CONTINENTAL	B-737-300	1500		7
		B-737-700	4000	170	3
11	LAN CHILE	B-767	4000	420	5
		A-320	4000	230	6
12	AEROLANE	B-767	8000	400	17
	(LANECUADOR)	A-320	3500	230	4
13	KLM	MD-11	2000	560	5
14	AMERICAN A.	A-300	4500		7
15	STA. BARBARA	B-727	3500	280	7
16	IBERIA	A-340	20000		7
17	UPS	B-757	4000		7
18	ATLAS	B-747	15000		2
19	MARTIN A.C.	MD-11	15000	560	5
20	ARROW A.C.	DC-8	6000	200	5
		DC-10	12000	560	4
21	LAN C.C.	B-767	5000	420	2
		DC-10	12000	560	2

320

Una vez realizado el estudio de mercado se procedió a realizar un análisis del sistema a seleccionar en base a varios parámetros, los mismos que quedan resumidos en la siguiente matriz de selección:

Tabla II: Matriz de decisión de selección del equipo a diseñar

	Autotanque	Carro servicio hidrante	Carreta hidrante
Complejidad	10	10	20
Costo	10	10	16
Inst. adicionales	20	25	9
Fac. utilización	10	16	20
TOTAL	50	61	65

En base a esta matriz se seleccionó un sistema de bombeo de combustible remolcable que toma el combustible a través de un sistema de hidrante.

NORMAS A SER USADAS EN EL DISEÑO

El presente trabajo está basado fundamentalmente en las siguientes normas:

1. ATA ESPECIFICACION 103: “Estándares para Controles de Calidad de combustibles Jet en aeropuertos”.
2. API/IP Práctica recomendada 1540: “Diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de combustibles de aviación”.

Ambas normas provienen de Estados Unidos de Norte América.

La primera corresponde a la ATA (Air Transport Association) Asociación de Transporte Aéreo, que engloba a más del 90% de aerolíneas internacionales, en esta norma básicamente se discute acerca de los requerimientos en cuanto al sistema de filtración, al sistema de control de presión, requerimientos de seguridad contra descargas electrostáticas y fuego, bloqueo contra derrames (interlock), circuitos eléctricos, tipos aprobados de mangueras de abastecimiento, así como de las pruebas periódicas que se deben realizar a los equipos para mantenerlos en estado de operación, adicionalmente habla de los registros a ser utilizados para los chequeos de equipos e instalaciones.

La segunda corresponde a la API/IP (American Petroleum Institute) Instituto Americano de Petróleo, en esta norma se discute de una manera más profunda los sistemas analizados por ATA 103, pero no habla de los chequeos que deben realizarse a las instalaciones ni a los equipos, cabe notar que le pone un énfasis especial a la parte de circuitos eléctricos para los equipos, que no se encuentra en la norma anterior.

Cabe acotar que ninguna de las dos normas anteriores habla acerca del diseño del sistema de dirección, ni de la forma de selección de las llantas ni de requisitos en el diseño del chasis, los cuales son cubiertos con otras normas como el AISC para el diseño del chasis, el Anuario de la Asociación de llantas y ruedas para la selección de las ruedas, Manuales de AGA para la soldadura, entre otros.

DISEÑO DE SISTEMAS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Una vez seleccionado el sistema y revisada la normativa a utilizar se lo dividió en los siguientes subsistemas:

1. Sistema de Bombeo/Control de Presión de combustible

Para este proyecto se seleccionó de entre los tres sistemas posibles de control de presión, como sistema primario, el sistema de control electro-hidráulico, que controla la presión mediante un sistema eléctrico y de combustible y utiliza como sensor de flujo un venturi y, como sistema secundario, un dispositivo mecánico: la válvula de control de fin de manguera.

La tubería seleccionada está hecha de acero sin costura de 3" cédula 40, la cual debe ser pintada por dentro para prevenir contaminación del combustible, todos los componentes se adecuan a esta tubería y se realizó el cálculo de la caída de presión en el sistema, la cual resultó ser de 37,78 psi.

2. Sistema de filtración

Para este proyecto se seleccionó de los dos tipos posibles de filtros, el tipo separador/coalescente porque a pesar de ser más pesado y tener más volumen implica menor costo en los cartuchos y menor cantidad de chequeos operacionales.

Este sistema incluye también la selección de los acoples para las muestras de millipore para medir la obstrucción del filtro y un medidor directo de presión diferencial.

3. Sistema eléctrico

Este sistema es resultado de haber seleccionado la válvula de control de presión y el sistema de interlock eléctricos, las razones para haberlo seleccionado radica en la facilidad del diseño y que este es más seguro que el sistema que usa aire/combustible para el control de la presión.

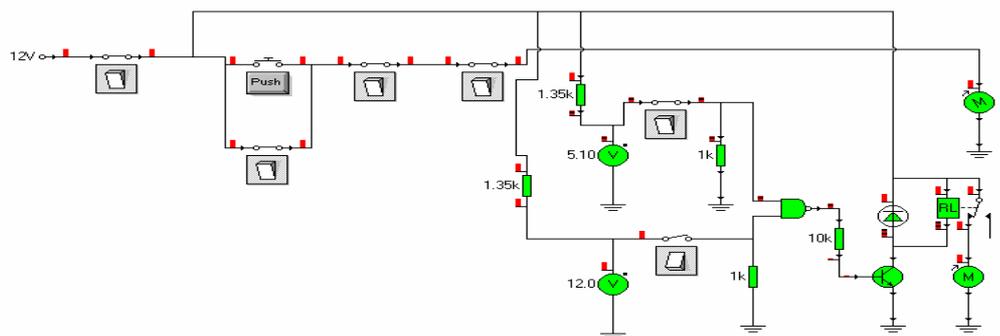
En este sistema las dos únicas cargas existentes son la válvula de control de presión en línea y el electroimán que servirá para el bloqueo de los frenos en el sistema de interlock.

Una vez analizado las cargas, se selecciona los paneles solares, el banco de baterías, los breakers y el tipo de alambre ha ser utilizado en el sistema.

Adicionalmente a esto, el sistema proporciona medios para protección de despacho en caso de agua, derrame o algún incidente con el operador, para lo cual incorpora los siguientes componentes:

- Manija para sistema de hombre muerto (junto al panel de control)
- Botón para corte de emergencia (panel de control)
- Sistema de defensa de agua (sumidero del filtro)

Figura 1: Circuito eléctrico



4. Sistema de Interlock

Este sistema sirve para mantener la carreta bloqueada si una de las dos boquillas que se conectaran al pit del hidrante o a la aeronave se retiran de sus asientos, este sistema es eléctrico, pero esta unido a un sistema de frenos mecánico accionado por cables por la barra de remolque, como en el sistema de freno de mano normal de un automóvil, adicionalmente este solo funciona cuando la

barra de remolque se encuentra en posición arriba y asegurada es decir con los frenos puestos.

Este sistema requirió la selección de dos asientos para las válvulas los cuales enviarán una señal eléctrica al circuito visto en el sistema eléctrico.

5. Sistema de Seguridad

Este sistema incluye únicamente la selección de los componentes para la protección electrostática y el extintor de incendio para caso de fuego.

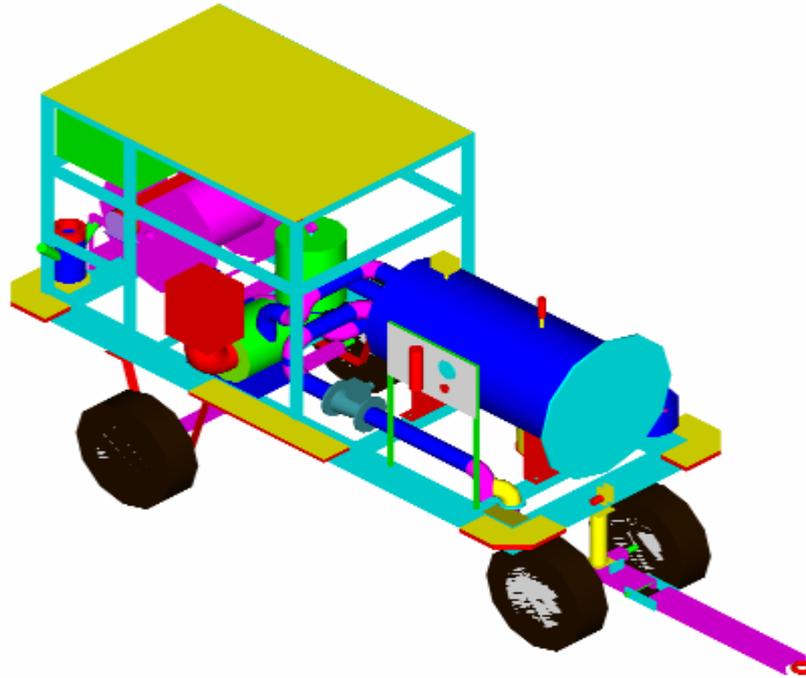
6. Sistema Estructural y de dirección

Una vez seleccionados todos los componentes, se calcula en base a los pesos y la distribución de los componentes los perfiles a utilizar en la construcción del chasis, para esto se tomaron los datos de las tablas de perfiles de Novacero/Aceropaxi, y se realiza el diseño en base a ecuaciones de Momento con el uso de funciones singulares y finalmente son comprobados mediante SAP 2000.

Una vez diseñado el chasis se diseña la dirección, que en este caso se eligió la del modo de 5ta pata, por proporcionar un mayor radio de giro y ser más sencilla de diseñar, lo que requirió además de la selección del tipo y especificaciones del rodamiento que en este caso se seleccionó de bola de contacto angular para carga axial y radial.

Con estos datos se procede a la selección de las ruedas y los frenos, las cuales pueden ser de tipo industrial pero en este caso por no existir en el mercado se realizó la adaptación de un sistema de automóvil DAEWOO RACER.

Figura 2: Diseño completo



ANALISIS DE COSTOS

Las siguientes tablas resumen los costos de construcción vs los de importación de un sistema similar al diseño propuesto para el aeropuerto:

TABLA III: RESUMEN DE COSTO TOTAL

COSTO TOTAL		
A)	MATERIALES	\$ 18.831,59
B)	MANO DE OBRA CALIFICADA	\$ 3.595,00
	TOTAL GASTOS DIRECTOS	<hr/> \$ 22.426,59
	TOTAL GASTOS INDIRECTOS (a)	\$ 3.363,99
	TOTAL GASTOS TECNICO	
	ADMINISTRATIVOS (b)	\$ 6.727,98
	TOTAL ANTES IVA	<hr/> \$ 32.518,56
	IVA 12%	\$ 3.902,23
	TOTAL PROYECTO	<hr/> \$ 36.420,78

(a) Gastos Indirectos : 15% del valor de Gastos Directos

(b) Gastos Técnico - Administrativos : 30% del valor de Gastos Directos

TABLA IV: RESUMEN DE COSTO MAQUINA IMPORTADA
COSTO DE MAQUINA IMPORTADA

ITEM	DESCRIPCION DEL ITEM	COSTO DEL ITEM
1	COSTO DE MAQUINARIA	\$42.000,00
2	TRANSPORTE	\$2.000,00
3	COSTO CIF (Item 1 + Item 2)	\$44.000,00
4	5% AD VALOREM	\$2.200,00
	12% IVA	\$5.280,00
	0,01% VERIFICADORA	\$4,40
	1% SEGURO TRANSPORTE	\$440,00
	1% DESADUANIZACION	\$22,00
	COSTO FINAL	\$51.946,40

De la observación de las 2 tablas anteriores podemos concluir que el costo final del proyecto, aproximadamente \$ 36.420,00, es un 30% menor (\$ 51.946,00) que el costo de importar un equipo desde Estados Unidos.

CONCLUSIONES

El sistema es capaz de abastecer combustible a un flujo mayor a 300 GPM con una pérdida mínima de 37,38 psi y gracias a la altura de su plataforma (170 cm.) es capaz de despachar sin ningún contratiempo a aeronaves como el A-320.

El sistema tiene un peso aproximado de 2941,72 lbs, sin considerar el sistema de dirección, ni las llantas.

El costo final del proyecto es de aproximadamente \$ 36.420,00, un 30% menos (\$ 51.946,00) que el costo de importar un equipo desde Estados Unidos.

El presente diseño es de tipo multi disciplinario y abarca varias áreas de Ingeniería mecánica y electrónica.

Aunque este diseño requiere de la selección de muchos componentes, el conocimiento de las normativas aplicables para el desarrollo del mismo y del funcionamiento de este tipo de equipos en el sitio de trabajo han sido indispensables para el desarrollo de esta tesis.

REFERENCIAS

1. AGA, Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases para corte & soldadura, Ecuador, 2003. pp. 8 – 13.
2. API, API/IP Recommended Practice 1540: DESIGN, CONSTRUCTION, OPERATION AND MAINTENANCE OF AVIATION FUELING FACILITIES, API & Energy Institute, Londres, Febrero 2004.
3. ATA, ATA SPECIFICATION 103 “STANDARDS FOR JET FUEL QUALITY CONTROLS AT AIRPORTS”, ATA, Washington D.C., Julio 1998.
4. GARFIELD NANCY, 1993 TIRE GUIDE, Bennet Garfield Publication, Boca Raton Florida, 1993. pp. 6-8, 29-31.
5. GARSITE, LIQUID HANDLING EQUIPMENT CATALOGUE NO. 2000, GARSITE TSR, Kansas City, 1993. pp. 1 – 391.
6. SHIGLEY, Diseño Mecánico, Mc Graw – Hill, México, 1985. pp.432-460.
7. SKF, CATALOGO DE RODAMIENTOS SKF, Italia, 1999. pp. 286–295.
8. SPRUCE & SPECIALITY CO., AIRCRAFT SPRUCE & SPECIALITY CO. CATALOGUE, California, 2003. pp. 50-152.
9. SERWAY Raymond, Fisica Tomo I, Mc Graw - Hill, México, 1996.pp 190-194
10. THE TIRE and RIM ASSOCIATION INC., THE TIRE and RIM ASSOCIATION INC. YEAR BOOK, Ohio, 1994. pp. 5-05 - 5-12
11. www.garsite.com
12. www.argo-tech.com
13. www.gammontech.com