

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR FISICO DEL SISTEMA  
HIDRÁULICO DEL AVIÓN BOEING 727 PARA EL ITSA**

**POR:**

**SALAS PUENTE DAVID SEBASTIÁN**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el A/C DAVID SEBASTIÁN SALAS PUENTE, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA – MENCIÓN AERONAVES.

---

SGOS. TEC. AVC. ING. WASHINGTON MOLINA

Latacunga, Febrero 09 del 2010

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi cariño y amor, este proyecto de grado a todas las personas que han compartido conmigo este camino, a mis amigos y profesores que han sido parte o no de este proceso educativo; además se lo dedico de manera especial a los “coautores” del presente, mis padres, Fernando Salas y Nancy Puente, Gracias por permitirme alcanzar este sueño.

**David Sebastián Salas Puente**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar le doy las gracias Dios y a mi familia por su apoyo incondicional hoy y siempre. Agradezco también a todas las personas que han compartido conmigo este camino, mis amigos, compañeros, profesores, y de manera muy especial al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, por permitirme dar mis primeros pasos en el apasionante mundo de la aviación.

**David Sebastián Salas Puente**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS.

Carátula.....	I
Certificación Director y Codirector.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Resumen.....	XIV
Summary.....	XV

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación e importancia.....	2
1.3	Objetivo general .....	3
1.4	Objetivos específicos. ....	3
1.5	Alcance. ....	3

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Sistema hidráulico del avión Boeing 727.....	4
2.1.1	Generalidades del sistema.....	4
2.1.1.1	Subsistemas.....	5
2.1.1.2	Fluido hidráulico (hydraulic fluid) .....	9
2.1.1.3	Estación de llenado del fluido hidráulico.....	11
2.1.2	Sistema hidráulico “A”.....	13
2.1.2.1	Reservorio hidráulico.....	16
2.1.2.1.1	Sistema de presurización del reservorio.....	17

2.1.2.2 Bombas manejadas por el motor (engine-driven pumps)...	20
2.1.2.3 Bombas en línea (in-line pumps) .....	21
2.1.2.4 Unidad modular .....	22
2.1.2.5 Filtros hidráulicos .....	22
2.1.2.6 Intercambiador o permutador de calor (heat exchanger)...	25
2.1.2.7 Acumulador hidráulico.....	25
2.1.2.8 Válvulas hidráulicas.....	26
2.1.2.9 Síntesis del funcionamiento del sistema “A”.....	29
2.1.3 Sistema hidráulico “B”.....	30
2.1.3.1 Reservorio hidráulico.....	33
2.1.3.2 Bombas manejadas por motor eléctrico (electric motor-driven pumps).....	34
2.1.3.3 Unidad modular (modular unit) .....	37
2.1.3.4 Filtros hidráulicos.....	38
2.1.3.4 Intercambiador ó permutador de calor de fluido hidráulico (heat exchanger) .....	40
2.1.3.5 Acumulador hidráulico .....	41
2.1.3.6 Válvula de alivio (relief valve) .....	41
2.1.3.7 Síntesis del funcionamiento del sistema “B”.....	41
2.1.4 Sistema hidráulico “Stand-by” (de reserva).....	42
2.1.4.1 Reservorio hidráulico.....	44
2.1.4.2 Bomba hidráulica manejada por motor eléctrico (electric motor-driven hydraulic pump) .....	45
2.1.4.3 Unidad modular .....	46
2.1.4.4 Filtros hidráulicos .....	47
2.1.4.5 Válvula de alivio de sistema de reserva .....	48
2.1.4.6 Síntesis del funcionamiento del sistema Stand-by.....	48
2.1.5 Sistemas de indicación de presión hidráulica.....	49

2.1.6 Sistemas de alerta de sobre temperatura warning systems) .....	50	(overheat
2.1.7 Sistema de indicación de cantidad y advertencia nivel bajo nivel.....		de
2.1.8 Sistemas de advertencia de presión baja de las bombas...	53	

### **CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminares .....	55	
3.1.1 Descripción de alternativas.....	55	
3.1.1.1 Primera alternativa.....	55	
3.1.1.3 Segunda alternativa .....	60	
3.1.2 Comparación de alternativas.....	66	
3.1.3 Selección de la mejor alternativa.....	69	
3.2 Diseño.....	69	
3.2.1 Diseño del soporte del simulador.....	70	
3.2.2. Sistemas hidráulicos A, B y Standby .....	72	
3.2.3. Diseño – ATA 29/12 – Serviceo de fluido hidráulico.....	82	
3.2.4 Diseño –ATA 27/32/52- Controles de vuelo- tren de aterrizaje – Puertas (dispositivos controlados) .....	83	
3.3 Construcción o implementación.....	84	
3.3.1 Soporte del simulador.....	88	
3.3.2 Sistemas hidráulicos A, B y Standby.....	89	
3.3.3 Área de serviceo de fluido hidráulico.....	90	

3.3.4 Componentes hidráulicamente controlados.....	91
3.3.5 Paneles de control .....	92
3.3.6 Sistema electrónico de control .....	93
3.3.7 Ensamble general .....	94
3.4 Manuales de funcionamiento de la maqueta.....	94
3.4.1 Manual de operación.....	95
3.4.2 Manual de mantenimiento.....	95
3.4.3 Hojas de registro.....	95
3.5 Pruebas y análisis de resultados.....	96

**CAPÍTULO IV  
ANÁLISIS ECONOMICO**

4.1 Presupuesto.....	100
4.2 Análisis económico.....	100
4.2.1 Recursos materiales técnico / tecnológico.....	100
4.2.2 Recursos humanos. ....	102
4.2.3 Otros. ....	102
4.3 Costo total.....	103

**CAPÍTULO V  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	104
5.2 Recomendaciones.....	105



## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1 Primera alternativa de simulación.....	56
Tabla 2.1 Segunda alternativa de simulación.....	61
Tabla 3.1 Comparación de alternativas .....	66
Tabla 4.1 Selección de materiales .....	84
Tabla 5.1 Simbología del proceso de construcción.....	87
Tabla 6.1 Pruebas de funcionamiento.....	96
Tabla 7.1 Análisis de costo de materiales.....	100
Tabla 7.2 Análisis del costo por utilización de herramienta..	101
Tabla 5.3 Análisis del costo de mano de obra.....	102
Tabla 5.4 Análisis del costo de otros gastos.....	102
Tabla 5.5 Resumen de gastos totales.....	103

## INDICE DE FIGURAS

FIG 2.1 Esquema de funcionamiento del sistema del B727.....	7	hidráulico
FIG 2.2 Controles de vuelo manejados por el sistema del B727.....	8	hidráulico
FIG 2.3 Dirección de rueda de nariz (Steering) , tail skid y Frenos del tren principal manejados por el sistema hidráulico del B727.....	8	
FIG 2.4 Escalera ventral (aft airstair) manejada por el sistema hidráulico del B727.....	9	
FIG 2.5 Localización del equipo de llenado.....	11	
FIG 2.6 Esquema de llenado del reservorio hidráulico (Con válvula selectora) .....	12	
FIG 2.7 Esquema de llenado del reservorio hidráulico (Sin válvula selectora) .....	12	
FIG 2.8 Sistema hidráulico A – Locación del equipo (1/3).....	14	
FIG 2.9 Sistema hidráulico A – Locación del equipo (2/3).....	15	
FIG 2.10 Sistema hidráulico A – Locación del equipo (3/3).....	15	
FIG 2.11 Sistema hidráulico A - Diagrama esquemático .....	16	
FIG 2.12 Presurización del Reservorio – Sistema A .....	18	
FIG 2.13 Engine-driven pump Yoke type (Bomba manejada por motor tipo yugo) .....	20	
FIG 2.14 Engine-driven pump (In-line type) .....	21	

FIG 2.15 Unidades modulares.....	23
FIG 2.16 Filtros hidráulicos .....	24
FIG 2.17 Intercambiador de calor- Sys A (Heat exchanger).....	25
FIG 2.18 Válvula de corte de suministro hidráulico en fuego (Fire shutoff) y circuito del mando .....	27
FIG 2.19 Válvula de interconexión de tierra y su unidad de control (Ground InterConnect valve) .....	28
FIG 2.20 Válvula de interconexión de frenos y su unidad de control (Brake InterConnect valve) .....	29
FIG 2.21 Sistema hidráulico B – Locación del equipo (1/2) .....	32
FIG 2.22 Sistema hidráulico B – Locación del equipo (2/2) .....	32
FIG 2.23 Sistema hidráulico B – Diagrama esquemático (1/2) .....	33
FIG 2.24 Reservorio del sistema hidráulico B – Diagrama esquemático (2/2) .....	33
FIG 2.25 Electric motor-driven pump (Bomba manejada por motor eléctrico) .....	35
FIG 2.26 Electric motor-driven pump (Bomba manejada por motor eléctrico) .....	36
FIG 2.27 Unidad modular – Sistema B.....	38
FIG 2.28 Filtros hidráulicos – Sistema B.....	39
FIG 2.29 Intercambiador de calor- Sys B (Heat exchanger).....	40

FIG 2.30 Sistema hidráulico Standby – Locación del equipo .....	43
FIG 2.31 Sistema hidráulico Standby – Diagrama esquemático..	44
FIG 2.32 Electric motor–driven hydraulic pump (Bomba hidráulica controlada por motor eléctrico) .....	( 47
FIG 2.33 Unidad modular (Modular unit) .....	47
FIG 2.34 Filtros hidráulicos (Hydraulic filters) .....	48
FIG 2.35 Sistema indicador de presión (Pressure indicating system) y P6 .....	(Pressure 49
FIG 2.36 Sistema de advertencia de Sobre-temperatura (Overheat warning system).....	51
FIG 2.37 Sistema indicador de cantidad de fluido hidráulico advertencia de bajo nivel. ....	y 54
FIG 2.38 Sistema de alerta de baja presión en bombas .....	54
FIG 3.1 Maqueta inicial del simulador.....	71
FIG 3.2 Secciones del simulador.....	71
FIG 3.3 Pantalla de inicio de la simulación digital.....	72
FIG 3.4 Paneles de control de la simulación digital.....	73
FIG 3.5 Contraste de versión de aeronave (Sistema A).....	74
FIG 3.6 Contraste de versión de aeronave (Sistema A) – sistema de aire sangrado.....	75
FIG 3.7 Contraste de versión de aeronave (Sistema B) .....	76

FIG 3.8 Contraste de versión de aeronave (Sistema A) – reservorio B.....	77
FIG 3.9 Contraste de versión de aeronave (Sistema StandBy) .....	78
FIG 3.10 Contraste de versión de aeronave (Serviceo) .....	79

## INDICE DE ANEXOS

1. Anteproyecto del trabajo de graduación
2. Diseño, planos y diagramas eléctricos
3. Folletos informativos de funcionamiento
- C-1. Funcionamiento e indicación de los paneles de control
- C-2. Localización del equipo
- C-3. Catálogo ilustrado de componentes
- C-4. Serviceo de fluido hidráulico
4. Archivo magnético con una presentación resumen sistema hidráulico del Boeing  
727
5. Adhesivos de indicación utilizados

## RESUMEN

El presente proyecto, “Construcción de un simulador físico del sistema Hidráulico del avión Boeing 727 para los laboratorios del bloque 42 del ITSA”, aportará a la mejora del proceso de inter aprendizaje que ofrece el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y, de manera especial, a la carrera de mecánica aeronáutica. El proyecto busca innovar el material didáctico físico que posee la institución, a fin de cumplir con varias de las especificaciones de la ley aeronáutica que dispone la utilización de simulaciones físicas, para mejorar el nivel de conocimientos de los profesionales aeronáuticos que forma el país.

Luego de un análisis del proceso educativo de la institución, y de algunos factores que en este influyen, se concluyó que tanto educandos como educadores podrán hacer uso de este simulador físico que busca replicar el funcionamiento del sistema hidráulico del Boeing 727, y que pretende ser un apoyo didáctico para la impartición de conocimientos.

La maqueta didáctica, producto práctico del proyecto, muestra al sistema hidráulico del B727 con sus componentes, esquemas de funcionamiento, paneles de control y todo el circuito electrónico que esto implica para su funcionamiento respectivo e interacción en la aeronave para consolidarse como la sangre del avión. Además, el presente consta de secciones en donde es fácil apreciar los diagramas de funcionamiento, de serviceo hidráulico, de la réplica de paneles de mando, figuras de ubicación del equipo y los componentes presurizados implicados; detalle que apoya a la comprensión del sistema hidráulico, sus requerimientos funcionales y su interacción con la aeronave.

Finalmente y, como apoyo metodológico a la realización de este proyecto, se cita a TRAINAIR de la OACI (Organización Internacional de Aviación Civil), el mismo que al referirse a la captación y aprendizaje aeronáutico señala que: “un contenido

o conocimiento expuesto de forma visual puede captarse en un 20%; el conocimiento o contenido expuesto de forma auditiva puede hacerse en un 30%; el contenido o conocimiento expuesto de forma visual y auditiva se puede captar hasta en un 50%; pero, un contenido o conocimiento que se presenta en forma física y palpable puede ser asimilado hasta en un 90%". Esta razón es más que suficiente para que este proyecto práctico pueda sumarse a los recursos didácticos digitales que posee el instituto, y de este modo aportar a despertar el interés del alumnado, permitiendo al ITSA, contar con una herramienta de didáctica de formación, lo que redundará en su visión de formar a los mejores profesionales Aeronáuticos de Latinoamérica.

## **SUMMARY**

The project, "Construction of a physical simulator of the Hydraulic system of the Boeing 727 aircraft for the laboratories at the block 42 of the ITSA", will contribute to the improvement of the of inter-learning process that the Aeronautical Superior Technological Institute offers, and in a special way, to the career of aeronautical mechanics. The project innovate the physical didactic material that possesses the institution, in order to complete with several specifications of the aeronautical law that motivate the use of physical simulations, to improve the level of aeronautical professionals' knowledge in our country.

After an analysis of the of the institution educational process, and of some factors that influence it, the project conclude that as much students as educators will be able to use this physical model that simulate the operation of the hydraulic system of the Boeing 727, and also seeks to be a didactic support in the educational process.

The didactic scale model, practical product of the project, shows the hydraulic system of the B727 with its components, operation, control panels, and the whole electronic circuit that this implies for its respective operation and interaction with

the aircraft to consolidate as the blood of the airplane. Also, the model has sections where it is easy to appreciate the operation diagrams, hydraulic servicing, control panels, location of the equipment and the implied pressurized components; detail that supports the understanding of the hydraulic system, their functional requirements and their interaction with the aircraft.

Finally and, as methodological support to the realization of this project, it is important to point to the TRAINAIR method of the OACI (International Organization of Civil Aviation), the same one that, when referring to the assimilation and learning of aeronautical contents points out that: "a content or exposed knowledge in a visual way can be captured in 20%; the knowledge or exposed content in an audible way can be made it in 30%; the content or exposed knowledge in a visual and audible way you can capture until in 50%; but, a content or knowledge that it is presented in a physic and palpable way, can be assimilated until in 90% ". This reason is more than enough for this practical project to be used as a complement with other digital didactic resources that the institute have, and this way to increase the interest of the students, allowing to the ITSA, to have a didactic tool of formation, the same that will reiterate its vision of forming the best Aeronautical professionals of Latin America.



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### 1.6 Antecedentes

En los últimos años, la industria aeronáutica ha tenido gran crecimiento debido a la necesidad de conectar al mundo y acortar sus distancias, razón que motiva el adiestramiento continuo de nuevos profesionales en este campo. Es con este motivo que el ITSA al ser pionero en este campo de educación en Ecuador, presenta la necesidad de mejorar el recurso didáctico utilizado el proceso educativo a fin de mejorar la preparación de sus profesionales acorde al avance de la aviación moderna.

Es por esta necesidad que en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico y de forma más específica en la carrera de Mecánica Aeronáutica, luego de haberse investigado la opinión de profesores y estudiantes, concluimos que se mira con agrado la creación de simuladores físicos y material didáctico de esta índole que permita mejorar la capacitación de los estudiantes del instituto acorde a las necesidades de la educación referente aviación moderna, y así aportar a la mejora del proceso educativo de inter-aprendizaje; Pues luego de haber investigado este proceso, en el área de hidráulica se pudo constatar que el personal de profesores encuentra capacitado para dictar su cátedra en el tema acorde a los planes analíticos y mallas curriculares propuestas, más en ocasiones el desinterés del estudiantado puede afectar a este proceso, evitando el cumplimiento de las expectativas educativas planteadas y contribuyendo a la creación de vacíos en el conocimiento impartido.

Para cambiar esta realidad, el presente proyecto busca mejorar el proceso de enseñanza, mediante la motivación del estudiante utilizando diversos recursos didácticos como lo es un simulador físico; el mismo que permitirá despertar el

interés de los estudiantes en la asignatura, mejorar su rendimiento, y así aportar al ITSA en la preparación de mejores profesionales en esta rama vital de la aviación.

### 1.7 Justificación e Importancia.

Debido a la gran demanda del mundo moderno de profesionales integrales y preparados para los retos del mundo contemporáneo, es un desafío para los centros educativos, la formación de profesionales excelentes, mediante estrategias diversas que permitan a sus estudiantes estar preparados para su integración en el mundo laboral. Es por esta razón que el ITSA, en su constante evolución ha buscado motivar la creación de proyectos de grado que aporten al Instituto en diversos campos, uno de ellos el proceso educativo de entrenamiento de sus Tecnólogos en diversas áreas como por ejemplo el campo de hidráulica de aviación objeto del presente proyecto.

Debido a la evolución continua de la aviación , es preciso el mejoramiento continuo del material didáctico que permite la capacitación de los estudiantes de nuestro instituto, razón por la que el proyecto de construcción de un simulador del sistema hidráulico del Boeing 727, es un proyecto de suma importancia, puesto que mejorará la captación del conocimiento comparado con libros y esquemas; además será de gran apoyo hacia un proyecto interactivo preexistente sobre el tema, el mismo que se constituirá en un complemento en entrenamiento de estudiantes en el área de hidráulica, pues el simulador físico del presente proyecto será una ayuda para los profesores al momento de dictar su cátedra sobre la mencionada aeronave, mientras el recurso didáctico virtual será un apoyo para los estudiantes, el mismo que será un refuerzo hacia el conocimiento adquirido, permitiendo así al estudiante de forma complementaria practicar sobre el conocimiento impartido en clase, motivar su interés en la materia dictada y mejorar así su asimilación.

Por tal razón este proyecto es importante como aporte al proceso de inter-aprendizaje, cuyos beneficiarios son los estudiantes al mejorar su desempeño, los docentes al facilitar el intercambio de conocimientos; y finalmente el ITSA en su búsqueda de formar los profesionales holísticos capaces de enfrentar a los retos del mundo moderno.

### 1.8 Objetivo General

Construir un simulador físico del sistema hidráulico del avión Boeing 727 como aporte didáctico para los laboratorios del bloque 42 del ITSA

.

### 1.9 Objetivos Específicos.

- Investigar sobre el sistema hidráulico del avión Boeing 727
- Proponer alternativas de construcción del simulador
- Seleccionar elementos que simulen el funcionamiento de los componentes del sistema hidráulico propuesto
- Diseñar un circuito eléctrico que controle el simulador
- Construir el simulador propuesto
- Realizar pruebas de funcionamiento

### 1.10 Alcance.

El presente proyecto busca aportar a la mejora del proceso educativo de inter-aprendizaje mediante la construcción de un simulador físico del sistema hidráulico del avión Boeing 727, el mismo que mediante su utilización y operación, nos permite simular las funciones de los diversos elementos que conforman al sistema y a su vez la interacción y control de los mismos mediante los paneles respectivos; esto también estará apoyado por información importante de los manuales de la aeronave integrados en el simulador, que permitirán hacer de este proyecto un

simulador interactivo sobre el funcionamiento del sistema hidráulico de esta aeronave, para así facilitar su estudio.

La puesta en marcha de este proyecto además, no solo beneficiará a los docentes del instituto como un apoyo en la didáctica utilizada, sino también a sus estudiantes, al despertar su interés por la asignatura de hidráulica de aviación y sus afines; para de esta forma mejorar el proceso de inter-aprendizaje, facilitar la captación del conocimiento, y en fin lograr apoyar a la aviación de nuestro país y del mundo con profesionales comprometidos en su área.

Cabe resaltar que este recurso didáctico, se verá complementado mediante uno virtual preexistente que permitirá afianzar los conocimientos en el área de hidráulica de aviación para los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Sistema Hidráulico del avión Boeing 727**

El sistema hidráulico del avión es un conjunto de componentes e instalaciones cuyo objetivo es proveer de fluido hidráulico a presión a todos los sistemas de la aeronave que funcionen en base al mismo, para de esta forma poder transmitir y amplificar fuerzas controladas a distancia.

El avión Boeing 727 consta de 3 subsistemas que permiten controlar el poder hidráulico, el sistema A, el Sistema B, y el sistema Standby, los mismos que pueden trabajar de forma independiente y en conjunto en caso de presentarse situaciones de emergencia.

Con este objetivo se ha tomado información de los manuales de mantenimiento y operación de la aeronave para obtener sustento teórico para la puesta en marcha del proyecto.

##### **2.1.1 Generalidades del Sistema**

El sistema hidráulico provee de fluido hidráulico a una presión de 3000 PSI hacia los dispositivos hidráulicamente controlados de la aeronave mediante 3 subsistemas que a pesar de ser independientes, pueden interactuar entre sí, y poder así atender las necesidades del sistema hidráulico del avión tanto en modo de operación normal como en emergencia.

Estos subsistemas se encuentran divididos en tres fuentes relativamente independientes de poder hidráulico, designados así como: Sistema A, Sistema B y sistema Standby. Cada uno de estos sistemas posee un reservorio, los mismos dependiendo de la versión de la aeronave y la presencia de una válvula selectora

de llenado dictada por la misma, presentan dos opciones; En aeronaves con esta válvula selectora de llenado (Fill selector valve) dos reservorios son presurizados, y uno no; mas en aeronaves sin esta válvula todos los reservorios se encuentran presurizados

Es posible además operar el sistema en tierra mediante el uso de una planta externa de energía para activar las bombas, o incluso se puede conectar una planta externa de poder hidráulico.

Además de estar presurizados los reservorios, el fluido en cada sistema es provisto de presión positiva de diversas formas para el control de los dispositivos hidráulicamente controlados como lo muestran las figuras 2.1, Fig. 2.2, Fig. 2.3 y Fig. 2.4.

#### **2.1.1.1 Subsistemas**

- El Sistema A se encuentra presurizado por 2 bombas manejadas por el motor instaladas en los motores 1 y 2 (Engine- driven pumps)

Este sistema provee de poder hidráulico a: outboard flight spoiler (spoilers de vuelo exteriores), ground spoilers (spoilers de tierra), ailerons (aleros), leading edge flaps and slats (flaps y slats de borde de ataque), trailing edge flaps (flaps de borde de salida), landing gear (tren de aterrizaje), nose wheel steering and brakes (sistema de direccionamiento de rueda de nariz y sus frenos respectivos) , elevators (elevadores) , lower rudder (rudder inferior) , y los frenos del tren de aterrizaje principal ( main wheel brakes ) cuando la válvula de interconexión de frenos (brake InterConnect valve) esté abierta.

- El sistema B presuriza el fluido mediante 2 bombas manejadas por motores eléctricos respectivos, instalados en el área izquierda ocupada por el fairings (electric motor-driven pumps)

Este sistema provee de poder hidráulico a: the ailerons (aleronos), elevators, inboard flight spoilers, aft airstairs, upper rudder, and main wheel brakes

➤ El sistema Standby recibe presión desde una bomba controlada por un motor eléctrico ubicado en la pared del lado izquierdo en la escalera ventral posterior

Este sistema provee de poder hidráulico a: Rudder inferior (lower rudder ), a los flaps de borde de ataque (leading edge flaps) y al motor hidráulico y acople de la bomba de los slats (slats Standby hydraulic motor and pump assembly)

El servicio del sistema se realiza mediante una estación de llenado ubicada en la parte posterior del fairing izquierdo en la bahía de llenado.

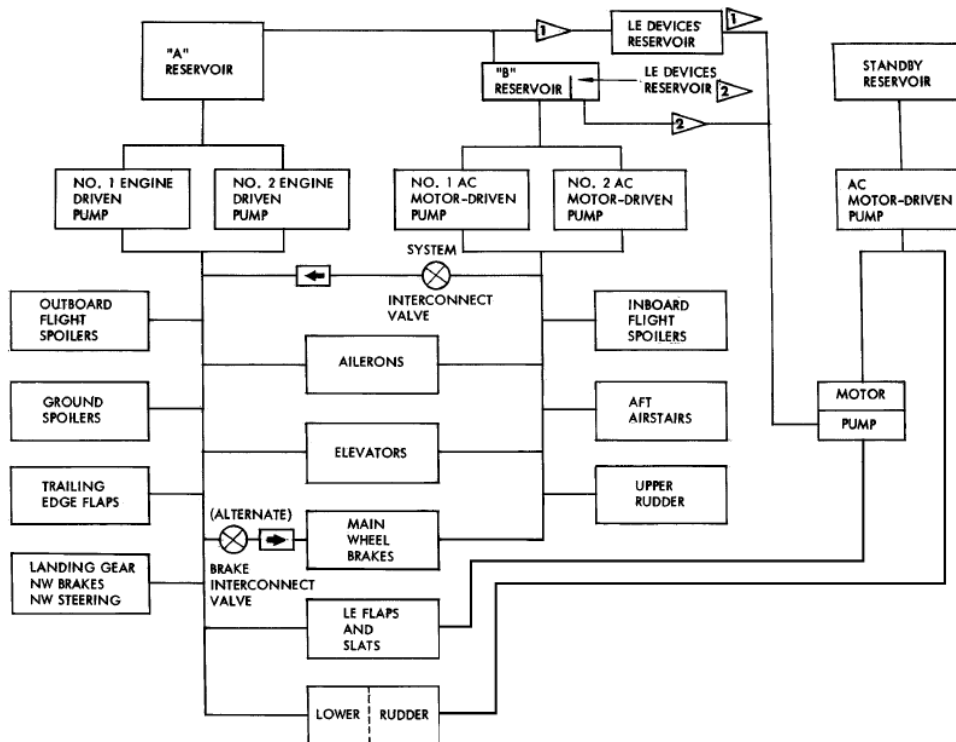


FIG 2.1 Esquema de funcionamiento del sistema hidráulico del B727 (Fuente: B727-AMM)

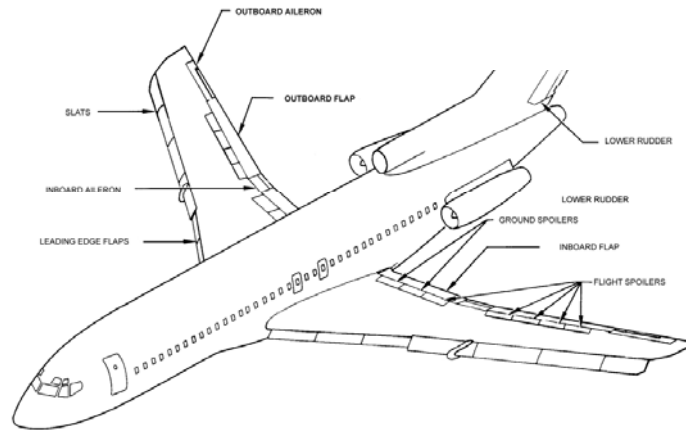


FIG 2.2 Controles de vuelo manejados por el sistema hidráulico del B727(Fuente: B727-AMM)

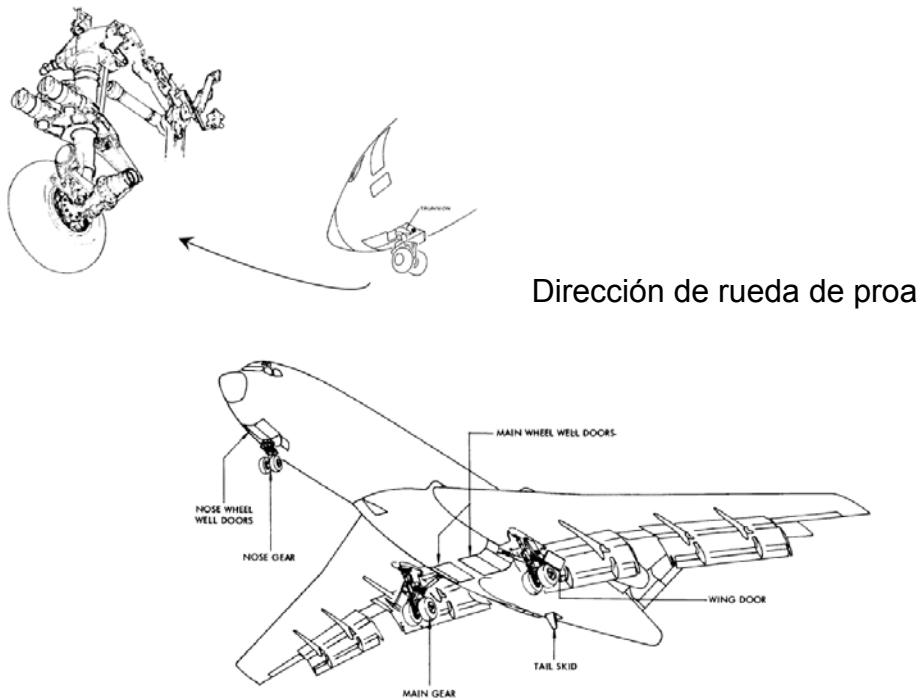


FIG 2.3 Dirección de rueda de nariz (Steering) , tail skid y Frenos del tren principal manejados por el sistema hidráulico del B727(Fuente: B727-AMM)



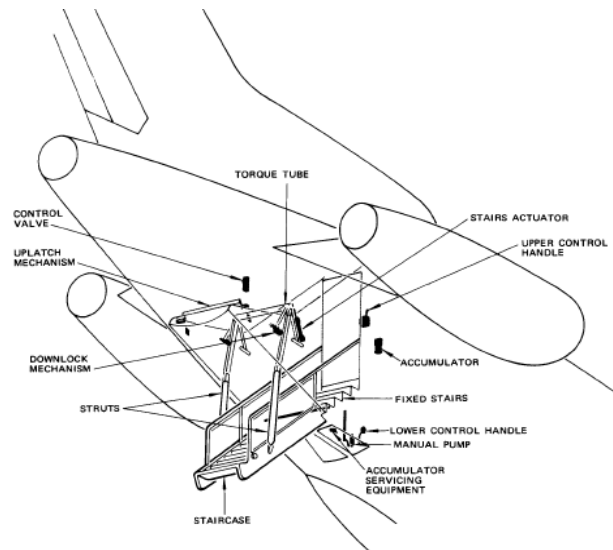


FIG 2.4 Escalera ventral (aft airstair) manejada por el sistema hidráulico del B727(Fuente: B727-AMM)

### 2.1.1.2 Fluido Hidráulico (Hydraulic Fluid)

En aviación en general se utilizan dos grupos de fluidos hidráulicos según sus diversas especificaciones: <sup>1</sup>

➤ Basados comúnmente en petróleo:

- Mil-H-5606: Base mineral, flamable, bajo vaporización, utilizable desde -65 °F (-54 °C) hasta 275 °F (135 °C), color rojo
- Mil-H-83282: Base de hidrocarbon sintético, alto punto de vaporización, auto extingible compatible con -5606, color rojo
- Mil-H-87257: Desarrollado a partir del -83282 para mejorar su viscosidad a baja temperatura.

➤ Basados en éter fosfato:

<sup>1</sup> Wikipedia, hydraulic fluid – specifications ([http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic\\_fluid](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_fluid))

- BMS 3-11: Skydrol 500B-4, Skydrol LD-4, Skydrol 5 y Exxon HyJetIV-A plus – Típicamente de un ligero color púrpura, incompatible con fluidos a base de petróleo , no soporta la combustión.

En el Boeing 727 se utiliza el skydrol BMS 3-11 en todo el sistema. Es un fluido resistente al fuego debido a diversos aditivos que contiene. Todo los fluidos bajo esta especificación son fácilmente miscibles; además cabe resaltar que todos los depósitos y dispositivos hidráulicos tienen placas para reconocer el fluido ahí utilizado

En aéreas donde pueden existir fugas son designadas como aéreas de contaminación de BMS 3-11 . especialmente pintura y acabados especiales permiten evitar daño en estas aéreas ( ATA 51 – Estructures – Protective Finishes) , puesto que metal estructural de la aeronave no se ve afectado por el fluido, tampoco materiales como etil-propileno, caucho, teflón entre otros materiales selladores.

En caso de contacto con la piel causaría irritación, al igual que en los ojos y tracto respiratorio; razón por la cual debe utilizarse protección adecuada.

#### ➤ Mangueras y tubería hidráulica

Diseñadas para resistir la corrosión y una presión de 1500PSI. Todas las líneas son de aleación de aluminio excepto líneas de retorno ( $\frac{1}{4}$  de pulgada) .

Las líneas no tienen uniones y son de aleación de aluminio de forma general. Mas en algunas aeronaves existen tuberías de  $\frac{3}{4}$  de pulgada en titanio, resistente a 1500 PSI usados principalmente en zonas de fuego clase 1 (sólidos) en el tren de aterrizaje.

Para mantenimiento debe reemplazarse con repuestos con igual número de parte, mas algunas partes con el sufijo X necesitarían ser reemplazadas doblando otras en caso de tubería rígida.

En tubería flexible, estas son de teflón de presión alta y media, pudiéndose notar también que las mangueras de presión media (líneas de provisión) , alta (líneas de presión ) y baja (retorno y frenos).

### 2.1.1.3 Estación de llenado del fluido hidráulico

La estación de llenado permite dar servicio a todos los reservorios desde un mismo punto desde la parte posterior del fairing izquierdo en una puerta de acceso. (Referencia ATA 12 – serviceo)

El equipo de llenado consta de una bomba operadas manualmente, indicador de cantidad del sistema Standby y Sistema A, y conexiones para serviceo a presión desde un punto externo y la tubería necesaria para este fin. En versiones anteriores existía una válvula selectora de llenado (Fig. 2.5). En todo el resto, el serviceo se realiza desde un solo punto, mas pueden existir otros elementos según la versión de la aeronave como filtros de serviceo.

En las últimas versiones (Fig. 2.7) el reservorio del sistema Standby tiene un cambio entre líneas de ventilación y línea de sobre flujo, para facilitar llenado desde un punto, y operación normal del sistema sobre llenado.

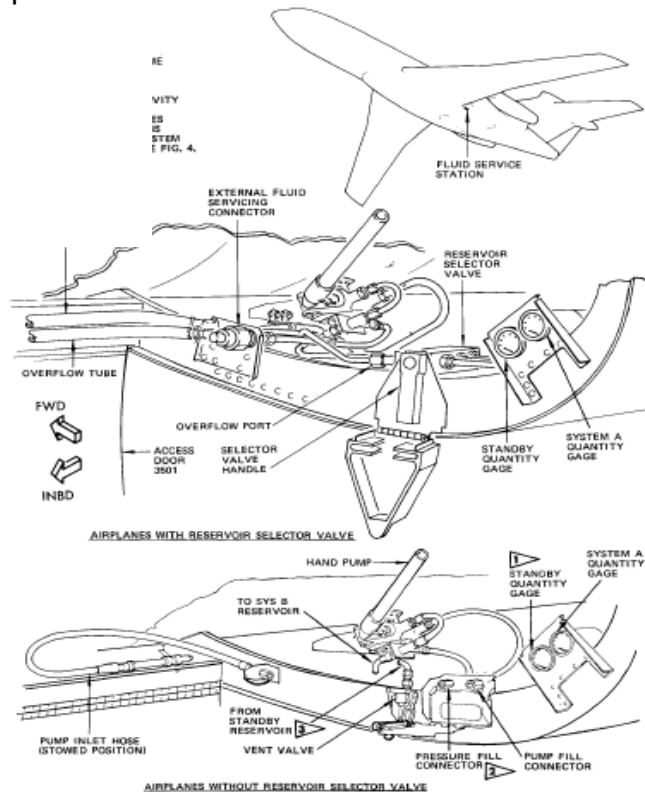


FIG 2.5 Localización del equipo de llenado (Fuente: B727-AMM)

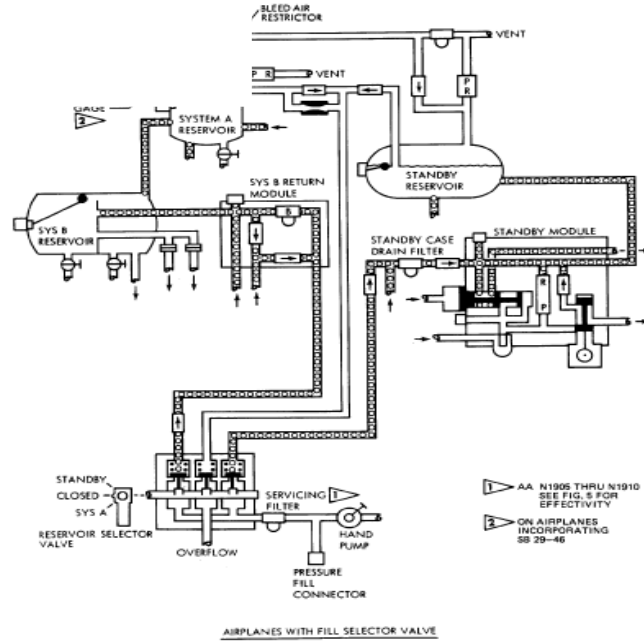


FIG 2.6 Esquema de llenado del reservorio hidráulico (Con válvula selectora) (Fuente: B727-AMM)

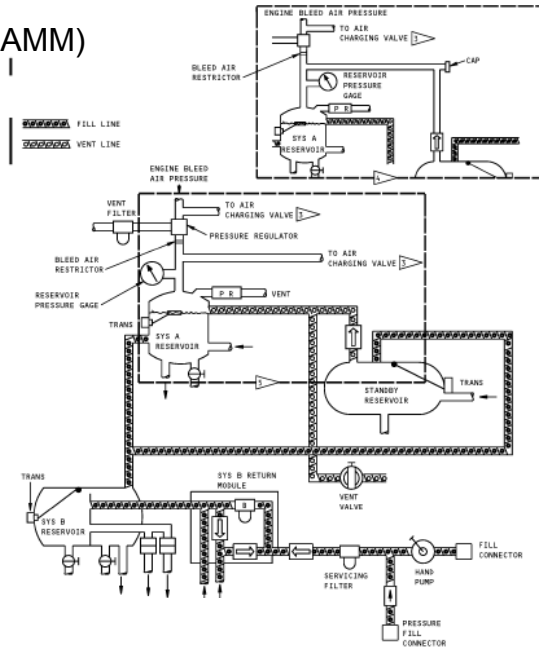


FIG 2.7 Esquema de llenado del reservorio hidráulico (Sin válvula selectora) (Fuente: B727-AMM)

### **2.1.2 Sistema hidráulico A**

En sistema de poder hidráulico A, cuya ubicación se muestra en la figura 2.8, Fig. 2.9 y Fig 2.10; el fluido de los suministros bajo la presión de 3000 psi a los outboard flight spoilers (spoilers de vuelo exteriores) , ground spoilers (spoilers de tierra) , ailerons (aleros) , leading edge flaps (flaps de borde de ataque), landing gear (tren de aterrizaje) , nose wheel steering ( direcccionamiento de la rueda de tren de nariz)

Elevators( elevadores) , trailing edge flaps ( flaps de borde de salida) , lower rudder (rudder inferior), main wheel brakes (frenos del tren principal) al abrir la válvula de interconexión de frenos ( brake InterConnect valve)

El sistema hidráulico A incluye el equipo necesario para almacenar, presurizar, entregar, controlar y supervisar, además de filtrar el fluido hidráulico para operar los sistemas proporcionados por el sistema A (Fig. 2.11).

El fluido hidráulico para el sistema A se guarda en un depósito presurizado por aire sangrado de los motores 1 y 2 a través de un filtro y un regulador de presión para asegurar un suministro positivo de el fluido hidráulico a las bombas. Dos válvulas shutoff (válvulas de corte) de suministro en caso de fuego o falla (Referencia Ata 26- Fire protection) controlan el suministro de fluido hidráulico hacia las bombas manejadas por el motor ( Engine driven pumps); estas se encuentran ubicadas en la parte baja del reservorio

Cada bomba está provista con una válvula de despresurización eléctricamente controlada para reducir la presión del sistema en caso de no requerirse la presión positiva provista por las mismas.

Un filtro en la línea de presión de cada bomba filtra el fluido antes de que entre en los varios subsistemas. Un interruptor de presión (Pressure Switch) en la línea de presión de cada bomba se conecta a una luz de advertencia de presión baja en el tablero del tercer tripulante, mismo que proporciona una indicación de presión

hidráulica baja. En algunos aviones un acumulador se proporciona en el sistema para absorber las olas de presión súbitas basadas en una precarga de nitrógeno que absorbe sobrepresiones, y regula bajas.

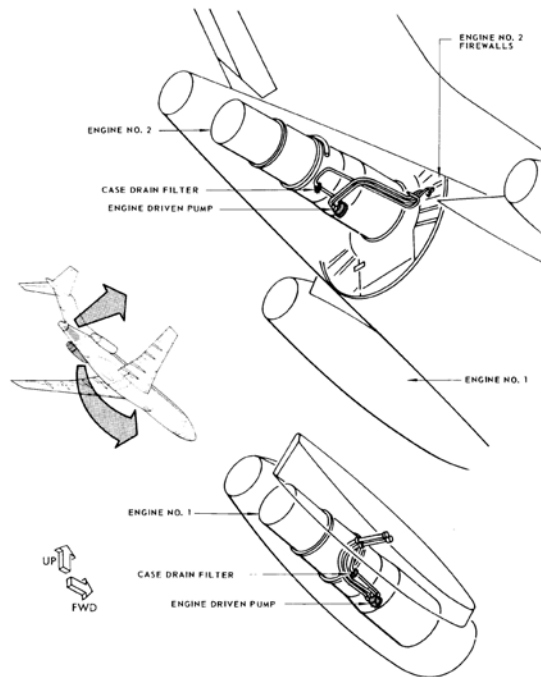


FIG 2.8 Sistema hidráulico A – Locación del equipo 1/3 (Fuente: B727-AMM)

Una válvula de alivio de presión protege el sistema contra daños por presiones altas. Un filtro de carcasa (case drain filter) en cada línea de retorno de bomba es instalado para filtrar el fluido de salida de las mismas hacia el reservorio.

En este sistema existe un intercambiador de calor fluido hidráulico (Fluid heat exchanger) en la línea de retorno de bomba se utiliza para refrescar el fluido hidráulico, además contiene filtro de retorno de sistema delante del depósito filtras las líneas de retorno del fluido de los subsistemas proporcionados por el sistema A.

El fluido Hidráulico de retorno además censa su temperatura mediante un interruptor instalado en el filtro de retorno de sistema el mismo que enciende una luz de emergencia en cabina.

Una válvula de interconexión de frenos (Brake InterConnect) proporcionar el poder hidráulico a los frenos del sistema A siempre que sistema que B sea inoperante y el sistema del freno está intacto.

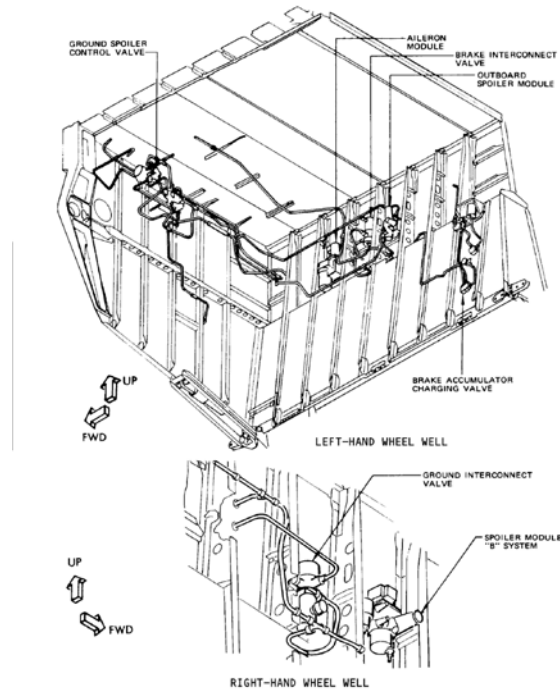


FIG 2.9 Sistema hidráulico A – Locación del equipo 2/3 (Fuente: B727-AMM)

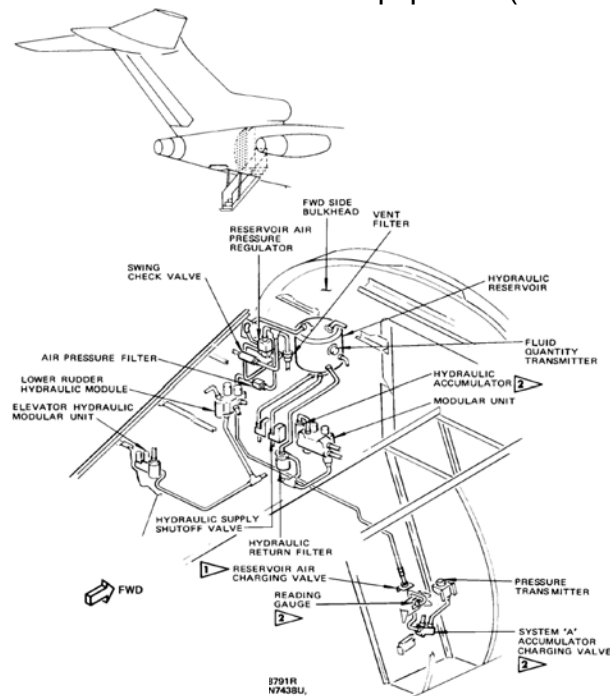


FIG 2.10 Sistema hidráulico A – Locación del equipo 3/3 (Fuente: B727-AMM)

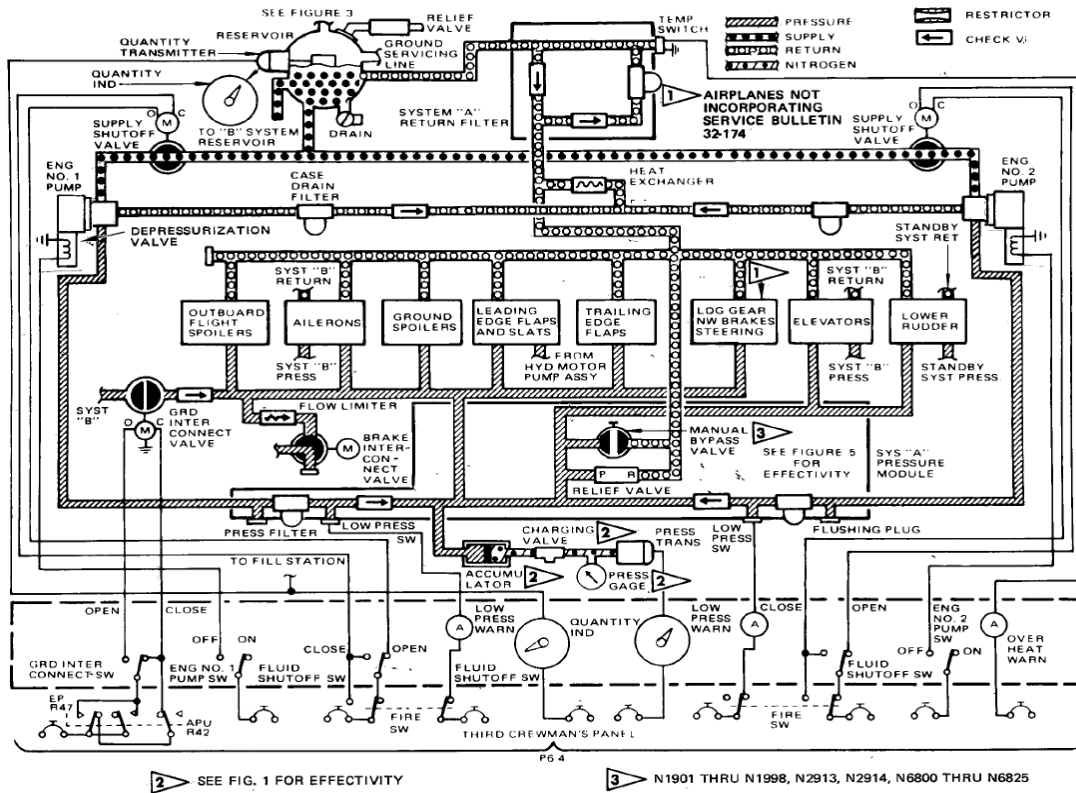


FIG 2.11 Sistema hidráulico A - Diagrama Esquemático (Fuente: B727-AMM)

El sistema A también se presuriza sin el funcionamiento de los motores mediante poder hidráulico externo en tierra, utilizando una fuente hidráulica externa ó abriendo la válvula de interconexión de frenos utilizando las bombas del sistema

### 2.1.2.1 Reservoirio Hidráulico

El depósito del sistema A está presuriza por el aire sangrado de los motores 1 y 2 (Fig. 2.12) mismo que es dirigido mediante válvulas check, un filtro, y un regulador de presión para presurizar el depósito a  $45 \pm 5$  psi asegurando un suministro positivo de fluido hidráulico a las bombas manejadas por el motor (Engine-driven pumps). El depósito es una concha metálica, con acoples para deflector de retorno (return baffle) y suministro, el retorno, el drene, sobre-flujo, la presurización, y los puertos de línea de equilibrio encajados con mangueras. La pared deflectora justo en el interior del puerto del retorno previene el torbellino del fluido.



Adjunto al depósito está un transmisor de cantidad fluido que se conecta eléctricamente a un indicador en el tablero del tercer tripulante y un indicador a la estación de servicio de fluido hidráulico. Un reloj indicador de lectura directa en el transmisor de cantidad fluido proporciona la indicación de cantidad en el depósito

El Sistema A y los depósitos de B son conectados por una línea de equilibrio para proporcionar el sistema B con presión, elevación de nivel de fluido, y el espacio de la expansión termal. La línea de equilibrio también se usa como una línea de llenado. El depósito está instalado en el pared lateral izquierda de la escalera ventral.

#### **2.1.2.1.1.1 Sistema de presurización del reservorio**

El sistema de presurización consiste en un regulador de la presión de aire, el filtro de presión, filtro de ventilación (vent filter), válvula de alivio (Relief valve), válvulas unidireccionales y restrictores (Fig. 2.8).

La válvula de carga de aire (air charging valve) proporciona aire del depósito para presurizar el sistema A al proveer presión positiva para pruebas funcionales en tierra.

##### ➤ El Regulador de Presión de aire (Air pressure regulator)

El regulador de presión de aire mantiene una presión constante de aproximadamente 45 psi en el reservorio y opera como una válvula de alivio de vacío (vacuum Relief valve). El regulador (Fig. 2.12) consiste de válvula de presión, válvula del elevación (poppet valve), resorte y diafragma.

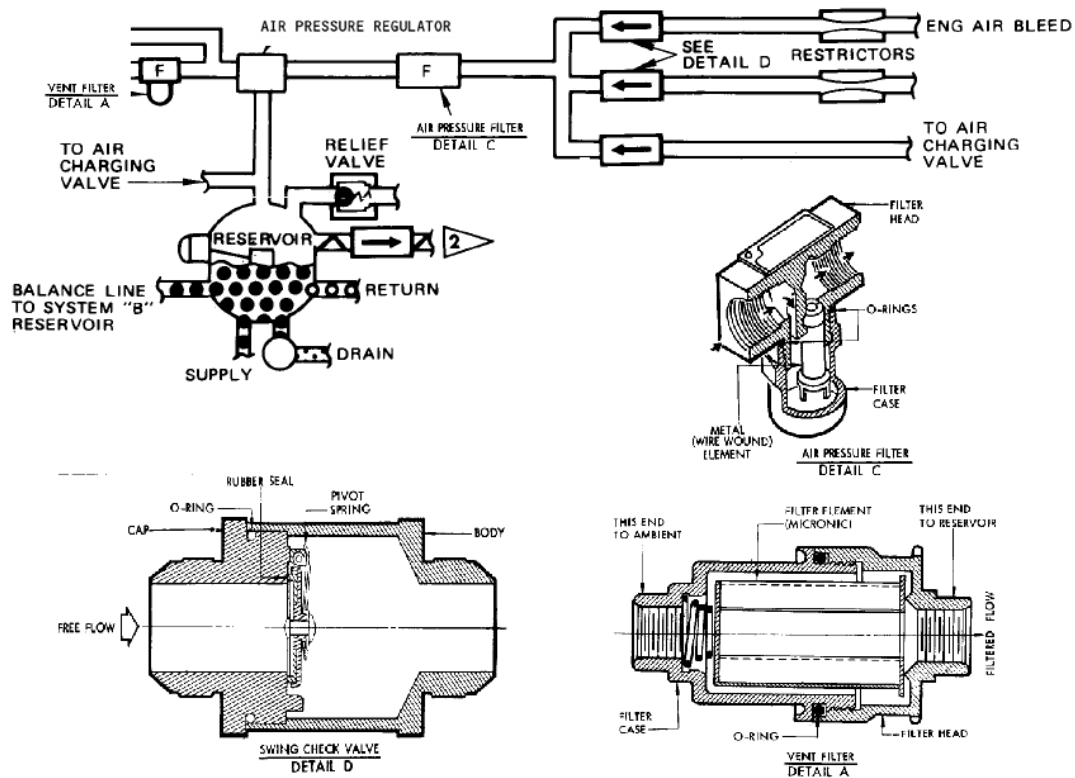


FIG 2.12 Presurización del Reservorio – Sistema A (Fuente: B727-AMM)

Cuando el depósito está debajo de la presión regulada, el aire fluye a través de la válvula del elevación del nivel (poppet valve) al depósito hasta que la presión regulada se obtenga.

Cuando la presión en el depósito supera la del resorte y la presión ambiente, el poppet valve se cierra, previniendo de entrar al aire. Cuando la presión en los depósitos cae 0.50 psi bajo la presión ambiente, la válvula ambiente abre permitiendo el aire entre en el depósito, evitando vacío en el depósito.

En algunos aviones, un indicador de presión se instala en la línea delante del regulador. El indicador se usa para verificar la acción del regulador cuando el depósito se presuriza

➤ El Filtro de ventilación (vent filter)

El filtro de la abertura evita que el material extraño entre al regulador de la presión de aire; consiste en una cabeza del filtro, elemento reemplazable y un cuenco del filtro (Fig. 2.12). El filtro está en la escalera ventral en el lado izquierdo.

➤ El Filtro de la Presión de aire (Air pressure regulator)

El filtro de presión de aire evita que material extraño en el aire sangrado ingrese al regulador de presión. El filtro consiste en una cabeza del filtro, elemento de metal de nonclogging (no obstruible) y un cuenco del filtro (Fig. 1.12). El filtro se instala bien en el escalón a popa en el lado izquierdo.

➤ Válvula check ó unidireccional

Una válvula check de balance se instalan en cada línea de aire sangrado de los motores para prevenir el flujo inverso. La válvula consiste en un acceso, cuerpo, tapa, y resorte (Fig. 2.12). La puerta o acceso se abre para permitir el paso de aire y se cierra para prevenir el flujo inverso. La dirección de flujo se muestra por una flecha en el cuerpo de la válvula.

➤ Restrictores

Un restrictor fijo se instala en cada línea de bleed air (aire sangrado) antes de las válvulas check para limitar el flujo de aire máximo en caso del funcionamiento defectuoso de regulador de presión de aire.

➤ La Válvula de alivio (Relief valve)

Una válvula de alivio se instala encima del depósito para impedir sobre-presión dañina para el reservorio. La válvula de alivio se acciona a  $65 \pm 5$  psi, y tiene un flujo máximo de aproximadamente 20 gpm.

### 2.1.2.2 Bombas manejadas por el motor (Engine-driven pumps)

➤ Tipo de Yugo u horquilla (Yoke type)

Dos bombas manejadas por el motor proveen de presión positiva al sistema hidráulico, consisten en las unidades mostradas en Fig. 2.13. Las bombas están montadas en el lado inferior derecho de los motores No. 1 y 2. Las bombas manejadas por el motor son de presión compensada y desplazamiento inconstante, además pueden ser despresurizada por un mando eléctrico. Cada bomba entrega un flujo máximo de aproximadamente 22 gpm a 3000 psi.

El desplazamiento de la bomba es controlado por un cilindro (Fig. 2.13). A modo que el sistema demanda presión, la válvula compensadora de bobina se cierra, permitiendo el resorte en el cilindro, tirar y poner el yugo de la bomba a un ángulo inconstante o variable. A tiempo que la demanda de fluido decrece, la válvula de control del compensador es forzada a abrir por la presión hidráulica que permite el paso de fluido medido al cilindro, regulando la presión.

Cuando el interruptor de la bomba hidráulico se posiciona en OFF, la presión interior de la bomba es reducida aproximadamente a 300 psi.

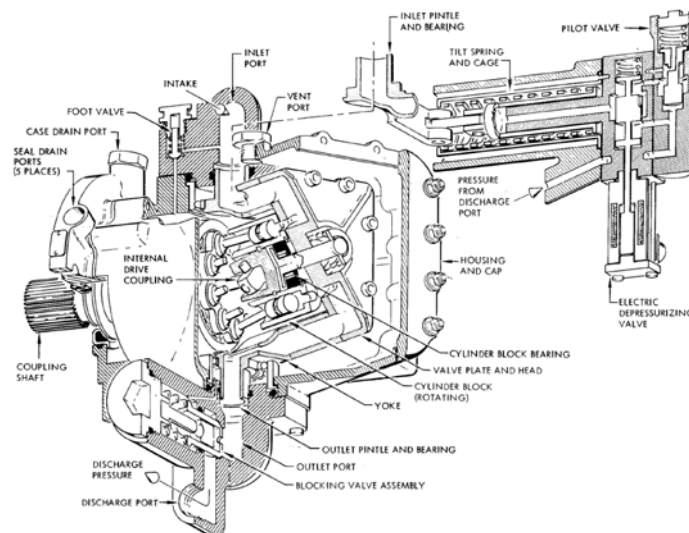


FIG 2.13 Engine-driven pump Yoke type (Bomba manejada por motor tipo yugo)  
(Fuente: B727-AMM)

### 2.1.2.3 Bombas en línea (In-line pumps).

La presión del sistema A se proporciona a partir de 2 bombas de desplazamiento variable. La bomba es una unidad compensada capaz de operar en dos modos, normal y despresurizada. La bomba está montada en la parte baja en el lado derecho de los motores No. 1 y 2 (Fig. 2.8) y consiste en unidades mostradas en Fig. 2.14, cuya entrega es de aproximadamente 22 gpm a 3000 psi

El mecanismo bombeando consiste en un barril del cilindro rotativo que contiene nueve pistones. El aceite del sistema a presión se admite a través de los agujeros en el pistón y a su vez en los expansores del pistón a un socave (undeercut) en la cara del socave. La presión aplicada al área socavada que es ligeramente menor que el área del pistón, equilibrando así las fuerzas para que los expansores y la placa de la cámara se apoyen en la película de aceite.

El movimiento de la placa causas giro de los pistones a medida que el barril del cilindro revuelve. El golpe de los pistones es variado variando el ángulo de la inclinación del yugo y la placa, cambiando a su vez el desplazamiento de la bomba, controlando la presión.

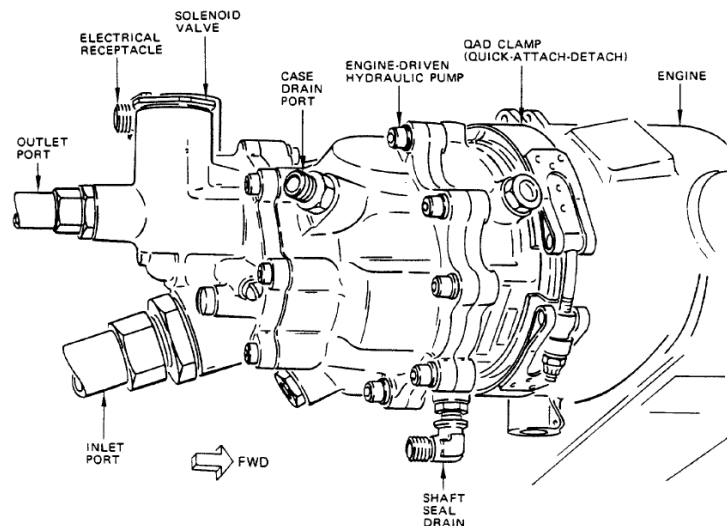


FIG 2.14 Engine-driven pump (In-line type) (Fuente: B727-AMM)

#### **2.1.2.4 Unidad Modular**

La unidad modular se proporciona como un múltiple de fluido hidráulico con cartuchos reemplazables. La unidad modular consiste en un albergue para instalar filtros de presión de bomba hidráulicos, Switch advertencia de presión baja, la válvula de alivio, las válvulas check, la válvula de desviación manual (manual bypass FIG 2.15), y los montajes macho para entubar los conectores. El alojamiento de la unidad modular tiene pasajes taladrados como se muestra en figura 2.15 para proporcionar el flujo fluido a través de la unidad. La unidad modular se instala en la pared izquierda de la escalera ventral.

#### **2.1.2.5 Filtros Hidráulicos**

##### ➤ Los Filtros de presión

Un filtro de presión de tipo cartucho sin desviación (non bypass) en cada bomba manejada por el motor filtra el fluido hidráulico antes de que entre en los varios sistemas (Fig. 2.11). Los filtros de presión se instalan en la unidad modular, y consiste de un cuenco del filtro y elemento del filtro (Fig. 2.16).

##### ➤ El Filtro del retorno

Un filtro del retorno instalado en la línea del retorno cerca del depósito filtra el fluido hidráulico antes de ingresar al depósito. (Fig. 2.11) El filtro consiste en un cuenco del filtro, el filtro reemplazable, y una cabeza del filtro. El filtro incorpora en su cabeza una válvula de alivio y válvula shutoff (corte), y tiene provisiones para instalar dos cartucho tipo válvulas check y un cartucho tipo Switch de sobre temperatura (Fig. 2.16) La válvula de desviación se proporciona para desviar el hidráulico en caso de la restricción excesiva para fluir a través del elemento del filtro. La válvula Shutoff se proporciona para prevenir drenar el depósito cuando el tapón del desagüe está retirado.

El cartucho de válvulas check se instalan en la cabeza del filtro para dirigir el flujo fluido a través del elemento para impedir al fluido contaminado ser arrastrado

fuera en el sistema de retorno del puerto de ingreso del filtro cuando el sistema es el despresurizado y un componente hidráulico se actúa manualmente.

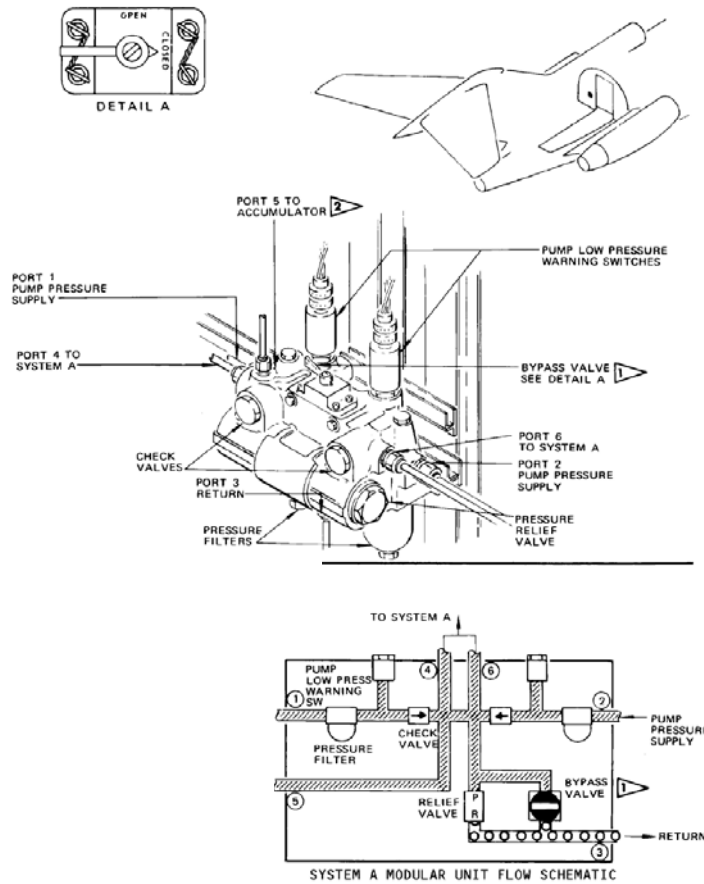


FIG 2.15 Unidades modulares (Fuente: B727-AMM)

➤ El Filtro del retorno - Dos Fase y Una Sola Fase

En los filtros con elementos de dos-fases,

La primera fase es un elemento de papel no limpeable diseñado para ocuparse de una proporción de flujo de 43 gpm. Si la proporción de flujo excede 5 a 7 gpm, el flujo abrirá una válvula de desviación y permitirá desviar el primer elemento de la fase. La válvula de mando de flujo también actúa como un alivio de presión y desviará el elemento del primero-fase a 50 Psi de presión diferencial. El fluido que desvía el elemento del primero-fase irá a través del segundo elemento de la fase hasta que la presión por el elemento de segunda-fase exceda 100 psi. Cuando





FIG 2.16 Filtros Hidráulicos (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.2.6 Intercambiador o Permutador de Calor (Heat exchanger)

Un permutador de calor fluido hidráulico se proporciona para refrescar el fluido hidráulico transfiriendo el calor de él al combustible. El permutador de calor está en la línea de retorno común a ambas bombas, y consiste en dos rollos de tubos montados en el fondo del tanque No. 3 de combustible. El fluido circula a través del permutador de calor siempre que las bombas del sistema A estén en funcionamiento. El intercambiador tiene la entrada y salida en el larguero trasero del ala (Fig. 2.17).

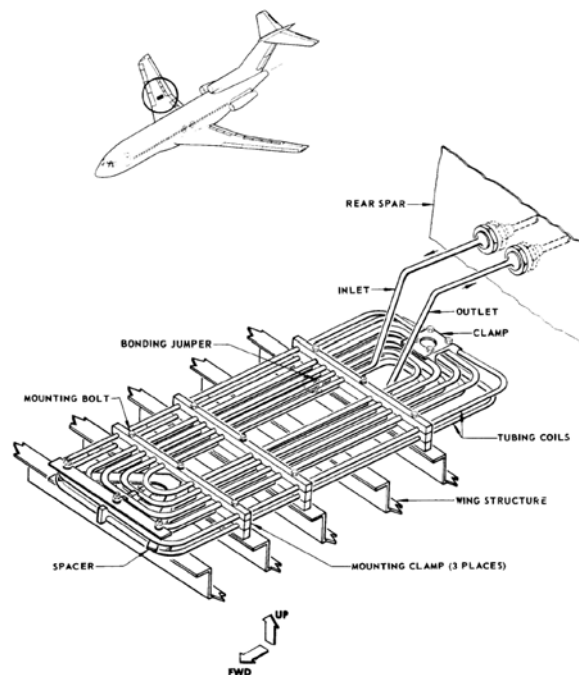


FIG 2.17 Intercambiador de calor- Sys A (Heat exchanger) (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.2.7 Acumulador hidráulico

El sistema A posee un acumulador hidráulico que protege el sistema hidráulico y componentes contra súbitas olas de presión. El acumulador es un cilíndrico, de tipo de pistón flotante libre que es precargado con nitrógeno. El nitrógeno y las líneas de presión de fluido hidráulicas se conectan al acumulador. El acumulador

tiene un indicador de lectura directa, un transmisor de presión y la válvula de carga de nitrógeno en el lado del cilindro. El transmisor se conecta eléctricamente a un indicador en el tablero del tercer tripulante (third crewman's panel).

El indicador muestra la presión hidráulica del sistema o precarga del acumulador cuando el sistema es despresurizado. El acumulador se instala en la escalera ventral.

### **2.1.2.7 Válvulas hidráulicas**

#### ➤ Válvula de Alivio

La válvula de tipo de cartucho se instala en la unidad modular (Fig. 2.15) y protege el sistema contra el daño por sobre presiones.

#### ➤ Válvula de corte o Shutoff de suministro (fuego)

Las válvulas del shutoff sirven para detener el flujo de fluido hidráulico hacia las bombas en caso de fuego en el motor. La válvula de shutoff de suministro es una válvula de tipo de puerta corrediza manejada por un motor eléctrico de 28 voltios en DC (corriente directa) provistos desde el centro de mando de carga principal, tablero P6 (Cabina). Las válvulas en cada una de las líneas de suministro de las Engine-driven pumps, están montadas debajo del reservorio A en la escalera ventral en la pared izquierda. (Fig. 2.9) Las válvulas se controlan de dos formas, por las palancas de fuego de los motores No. 1 o 2 en el tablero de fuego del piloto, o por los interruptores en el tablero del tercer tripulante. (Fig. 2.18) Los interruptores del shutoff hidráulicos permiten cerrar las válvulas sin operar el interruptor de fuego del motor. Un indicador de la condición de la válvula sea esta de una válvula CERRADA o la indicación de la posición ABIERTA.

#### ➤ Válvula de interconexión de tierra (Ground interconnect Valve)

La válvula se permite presurizar el sistema A usando el sistema B como la fuente de poder hidráulico. Una válvula check previene contraflujo para usarse al sistema A para presurizar el sistema B, también previene pérdida de fluido del sistema A

por causa de un fallo del sistema B. La válvula operada por un motor, está basada en una válvula deslizante operada en una cámara que además aloja tres puertos. Se encuentra ubicada en la bahía del tren principal en su pared interna izquierda (Fig. 2.19)

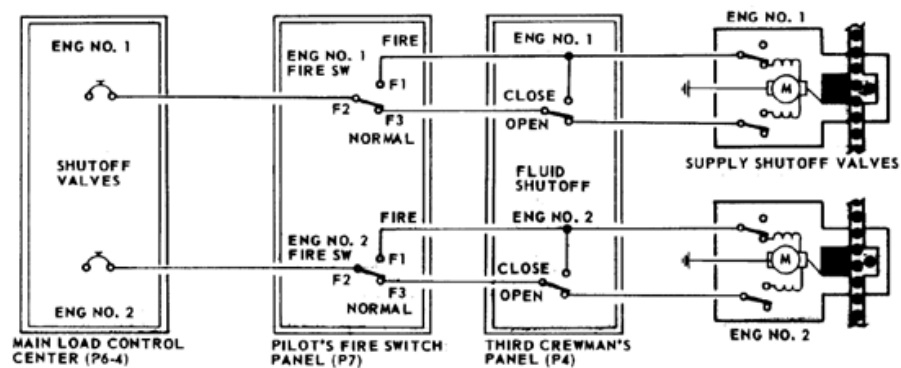
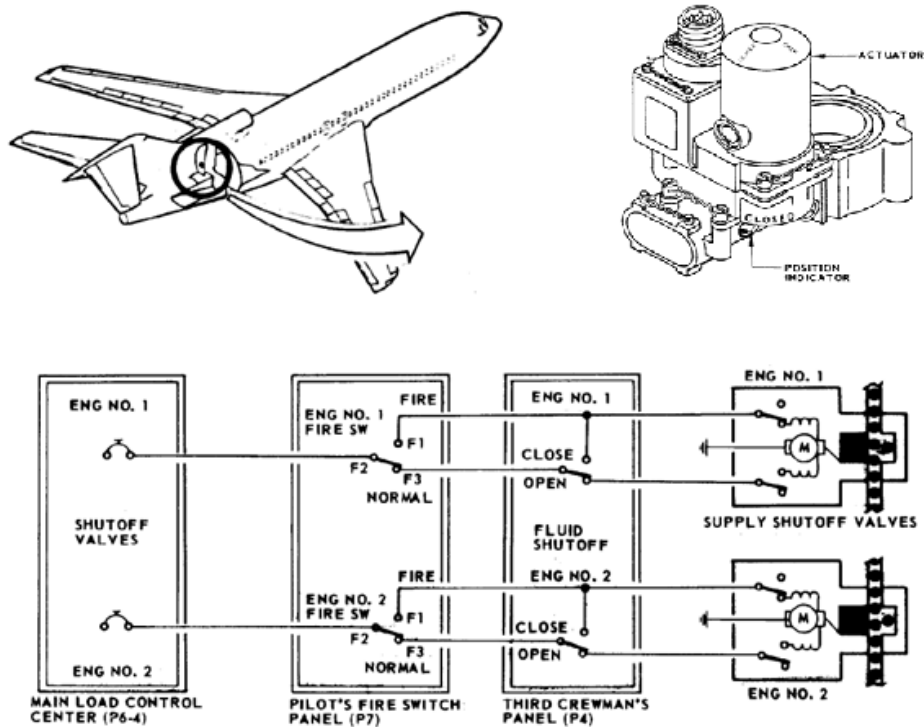


FIG 2.18 Válvula de corte de suministro hidráulico en fuego (Fire shutoff) y Circuito del Mando (Fuente: B727-AMM)

➤ Válvula de interconexión de frenos (Brake interconnect valve)

La válvula conecta a la línea de presión del sistema A con el sistema B para utilizarlo en frenos siempre que el sistema B esté inoperante y el sistema de frenos se encuentre intacto. Esto permite el funcionamiento del freno y el acumulador del freno usando la presión del sistema A (Referencia Capítulo-ATA32 Sistema de freno hidráulico). La operación de este switch interconecta la luz en el tablero del tercer tripulante y esta se ilumina cuando la Brake InterConnect valve está abierta, y se extingue cuando la válvula está cerrada. En ciertos aviones (Fig. 2.14) existe un interruptor de presión conectado en serie con la válvula e instalado

bajo la válvula check del acumulador de freno para prevenir la apertura de la brake InterConnect cuando la presión del sistema de frenos esta decayendo debido a una gotera hidráulica río abajo del acumulador. Una palanca manual mantiene la válvula en funcionamiento sin el poder eléctrico. La válvula está en la rueda izquierda.

➤ Válvula Bypass

Un válvula de desviación de cartucho operada manualmente se instala al sistema A para despresurizar en labores de mantenimiento (Fig 2.15). La válvula Bypass o de desviación proporciona un flujo de 5 gpm, y por consiguiente no despresuriza el sistema A cuando cualquier fuente de poder hidráulica se mantenga conectada. La válvula se instala en la unidad modular del sistema (Fig. 2.11 y 2.12) localizada en la escalera ventral. Antes de al vuelo la válvula debe ser asegurada con cable en la posición de CERRADO.

➤ Válvula flujo limitadora de frenos (Flow limiter Valve)

Se instala una válvula flujo limitadora río arriba de la brake InterConnect valve (Fig. 2.11). Cuando esta está abierta, la válvula regula un flujo según la temperatura.

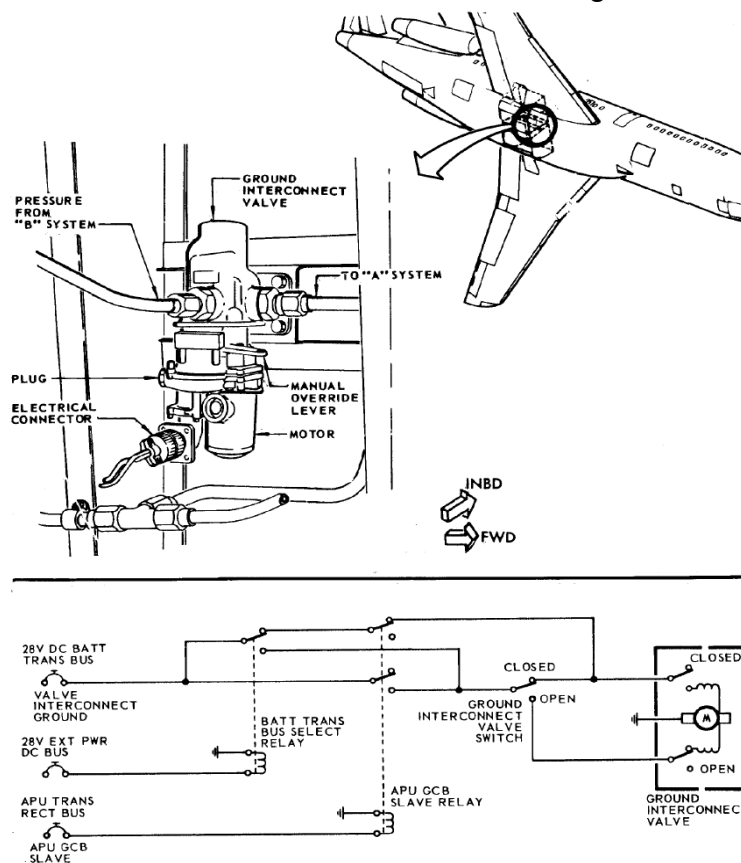


FIG 2.19 Válvula de interconexión de tierra y su unidad de control (Ground InterConnect valve) (Fuente: B727-AMM)

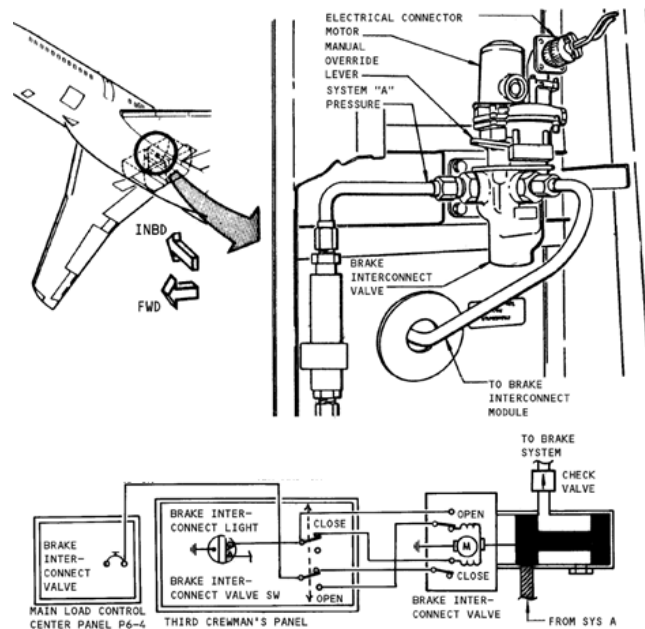


FIG 2.20 Válvula de interconexión de frenos y su unidad de control (Brake InterConnect valve) (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.2.8 Síntesis del funcionamiento del sistema A

El reservorio A proporciona un flujo positivo de fluido a las bombas manejadas por el motor ( Engine-driven pumps). (Fig. 2.11)

El fluido hidráulico parte del depósito y pasa a través de las válvulas de corte (shutoff) del suministro de las bombas . El corte del suministro puede producirse en caso de fallo de una bomba. Cada bomba proporciona el fluido del cero a aproximadamente 22-1/2 gpm a 3000 psi a través de un filtro de presión y válvula check según sea necesario. Al decaer la presión a 1275 ( $\pm 325$ ) el psi, el interruptor de advertencia de presión bajo se activa, encendiendo la luz de advertencia en presión baja.

Como la presión del sistema al elevarse se acerca 3000 psi automáticamente las bombas ajustan el rendimiento a la necesidad del el sistema. Si los aumentos de

presión de sistema a 3500 ( $\pm 50$ ) psi la válvula de alivio de sistema abrirá para reducir la presión a 3100 psi. Cuando una baja salida de la bomba se presenta, el fluido circula a través de la bomba y hacia el depósito a través de un filtro del retorno, válvula check, e intercambiador de calor. El fluido de la línea del retorno al depósito tiene un sensor de sobre temperatura, mismo que muestra su indicación encendiendo una luz de la advertencia en cabina.

Las válvulas shutoff se proporcionan para cerrar el suministro de fluido a No. 1 y 2 hacia las Engine –driven pumps.

Si el sistema presenta funcionamiento defectuoso, las bombas son los despresurizadas posicionando los interruptores de las bombas en OFF, reduciendo el flujo de salida de la bomba a cero. El fluido del depósito fluye a las bombas para refrescar y lubricarlas y luego retornar al reservorio a través de un filtro de retorno, válvula check y intercambiador de calor.

Para operación en tierra se presuriza el sistema al proporcionar la presión normal sin el motor, mas solo conectando una fuente hidráulica externa al avión en los puertos de conexión rápida (quick-disconnects). Para el mantenimiento en tierra el sistema se puede despresurizar mediante la válvula bypass. (Fig. 2.15) Posicionando la válvula de desviación (bypass) para ABRIR y conectando las líneas de presión y retorno.

➤ Interconexión de Sistemas A y B

Cuando la planta de poder externo da energía a, el poder está disponible para operar la Ground InterConnect valve. Posicionándola en ABRIR, permite que el sistema A para ser presurizado por el sistema el Sistema de B. B no se puede presurizar por el sistema A por la presencia de una válvula check.

### **2.1.3 SISTEMA HIDRÁULICO “B”**

El sistema de poder hidráulico B (Fig. 2.22) suministra fluido hidráulico bajo presión de 3000 psi a los ailerons (aleros), elevators (levadores), inboard flight spoilers (spoilers internos de vuelo), aft airstairs (escaleras traseras), upper rudder (timón o rudder superior), y los frenos del tren principal (Main landing gear brakes).

El sistema hidráulico B incluye el equipo necesario almacenar, presurizar, proveer, controlar, supervisar, y filtrar el fluido hidráulico para operar los sistemas manejados por el sistema B (Fig. 2.23).

El fluido hidráulico para el sistema B se guarda en un depósito presurizado. El depósito se presuriza mediante la línea de equilibrio que lo conecta con el reservorio del sistema A para asegurar un suministro positivo de fluido hidráulico a las bombas. Dos bombas de desplazamiento inconstante manejadas por un motor eléctrico ( electric-motor driven pumps) proporcionan el fluido a los sistemas en la demanda. Cada bomba se controla por un interruptor en cabina. Un filtro en la línea de presión de cada bomba filtra el fluido antes de que este entre en los varios componentes manejados por este sistema. Un interruptor en la línea de presión de cada bomba se conecta a una luz de advertencia de presión baja en cabina para proporcionar una indicación de presión hidráulica baja. En algunos aviones, un acumulador se proporciona en el sistema para absorber las olas de presión súbitas. Los punteros indicadores de presión en la cabina y en la estación de servicio se conectan a los acumuladores en su lado de aire donde contienen un transmisor de presión para supervisar la presión hidráulica del sistema cuando este se presuriza y evalúa la presión de la precarga de nitrógeno en el acumulador cuando el sistema no se presuriza. En los aviones sin los acumuladores, el transmisor de presión se conecta directamente a la presión el lado del sistema. Una válvula de alivio de presión protege el sistema contra el daño por sobre presiones.

Existe un filtro de carcasa y desagüe (Case and drain) en cada línea de retorno de las bombas que se instalan para filtrar el fluido del retorno antes de que entre

en el depósito. Un Intercambiador o permutador de calor (heat exchanger) del fluido hidráulico ubicado en el No. 1 tanque de combustible se encuentra instalado como paso siguiente a los filtros de las bombas del sistema B.

El intercambiador de calor se proporciona para refrescar el fluido hidráulico transfiriendo el calor de él al combustible en el tanque respectivo.

Un filtro de retorno de sistema, justo delante del depósito, filtra el fluido proveniente de los sistemas manejados por el sistema B. Las líneas de fluido hidráulico en el retorno cuentan, además, con un interruptor de sobre temperatura instalado en la línea de retorno de sistema, brindando una indicación por medio de una luz de advertencia, en el tablero del tercer tripulante.

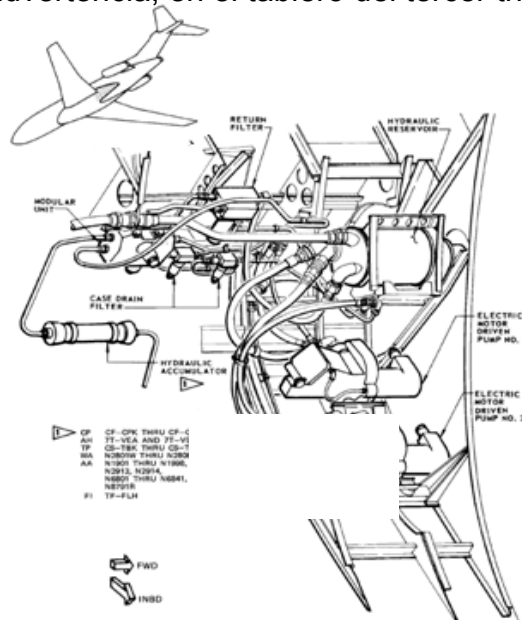


FIG 2.21 Sistema hidráulico B –

Locación del equipo

1/2 (Fuente: B727-AMM)

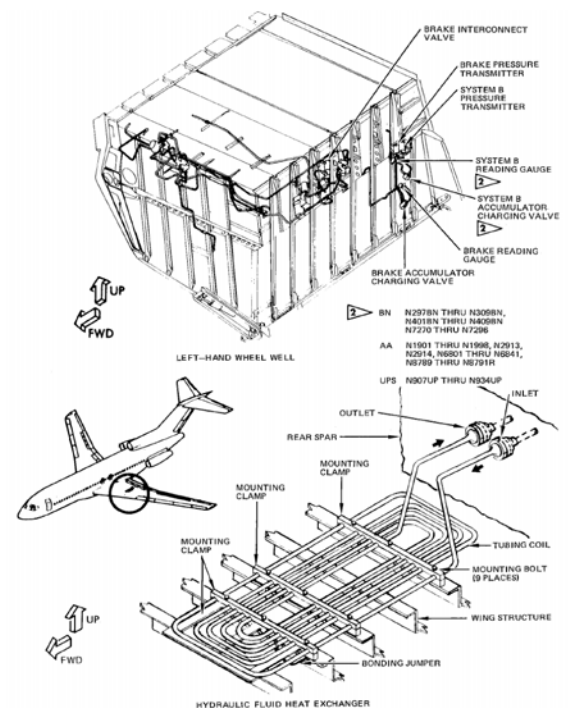




FIG 2.22 Sistema hidráulico B – Locación del equipo 2/2 (Fuente: B727-AMM)

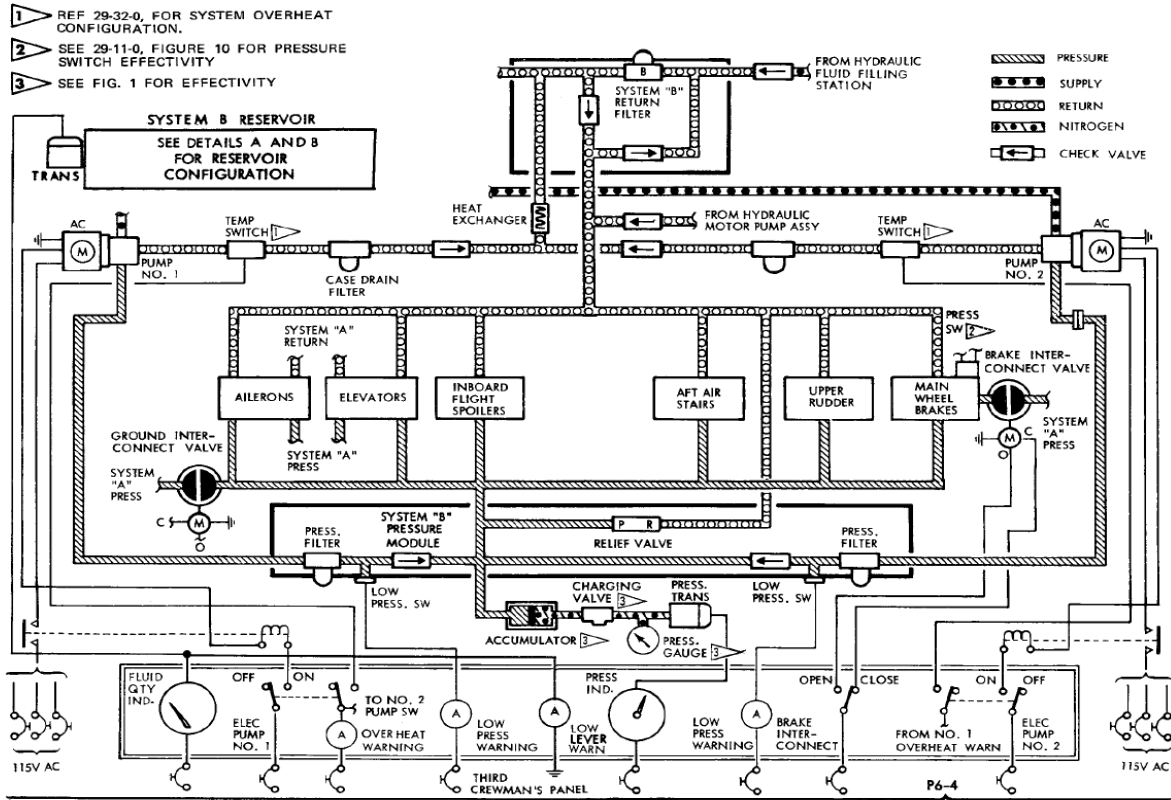


FIG 2.23 Sistema hidráulico B – Diagrama Esquemático 1/2 (Fuente: B727-AMM)

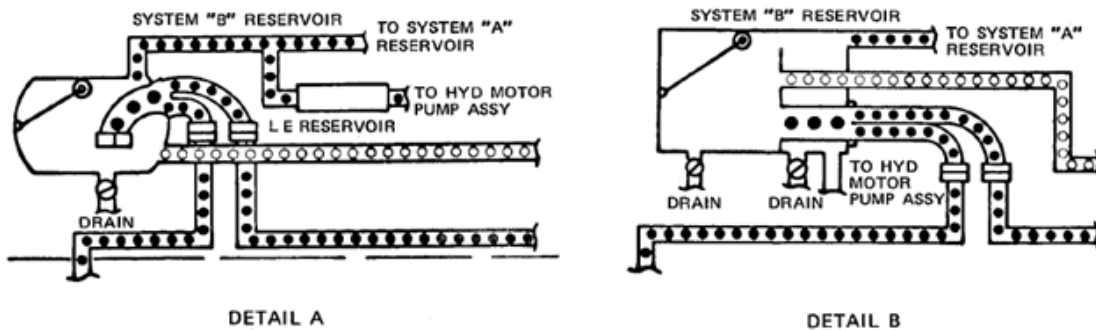


FIG 2.24 Reservoir del sistema hidráulico B – Diagrama Esquemático 2/2 (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.3.1 Reservoir hidráulico

El sistema el depósito de B se instala en el área de fairing posterior izquierdo (Fig. 2.24). El depósito es hermético y consiste en una concha metálica con acoples

para el suministro, retorno, desagüe, líneas de equilibrio y puntos de acople. El reservorio del sistema A y B están conectados por una línea de equilibrio para proporcionar al sistema B de presión, elevación del nivel de fluido y expansión termal. Atado al depósito existe un puntero indicador de cantidad que se conecta eléctricamente a un indicador en el tablero del tercer tripulante

En algunas aeronaves el reservorio del sistema B tiene capacidad de 2.7 UG, mismo que en su interior contiene una pared deflectora (baffle Wall) que evita que el fluido produzca torbellinos (vortexing). Los flaps y slats del borde de ataque y recibe fluido de un depósito localizado en el área posterior del fairing izquierdo.

En otras versiones el reservorio puede tener 3.13 UG de capacidad el cual proporciona el fluido hidráulico al sistema B. El depósito es dividido en dos

los compartimientos. Un compartimiento tiene un volumen utilizable mínimo de 1.78 UG y suministra de fluido a la bomba hidráulica del sistema B. El otro compartimiento tiene un volumen utilizable mínimo de 1.13UG y suministra fluido a la bomba hidráulica de los flaps y slats de borde de ataque. Los compartimientos están conectados por una apertura en la cima del divisor del compartimiento. El incremento del nivel del fluido ingresa en el depósito a través de la línea del retorno, llena el sistema entonces B a un lado del reservorio y cuando se eleva hasta la cima de la placa divisoria, llena al otro lado.

Cuando el depósito está completamente lleno, el fluido se dirige a través de la línea de equilibrio al depósito del sistema A. El uso fluido hidráulico de cualquier compartimiento es completamente independiente

### **2.1.3.2 Bombas manejadas por motor eléctrico (Electric motor-driven pumps)**

Las bombas manejadas por motor eléctrico (Fig.2.25, Fig 2.26) proveen de presión positiva a los diversos sistemas hidráulicamente operados por el sistema B. Cada bomba consiste en motor eléctrico AC (alternate current- corriente alterna) enfriado por aceite, una bomba centrífuga, una caja de engranajes (gear box) y

una bomba hidráulica de entrega variable y desplazamiento positivo. Con una presión de entrada de 45 psi, en cada bomba el rendimiento es de aproximadamente 6 gpm en 2700 psi. Las bombas se encuentran instaladas en el área trasera del fairing izquierdo y son controladas por los interruptores en el tablero del tercer tripulante.

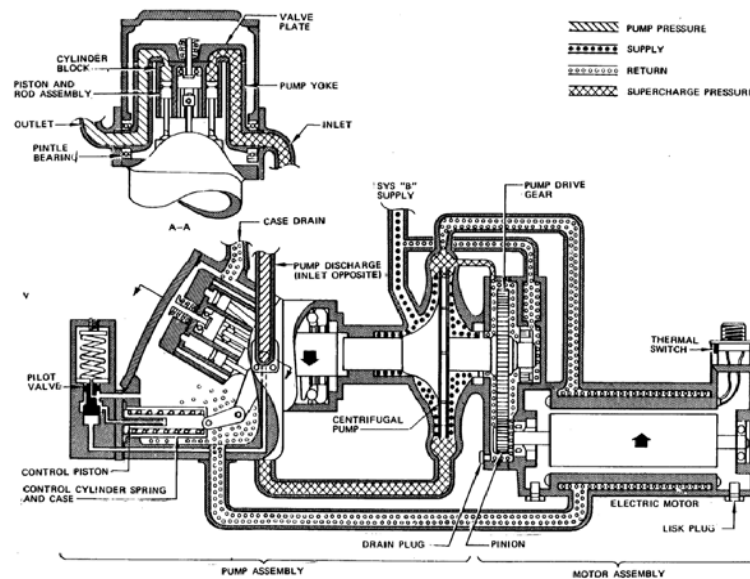


FIG 2.25 Electric motor-driven pump (Bomba manejada por motor eléctrico)  
(Fuente: B727-AMM)

El fluido hidráulico del reservorio B entra en la bomba de motor a través del puerto de la entrada en la bomba centrífuga, y se presuriza por la misma a aproximadamente 25 psi sobre la presión de la entrada. Una porción del fluido se dirige hacia la caja de engranajes (gear box) y hacia el motor eléctrico con propósito de enfriamiento mientras el resto se dirige hacia el puerto variable de ingreso de la bomba. El fluido usado para refrigeración es devuelto desde el motor hacia el alojamiento de la bomba variable, donde este se descarga a través de la línea de desagüe hacia el reservorio del sistema B.

La bomba del desplazamiento inconstante consiste esencialmente en un contenedor, grupo giratorio, yugo giratorio, válvula de placa, control del grupo pistón, control de presión, y falanges de ingreso y salida. La bomba de

desplazamiento inconstante está dividida en tres circuitos: el circuito principal, el circuito del mando y el circuito de la lubricación.

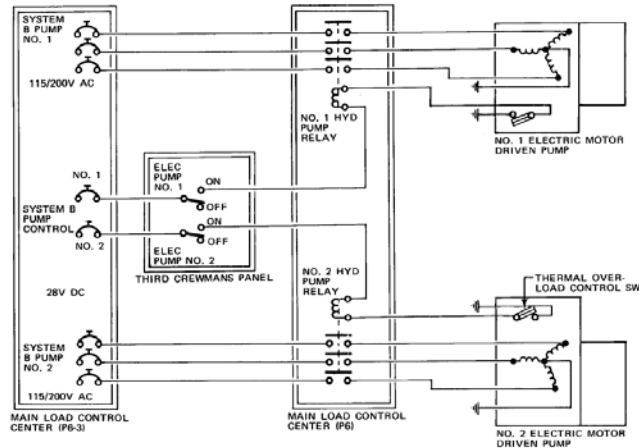


FIG 20.2 Electric motor-driven pump (Bomba manejada por motor eléctrico) 2/3 (Fuente: B727-AMM)

El circuito de mando en una primera fase succiona el flujo de aceite a través de los pasajes taladrados en el contenedor para expulsarlos en una segunda, el sub componente de control de presión, y el control del grupo pistón

La resistencia al flujo de aceite en el circuito causa incremento de la presión a la salida de la bomba. A mayor resistencia a este flujo, mayor será la presión. La presión elevada se refleja a través de la presión sensada en el pasaje a la salida del flange y el controlador de presión.

Cuando la presión asciende a 2700 psig (pound per square inch –gage) el resorte de control de presión, posiciona la válvula piloto para permitir el flujo entre el puerto del cilindro y puerto del retorno.

El puerto de presión se bloquea bajo estas condiciones: el resorte del cilindro en posición hacia el cilindro de control y el yugo en su Angulo máximo de desplazamiento. Esto permite a la bomba entregar un volumen máximo de aceite (6 gpm).

Cuando la presión excede 2700 psig, el aceite hidráulico actúa sobre la cabeza tope de la válvula piloto, supera la fuerza del resorte de control y ubica a la válvula piloto en posición que permita el paso del el flujo entre el puerto de presión y puerto del cilindro.

El puerto del retorno se bloquea. Bajo estas condiciones, aceite hidráulico bajo presión actúa en el pistón del mando, supera la fuerza en el resorte, forzando al cilindro de control y al yugo hacia un ángulo mínimo de desplazamiento.

A 3025 psig el yugo está en cero ángulo de desplazamiento. En esta posición el grupo giratorio continúa girando pero no bombea aceite porque los pistones no reciprocán respecto a los taladros de bloque de cilindro.

El motor eléctrico mantiene el manejo de la entrada las bombas hidráulicas. La salida mecánico del motor pasa por una caja de engranajes (gear box) para reducir la velocidad de paso de bomba. La caja de engranajes en la bomba de centrifugado contiene un piñón (pinion gear) adherido al eje del motor eléctrico y un engrane adjunto al eje variable de la bomba. Un sello es utilizado para prevenir que el aceite ingrese en el motor eléctrico. La caja de engranajes recibe aceite desde la bomba centrifugadora a través de un agujero pequeño en el sello del punto de inserción del eje. El fluido del retorno de la caja de accesorios (gear box) se conduce por tuberías a través de un tubo externo pequeño a la entrada de la unidad en el albergue de la bomba centrífugo.

El motor eléctrico es uno de inducción de tres fases y consiste principalmente en un rotor, el estator, alojamiento o contenedor y campanilla. El rotor se apoya en el albergue por un rodamiento en el final de la campanilla (Bell) por un rodamiento de tipo bola. El fluido hidráulico de la bomba centrífuga circula entre el contenedor y el estator para proporcionar el flujo refrigerante durante el funcionamiento. Un interruptor termal, montado en la campanilla del fin del motor, proporciona una indicación de del advertencia del motor.

### **2.1.3.3 Unidad modular (modular unit)**

Es un conjunto de varios el cartucho reemplazables de diversos componentes del sistema. La unidad modular consiste en 5 puertos para alojar componentes como son filtros de presión de bomba hidráulicos, switch advertencia de presión baja de bombas, válvulas check, válvula de alivio de presión (Relief valve), y acoples machos para la tubería del sistema. El contenedor de la unidad modular contiene taladrados diversos pasajes como mostrado en figura 20 para proporcionar el flujo del sistema a través de la unidad. La unidad modular se instala en el área del fairing izquierdo.

### 2.1.3.4 Filtros hidráulicos

➤ Filtros de presión (pressure filter)

Un cartucho de tipo sin desviación es el filtro de presión ubicado en cada línea de presión de las bombas manejadas por motor eléctrico, a fin de filtrar el fluido hidráulico antes de que entre en los varios sistemas.

Los filtros de presión se instalan la unidad modular del sistema B, y consisten en un cuenco del filtro y el elemento filtrante (Fig. 2.25).

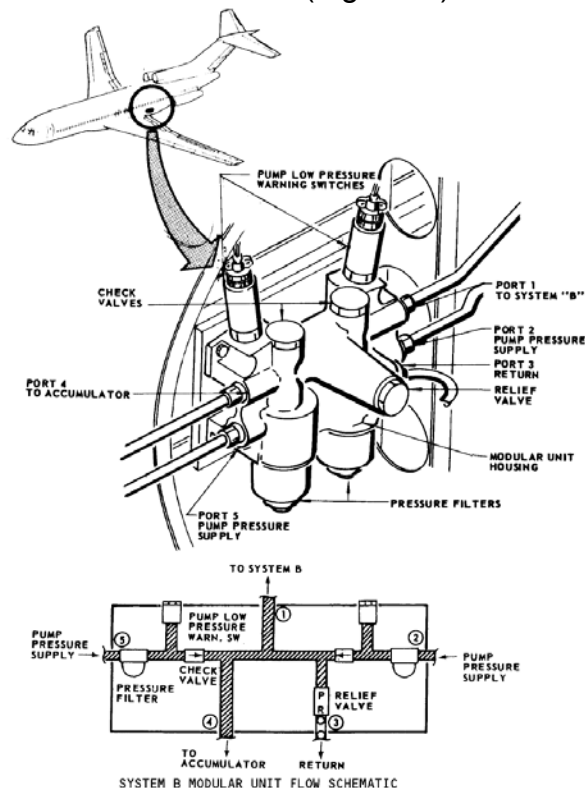


FIG 2.25 Unidad Modular – Sistema B (Fuente: B727-AMM)

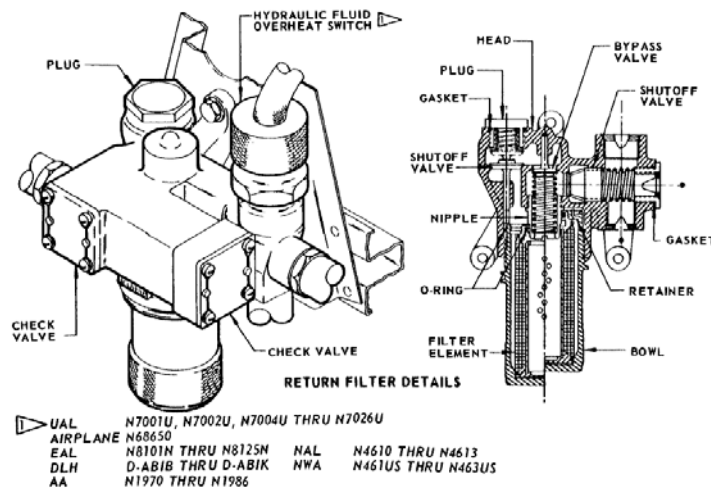
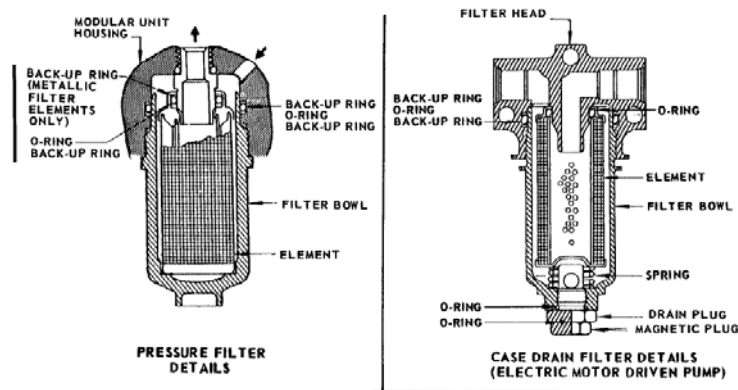


FIG 2.28 Filtros hidráulicos – Sistema B (Fuente: B727-AMM)

➤ Los Filtros del retorno

Un filtro del retorno instalado en la línea del retorno cerca del depósito filtra el fluido hidráulico ante su entrada en el depósito. (Fig. 2.23) El filtro consiste en un cuenco del filtro, elemento del filtro y cabeza del filtro. En la cabeza del filtro incorpora una válvula de alivio (Relief valve) y una válvula de corte (shutoff), y tiene además de dos cartucho tipo válvula unidireccional (check). En versiones anteriores un interruptor de sobre temperatura fue instalado (Fig. 2.27). La válvula de alivio proporciona desvío del fluido hidráulico en caso de la restricción excesiva

fluir a través del filtro. La válvula del shutoff se proporciona para impedir al fluido hidráulico gotee cuando el cuenco del filtro este retirado.

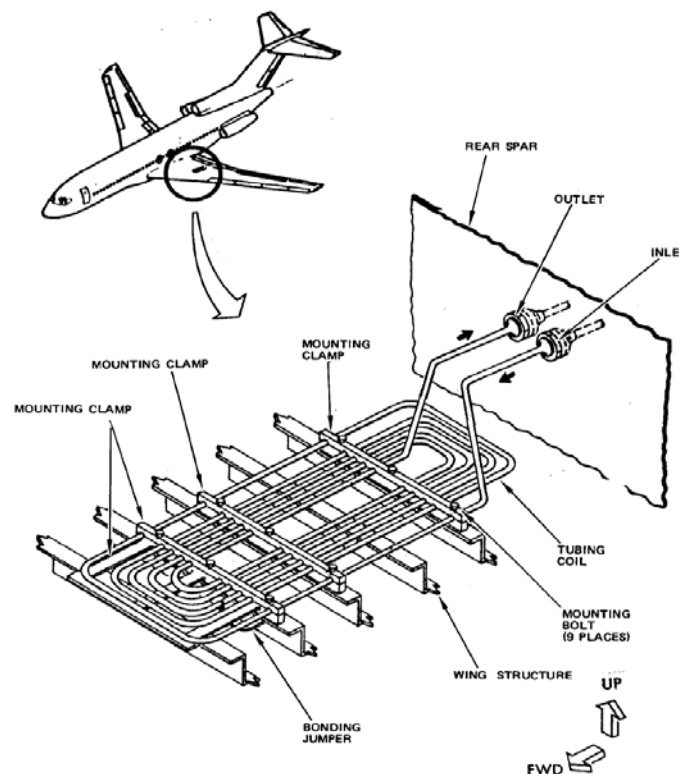
Los cartuchos para las válvulas check se instalan en la cabeza del filtro para dirigir el flujo fluido a través del elemento del filtro desde el exterior, para impedir al fluido contaminado retornar por contraflujo en despresurización y un componente hidráulico se opera de forma manual.

- Filtros de carcasa y drene (case and drain filters- Sys B Electric motor-driven pumps)

En caso drene, un filtro sin desviación está instalado en cada bomba para detectar fallos en la bomba para evitar posibles daños. Los filtros se instalan cerca de las bombas en el área del fairing izquierdo, y consiste en una cabeza del filtro, el filtro, elemento filtrante y cuenco del filtro. (Fig. 2.27)

#### 2.1.3.4 Intercambiador ó permutador de calor de fluido hidráulico (heat exchanger)

El intercambiador de calor permite transmitir la temperatura del fluido a el combustible. El permutador de calor está en la línea del retorno común a ambas





bombas hidráulicas del sistema B. Este intercambiador consiste en un rollo de tubos montado en el fondo del tanque de combustible No. 1.

FIG 2.29 Intercambiador de calor- Sys B (heat exchanger) (Fuente: B727-AMM)

El fluido circula a través del permutador de calor siempre que las bombas hidráulicas se encuentren en correcto funcionamiento. El permutador de calor tiene su puerto de entrada y salida en el larguero posterior del ala.(Fig. 2.29)

#### **2.1.3.5 Acumulador hidráulico**

El acumulador hidráulico protege el sistema hidráulico y componentes contra las olas súbitas de presión. El acumulador es un cilindro de tipo de pistón flotante que está precargado con aire seco o nitrógeno. El nitrógeno y las líneas de presión de fluido hidráulico son conectadas al acumulador. El acumulador tiene un puntero indicador de lectura directa de la presión en el cilindro que toma su medición del lado del pistón donde está el gas. El transmisor está eléctricamente conectado a un indicador en el tablero del tercer tripulante. E puntero indica la presión del sistema, o la precarga del acumulador cuando el sistema está despresurizado. El acumulador se instala en el área del fairing izquierdo (Fig. 2.21).

#### **2.1.3.6 Válvula de alivio (Relief valve)**

La válvula de tipo cartucho está instalada en la unidad modular protege al sistema contra el daño por presiones altas. La válvula se activa a los  $3500 \pm 50$ psi y se restablece a los 3100 psi en los aviones anteriores ó a 3400 psi en los aviones más recientes. La válvula es fijada por el fabricante y ningún mantenimiento más que su desmontaje e instalación es recomendado.

Las válvulas son físicamente y funcionalmente intercambiable entre sí.

#### **2.1.3.7 Síntesis del funcionamiento del sistema “B”**

El depósito del sistema B proporciona un flujo positivo de fluido a las bombas motor eléctricamente-manejadas (Fig. 2.23). Dos interruptores en el tablero del

tercer tripulante controla las dos bombas. Posicionando los interruptores a ON se provee 28-voltios DC (corriente directa) al relé, conectando los motores eléctricos trifásicos AC mediante 115-voltios. Las bombas proporcionan el fluido a través de un filtro de presión hidráulico los sistemas operados según la demanda empezando su trabajo con un flujo de volumen completo. A medida que la presión se incrementa a  $1275\pm 325$  psi, el interruptor de advertencia de baja presión de la bomba arroja la luz de advertencia de presión baja en cabina. Por otro lado, al aumentar la presión cerca de los 3000 psi automáticamente las bombas ajustan el rendimiento a la necesidad del sistema. Si los aumentos de presión de sistema llegan hasta  $3500\pm 50$  psi, la válvula de alivio de sistema abrirá para que se reduzca la presión, entonces se restablecerá a los 3100 psi para versiones anteriores a 3400 psi para aviones más recientes. Con fines de enfriamiento y lubricación, el fluido circula a través de la bomba y de vuelta al depósito a través de un filtro de drene, válvula check, intercambiador de calor y un módulo de filtro de retorno.

Para cerrar las bombas manejadas por motor eléctrico basta posicionar los switches en OFF.

#### **2.1.4 Sistema hidráulico Stand-by (de reserva)**

El sistema de poder hidráulico de reserva ubicado según indica la figura 2.30 sólo opera en la demanda, y suministra fluido bajo presión de 3000 psi al actuador de reserva (Standby actuator) del lower rudder (timón ó rudder inferior) y leading edge flaps y slats (flaps y slats de borde de ataque).

El sistema hidráulico de reserva incluye el equipo necesario para almacenar, presurizar, entregar, controlar, monitorear y filtrar el fluido hidráulico para operar los sistemas manejados por este sistema. (Fig. 2.31)

Fluido Hidráulico para el sistema Standby se almacena en un depósito. Una bomba de desplazamiento variable controlada por un motor eléctrico (electric motor-driven pump) proporciona el fluido a los sistemas en la demanda.

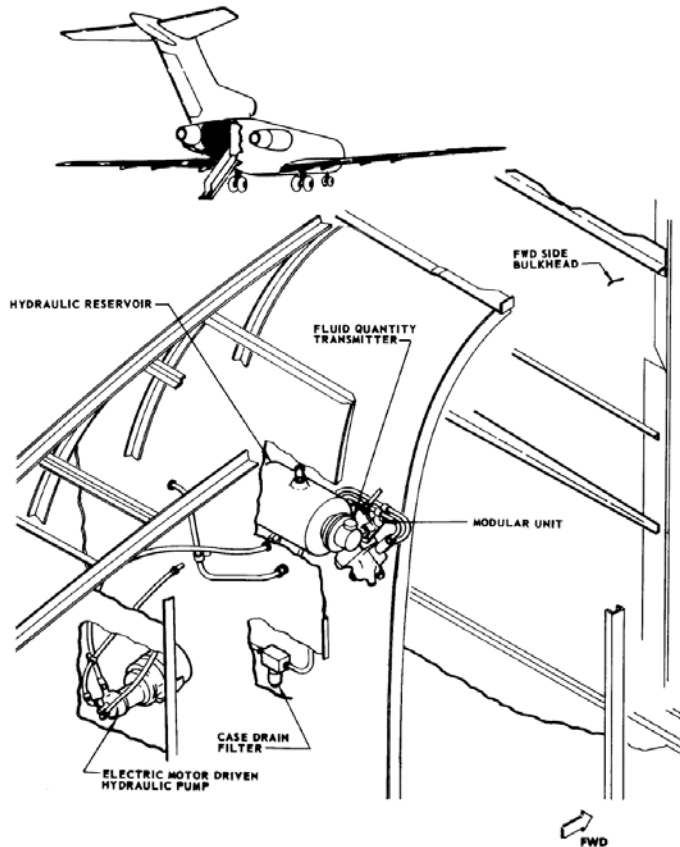


FIG 2.30 Sistema hidráulico Standby – Locación del equipo (Fuente: B727-AMM)

El funcionamiento de la bomba se controla por el interruptor de mando del RUDDER STANDBY control switch, o el interruptor de mando de ALTERNATE FLAPS.

Un filtro de presión de la bomba filtra el fluido antes de que entre en los varios sistemas. Un switch de presión en la línea de presión de la bomba es conectado a una luz indicadora ON ubicada en cabina. Una válvula de alivio de presión (Relief valve) protege al sistema de fluctuaciones altas de presión. Un filtro de carcasa y drene en la bomba (Pump Case Drain Filter) en la línea de retorno permite evaluar si existe daños en el sistema, filtrando el fluido antes de que ingrese al reservorio. El sobre temperatura en el fluido hidráulico es sensada por un Switch en la línea de retorno, mismo que arroja una luz de alerta en cabina.

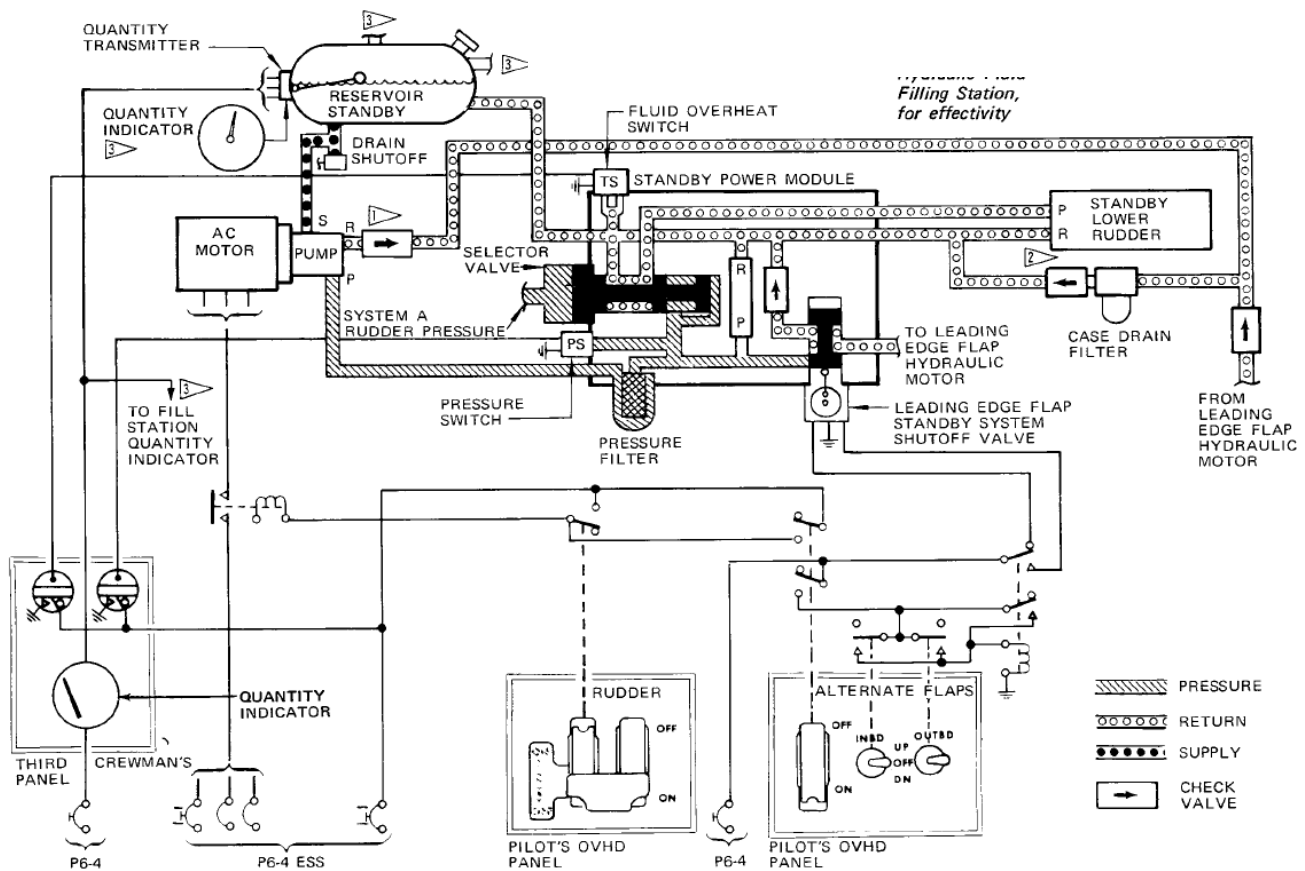


FIG 2.31 Sistema hidráulico Standby – Diagrama Esquemático (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.4.1 Reservorio hidráulico

El depósito consiste en una concha metálica con acoples para retorno y deflectores de suministro, Sobre flujo y puertos de ventilación. Los deflectores justo en el interior del puerto del retorno previene torbellinos en el reservorio. Acoplado al depósito existe un transmisor de cantidad fluido que está conectado eléctricamente a un indicador en el tablero del tercer tripulante. El depósito se instala en la pared izquierda de la escalera ventral, (Fig. 2.30).

El alivio de Sobre presión, expansión y ventilación se dan a través del sistema de la presurización del reservorio.

### 2.1.4.2 Bomba hidráulica manejada por motor eléctrico (electric motor-driven hydraulic pump)

Una bomba hidráulica manejada por un motor eléctrico provee de presión positiva a los componentes operados por el sistema Standby (reserva). El funcionamiento de la bomba se controla por el interruptor de control del STANDBY RUDDER, ó por el interruptor de control de ALTERNATE FLAPS (Referencia Capitulo-ATA27 flight controls),

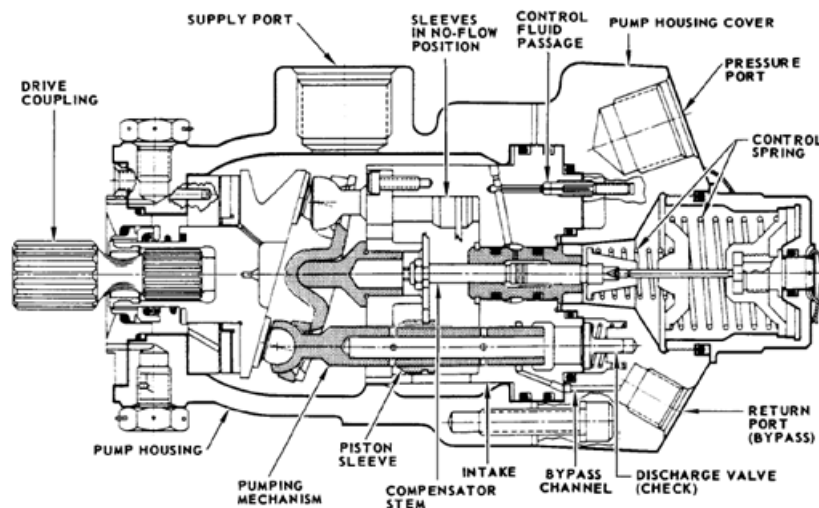


FIG 2.32 Electric Motor–Driven Hydraulic Pump ( Bomba hidráulica controlada por motor eléctrico)

La bomba consiste en un motor trifásico de AC de entrega variable y una bomba hidráulica de desplazamiento positivo. La bomba hidráulica consiste en las unidades mostradas en Fig. 2.32 La bomba regula la presión entre 2975 y 3075 psi y el rendimiento del máximo es 3 gpm. La bomba se conecta a presión, retorno y puertos del suministro y acoples de la tubería. El componente de la bomba está instalado en la pared izquierda de la escalera ventral. Tres fase 115 voltios AC operan el motor de la bomba y sus relés de control de poder del motor, manejados por 28-voltios en DC . Un compensador de presión dentro de la bomba

varía la proporción entre el volumen de fluido que se entrega al sistema y el volumen que es recirculado dentro de la bomba.

El mando de la bomba (el compensador) consiste en un cilindro del compensador, una varilla (stem) del compensador con una placa de mangas del pistón, y un compensador la unidad de resorte. Una diferencia pequeña en el diámetro de la varilla proporciona un área anular en que la presión de descargada produce una fuerza. Esta fuerza está opuesta por un resorte de control. Cuando la presión de la descarga excede 3000 psi, la fuerza hidráulica en la varilla supera al resorte y empuja al compensador con las mangas del pistón fuera del árbol de levas o eje. Las mangas guardan los agujeros de la descarga destapados durante todo el golpe de la descarga entero, y ningún fluido se entrega a la línea de presión. Una cantidad pequeña de fluido descargado a través de los agujeros de desviación de pistón a la línea del retorno se mantiene en circulación fluida refrescando y lubricación la bomba durante los períodos marcha lenta.

Un switch de presión está instalado en la línea de presión de bomba, y una luz verde en el tablero del tercer tripulante se proporciona para indicar cuando la bomba hidráulica de reserva (Standby) está en funcionamiento. Al incrementarse la presión en la bomba a 1200 ( $\pm 250$ ) psi, el interruptor de presión actúa, iluminando la luz verde ON . La luz se va cuando la presión cae 100 psi debajo de la luz presión que encendió la luz de aviso.

El interruptor de presión y luz del indicador son accionados por 28 voltios DC desde el mando de carga principal, tablero P6-3 (cabina).

#### **2.1.4.3 Unidad modular**

La unidad modular se proporciona una unidad múltiple compuesta de varios cartuchos reemplazables por diversos componentes. La unidad modular consiste en 6 puertos para alojar los cartuchos del filtro de presión de bomba hidráulico, válvula selectora del sistema hidráulico de rudder, válvula shutoff de sistema de flaps y slats de borde de ataque, el interruptor de presión, interruptor de sobre

temperatura, válvula check, válvula de alivio (Relief valve), y los montantes y acoples machos para acoplar los conectores de la tubería del sistema.

La unidad modular posee pasajes taladrados como mostrado en figura 2.33 para permitir el paso del fluido a través de la unidad. La unidad modular se instala en la pared izquierda del la escalera ventral

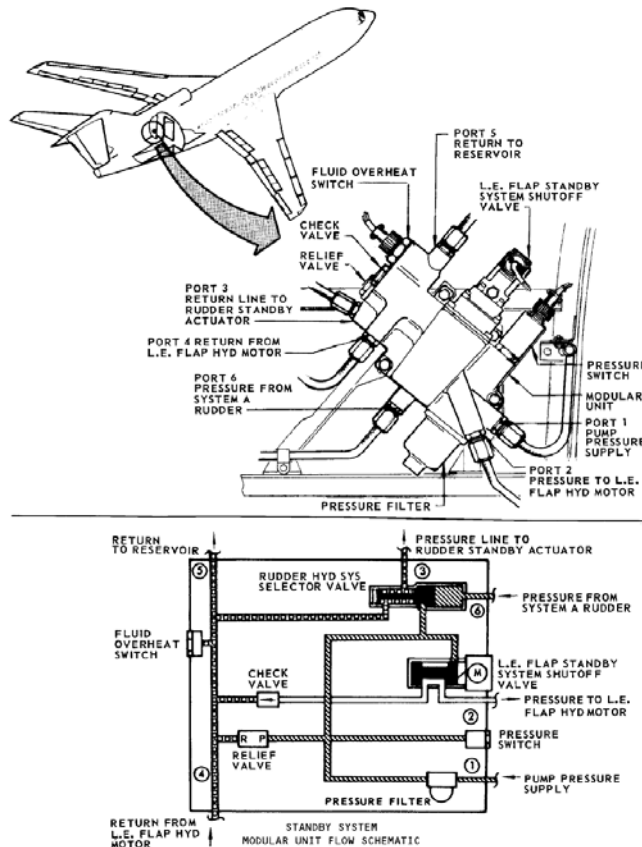


FIG 2.33 Unidad modular (modular unit) (Fuente: B727-AMM)

#### 2.1.4.4 Filtros hidráulicos

➤ Filtro de presión

Un cartucho localizado en la línea de presión de la bomba hidráulica manejada por un motor eléctrico motor-manejado hidráulico

los filtros de la bomba el fluido hidráulico antes de que entre en los sistemas hidráulicos (Fig. 2.2). Se encuentran instalados en la unidad modular.

➤ Filtro de carcasa y drene (Case Drain Filter)

Un filtro de desagüe está instalado en la línea del retorno, con el fin de filtrar el fluido antes de que entre en el depósito (Fig. 2.31). El filtro se instala para descubrir fallos en el motor y prevenir así la contaminación del depósito del sistema. El filtro se instala en la pared izquierda de la escalera ventral y consiste en los componentes mostrados en la figura 2.34.

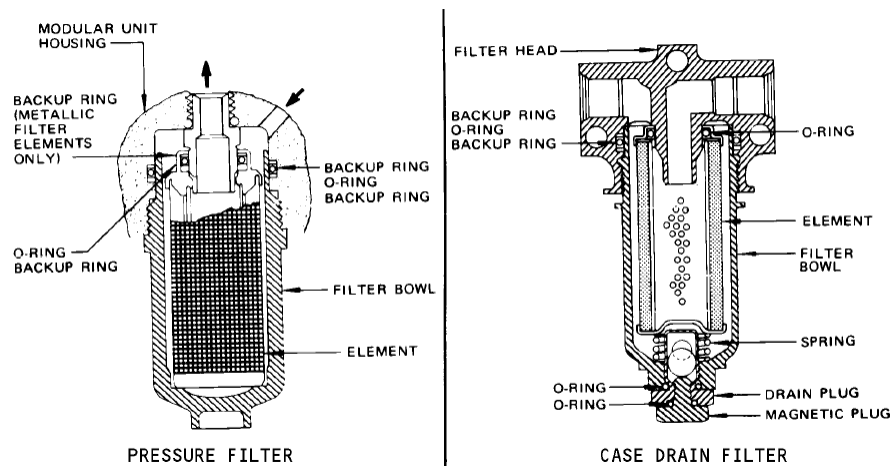


FIG 2.34 Filtros hidráulicos (hydraulic filters) (Fuente: B727-AMM)

**2.1.4.5 Válvula de alivio de sistema de reserva**

El tipo del cartucho la válvula de alivio (Relief valve) de sistema de está instalada en la unidad modular (Fig. 2.31) para proteger el sistema contra el daño por presiones altas. La válvula se activa a los 3500 ±50l psi.

**2.1.4.6 Funcionamiento del sistema “Stand-by”**

El depósito proporciona un flujo positivo de fluido a la bomba manejada por el motor eléctrico (Fig. 2.31). El funcionamiento de la bomba o se controla por el



interruptor del mando del Standby RUDDER o el ALTERNANTE FLAPS (sistema alterno de flaps). Con el motor de la bomba energizado, las bombas empiezan con un flujo de volumen máximo de suministro a través de un filtro de presión hacia los componentes manejados por este sistema. A medida que la presión se incrementa el interruptor del indicador se actúa el cierre el circuito a la bomba ON enviando una señal al panel del tercer tripulante de forma de una luz verde. Cuando la presión del sistema se acerca 3000 psi las bombas automáticamente ajustan el rendimiento o salida a necesidad del sistema. Si los aumentos de presión de sistema bordean los 3500±50 psi, la válvula de alivio de sistema se abrirá para reducir la presión a 3100 psi en aviones anteriores, y a 3400 psi en los aviones más recientes. A la demanda baja de la bomba, esta automáticamente ajusta su desplazamiento y dirige el flujo de vuelta al depósito a través de una válvula del cheque y filtro del retorno. El interruptor de sobre temperatura instalado en la línea del retorno del depósito activa una luz de la advertencia en el tablero principal del tercer tripulante.

### 2.1.5 Sistemas de indicación de presión hidráulica

Dos sistemas proporciona indicación remota y directa de presión en los sistemas de poder hidráulicos A y B. Cada presión hidráulica que indica el sistema consiste de un transmisor e indicador remoto de presión en el tablero del tercer tripulante, y un puntero indicador de lectura directa en la bahía izquierda del tren principal o en la parte inferior izquierda de la sección de cola. En los aviones sin acumuladores, no se instalan punteros de lectura directa.

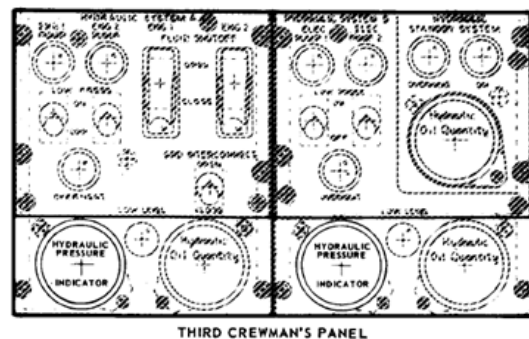
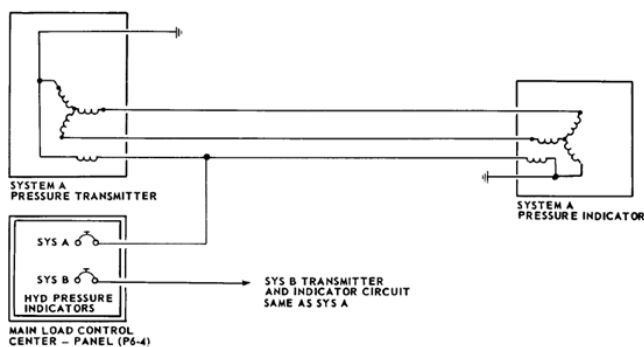


FIG 2.35 Sistema indicador de presión (Pressure Indicating System) y P6 (Fuente: B727-AMM)

En los aviones con los acumuladores, el transmisor de presión se conecta al lado de nitrógeno del acumulador. En los aviones sin los acumuladores, el transmisor de presión se conecta directamente al lado de presión de las unidades modulares hidráulicas. El transmisor se da cuenta de la presión y envía signos eléctricos al indicador de presión en el tablero del tercer tripulante. Cada transmisor y el indicador se accionan por 28 voltios AC del principal proveniente del control principal de carga, tablero P6. (Fig. 2.35)

### **2.1.6 Sistemas de alerta de sobre temperatura (overheat warning systems)**

Tres luces ámbar en el tablero del tercer tripulante están en capacidad de mostrar cuando existe sobre temperatura en la línea de retorno del sistema hidráulico A, B ó Standby (Fig.2.36).

Cuando en el retorno la temperatura fluida exceda a  $220\pm 5^{\circ}\text{F}$  se enciende la luz ámbar respectiva. Cuando la temperatura fluida decae a  $165^{\circ}\text{F}$ , la luz se va.

En algunas versiones los sensores de sobre temperatura son tres de tipo cartucho, localizados en la cabeza del filtro de retorno para el sistema A y sistema B. El interruptor del Standby se encuentra en su unidad modular. Cada sistema opera en 28 voltios DC del principal del mando central de carga en el P6.

En otras versiones los sensores de sobre temperatura son cuatro de tipo cartucho. El sistema A contiene uno en la cabeza de filtro de retorno. El sistema B contiene dos, uno en cada línea de drene de las bombas No. 1 y 2. El sistema Standby contiene un interruptor localizado en la unidad del modular del sistema.

En algunos aviones un sensor de temperatura se conecta al motor alojando las bombas hidráulicas del sistema B. El sensor opera en paralelo con los Switch de sobre temperatura del sistema B en la activación de las luces de sobre

temperatura (Overheat). Si la temperatura de la bomba excede los  $235\pm 8^{\circ}\text{F}$ , las luces iluminarán.

➤ Funcionamiento de Sistema de Advertencia de Sobre-temperatura

Con 28 voltios DC proporcionado por el tablero principal P6 y los interruptores de las bombas No. 1 y 2 en posición ON, se proporciona el poder para cerrar los relés del circuito operando las bombas hidráulicas y voltaje para el sistema de advertencia de sobre temperatura.

Cuando una condición de sobre temperatura exista en el sistema B, debe variar la posición de las bombas de B No. 1 o 2 a OFF. La luz de advertencia se apaga cuando la bomba causando esa condición es apagada.

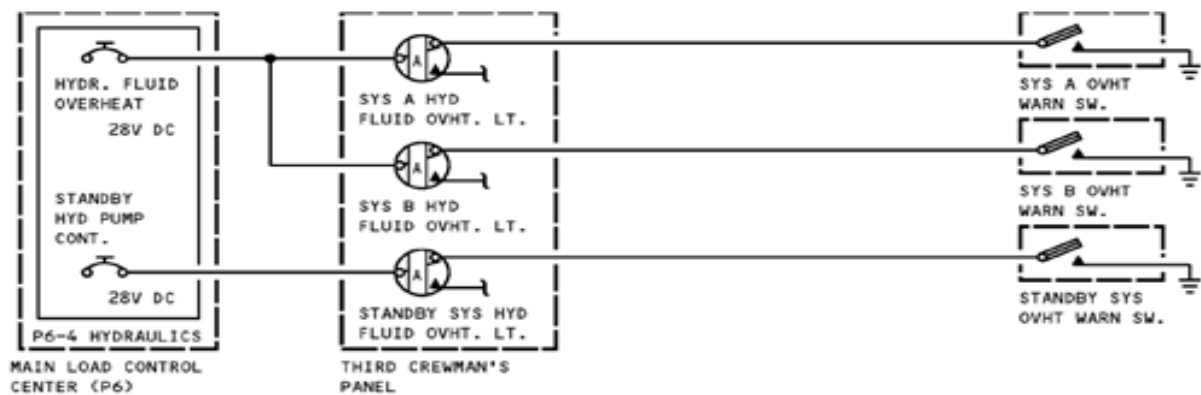


FIG 2.36 Sistema de advertencia de Sobre-temperatura (overheat warning system)  
(Fuente: B727-AMM)

### 2.1.7 Sistema de indicación de cantidad y advertencia de nivel bajo

El sistema muestra la cantidad de fluido en cada depósito del sistema. El sistema A y el sistema Standby poseen un indicador de cantidad que consiste en un transmisor de tipo flotador en el depósito, y dos indicadores calibrados en U.S. gallons (UG) o galones americanos. Un indicador se instala en el tablero del tercer tripulante, y el otro indicador se instala en la estación del relleno de fluido hidráulico (parte posterior del fairing izquierdo). Un indicador de lectura directa en el transmisor proporciona la indicación de cantidad fluida en el depósito. En los

aviones más recientes, el transmisor de cantidad fluido de reserva se conecta a sólo un indicador en que es el tablero del tercer tripulante. El indicador de cantidad del sistema B consiste en un transmisor de tipo flotador en el depósito y

un indicador, calibrado en U.S. gallons (UG) o galones americanos, en el tablero del tercer tripulante. (Fig.2.37) Cada sistema se impulsa por 28 voltios DC proporcionados desde el centro de mando de carga principal, tablero P6-4.

Un cambio en el nivel del depósito mueve el brazo del flotador arriba o abajo. Los movimientos de brazo de flotador mueven el contacto corredizo de resistencia variable. La posición del contacto corredizo de la resistencia variable determina el voltaje aplicado a los rollos (coils) del indicador. Los voltajes en los rollos producen un campo magnético que maneja el indicador del indicador para mostrar el nivel fluido al depósito. Un imán en el indicador mueve la aguja del indicador "fuera de escala" cuando no hay poder eléctrico en el sistema.

➤ Sistemas de Advertencia de nivel bajo

El sistemas de advertencia de nivel bajo proporciona una advertencia ligera ambarina cuando la condición de nivel bajo de presenta en los depósitos de los sistemas hidráulicos A y B. La advertencia de nivel bajo son luces que se iluminan cuando el fluido en su depósito respectivo decae en aproximadamente 2 galones. Cada advertencia consiste de los componentes mostrados en figura 30.

Ambos sistemas de la advertencia operan en 28 voltios DC provistos desde el centro de mando de carga principal, tablero P6-4. La luz de advertencia de bajo nivel para el reservorio del sistema A se controla por un switch en el transmisor de cantidad fluido hidráulico del sistema respectivo. La luz de la advertencia de bajo nivel para el sistema B funciona de igual manera con un Switch en el transmisor de cantidad del reservorio de este sistema través de un detector de nivel bajo.

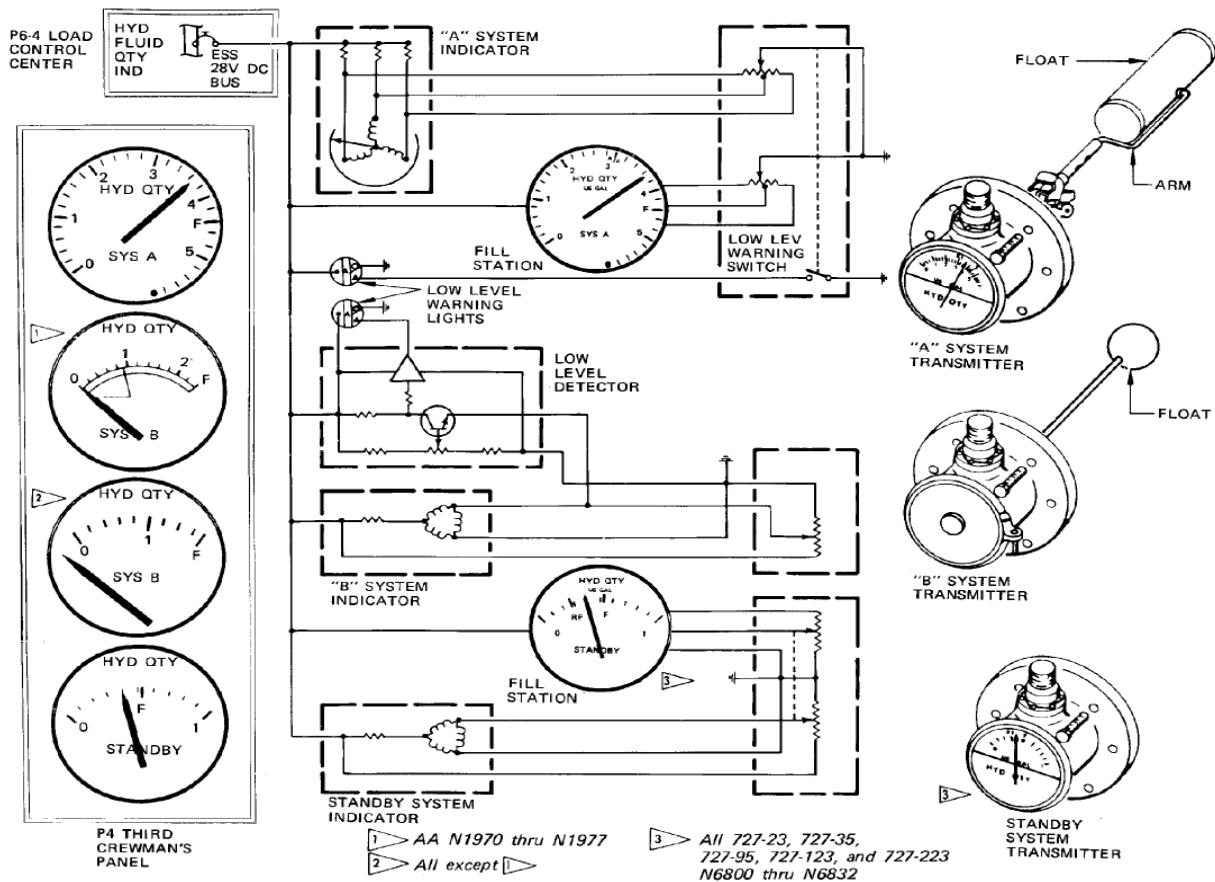


FIG 2.37 Sistema indicador de cantidad de fluido hidráulico y advertencia de bajo nivel. (Fuente: B727-AMM)

### 2.1.8 Sistemas de advertencia de presión baja de las bombas

El sistemas de advertencia de baja presión dan a un signo de la advertencia ligero ambarino cuando la presión de la entrega es baja. Los sistemas independientes advertencia de advertencia de presión baja se instalan uno por cada bomba hidráulica manejada por el motor, y uno por cada bomba hidráulica manejada por motor eléctrico en el sistema B. Cada sistema de la advertencia consiste en una luz de presión baja ambarina en el tablero del tercer tripulante, y cartucho de advertencia de presión baja instalado en la unidad modular, en la línea de descarga. El sistema A posee conectada la advertencia de presión con el sistema de Switch de fuego, razón por la que al ubicar el Switch en FIRE (fuego) , el sistema des-energizado.

Cada sistema activa sus luces de advertencia cuando el poder eléctrico está conectado y en las bombas la presión de entrega cae bajo la presión prefijada del Switch de advertencia de presión. La luz se va cuando la presión de la bomba se incrementa y se activa al disminuir la presión. (Fig. 2.38.)

Nota:

“La bomba las luces de advertencia de presión baja indican la presurización de la bomba y no reflejan la presión hidráulica en el sistema. Si una bomba manejada por el motor (Engine-driven Pump) es el despresurizada cuando la bomba opuesta se presuriza, la presión entre la válvula de check de una y otra bomba debe ser sangrada a través de la válvula de bloqueo. Esto aumentará el retraso en la iluminación de la luz de presión baja”.

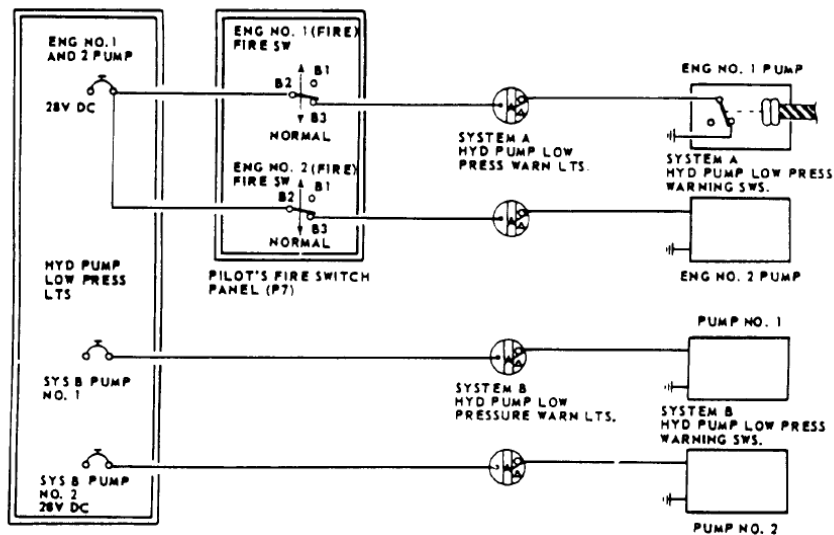


FIG 2.38 Sistema de alerta de baja presión en bombas (Fuente: B727-AMM)

## CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

### 3.1 Preliminares

Para realizar el presente proyecto se utilizó un análisis de posibilidades u opciones de construcción, las mismas que luego de ser analizadas arrojaron como resultado la alternativa más conveniente

#### 3.1.1 Descripción de alternativas

Dentro del análisis se detallara primero la concepción en general de la idea, su funcionalidad de simulación, su efectividad didáctica, y su factibilidad económica

##### 3.1.1.1 Primera alternativa

- Información General

La primera opción consta de una recreación a escala que utilizando materiales hidráulicos conocidos como lo son bombas de agua y manómetros de presión, indicadores de cantidad, etc; permitirán presurizar diversos pistones hidráulicos, sean estos diseñados y construidos o adquiridos, los mismos que representarán a los diversos sistemas que son operados por el poder hidráulico en el Boeing 727. Además este sistema utilizará fluido hidráulico a presión, acorde a los parámetros estipulados en las bombas adquiridas.

En síntesis, este sistema podría simular el funcionamiento completo del sistema hidráulico del avión, pudiendo considerarse solo que diferiría los márgenes de presión de trabajo.

Los elementos a utilizar pueden encontrarse fácilmente en centros de venta de material hidráulico utilizando el material así:

Tabla 1.1 Primera alternativa de simulación

<b>SISTEMA HIDRÁULICO B727</b>	<b>SIMULADOR</b>
<b>PRESURIZACIÓN</b>	
Fuente de aire sangrado del motor 45 psi	Motor soplador ( simulara motricidad del motor también )
Limitadores de flujo	Posiblemente solo para apreciación visual – inexistente-
Válvulas check	Válvulas check de aire (sistemas de refrigeración )
Válvula de desfogue (aire)	Construida para un resorte que resista máximo 45PSI
Llave de paso reguladora de presión	Llave normal de paso con apertura variable de 0% a 100% de paso de fluido
Sensor e indicador de presión	Sensor e indicador de presión de aire del soplador para la presurización del reservorio A
<b>FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO</b>	
Reservorios hidráulicos	Tanques plásticos
Sellantes hidráulicos	Teflón y sellantes sintéticos hidráulicos
Sensor de cantidad	Sensor de cantidad combustible automóviles
Sensor de sobre-temperatura	Sensor de temperatura de motor de automóviles
Sensor de presión	Sensor de presión hidráulica (agua)
Tuberías y cañerías	Tubería fija: PVC y acoples respectivos Tubería flexible: PVC (posiblemente manguera flexible – solo como ejemplo)



Válvulas check	Válvulas check de agua
Válvulas selectoras	Válvulas selectoras para sistemas hidráulicos
Válvulas de corte	Válvulas de corte rápido (90° de movimiento)
Punteros indicadores presión / cantidad	Relojes graduados
Bombas manejadas por motor (3000PSI)	Bombas de aceite mecánicas automóviles ( motricidad basada en un eje unido a un motor trifásico 220VAC 3hp) aprox. 100psi
Bombas manejadas por motor eléctrico (3000PSI)	Bomba de aceite de engranes automóvil (motricidad basada en motores 110VDC unidos a las bombas mecánicas) aprox. 100psi
Bombas eléctricas(3000PSI)	Bombas de combustible automotriz (bombas sumergidas 12VDC) aprox. 100PSI
Válvula de desahogo de presión	Válvula de resorte (el resorte estará calculado para resistir
Filtros de presión	Filtros de apreciación con papel mizar
Filtros de retorno	Filtros de combustible de automóvil (papel filtrante)
Intercambiadores de calor	Tubería de cobre sumergida en agua (simulando la acción de intercambio de calor)
Válvulas de interconexión (electric-driven)	Válvulas de corte rápido acopladas a un motor eléctrico y un circuito de control de giro del mismo
Actuadores hidráulicos (simulación)	Actuadores adquiridos o construidos

controles de vuelo)	con jeringuillas 60 ml(resistencia 75 PSI aprox)
Válvulas de carga (nitrógeno)	Tubo Pvc con pistón interno, carga de nitrógeno en un lado y fluido hidráulico en otro.(la precarga se la da con aire a través de una check para evitar contraflujo)
Válvula activada a presión	Construida con un resorte con serirtencia calculada según la presión práctica circundante en el sistema
<b>PANELES DE MANDO</b>	
Punteros indicadores de presión	Relojes indicadores manejados por un sensor de presión.
Punteros indicadores de cantidad	Relojes indicadores manejados por un sensor de cantidad.
Switches conmutadores	Conmutadores industriales de gran tamaño.
Luces indicadoras	Luces pilotos de sistemas eléctricos
Palancas de fuego Eng1/ Eng2	Construidas a partir de lunas de automóvil
Interruptores eléctricos - Relés de funcionamiento	Relés eléctricos
Cableado eléctrico	Cable Multi-Par (para evitar crear resistencia o caída de tensión)
<b>ESTACIÓN DE LLENADO</b>	
Válvula selectora de llenado	Válvula selectora hidráulica – obviada acorde a la versión de aeronave a simular.
Puntero indicador de cantidad	Reloj indicador de cantidad
Acoples para llenado	Acoples de conexión HIDRO3 –

	manguera flexible $\frac{3}{4}$
Bomba eléctrica (llenado a presión)	Bomba de combustible automotriz sumergida 12VDC
Bomba manual (llenado manual)	Bomba mecánica de combustible automotriz
Contenedores de fluido de servicio	Contenedores plásticos
Fluido hidráulico BMS 3-11	Agua ó Aceite (coloreado)

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

- Funcionalidad

Este simulador representará casi en su totalidad la puesta en marcha y utilización de componentes del sistema hidráulico, pues todos los componentes utilizados, incluso la presión utilizada en sistemas hidráulicos standard..

Además cabe notar que los paneles de control y su cableado eléctrico interno nos permitirán manejar al sistema en situaciones muy similares a las que se presentan en dicha aeronave; presentando además la forma de actuación de los controles de vuelo y otros sistemas mediante pistones simples.

- Efectividad didáctica

Didácticamente simula todos los procesos del sistema en mención, lo que nos permite evaluar su funcionamiento, más su tamaño requiere un gran espacio físico, además de un conocimiento previo sobre el sistema que facilite su comprensión.

Por esta razón funcionalmente es una excelente alternativa, más didácticamente puede presentar algunos criterios contrarios como se puede citar a el ruido que el sistema produciría, y la dificultad parcial en su comprensión.

- Factibilidad

Económicamente puede resultar factible , pues en el anteproyecto se ha podido resaltar un análisis de precios de los componentes antes mencionados; mas cabe resaltar que en caso de poner en marcha esta idea, sería necesario poseer un espacio físico considerable para alojar a este sistema, lo cual podría ser un limitante de su factibilidad, pues en caso de no poseer este espacio, el simulador podría ser armado para ocupar menor espacio, más de esta forma su comprensión sería más limitada, lo que reduciría su objetivo de consolidarse como una herramienta de ayuda de instrucción.

### **3.1.1.2 Segunda alternativa**

- Información General

La segunda alternativa consta de un simulador de funcionamiento del sistema, de una forma mucho más visual, pues se utilizará presiones menores, que de igual manera simularán al funcionamiento del sistema por medio de sensores eléctricos u electrónicos, los mismos que serán construidos para este fin.

El simulador podrá conformarse por componentes mucho menos costosos, mas todos podrán incorporarse en un mueble que los organice de forma que permitan admirar el funcionamiento simulado del sistema incorporando al ATA 29 (hidraulic power) ATA 27 (flying controls), y al ATA 32 (Landing gear).

Su funcionamiento se realizará de mejor manera, lo que hará más que obtener una presión determinada, simularla, además de presentar indicaciones de presión las mismas que podrán ser variadas acorde al usuario del equipo, entre otros que simularán el proceso más que duplicar al proceso, utilizando componentes como:

Tabla 2.1 Segunda alternativa de simulación

<b>SISTEMA HIDRÁULICO B727</b>	<b>SIMULADOR</b>
<b>PRESURIZACIÓN</b>	
Fuente de aire sangrado del motor 45 psi	Ventiladores eléctricos 12VDC (simula motricidad del motor )
Limitadores de flujo	Posiblemente solo para apreciación visual – inexistente-
Válvulas check	Tubería de cobre (sistemas de refrigeración )
Válvula de desfogue (aire)	Construida con un resorte y una bola que permitan admirar la constitución de este componente.
Llave de paso reguladora de presión	Llave normal de paso con apertura variable de 0% a 100% de paso de fluido
Sensor e indicador de presión	Representación visual que permita apreciar el paso de aire ( El simulador replicará una versión sin este componente)
<b>FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO</b>	
Reservorios hidráulicos	Tanques plásticos de 2 lts. Para reservorios y 4 lts. Para el almacenamiento.
Sellantes hidráulicos	Teflón y sellantes sintéticos hidráulicos

Sensor de cantidad	Sensor de cantidad construido con interruptores magnéticos que permitan visualizar la variación de cantidad.
Sensor de sobre-temperatura	Switch con luz incorporada roja, que al accionar la advertencia, permita indicar su advenimiento, además de controlarlo.
Sensor de presión	Selector eléctrico que permita variar manualmente la presión simulada en el sistema.
Tuberías y cañerías	Tubería fija: Manguera transparente 3/8" y 1/2" y acoples respectivos de cobre. Tubería flexible: Misma constitución de tubería fija.
Válvulas check	Válvulas check de agua / tubería de cobre 1/4"
Válvulas selectoras	No se utilizará selectora.
Válvulas de corte	Válvulas de corte rápido (90° de movimiento) 3/8" ó 1/4"
Punteros indicadores presión / cantidad	Relojes con led's indicadores
Bombas manejadas por motor (3000PSI)	Motores CC de 12VDC acoplados a un engrane.
Bombas manejadas por motor eléctrico (3000PSI)	Motor CC de 12VDC acoplados a un engrane
Bombas eléctricas(3000PSI)	Motor CC de 12VDC acoplado a un engrane
Válvula de desahogo de presión	Válvula de resorte (el resorte estará dentro de una tubería en conjunto con una bola que permita mirar la

	constitución física de este componente.
Filtros de presión	Filtros para apreciación (réplica con T de cobre y tubo metálico)
Filtros de retorno	Filtros para apreciación (réplica con T de cobre y tubo metálico)
Intercambiadores de calor	Manguera transparente doblada tipo serpentín (simulando la acción de intercambio de calor dentro del ala respectiva)
Válvulas de interconexión (electric-driven)	Válvulas de corte rápido acopladas a un motor eléctrico y un circuito de control de giro del mismo
Actuadores hidráulicos (simulación controles de vuelo)	Diodos led que encienden o apagan los componentes presurizados en un panel demostrativo.
Válvulas de carga (nitrógeno)	Tubo transparente con un lado hidráulico y otro aire (puede utilizarse la versión que no contiene válvulas de carga)
Válvula activada a presión	Construida con un resorte con movimiento simulado para activar al sistema Standby
<b>PANELES DE MANDO</b>	
Punteros indicadores de presión	Relojes indicadores manejados por leds.
Punteros indicadores de cantidad	Relojes indicadores manejados por leds.
Switches conmutadores	Conmutadores industriales de gran tamaño.

Luces indicadoras	Luces pilotos de sistemas eléctricos 12v. – 110v.
Palancas de fuego Eng1/ Eng2	Construidas a partir de lunas de automóvil
Interruptores eléctricos - Relés de funcionamiento	Relés eléctricos
Cableado eléctrico	Cable Multi-Par (para evitar crear resistencia o caída de tensión) y alambre de timbre.
<b>ESTACIÓN DE LLENADO</b>	
Válvula selectora de llenado	Válvula selectora hidráulica – obviada acorde a la versión de aeronave a simular.
Puntero indicador de cantidad	Reloj indicador de cantidad con leds de indicación.
Acoples para llenado	Acoples de conexión manguera flexible ½”
Bomba eléctrica (llenado a presión)	Bomba de combustible automotriz sumergida 12VDC
Bomba manual (llenado manual)	Bomba mecánica de combustible automotriz
Contenedores de fluido de servicio	Contenedores plásticos
Fluido hidráulico BMS 3-11	Agua para la fase de pruebas y posteriormente Aceite para accionar las bombas eléctricas sumergidas y dejar activo el sistema. Las especificaciones se encuentran en el anexo 2 ( ambos fluidos coloreados artificialmente)

Fuente: Autor: Elaborado por: David Salas



- Funcionalidad

Didácticamente este simulador puede considerarse como uno de gran aptitud debido a que además de ser solo una réplica, simula el funcionamiento a manera de maqueta del sistema, la misma que puede ser variada acorde a la necesidad, evitando así la presencia de ruidos, grandes fugas o un mantenimiento exhaustivo como requisito para mantenerlo en funcionamiento.

Puede además simular su interacción con otros sistemas de la aeronave como controles de vuelo y otros, más de una forma interactiva que permita constatar la interacción de una forma sencilla, la misma que no necesite una gran explicación y facilitando la captación de la información, considerándose así como un gran apoyo didáctico en estas asignaturas.

- Efectividad didáctica

Este simulador presentará una réplica visual del funcionamiento mas no una reproducción dentro de todos los factores que esto implica; esta premisa nos permite eliminar algunos componentes físicos como bombas mecánicas, y limitarnos más a simular su funcionamiento de una forma sencilla y didáctica como una maqueta.

Esto nos permitirá reducir así el consumo de energía, reducir espacio necesario para su implementación en el instituto, además de facilitar así la comprensión del tema.

- Factibilidad

Este simulador tiene dimensiones medias de tamaño, lo que permite su manipulación y utilización fácil, además este no necesitaría mantenimiento continuo, ni produciría factores que impidan su factibilidad didáctica, como lo son

grandes ruidos o complejos manejos, ajustándose mucho al proyecto de simulador replica del material digital base sobre el Boeing 727 realizado previamente como trabajo de graduación para el Instituto.

### 3.1.2 Comparación de alternativas

Para evaluar a la mejor opción se realizará una evaluación cuantitativa la cual, mediante la calificación de diversos parámetros individuales en cada opción, se obtendrá una sumatoria total para cada opción, para según este resultado elegir a la mejor alternativa.

Cada parámetro tendrá una valoración acorde al criterio de ponderación la misma calificación, en escala de 1 a 4, donde 4 es la más alta y 1 es la menor, para así escoger a la opción más apropiada argumentando además la razón de la calificación , evaluando así, cada uno de los siguientes parámetros:

TABLA 3.1 Comparación de alternativas

<b>PARÁMETROS</b>	<b>Factor Ponderación X/1</b>	<b>Alternativa 1 (Replica funcional hidráulica)</b>		<b>Alternativa 2 (Simulación electrónica)</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Funcionalidad de replica</b>	0.5	4	2	2.5	1.25	El simulador electrónico no utiliza altas presiones, ni presuriza realmente sistemas
<b>Mantenimiento</b>						Las bombas y elementos

	0.8	2	1.6	4	3.2	hidráulicos merecen mayor mantto que componentes electrónicos
<b>Simulación</b>	0.5	4	2	3	1.5	La réplica hidráulica presuriza fluido hidráulico, y simula la presurización de aire, mientras la réplica electrónica solo lo representa.
<b>Herramienta didáctica</b>	0.9	2	1.8	4	3.6	La opción uno presenta un poco de dificultad para ser comprendida.
<b>Espacio utilizado</b>	0.5	1	0.5	4	2	La opción 2 mide tentativamente 2m alto, 2m largo y 50cm profundidad; mientras la 1necesitaría un espacio mayor en un 300%

<b>Energía utilizada</b>	0.3	2	0.6	4	1.2	La primera utiliza 220VAC en motores, 110VCC en luces y 12VDC en su electrónica, mientras la segunda idea solo usaría 12VDC y 110VCC sin mucha demanda.
<b>Costo de construcción</b>	0.9	1	0.9	4	3.6	La segunda idea reduce mucho los precios, sin duda dejando sin competencia a la primera.
<b>Costo de reparación</b>	0.7	2	1.4	3	2.1	La primera puede recalentarse y necesitar cambios cada determinado tiempo, mientras la opción 2

						necesitaría cambios solo en caso de daño.
<b>Versatilidad de movilidad</b>	0.6	1	0.6	4	2.4	El primero sería muy difícil de manipular y transportar vs su contraparte.
<b>Facilidad de operación</b>	0.9	3	2.7	4	3.6	De la mano con un manual para su operación ambos son muy similares de operar, mas la segunda opción es más sencilla.
<b>Total final</b>		22	<b>14.1</b>	36.5	<b>20</b>	

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

### 3.1.3 Selección de la mejor alternativa

Al analizar los valores obtenidos por el criterio de ponderación, tenemos que la segunda alternativa es apreciativamente la mejor alternativa; Además, luego de comparar ambas alternativas podemos elegir sin muchos rodeos a la segunda, pues además de ser más económica y permitir emular el funcionamiento del sistema sin muchos distractores (ruidos, fugas y demás) de una forma más sencilla, es didácticamente más apropiado por su facilidad de comprensión.

## **3.2 Diseño**

En el diseño de este proyecto se toma en cuenta que el simulador no debe únicamente funcionar como el sistema hidráulico, sino también debe permitirnos comprenderlo de una forma sencilla para lograr de esta forma el objetivo de crear una herramienta de ayuda didáctica, dividiendo al diseño de la maqueta:

Diseño - ATA 29 – Sistemas hidráulicos A, B y Standby

- > Análisis de la simulación digital del proyecto
- > Maqueta Sistemas hidráulicos
- > Sistema electrónico de control y paneles
- > Selección de graficas de apoyo para el simulador

Diseño – ATA 29/12 – Servicio de fluido hidráulico

- > Diseño de la estación de servicio
- > Selección de graficas de apoyo para el simulador

Diseño –ATA 27/32/52- Controles de vuelo- tren de aterrizaje – Puertas (dispositivos controlados)

- > Selección de graficas de apoyo para el simulador
- > Maqueta de luces sobre la presurización de los dispositivos controlados por sistema hidráulico
- > Circuito eléctrico de gobierno sobre los sistemas y dispositivos controlados

### **3.2.1 Diseño del soporte del simulador**

Para soportar al simulador se busco una idea que visualmente permita dar facilidad de comprensión de los sistemas y su interacción, por esta razón, la idea planteada sobre una mesa grande que contenga a los sistemas es desechada, pasando a una propuesta más didáctica.

Esta idea se encuentra basada en un mueble de proporciones similares a una pizarra, donde en la sección principal se alojarán la maqueta de cada subsistema; en una segunda sección se establecerá una maqueta de luces que permita mostrar los sistemas gobernados por la presión hidráulica, y finalmente en una tercera se podrá mostrar al servicio de fluido.

Dada la necesidad de tener 3 secciones independientes, y a su vez interactivas entre sí, es necesario que cada una se encuentre aislada de sus similares, más no de una forma abrupta; en este sentido se ideará una maqueta que tenga 3 espacios, los mismos que se encontrarán separados acorde a la apreciación didáctica de espacios.

Además tomando en cuenta el peso que cada una demanda, se considerará una opción que además de ser visualmente fácil de comprender, nos permita aislar los espacios, y es con este objeto que se diseña un soporte como muestra la figura.



FIG.3.1 Maqueta inicial del simulador (Fuente: Fotografía de la maqueta)

La idea básica nos presenta tres secciones : una superior para las luces de los controles de vuelo, la media y de mayor tamaño , dedicada a los subsistemas y sus paneles de control. Y finalmente una tercera sección, donde, además de representar a la bahía hidráulica y al servicio, va a alojar información aclaratoria sobre los demás componentes a manera de graficas explicativas, entre otros.

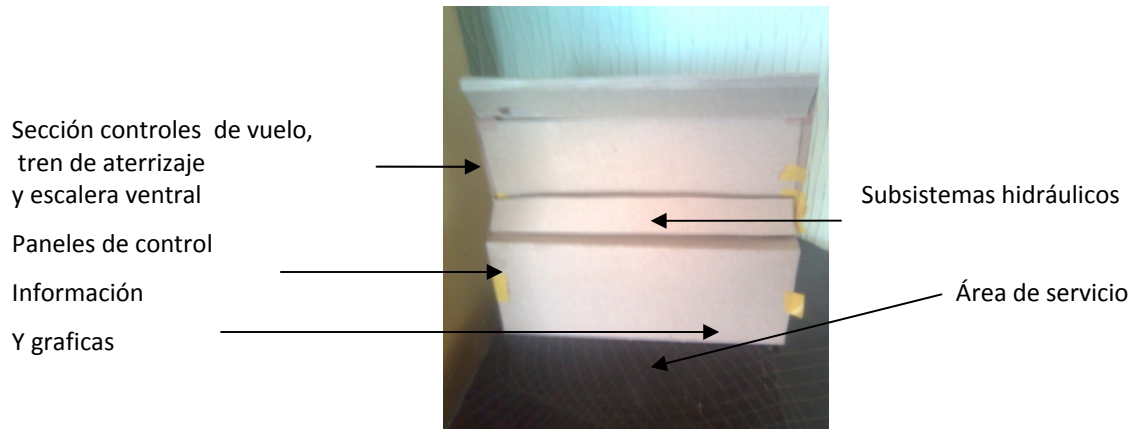


FIG. 3.2 Secciones del simulador (Fuente: Fotografía de la maqueta)

Luego de haber realizado una idea sobre el soporte físico podemos analizar sus fallas además de elegir material para su construcción, las mismas que serán detalladas ahora en un dibujo ya a escala sobre las dimensiones y demás características que se pueden utilizar en el soporte.( Anexo B)

### 3.2.2 Sistemas hidráulicos A, B y Standby

Al plantear ideas para crear el simulador, tenemos que contraponer varios parámetros expuestos ya en la simulación digital, de forma que el simulador físico y el entrenador digital se correspondan y apoyen recíprocamente en el proceso educativo.

Dada esta condición, primero se analizó el programa digital para obtener las condiciones necesarias para la creación del simulador.

- Análisis de la simulación digital del proyecto



A fin de permitir que la simulación digital y la física se correspondan, es necesario contrastar a ambas realidades, a fin de compaginar las características y versiones de aeronaves que estas manejen.



FIG. 3.3 Pantalla de inicio de la simulación digital (Fuente: Fotografía del software interactivo B727)

Por esta razón se tomo en cuenta al proyecto preexistente digital de este sistema para seguir sus mismos lineamientos, a fin de que ambos sean pilares importantes en el adiestramiento sobre el sistema hidráulico de este avión escuela.

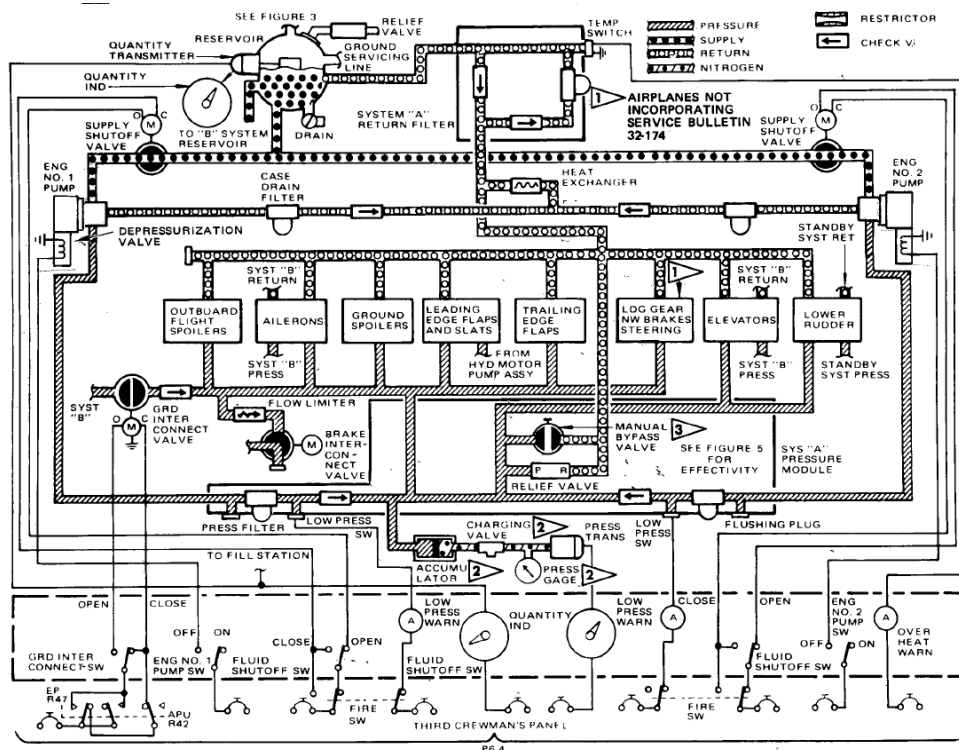




FIG. 3.4 Paneles de control de la simulación digital (Fuente: Fotografía del software interactivo B727 / fotografías B727 archivo del autor)

Para iniciar vale denotar que este proyecto va basa en las versiones de aeronaves que ya fueron elegidas para la versión digital, lo que significa que los paneles no serán alterados en su configuración ni su función, lo que puede variar en la presentación son los diversos sistemas hidráulicos, los mismos que se van a detallar a continuación.

➤ Sistema A



2 SEE FIG. 1 FOR EFFECTIVITY

3 N1901 THRU N1998, N2913, N2914, N6800 THRU N6825

FIG 3.5 Contraste de versión de aeronave (Sistema A) (Fuente: Fotografía del software interactivo B727 / B727 AMM)

Al Analizar las diferencias se concluyó que en el esquema que vamos a reproducir vamos a utilizar las versiones de aeronaves que:

- 1 ▷ El tren principal y dirección de rueda se mantiene.
- 2 ▷ El acumulador hidráulico, válvula de carga e indicador visual de presión no son utilizados.
- 3 ▷ La válvula de paso Bypass manual no es utilizada

Además al considerar el sistema de presurización por aire sangrado desde los motores se tomó en cuenta las siguientes variaciones:

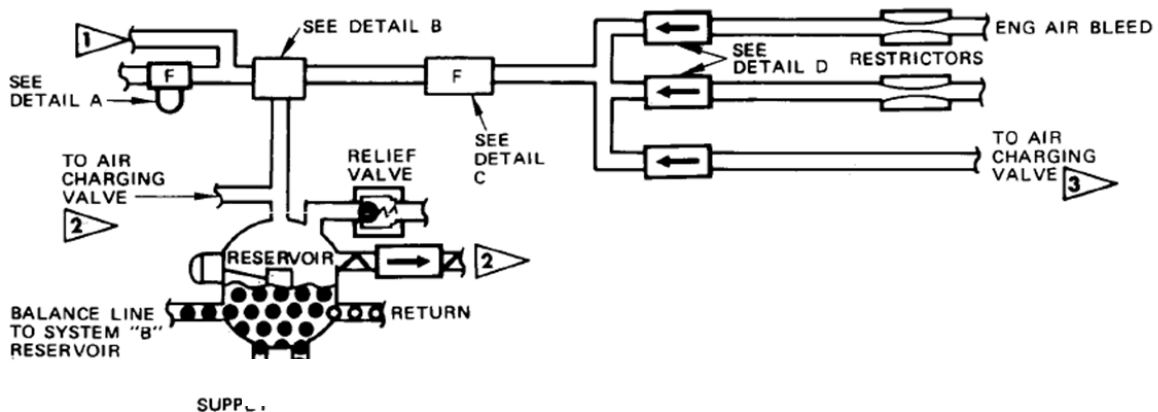


FIG 3.6 Contraste de versión de aeronave (Sistema A) – sistema de aire sangrado (Fuente: B727 AMM)

- 1 ▷ El desvío a partir del regulador de presión de aire (Detalle B) se considerará presente hacia la air charging valve (válvula de carga de aire)

2. La válvula de ventilación de Standby (Vent valve) se encuentra instalada.

3. La válvula de carga de aire (Air charging valve) si está instalada.

➤ Sistema B

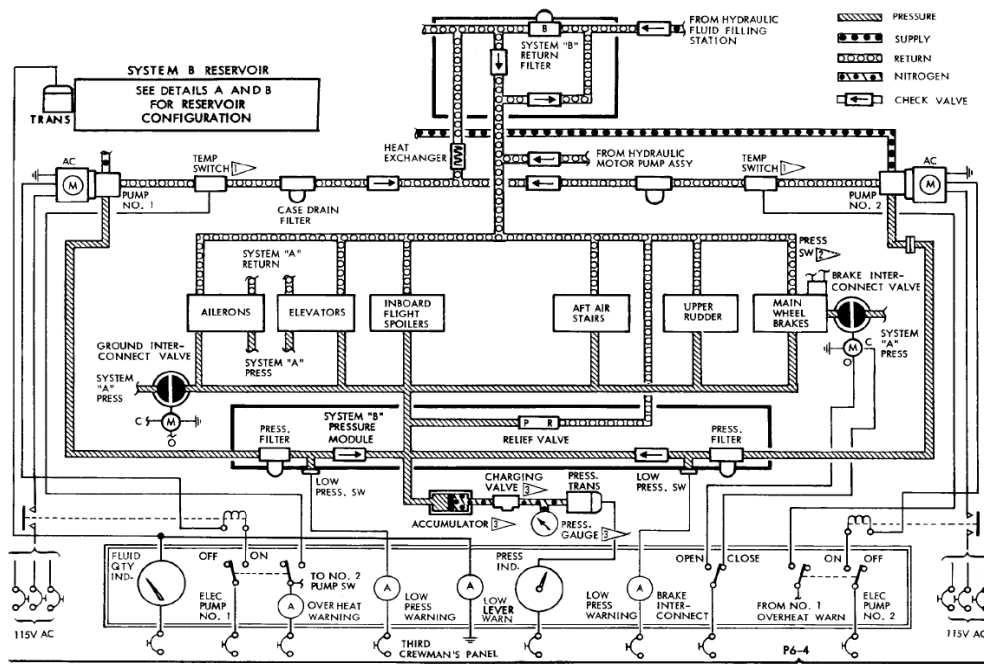
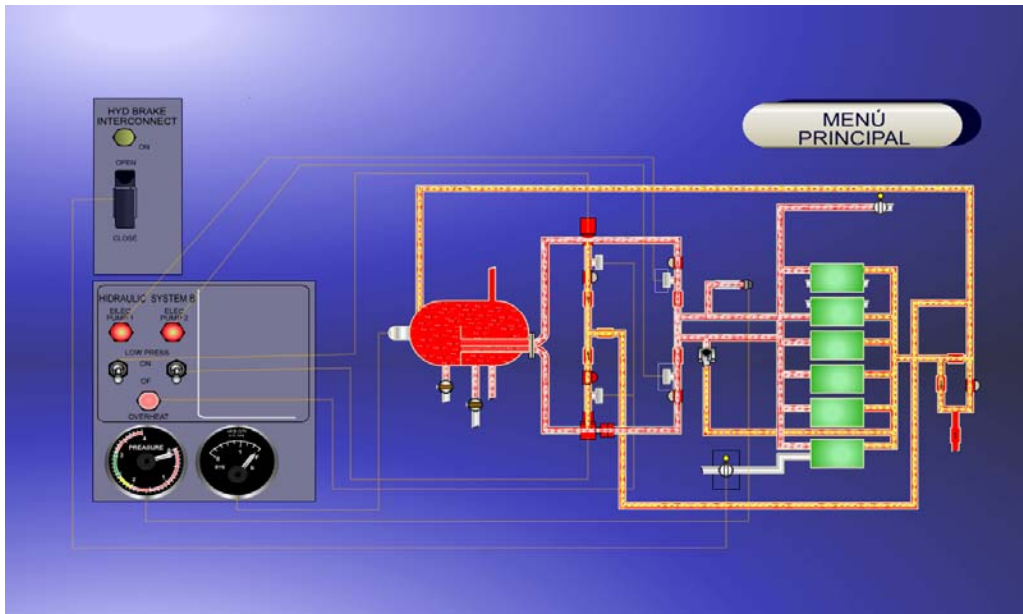
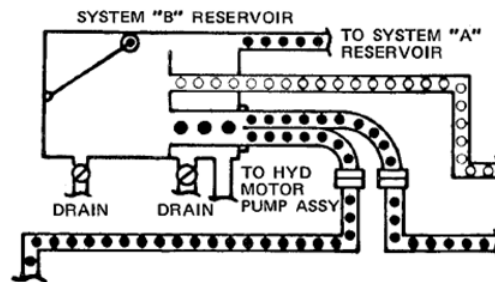


FIG 3.7 Contraste de versión de aeronave (Sistema B) (Fuente: Fotografía del software interactivo B727 / B727 AMM)

Para citar la configuración del esquema del sistema B debemos tomar en cuenta los puntos a comparar entre ambos diseños:

1. Los switches de temperatura si se encuentran en la línea de retorno de cada bomba
2. El Switch de presión en la interconexión de frenos no se encuentra instalado.
3. Al igual que en el sistema A , el acumulador, puntero indicador de lectura directa y válvula de carga no se encuentran instalados.

Además el detalle del reservorio se encuentra dado por el detalle B señalado a continuación:



DETAIL B

FIG 3.8 Contraste de versión de aeronave (Sistema A) – reservorio B (Fuente B727 AMM)

➤ Sistema Standby

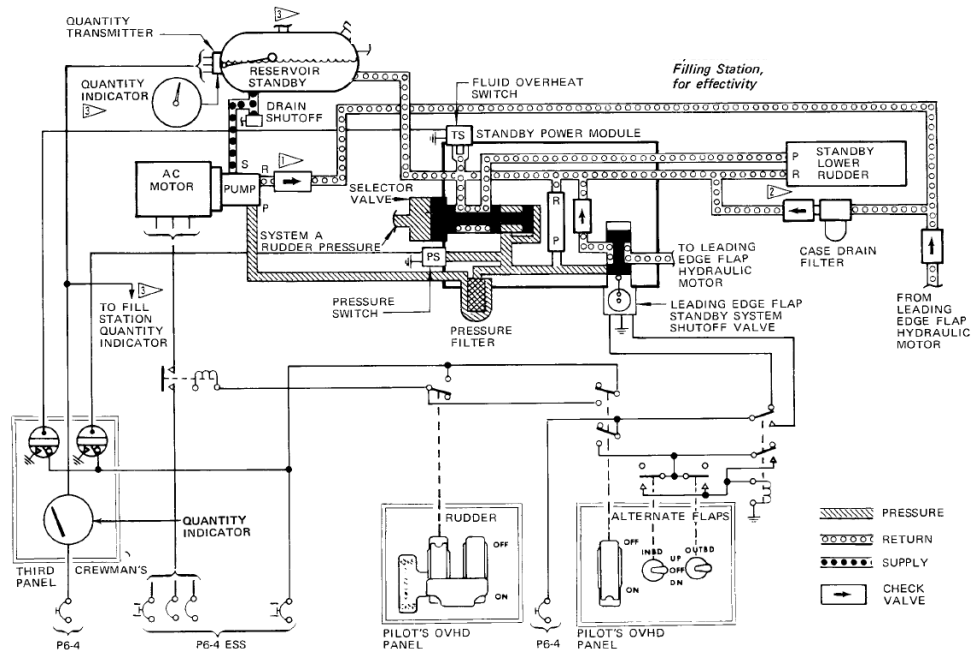
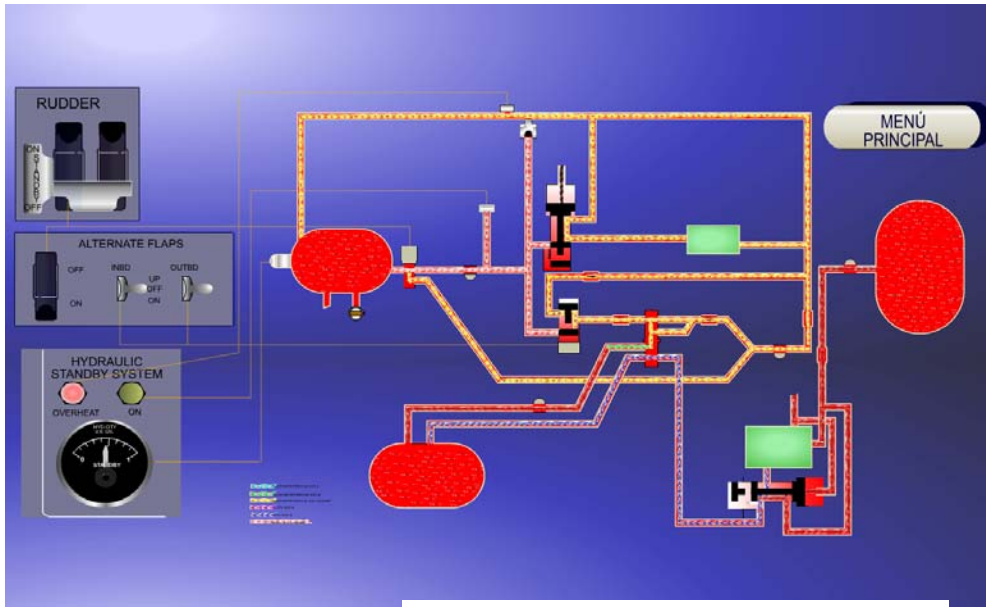


FIG 3.9 Contraste de versión de aeronave (Sistema StandBy) (Fuente: Fotografía del software interactivo B727 / B727 AMM)

Al contrastar ambas esquematizaciones del sistema se concluyó que:

1. La válvula check a la salida de la bomba no se instala.

2 E filtro en la línea de retorno y la válvula check que lo acompaña si se encuentran dispuestas.

3 La instalación del reservorio además de presión y retorno tiene una línea de equilibrio de llenado entre reservorio B y Standby , además de otra para alimentar al depósito de A; esto se detalla en el esquema de serviceco.

➤ Esquema del Serviceco

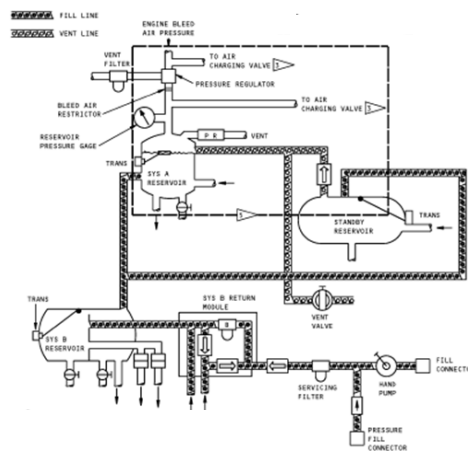


FIG. 3.10 Contraste de versión de aeronave (Serviceco) (Fuente: Fotografía del software interactivo B727 / B727 AMM)

Al determinar el sistema de serviceco a utilizar, se puede detallar las variaciones acorde a la versión propuesta:

3 La air charging valve (válvula de carga de aire) se encuentra instalada.



5. El sistema se encuentra implementado bajo la especificación esquematizada en este punto.

➤ Maqueta Sistemas Hidráulicos

Para realizar la maqueta del sistema hidráulico se procederá a elegir una opción que nos permita visualizar la constitución física de un simulador, además de su parte funcional, razón por la que se creará un simulador acorde a un esquema dirigido a cada subsistema y a su vez su interacción entre sí, con sistemas controlados por los mismos como; lo son controles de vuelo, sistema de trenes de aterrizaje y presurización de la puerta de acceso ventral.

El simulador se va a dividir en varias secciones, las mismas que pueden detallarse:

- a. En la sección superior se ubicará la maqueta de luces sobre los controles de vuelo, frenos y puertas manejadas por el sistema.
- b. En la parte media o principal, se ubicará en 3 áreas iguales a los subsistemas, y los paneles que permiten su control bajo los mismos. Se dedicarán 3 espacios interconectados de igual tamaño a cada subsistema.
- c. En la parte inferior, donde se observa una especie de cajones, podemos ubicar 3 subdivisiones (una bajo cada subsistema), esto permitirá ubicar allí gráficas explicativas sobre cada subsistema y sus componentes; además en el área central del mismo, se ubicará un espacio dedicado a simular la bahía de serviceo.

➤ Sistema electrónico de control y Paneles

El sistema de paneles funcionará acorde a los parámetros de funcionamiento manejados en el simulador, la única diferencia será que los sensores en vez de



dar una indicación de condición, estos podrán ser variados o manipulados para simular situaciones variadas que puedan presentarse, para de esta forma visualizar las condiciones que pueden presentarse en un sistema real.

Todos los circuitos se encontrarán basados en aquellos utilizados en la aeronave, lo que replicará así su funcionamiento. Cabe notar que la única variación que presentarán estos circuitos será la de los sensores, pues estos serán de forma primordial selectores que permitan obtener diversas lecturas modificables a necesidad, variando así las condiciones del simulador.

Otro detalle a variar será la presentación de los relojes indicadores, mismos que por motivos de facilidad de operación, reducción de gastos, y optimización de mantenimiento tendrán una indicación lumínica electrónica.

Todos los diagramas y circuitos electrónicos se pueden encontrar en el Anexo B

➤ Selección de graficas de apoyo para el simulador

Como material didáctico adjunto al simulador se utilizará folletos, los mismos que nos permitirán, mediante imágenes de los manuales de la aeronave, conocer la ubicación de los componentes y sistemas simulados en la aeronave. Con este objeto se realizará recopilación de las imágenes más representativas.

Para apoyar al simulador utilizará graficas representativas de los componentes del sistema hidráulico y secciones que permitan apreciar su funcionamiento, tales como bombas, filtros, válvulas, unidades modulares, etc.

Todos los componentes físicos poseerán un número o código en un esquema que facilite la correlación entre el esquema de la maqueta, y el diagrama de componentes de la aeronave, tomando en cuenta dos grupos principales bajo los nombres de: (véase los folletos en anexos)

- LOCALIZACIÓN DE SISTEMAS (Anexo C-2)

Sistema A

Sistema B

Sistema Standby

- Catálogo de componentes (Anexo C-3)

### **3.2.3 Diseño – ATA 29/12 – Servicio de fluido hidráulico**

- Diseño de la estación de servicio

Al diseñar la estación de servicio se tomo en cuenta que en la aeronave, en la zona de serviceo también contempla filtro de servicio y los acoples para dar servicio ya sea por una planta externa o una bomba manual.

Con este objeto en la zona media del simulador se ideó colocar un contenedor para el fluido a proveer al sistema, una bomba eléctrica de 12 voltios DC (bomba sumergida de combustible CORSA 1.3) y una bomba manual de combustible (bomba FORD 2.2) activada por la cinética de su eje, adaptada a utilización con una palanca metálica realizada con un tubo metálico de 1/2", además cabe notar que las válvulas de drenado de todos los sistemas convergerán aquí para vaciar a los sistemas, y posteriormente simular el serviceo.

- Selección de graficas de apoyo para el simulador

Al igual que en los otros sistemas de gráficas, este creará otro folleto , en el cual podremos encontrar graficas sobre la realización del servicio de fluido hidráulico según la versión de aeronave acordada ( véase en la sección de diseño).

En el folleto adjunto se detallará información sobre la forma en que está dispuesto el sistema, además se indicará los componentes que se encuentran en esta sección. Este folleto se encuentra en la sección de anexos bajo la denominación de SERVICIO DE FLUIDO HIDRÁULICO

### **3.2.4 Diseño –ATA 27/32/52- Controles de vuelo- tren de aterrizaje – Puertas (dispositivos controlados)**

#### ➤ Selección de graficas de apoyo para el simulador

Al seleccionar las graficas para mostrar la presurización de los diversos dispositivos controlados por el sistema hidráulico contemplaremos las gráficas que nos muestren a los capítulos (ATAS) que aquí intervienen.

Esto quiere decir que tomaremos a una gráfica de la aeronave y sus controles de vuelo, otra con el tren de aterrizaje con su sistema de dirección y frenos, y una gráfica con el sistema de puertas para mostrar a la escalera ventral y el skid de cola (tailskid); Con este objeto las gráficas seleccionadas serán:

FIG 2.1 Esquema de funcionamiento del sistema hidráulico del B727

FIG 2.2 Controles de vuelo manejados por el sistema hidráulico del B727

FIG 2.3 Dirección de rueda de nariz (Steering) , tail skid y Frenos del tren principal manejados por el sistema hidráulico del B727

FIG 2.4 Escalera ventral (aft airstair) manejada por el sistema hidráulico del B727

#### ➤ Maqueta de luces sobre la presurización de los dispositivos controlados por sistema hidráulico

Para la utilización de un sistema de luces que ilumine los controles presurizados en la sección superior del simulador, solo conectaremos todas las luces de los elementos en la sección hidráulica con los de los mecanismos controlados en

paralelo, para de este modo mantener a ambos circuitos trabajando al mismo tiempo, y así mostrar la relación entre los sistemas de poder hidráulico y los elementos controlados.

El circuito eléctrico de gobierno sobre los sistemas y dispositivos controlados se muestra en el Anexo B.

### 3.3 Construcción o implementación

Como primer punto cabe definir los materiales a utilizar para simular al sistema hidráulico, que fueron tomados según a la tabla 2.1 citada en la presentación de la segunda alternativa de construcción; Además de estos, se sumaron los materiales para la construcción del soporte del sistema entre otros detallados en la tabla a continuación:

Tabla 4.1 Selección de materiales

<b>Materiales del simulador</b>	
<b>SOPORTE</b>	
Base de madera	Tableros de madera MDF 2x2x0.12 metros, 2x0.38x0.03 metros y ferretería variada para su ensamble, como tornillos cola de pato de ¼" , clavos de ½" , pega.
Complementos	7 Molduras MDF 3m de diversos tipos y lija de madera diversos tipos
Pintura y acabados	3 lts. Pintura blanca para fondo y 4 lts. De pintura esmalte gris perla para acabados
<b>ESQUEMAS HIDRAULICOS</b>	

Reservorios	5 Tanques plásticos diversos tamaños transparentes
Cañerías	30 metros manguera flexible transparente 3/8" y 20 metros manguera flexible transparente 1/2
Codos y uniones	Tubería de cobre de 3/8" para los sistemas, tubería plastigama 1/2" con acoples respectivos( 8 codos 90 grados, 4 T's 4 neptos, 2 Check valves), y acoples de manguera (19 L plásticas y 2 T's)
Uniones de presión	Acoples roscados para reservorios ( 9 lineales y 6 de 90 grados), 8 abrazaderas metálicas
Sellantes y otros	Teflón, sellador de rosca de cáñamo, silicón.
<b>PANELES DE CONTROL</b>	
General	10 Luces piloto varios colores, 10 Led emisores de cristal varios colores, 7 conmutadores de 3 posiciones, 4 interruptores de 2 posiciones, acrilido plástico para protección de impresiones laser de inscripciones, relojes de 6 cm de diámetro, coberturas plásticas varias, apoyo de madera en tabla triplex 15mm , componentes de diseño del autor.

<b>CIRCUITOS ELECTRONICOS</b>	
Paneles	Se utilizará los elementos del punto anterior, en panel de control
Circuitos	1 Caja metálica con ventilador para temperatura, 158 metros de alambre de timbre, 15 metros de alambre mutipar (4 pares)
Componentes varios	12 Diodo rectificadores, 11 resistencias 100 ohmios. 5 resistores 120 ohmios, 28 led emisores verde normal, 46 led emisores de cristal, 2 puertas electrónicas SCR, 10 scwith 3 amp, 5 baterias, 13 interruptores magneticos , 12 motores 3 vdc , ventiladores 12 voltios, 6 relés 12VDC, 2 adaptadores universales 12VDC
Componentes de los diagramas	12 Switch luminoso rojo 9 VDC, 5 motores 3 VDC, selectores de 3 posiciones, 16 paneles de madera de 7x5cm base para los componentes presurizados , componentes diseñados por el autor.
<b>PANEL DE LUZ</b>	
Impresión	Gigantografía en cartulina 210x 40 cm, emplastificada en panel de madera triplex 15mm (210x38cm.)
Luz	56 Led emisores de cristal verdes diversos tonos





<b>OTROS</b>	
Serviceo	Bomba mecánica para tanque de 16UG, bomba sumergida de combustible de automóvil.
Componentes extra	Varios materiales y diseños del autor

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

Para construir el simulador debemos considerar que existen varios lineamientos del diseño que cumplir, así que, la construcción será solo el cumplimiento de los parámetros de diseño según sea el caso, así que cumpliendo los parámetros de diseño, se elaboró el diagrama de proceso según la tabla siguiente:

Tabla 5.1 Simbología del proceso de construcción

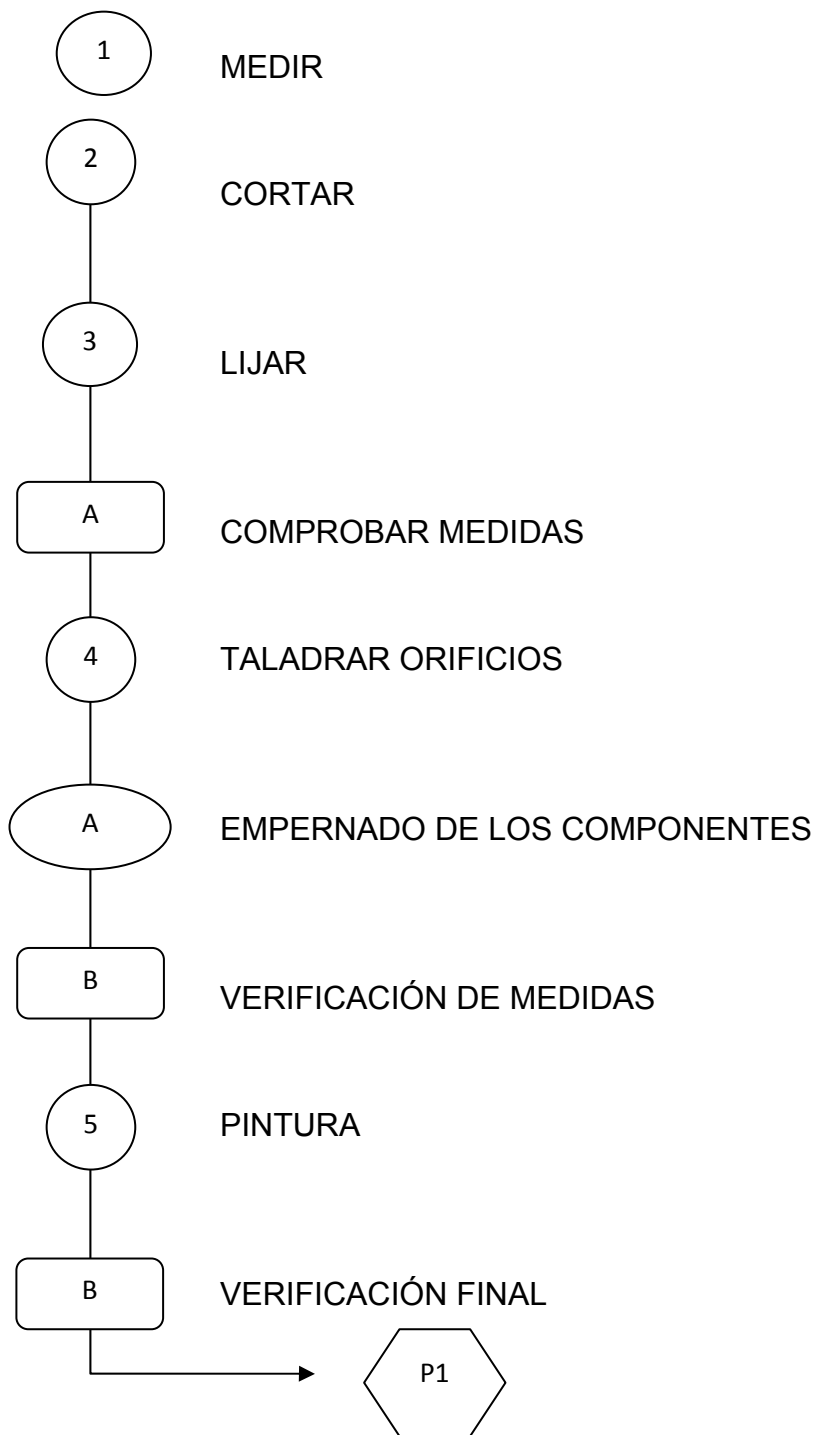
<b>NUMERO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
1		PROCESO
2		INSPECCIÓN
3		PROCESOS TERMINADOS
4		ENSAMBLAJE

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

### 3.3.1 Soporte del simulador

El simulador es construido en madera bajo las especificaciones del diseño de los planos según el diagrama de proceso siguiente

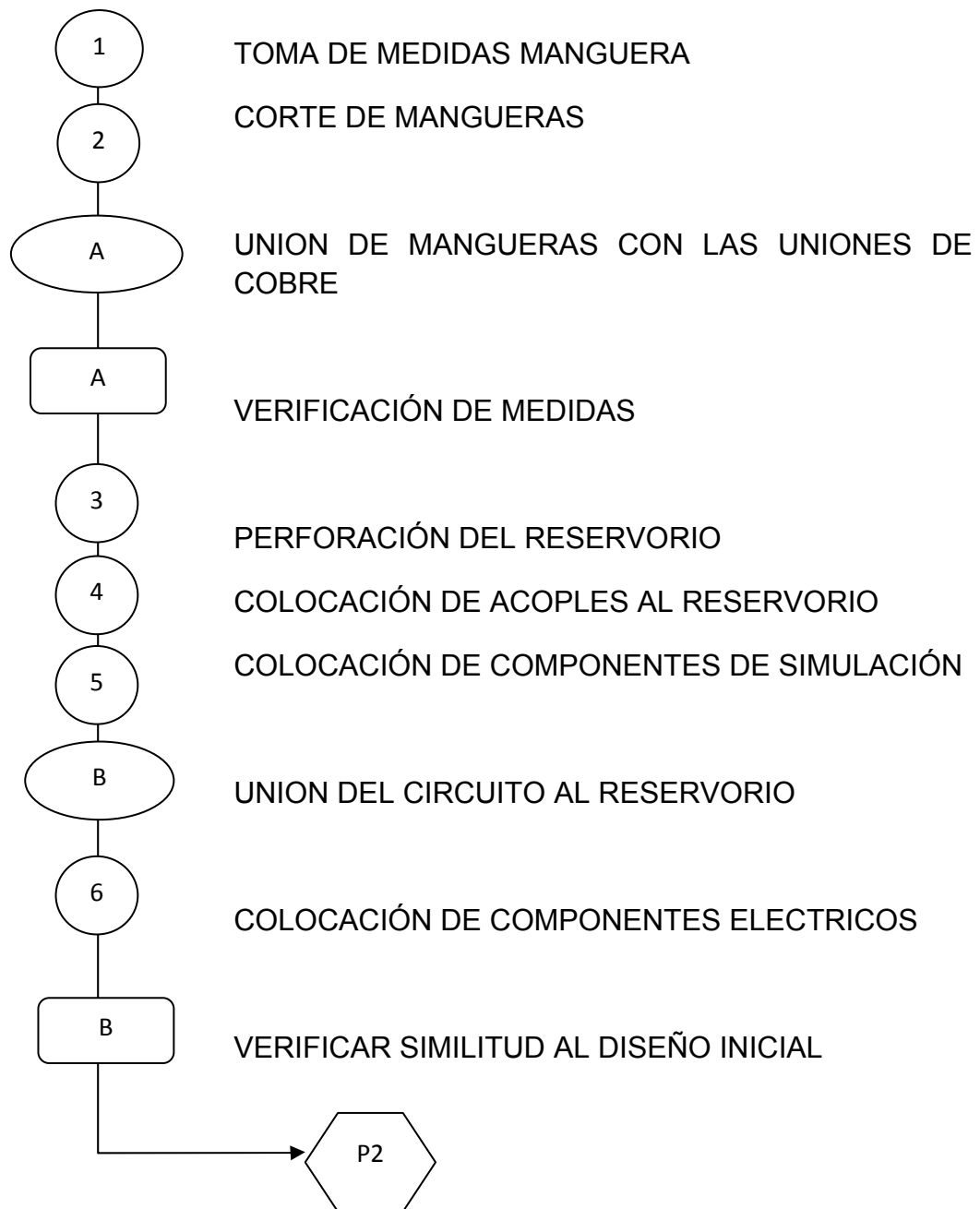


### 3.3.2 Sistemas hidráulicos A, B y Standby



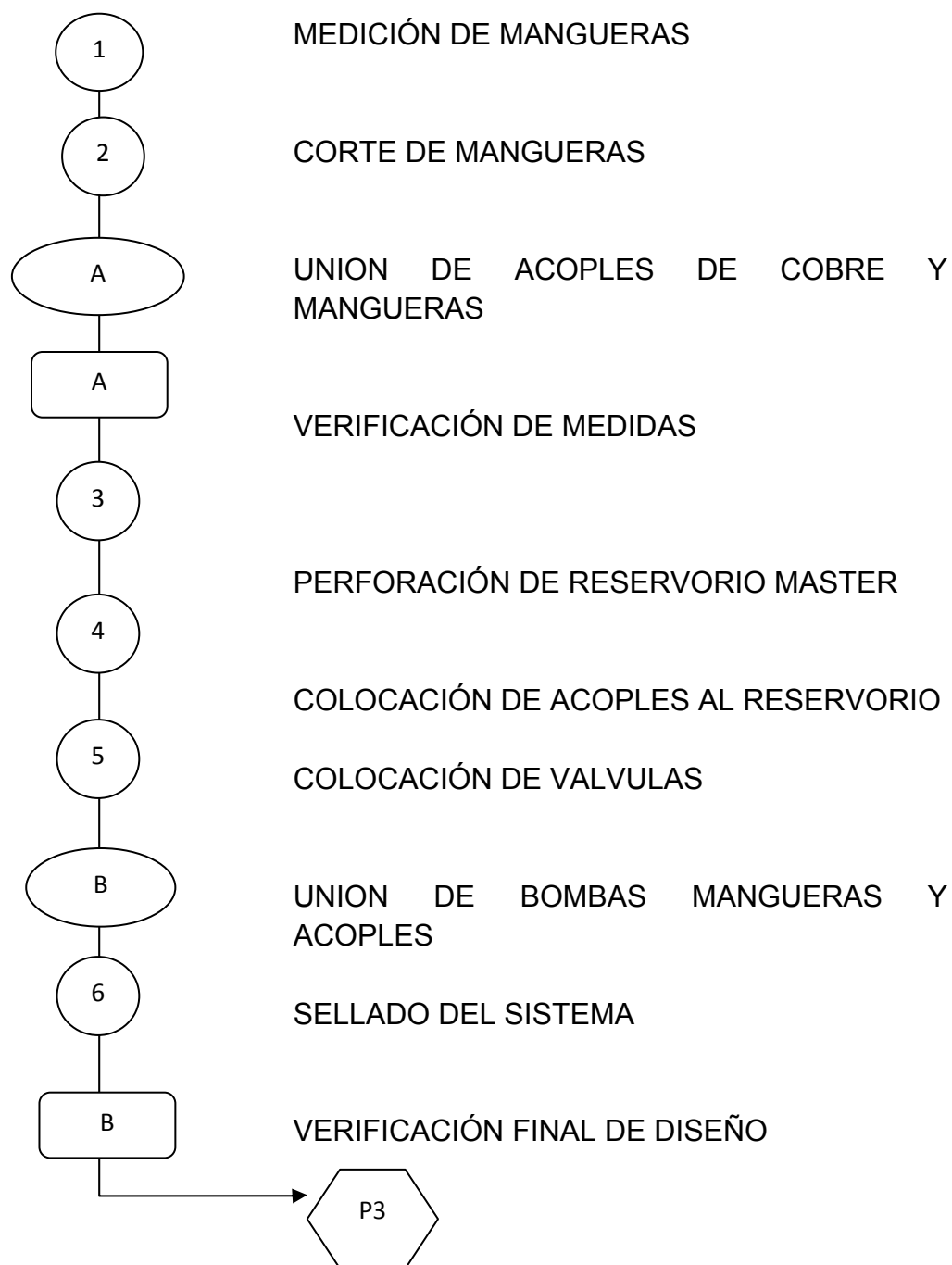
Los distintos subsistemas hidráulicos estarán formados por el reservorio, y una serie de tuberías plásticas transparentes, unidas por acoples de cobre. Entre todos estos carenajes encontraremos también a los elementos de los distintos sistemas simulando el funcionamiento del sistema hidráulico.

Todos los elementos del sistema y los componentes que los simularan ya han sido citados en la TABLA 2.1, y serán realizados según el diagrama siguiente:



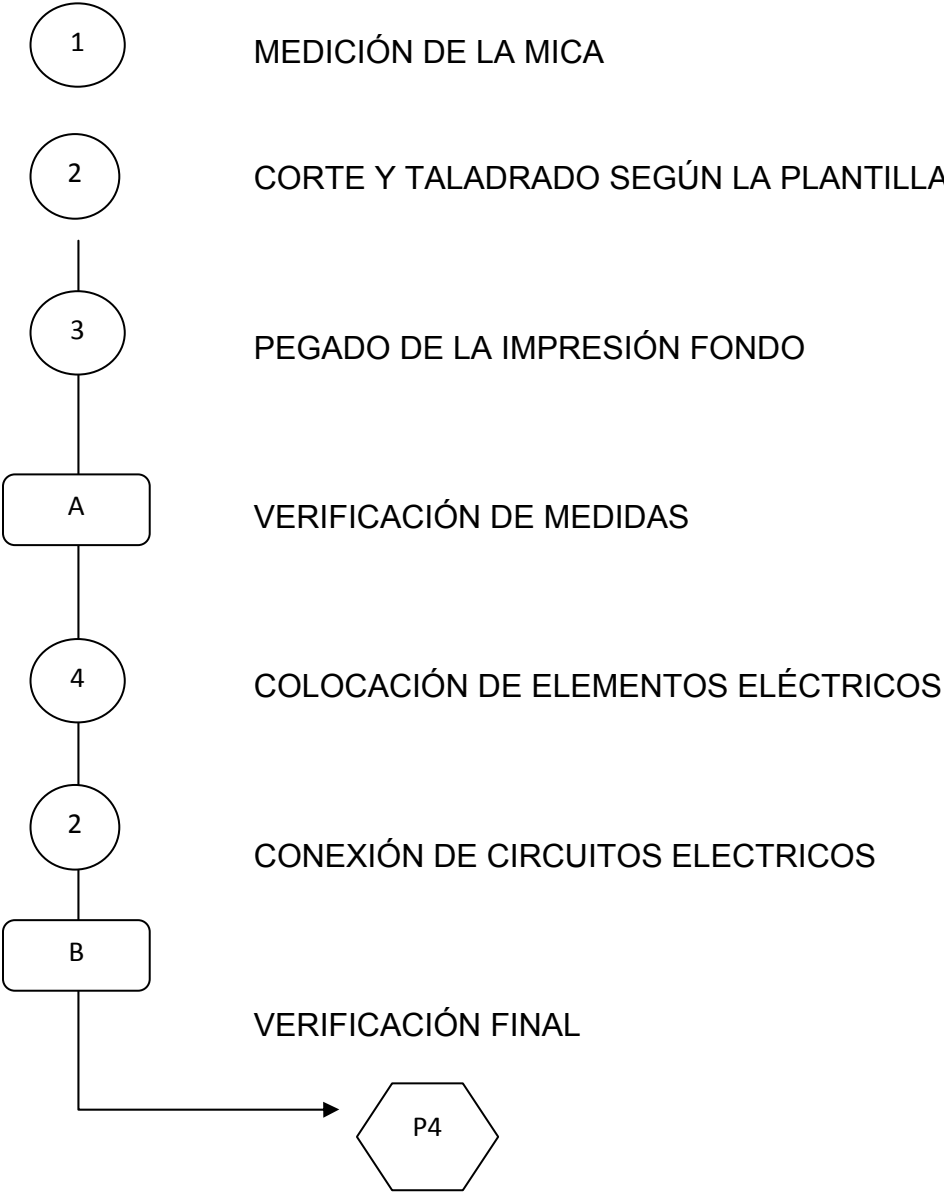
### 3.3.3 Área de Servicio de fluido hidráulico

Esta área será solo albergue para las válvulas de drene de los sistemas, y para las bombas de servicio manual y eléctrica según indica el diagrama.



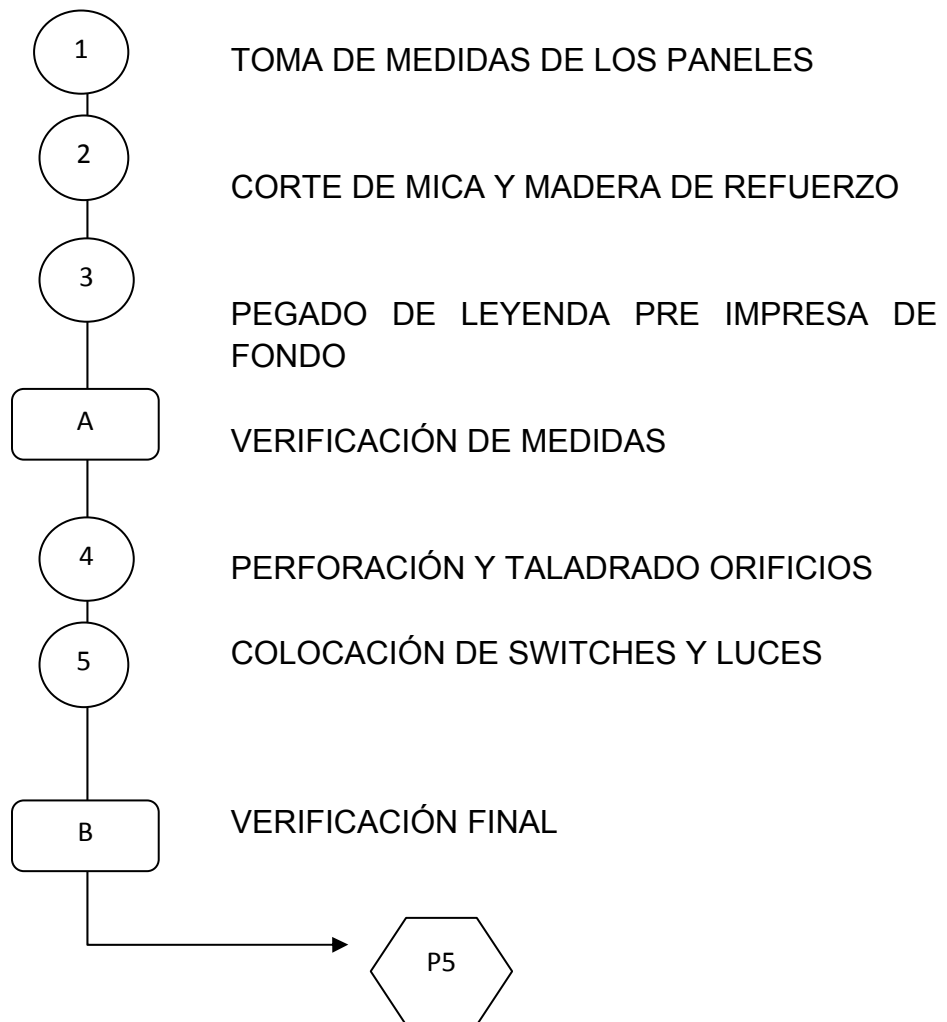
### 3.3.4 Componentes hidráulicamente controlados

Al construir muestra maqueta de luces con los componentes manejados por el poder hidráulico, según las ATA's 27/32/52- Controles de vuelo- tren de aterrizaje – Puertas, construiremos un panel donde se grafiquen cada uno de los elementos a presurizar hidráulicamente, además de una luz respectiva que muestre su funcionamiento. Su componente principal será una mica transparente de 2mm.



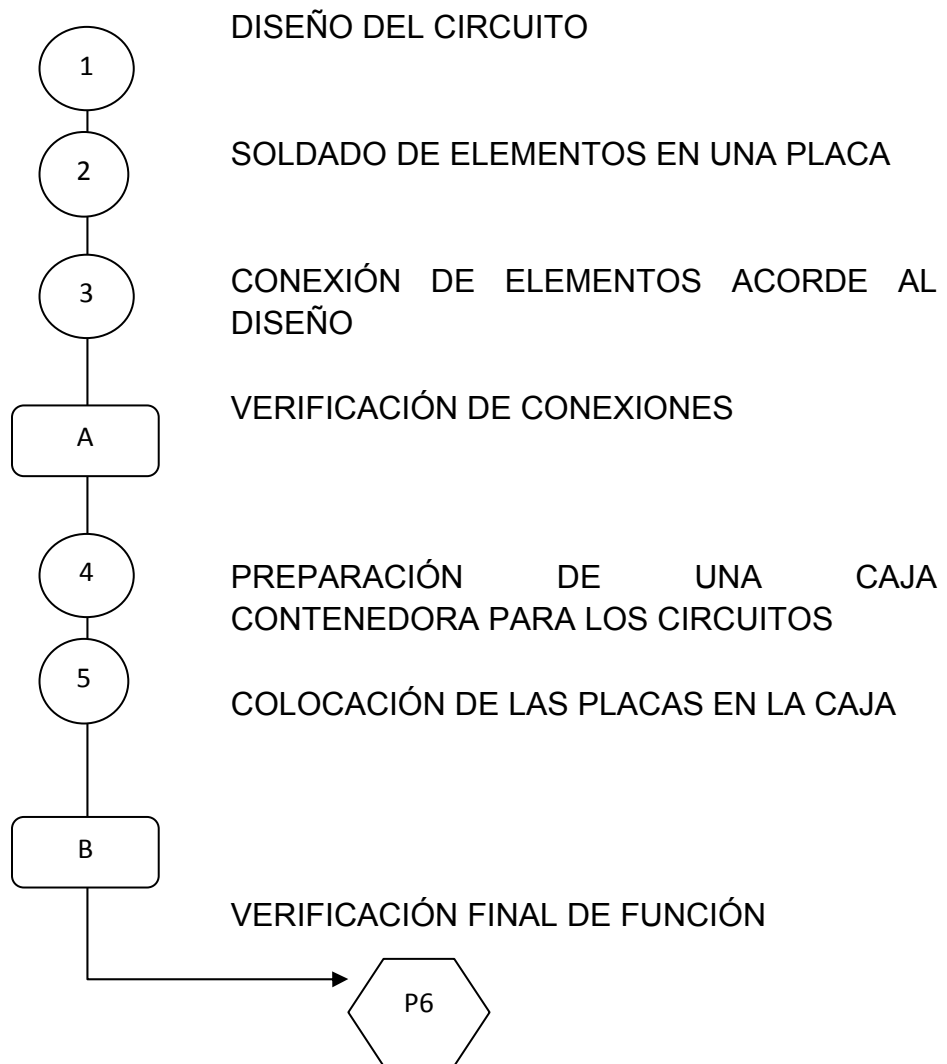
### 3.3.5 Paneles de control

Los paneles de control se encuentran basados el el diseño original de la aeronave, los mismos que se encontrarán replicados en una mica con base de madera para soportar tensiones en la operación

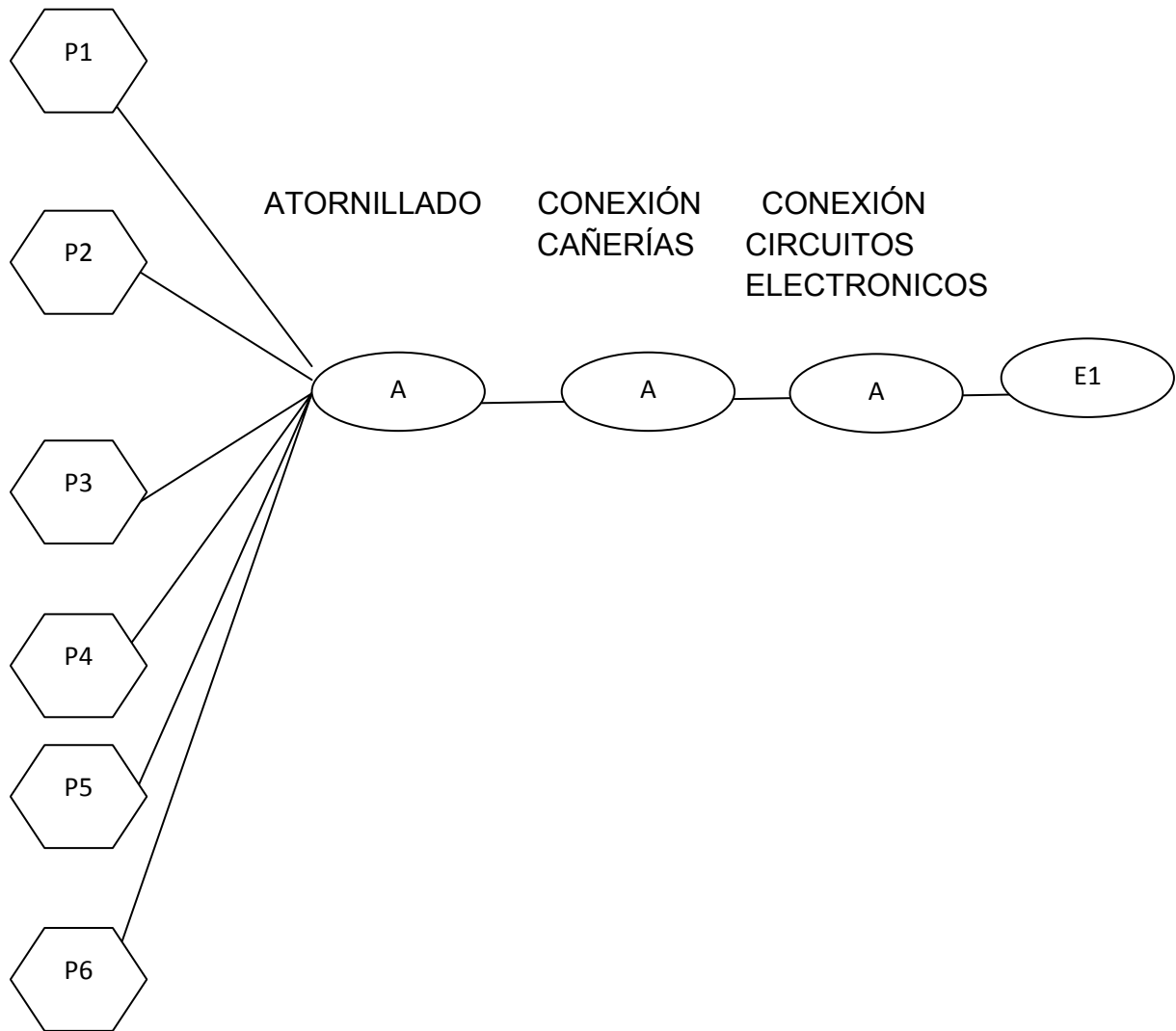


### 3.3.6 Sistema electrónico de control

Este sistema basado principalmente en relés, tendrá un compartimiento especial donde contendrá una caja con 4 placas, 3 dedicadas a gobernar los sistemas hidráulicos, y una para proveer la alarma de fuego.



### 3.3.7 Ensamble general



### 3.4 Manuales de funcionamiento de la maqueta

Al final de la construcción se realiza una recopilación de información, la misma que será equivalente a un manual de operación, el mismo que explicará el funcionamiento de los paneles y su control sobre el sistema en sí.

Este manual se lo puede encontrar en los anexos bajo la denominación de “Funcionamiento General E Indicación De Los Paneles De Control” (Anexo C-1)

#### **3.4.1 Manual de operación**

Es un manual que permite operar a la maqueta didáctica para facilitar su comprensión y mantenerla en un buen estado para su operación. (Anexo C)

#### **3.4.2 Manual de mantenimiento**

Es un manual de mantenimiento preventivo que permite al simulador encontrarse en un buen estado de operación, mediante la inspección continua e inmediata solución de posibles fallos. (Anexo C)

#### **3.4.3 Hojas de registro**

Son hojas que buscan registrar a los encargados de mantenimiento y operación de la maqueta didáctica (Anexo C)

### 3.5 Pruebas y Análisis de Resultados

Una vez terminada la construcción estructural y acoplamiento de elementos hidráulicos y electrónicos para su control, se procede a realizar pruebas para evaluar el funcionamiento del mismo en conjunto y de sus diversos componentes.

Las pruebas se realizaron en 2 etapas según parámetros seleccionados previamente sobre las diversas funciones que el simulador debe alcanzar según criterio del realizador.

#### ➤ Evaluación De Funcionamiento

En una primera etapa se realizaron pruebas generales de funcionamiento como comprobar fugas de fluido, pruebas de serviceo, e incluso test de funcionalidad de circuitos electrónicos.

En la segunda etapa se evaluaron las capacidades de simulación interactiva con los folletos interactivos, y el funcionamiento general; Todos estos parámetros se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Pruebas de funcionamiento

	<b>PRUEBA</b>	<b>FECHA</b>	<b># DE PRUEBAS</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>ACCIÓN CORRECTIVA</b>	<b>ESTADO</b>
1	Llenar de fluido el circuito hidráulico	23/12/09	3	Fuga en contenedores del reservorio	Re-sellado de la uniones	Ok
			1	Fuga en las cañerías drenaje Sys A	Colocación de abrazaderas	Ok
				Fuga en el	Sellado son	



			2	área de servicio	silicón	Ok
			1	Fugas en general en cañerías	Sellado con silicón	Ok
2	Energizar sistema de servicio	31/12/09	1	ok	-	Ok
3	Activación de la bomba manual servicio	31/12/09	1	Fuga de presión	Sellado con teflon	Ok
4	Energizar paneles y elementos controlados	03/01/10		Sistema de fuego motor uno sin respuesta	Corrección de conexión y reemplazo de fuente energía 12VDC	Ok
				Válvula shutoff Sys B sin respuesta	Cambio del motor de control	Ok
				3 Diodos sin encender en dispositivos del sistema	Reemplazo de diodos led	Ok
				6 diodos sin encender en la maqueta de luz sobre- cabeza.	Reemplazo de la conexión	Ok
5	Funcionamient o de los elementos de	15/01/10		Luces de advertencia	-	Ok

	los paneles					
				Válvulas de corte	-	Ok
				Válvulas sistema StandBy	Readecuación del movimiento mecánico	Ok
				Palancas de corte de fuego	-	Ok
6	Funcionamiento sistema A	18/01/10		Válvulas shut-off	-	Ok
				Selector de presión	-	Ok
				Sensor de cantidad de fluido	-	Ok
				Aviso de presión de bombas	-	Ok
				Interacción con el sistema de fuego	Reemplazo de un relé	Ok
7	Funcionamiento sistema A	20/01/10		Válvulas shut-off	Engrasado de motor Dc	Ok
				Selector de presión	-	Ok
				Sensor de		

				cantidad de fluido	-	Ok
				Aviso de presión de bombas	-	Ok
8	Funcionamiento o sistema StandBy	21/01/10		Válvulas	Engrasado de motor Dc	Ok
				Sensor de cantidad de fluido	-	Ok
				Aviso de presión de bombas sys A	Corrección de conexión eléctrica	Ok
9	Evaluación estética	02/02/10		Manchas	Retoque de pintura	Ok
				Poca movilidad	Engrasado de ruedas	Ok

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONOMICO

### 4.1 Presupuesto

Antes de concretar el proyecto, y habiendo realizado un anteproyecto previamente analizando el costo previsto para el mismo en 1120 USD para la construcción de un simulador del sistema hidráulico del Boeing 727, misma cantidad que es de forma obvia una mejor alternativa frente a la compra de un sistema de este tipo.

Con objetivo de argumentar a esta condición, se realizará un resumen del costo real que ha tenido el proyecto.

### 4.2 Análisis económico

En la construcción de este proyecto se consideró 3 factores económicos muy importantes como son los siguientes:

- >Recursos Materiales técnico / tecnológico
- >Recursos Humanos.
- >Otros.

#### 4.2.1 Recursos materiales técnico tecnológico

Este

factor comprende todos aquellos materiales, accesorios y herramientas requeridos

Tabla 7.1 Análisis de costo por utilización de herramienta

Nro.	Detalle	Costo USD
<b>HERRAMIENTA MANUAL</b>		
1	Martillos , destornilladores, playos, alicates, llaves, dados, punzones , sierras, limas, cautin.	50
<b>ELECTRÓNICAS</b>		
5	Taladros, sierra eléctrica, lijadora, compresor, torno.	43.20
6	Cortadoras industriales de maderas	13.20
<b>Otros</b>		
8	Pistola de silicón, silicon frío, prensa, machuelos, tarraja.	30
<b>S U M A N      U S D</b>		<b>136.40</b>

Fuente: Autor

Son: Ciento treinta y seis dólares, 40/100 centavos

Elaborado por: David Salas

Tabla 7.2 Análisis de costo de materiales		
Nro.	Detalle	Costo USD
<b>ELECTRONICA</b>		
1	Laservision: suiches magnéticos,baquelita universal, zumbador, suiche pulsados SCR 106D	80,22
2	RADIOCOM: Switch 4 teclas, led ambar cuadrado	11,96
3	GAMAPARTES: Interruptor de halar largo	5,20
4	Laboratorio técnico: focos, alambre, adoptador, ventilador, probador, ventilador	164,82
<b>SOPORTE</b>		
5	Empresa Durini: Madera, moldedura, Acoplac: Tableros mdf 4*4m,	51,61
6	Ferromadera: Botones, rodachines, conectdores, cancamos,	25,55
7	Pintulac: thinner, pintura, envase plástico	8,21
<b>SISTEMA</b>		
8	Ecuamangueras: mangera plástica, abrazaderas, neplos,codos	57,52
9	Ferretería Pintuarte: permatex, codos, manguera, busching	14,00
10	MEGAFRIO: Tee de cobre, codo cobreunión cobre, uniòn reductor al	228,4
11	Pica Plásticos: pomos cristal	9,06
<b>VARIOS</b>		
12	PACO COMERCIAL	43,98
<b>S U M A N                    USD</b>		<b>700,53</b>
<b>Son: Setecientos dólares, 53/100 centavos</b>		
Fuente: Autor		
Elaborado por: David Salas		

**Recursos humanos** : Comprende la construcción y diseño (físicamente es un rubro impago)

Tabla 5.3 Análisis del costo de mano de obra

<b>DETALLE</b>	
	Valor USD
Fuente: Postulante (5 meses)	1150
Asesor	120
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>1270</b>

Autor

Elaborado por: David Salas

#### 4.2.3 Otros

En este literal se analizan otros rubros extra en la construcción

Tabla 5.4 Análisis del costo de otros gastos

<b>COSTO DE OTROS GASTOS</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Papelería	60
Recursos de software e internet	87
Transporte	130
Otros	80
<b>TOTAL DE OTROS GASTOS</b>	<b>357</b>

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

### 4.3 Costo total

En esta sección se señala el costo total de la realización del proyecto

Tabla 5.5 Resumen de gastos totales

<b>DETALLE DE COSTO TOTAL</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Utilización de herramienta	136.40
Recursos materiales	700.53
Recursos humanos	1270
Otros	357
<b>TOTAL DE OTROS GASTOS</b>	<b>2481.93</b>

Fuente: Autor

Elaborado por: David Salas

Luego de realizar un análisis se concluye que el beneficio que esta herramienta didáctica brindará al instituto justificará el precio y la construcción del mismo

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### 5.1 Conclusiones

- > Luego de investigar a profundidad todo lo relacionado con el sistema hidráulico del Boeing 727 se concluye que éste es un sistema básico de la aviación, de fácil comprensión y por ende puede convertirse en un recurso didáctico para el estudio de aeronáutica.
  
- > Al considerarse al sistema hidráulico del Boeing 727 como un avión escuela, el presente trabajo práctico fruto de este proyecto, puede utilizarse como un aporte didáctico importante para el proceso de inter-aprendizaje en el ITSA.
  
- > La construcción de simulaciones y maquetas didácticas permiten mejorar la comprensión de un sistema y, como valor agregado, sirven para apoyar en la enseñanza-aprendizaje de los nuevos aspirantes en cualquier tecnología de la aviación civil.
  
- > El diseño y construcción de maquetas didácticas de simulación se asemeja mucho al diseño de aeronaves, razón por la cual estos sistemas simulados deben ser funcionales y guardar en su interior todos los sistemas eléctricos y electrónicos de control utilizados en aviación.
  
- > Con este proyecto se logró la construcción del simulador físico del avión Boeing 727 como aporte didáctico para los laboratorios del bloque 42 del ITSA, herramienta que se encuentra operable, y en estado óptimo de funcionamiento



## 5.2 Recomendaciones

> La maqueta didáctica debe estar sujeta a un mantenimiento continuo para evitar su deterioro y así, mantenerla dentro de las mejores condiciones de operación.

> El sistema electrónico de control es muy delicado, en caso de fallos, se recomienda acudir a los diagramas del diseño para encontrar las posibles falencias y dar rápida solución.

## GLOSARIO Y SIGLAS UTILIZADAS

### Siglas Utilizadas

**AC:** corriente alterna o variable.

**ATA:** Sistema de capitulización de los manuales aeronáuticos

**ATA 12:** Capítulo referente al serviceo de fluidos (Servicing)

**ATA 27:** Capítulo referente a controles de vuelo (Flying controls)

**ATA 29:** Capítulo referente al poder hidráulico (Hydraulic power)

**ATA 32:** Capítulo referente a trenes de aterrizaje (Landing gear)

**ATA 52:** Capítulo referente a puertas (Doors)

**APU:** Auxiliary power unit.

**B727:** Abreviatura para la aeronave Boeing 727 de la fábrica Estadounidense Boeing cuyo antecesor fuere el Boeing 707.

**CEMA:** Centro de mantenimiento aeronáutico LATACUNGA-ECUADOR

**DC:** corriente invariable o directa.

**DGAC:** Dirección general de Aviación civil

**GND:** Palabra inglesa “ground” o su par español Tierra.

**ITSA:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

**LED:** light emisor diode – diodo emisor de luz.

**Mantto:** siglas utilizadas para referirse al área de Mantenimiento

**OACI:** Organización internacional de aviación civil

**OJT:** Abreviatura para ON THE JOB TRAINNING o en español ENTRENAMIENTO EN EL TRABAJO.

**PSI:** Abreviatura de la unidad de presión libras sobre pulgada cuadrada.

**PSIG:** . PSI indicada en el manómetro o puntero indicador (Psi in gage)

**RDAC:** Regulaciones de derecho aeronáutico de la república del Ecuador

**SB:** Abreviatura de boletín de servicio.

**SYS:** Abreviatura utilizada para la palabra inglesa “system” o su par español sistema. También puede utilizarse “syst”

**UG:** Abreviatura de United States Gallons (**U.S.gallons**).

## Glosario

**Alternate current:** Corriente alterna o variable, aquella que invierte su polaridad y voltaje de forma homogénea en función del tiempo (alternate current).

**Auxiliary power unit:** Unidad de poder auxiliar del avión (motor fuente de poder eléctrico, neumático, presurización de cabina, etc.) responsable de energizar a la aeronave al tener apagados los motores en labores de servicio en tierra.

**Boeing:** Empresa americana especializada en la fabricación de aeronaves

**Boeing 727:** modelo de una aeronave de la fábrica aeronáutica BOEING

**Direct current:** corriente invariable o directa, aquella que no invierte su polaridad ni su voltaje en función del tiempo, manteniéndose constante (direct current). Cabe notar su diferencia con las siglas CC de corriente continua, cuya aplicación práctica es la misma, más la diferencia es la fuente de la que proviene ya que la corriente continua proviene de una fuente de este tipo, y la corriente directa proviene de una fuente de corriente alterna rectificadas.

**Ground:** Abreviatura utilizada para la palabra inglesa “ground” o su par español Tierra. Se utiliza para señalar un modo de operación de la aeronave cuando no se encuentra en vuelo, o para denominar a la tierra (polo negativo o de retorno) en el sistema eléctrico o electrónico.

**Light emisor Diode:** – diodo emisor de luz, componente electrónico similar a un foco.

**On the job training:** Abreviatura para o en español ENTRENAMIENTO EN EL TRABAJO.

**Pounds per Square Inch:** Abreviatura de la unidad de presión libras sobre pulgada cuadrada (Pounds per square inch) . Esta medida podemos considerar sus equivalencias similares:

1 atmósfera (atm) =14,696 lb<sub>f</sub>/pulg.<sup>2</sup> =760 mmHg (milímetros de mercurio)

1 Bar (millón de barias) =14,5038 lb<sub>f</sub>/pulg.<sup>2</sup> =1,033 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>

1/9.8 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>= 1 Pa (Pascal)

1 atmósfera (atm) =14,696 lb<sub>f</sub>/pulg.<sup>2</sup>

**Psin in gage:** Unidad de presión PSI indicada en el manómetro o puntero

**Boletín de servicio:** son los documentos aeronáuticos de alerta o informativos sobre cambios repentinos en funciones o reparaciones necesarias en aeronaves ya en servicio.

**System:** palabra inglesa “system” o su par español sistema. También puede utilizarse “syst”

**United States Gallons:** llamados galones americanos (UG) son una unidad de medida de volumen que equivalen a 3,7854 litros o a su vez a 8,3267 galones imperiales que son la unidad de medida galones en Gran Bretaña. Cabe notar que internacionalmente es reconocido el valor del galón americano, mas varía su denominación frente a su par europeo para evitar confusión.

## BIBLIOGRAFÍA

BOEING. Manual De Mantenimiento B727 – Avianca 1999-2001 USA

Proyecto de Grado - Diseño de software interactivo del Boeing 727 – ITSA 2005

FAA 727 Training Boocklet 1999.pdf

ITSA. Inventario laboratorio Hidráulica. Latacunga- Ecuador 2008 .xls

Página Web

Fecha/Hora

<http://es.wikipedia.org/wiki/Aeron%C3%A1utica>

12 Octubre 2009/15h30

<http://es.wikipedia.org/wiki/Innovaci%C3%B3n>

12 Octubre 2009/17h00

[http://es.wikipedia.org/wiki/Material\\_didactico](http://es.wikipedia.org/wiki/Material_didactico)

10 Septiembre 2009/19h00

<http://es.wikipedia.org/wiki/Aviacion>

25 Agosto 2009/14h30

[http://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_de\\_la\\_aviaci%C3%B3n#1990\\_-\\_Actualidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_aviaci%C3%B3n#1990_-_Actualidad)

25 Agosto 2009/12h00

[http://html.rincondelvago.com/hidraulica\\_1.html](http://html.rincondelvago.com/hidraulica_1.html)

29 Agosto 2009/15h30

[http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_727](http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_727)

28 Octubre 2009/21h30

[http://www.slideshare.net/Gostined/interaprendizaje-1312824?src=related\\_normal&rel=131393](http://www.slideshare.net/Gostined/interaprendizaje-1312824?src=related_normal&rel=131393)

23 Agosto 2009/10h00

[http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic\\_fluid](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulic_fluid)

12 Noviembre 2009/7h00

## **ANEXOS**

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: David Sebastián Salas Puente

NACIONALIDAD: Ecuatoriano

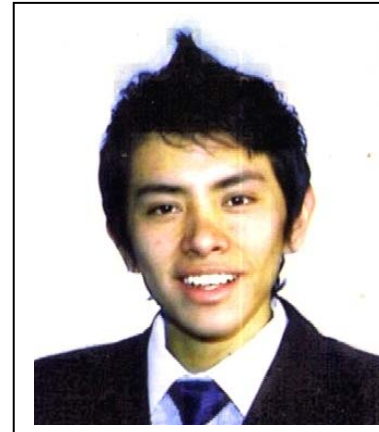
FECHA DE NACIMIENTO: 4 / Marzo / 1988

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171817172-9

TELÉFONOS: + 593 22592268

CORREO ELECTRÓNICO: davidsk-8@hotmail.com

DIRECCIÓN: Cdla. Rumiñahui / Quito - Ecuador



### ESTUDIOS REALIZADOS

Unidad Educativa “Cardenal Spellman de Varones” 14/Julio/2000

Colegio Técnico Experimental Aeronáutico de Aviación Civil “COTAC” 28/Julio/06

**Bachillerato en ciencias Físico - Matemáticas**

### TÍTULOS OBTENIDOS

Bachillerato en Ciencias Físico-Matemáticas

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

- FUERZA AEREA ECUATORIANA – Ala de transportes N-11
- SERVICIO AEROPOLICIAL – Aeropuerto Mariscal Sucre
- KLM REAL HOLANDESA DE AVIACIÓN – Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre
- CEMA Centro de Mantenimiento Aeronáutico – Aeropuerto Internacional Cotopaxi

### CURSOS Y SEMINARIOS

**Escuela Politécnica del ejército ( ESPE - L )**

Suficiencia en francés (2009)

**Conservatorio Nacional de Música APECNM**

Canto clásico / (2009)

**Instituto tecnológico Superior Aeronáutico ITSA**

Certificación obtenida: Suficiencia en Inglés (2006)

**Conservatorio Nacional de Música APECNM**

Guitarra clásica / Guitarra popular (2005)

**SMG – técnicas de estudio- lectura dinámica**

4000 palabras por minuto

**Privateacher for Everybody and Business OBM**

Certificación obtenida:

Suficiencia en Inglés (2004)

**EXPERIENCIA LABORAL**

Empresa: **KLM – Real Holandesa de aviación**

Cargo: Asistente de Mantenimiento

Año: 2009

Empresa: **KLM – Real Holandesa de aviación**

Cargo: Pasantías laborales – Mantenimiento Aeronáutico

Año: 2009

Empresa: **Servicio AEROPOLICIAL**

Cargo: Pasantías laborales – Mantenimiento Aeronáutico

Año: 2008

Empresa: **Independiente**

Cargo: Dibujo arquitectónico AUTO-CAD

Año: 2008-2009

Empresa: **Centro de Mantenimiento Aeronáutico DIAF/CEMA**

Cargo: Pasantías Laborales- Mantenimiento Aeronáutico

Año: 2007

Empresa: **Ala de transportes N° 11 – Aeropuerto Mariscal Sucre**

Cargo: Pasantías Laborales- Mantenimiento y  
planificación Mantto aeronaves

Año: 2007

Empresa: **MARKOP (Encuestadora)**

Cargo: Entrevistador de opinión pública

Año: 2006

Empresa: **CFHA (Centro de formación hotelero Alberto)**

Cargo: Diseño gráfico, Atención al cliente, asistencia en  
equipos informáticos

Año: 2004



## **HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA  
EL AUTOR**

---

**David Sebastián Salas Puente**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

**Ing. Guillermo Trujillo**

Latacunga, Marzo 02 del 2010

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, DAVID SEBASTIÁN SALAS PUENTE, Egresado de la carrera de **Mecánica Aeronáutica**, en el año **2009**, con Cédula de Ciudadanía **N° 171817172-9** , autor del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR FISICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DEL AVIÓN BOEING 727 PARA LOS LABORATORIOS DEL BLOQUE 42 DEL ITSA**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**David Sebastián Salas Puente**

Latacunga, Febrero 11 del 2010