

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**IMPLEMENTACIÓN DEL MOVIMIENTO DE GUIÑADA, A TRAVÉS  
DE CILINDROS HIDRÁULICOS EN LA ESTRUCTURA  
SIMULADORA DE LOS MOVIMIENTOS PARA LA CABINA DEL  
AVIÓN BOEING 707**

**POR:**

**ESPINOSA MOYA GEORGE DENNIS**

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por George Dennis Espinosa Moya, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA -MOTORES.

Ing. Trujillo Jaramillo José Guillermo

Latacunga, Octubre 05 2011

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mis padres y a mi abuelita, quienes siempre me apoyaron y motivaron para seguir adelante y culminar mi carrera. Gracias a ustedes porque siempre estuvieron presentes para con voluntad y cariño nunca me permitieron amilanar por las circunstancias adversas que se presentaron en el camino.

**George Dennis Espinosa Moya**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza psicológica e intelectual para lograr cumplir mi primer objetivo en mi vida profesional.

A mi familia, especialmente a mi abuelita María de Lourdes Silva, mi mama Ligia Moya, mi papa Jorge Espinosa y mis hermanos Adrián y Mateo que siempre estuvieron ahí para brindarme su ayuda en los momentos difíciles que hubieron durante este proceso de formación.

Al señor asesor de tesis Ing. Guillermo Trujillo y a mis compañeros de trabajo de tesis que con sus conocimientos técnicos y científicos ayudaron a hacer de la mejor forma posible este trabajo.

**George Dennis Espinosa Moya**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Tema</b>	<b>Pág.</b>
Carátula .....	I
Certificación .....	II
Dedicatoria .....	III
Agradecimiento .....	IV
Índice de Contenidos .....	V
Índice de Tablas .....	XI
Índice de Figuras .....	XII
Índice de Anexos .....	XV
Resumen .....	XVI
Summary .....	XVII

## CAPÍTULO I

### EI TEMA

1.1 Planteamiento del problema .....	01
1.2 Formulación del problema .....	02
1.3 Justificación e Importancia .....	02
1.4 Objetivos .....	03
1.4.1 Generales .....	03
1.4.2 Específicos .....	03
1.5 Alcance .....	04

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la cabina Boeing 707 .....	05
2.2 Guiñada .....	07
2.3 Generalidades del movimiento de guiñada .....	09
2.4 Superficies de mando .....	09
2.5 Mando manual .....	10
2.5.1 Timón de dirección .....	11
2.6 Componentes necesarios para accionar el mecanismo de guiñada .....	12
2.6.1 Rodamientos .....	12
2.6.1.1 Rodamiento de rodillos cilíndricos .....	13
2.6.1.2 Rodamiento de rodillos cónicos .....	14
2.6.1.3 Rodamiento oscilante de rodillos de dos hileras .....	14
2.6.1.4 Rodamientos axiales .....	15
2.6.2 Cilindro actuador .....	16
2.6.2.1 Descripción del cilindro actuador .....	16
2.6.2.2 Tipos de cilindro actuador .....	17
2.6.2.3 Partes de un cilindro actuador .....	19
2.6.2.4 Sellos .....	19
2.6.3 Válvula distribuidora .....	20
2.6.3.1 Clasificación de válvulas .....	20

2.7 Tipos de circuitos .....	22
2.7.1 Circuitos neumáticos .....	22
2.7.2 Circuito hidráulico .....	23
2.7.2.1 Esquema hidráulico tentativo .....	24
2.8 Aceite hidráulico .....	29
2.8.1 Funciones .....	29
2.8.2 Parámetros importantes .....	30
2.8.2.1 Temperatura de funcionamiento .....	30
2.8.2.2 Viscosidad .....	30
2.8.2.3 Compatibilidad .....	30
2.8.2.4 Estabilidad .....	30
2.8.2.5 Velocidad de respuesta .....	30
2.8.2.6 Resistencia de película y presión .....	31
2.8.3 Principales propiedades de los fluidos hidráulicos .....	31
2.9 Soldadura eléctrica .....	31
2.9.1 Clasificación AWS-ASTM .....	32
2.9.2 Nomenclatura de los electrodos para acero dulce .....	32
2.10 Tuberías Hidráulicas .....	33

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares .....	34
3.1.1 Identificación de alternativas .....	34
3.2 Planteamiento de alternativas .....	35
3.3 Descripción de alternativas .....	36
3.3.1 Primera alternativa .....	36
3.3.2 Segunda alternativa .....	38
3.4 Criterios para la selección de alternativas .....	39
3.5 Análisis de las alternativas .....	40
3.5.1 Primera alternativa .....	40
3.5.2 Segunda alternativa .....	40
3.6 Parámetros de evaluación .....	41
3.6.1 Factor estructural .....	41
3.6.2 Factor financiero .....	42
3.6.3 Factor complementario .....	42
3.7 Matriz de evaluación .....	43
3.8 Matriz de decisión .....	44
3.9 Selección de la mejor alternativa .....	45
3.10 Determinación de requerimientos técnicos .....	45
3.11 Diseño de la estructura .....	46



3.11.1 Delimitación de cargas .....	46
3.11.2 Cálculo de fuerzas .....	48
3.11.3 Diseño del eje principal del mecanismo de guiñada .....	51
3.11.4 Diseño del perfil estructural cuadrado del mecanismo de guiñada .....	53
3.12 Diseño del sistema hidráulico .....	57
3.12.1 Selección de los elementos y mecanismos hidráulicos .....	60
3.12.1.1 Selección del cilindro actuador hidráulico .....	60
3.12.1.2 Selección de la bomba .....	63
3.12.1.3 Selección del motor .....	65
3.12.1.4 Selección del aceite hidráulico .....	66
3.12.1.5 Selección del filtro .....	68
3.12.1.6 Selección de la válvula limitadora de presión .....	70
3.12.1.7 Selección del manómetro .....	70
3.12.1.8 Selección del control de mando .....	72
3.12.1.9 Selección de la cañería de aspiración .....	73
3.12.1.10 Selección de depósito o tanque .....	74
3.12.1.11 Selección de rodamiento .....	75
3.13 Descripción del movimiento de guiñada .....	77
3.14 Descripción de funcionamiento .....	78
3.15 Requerimientos Técnicos .....	79
3.16 Materiales de construcción .....	80

3.17 Cuadros de maquinas, herramientas y materiales usados en la construcción de la estructura simuladora del movimiento de guiñada .....	86
3.18 Diagramas de flujos de procesos .....	88
3.19 Pruebas de funcionamiento .....	94

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS**

### **ECONÓMICO**

4.1 Presupuesto .....	97
4.2 Análisis económico .....	97
4.2.1 Recursos materiales .....	97
4.2.2 Recursos humanos .....	99
4.2.3 Otros .....	99
4.3 Costo total .....	100

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y**

### **RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones .....	101
5.2 Recomendaciones .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.- 2.1: Tipo de revestimiento y corriente eléctrica .....	32
Tabla No.- 3.1: Matriz de evaluación .....	43
Tabla No.- 3.2: Matriz de decisión .....	44
Tabla No.- 3.3: Características cilindro actuador .....	63
Tabla No.- 3.4: Características bomba .....	64
Tabla No.- 3.5: Características aceite hidráulico .....	67
Tabla No.- 3.6: Características del filtro .....	69
Tabla No.- 3.7: Características del manómetro .....	71
Tabla No.- 3.8: Código de maquinas utilizadas en la construcción .....	86
Tabla No.- 3.9: Código de herramientas utilizadas en la construcción .....	86
Tabla No.- 3.10: Código de materiales de construcción utilizados .....	87
Tabla No.- 3.11: Selección de materiales hidráulicos de la estructura simuladora de los movimientos del avión .....	87
Tabla No.- 3.12: Símbolos a utilizarse para el diagrama de flujo de procesos..	88
Tabla No.- 3.13: Pruebas de funcionamiento .....	94
Tabla No.- 4.1: Análisis del costo por alquiler de herramienta .....	98
Tabla No.- 4.2: Análisis del costo de materiales .....	98
Tabla No.- 4.3: Análisis del costo de mano de obra .....	99
Tabla No.- 4.4: Análisis del costo de otros gastos .....	99
Tabla No.- 4.5: Costo total .....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.- 2.1: Dimensiones de cabina Boeing 707 .....	6
Figura No.- 2.2: Dimensiones de cabina Boeing 707 .....	7
Figura No.- 2.3: Ejes y movimientos del avión .....	8
Figura No.- 2.4: Ubicación del timón de dirección .....	11
Figura No.- 2.5: Generación de la guiñada .....	12
Figura No.- 2.6: Rodamiento de rodillos cilíndricos .....	13
Figura No.- 2.7: Rodamiento de rodillos cónicos .....	14
Figura No.- 2.8: Rodamiento oscilante de rodillos de dos hileras .....	15
Figura No.- 2.9: Rodamiento axial .....	15
Figura No.- 2.10: Cilindro actuador .....	16
Figura No.- 2.11: Cilindro de simple efecto .....	17
Figura No.- 2.12: Cilindro de doble efecto .....	18
Figura No.- 2.13: Cilindro de doble vástago .....	18
Figura No.- 2.14: Cilindro actuador- Sellos .....	20
Figura No.- 2.15: Válvula distribuidora .....	21
Figura No.- 2.16: Esquemas hidráulico y neumático .....	24
Figura No.- 2.17: Circuito hidráulico simple analizado por elementos .....	24
Figura No.- 2.18: Cilindro actuador doble efecto .....	25
Figura No.- 2.19: Deposito .....	26
Figura No.- 2.20: Moto-bomba .....	26
Figura No.- 2.21: Filtro .....	27
Figura No.- 2.22: Válvula de seguridad .....	28

Figura No.- 2.23: Válvula Distribuidora .....	28
Figura No.- 2.24: Instalación correcta de cañerías flexibles .....	33
Figura No.- 3.1: Primera alternativa.....	36
Figura No.- 3.2: Segunda alternativa.....	38
Figura No.- 3.3: Pesos distribuidos en la estructura .....	47
Figura No.- 3.4: Diagrama descriptivo .....	48
Figura No.- 3.5: Diagrama de cuerpo libre.....	48
Figura No.- 3.6: Diagrama de cuerpo libre F1.....	49
Figura No.- 3.7: Diagrama descriptivo P.....	50
Figura No.- 3.8: Diagrama de cuerpo libre F.....	50
Figura No.- 3.9: Diagrama de cuerpo libre <b>oc</b> .....	51
Figura No.- 3.10: Diagrama de fuerza de giro perpendicular.....	52
Figura No.- 3.11: Representación de fuerzas distribuidas .....	53
Figura No.- 3.12: Representación de fuerzas en la primera sección .....	53
Figura No.- 3.13: Representación de fuerzas en la última sección .....	54
Figura No.- 3.14: Diagrama de fuerzas cortantes .....	54
Figura No.- 3.15: Diagrama de momento flector .....	55
Figura No.- 3.16: Gráfico de inercias.....	55
Figura No.- 3.17: Sistema hidráulico .....	60
Figura No.- 3.18: Cilindro actuador de doble efecto.....	61
Figura No.- 3.19: Bomba de engranajes.....	64
Figura No.- 3.20: Motor eléctrico trifásico .....	65
Figura No.- 3.21: Aceite hidráulico Dexron III .....	68

Figura No.- 3.22: Filtro de malla metálica .....	69
Figura No.- 3.23: Válvula limitadora de presión .....	70
Figura No.- 3.24: Manómetro de tubo elástico .....	71
Figura No.- 3.25: Válvula distribuidora .....	72
Figura No.- 3.26: Cañería flexible de diámetro 3/8 .....	74
Figura No.- 3.27: Deposito de aceite hidráulico .....	75
Figura No.- 3.28: Rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525 .....	76
Figura No.- 3.29: Estructura simuladora del movimiento de guiñada .....	77
Figura No.- 3.30: Perfil cuadrado de acero A36 .....	81
Figura No.- 3.31: Estructura del movimiento de guiñada .....	81
Figura No.- 3.32: Eje cilíndrico de acero A36 .....	82
Figura No.- 3.33: Eje sobre el que se monta el perfil cuadrado .....	82
Figura No.- 3.34: Acero cementado endurecido .....	83
Figura No.- 3.35: Pasador empleado en cilindro hidráulico .....	83
Figura No.- 3.36: Plancha de acero inoxidable .....	84
Figura No.- 3.37: Plancha utilizada en el eje principal .....	84
Figura No.- 3.38: Electrodo 7018 .....	85
Figura No.- 3.39: Suelda implementada en sujeción de elementos .....	85
Figura No.- 3.40: Suelda implementada en sujeción de elementos .....	85
Figura No.- 3.41: Giro de cabina hacia izquierda .....	95
Figura No.- 3.42: Giro de retorno de cabina a punto inicial .....	95
Figura No.- 3.43: Giro de cabina hacia derecha .....	96

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Anteproyecto
- Anexo B** Manuales
- Anexo C** Datos técnicos de flexión y torsión
- Anexo D** Especificaciones técnicas de perfil estructural cuadrado de acero  
A36
- Anexo E** Especificaciones técnicas de elementos hidráulicos
- Anexo F** Especificaciones técnicas de electrodos para aceros al carbono
- Anexo G** Planos
- Anexo H** Certificación de pruebas funcionales
- Anexo I** Documento de aceptación de usuario
- Anexo J** Simbología hidráulica
- Anexo K** Ilustraciones del proceso de construcción

## RESUMEN

El presente proyecto surge de la necesidad expuesta en la asignatura de Avión en general, Aerodinámica y de la necesidad del “bloque 42” como herramienta de instrucción del taller de mecánica aeronáutica

El taller de mecánica aeronáutica está conformado por diversas herramientas y equipos certificados para su propósito, pero también hay necesidad de equipos de instrucción para reforzar la teoría de las asignaturas de carrera.

Habiendo existido la necesidad se prosiguió a construir la estructura simuladora de los movimientos del avión, sin embargo para la construcción del simulador fue necesario investigar una alternativa idónea de una de las partes que conforma el grupo simulador, es decir de el mecanismo de guiñada.

Fue necesario realizar un estudio de parámetros de funcionamiento en los sistemas que requiere el mecanismo de guiñada, obteniendo resultados satisfactorios con respecto a factores de seguridad, operación y mantenimiento de cada uno de los elementos.

Posteriormente, se procedió a la construcción de la estructura simuladora del movimiento de guiñada tomando en consideración al estudio del sistema hidráulico y sus componentes estructurales. En el sistema hidráulico se analizó la presión que requería el sistema para de tal manera se pueda elegir la mejor opción en cuanto a cañerías flexibles, cilindro actuador, bomba de presión, indicador de presión de aceite (manómetro). Y en cuanto a la estructura del mecanismo de guiñada se analizó y se tomo la decisión de realizar el eje longitudinal con perfiles estructurales cuadrados de acero A36 y para lograr el giro de la estructura se seleccionó un eje en base a acero A36.

Para la protección y prevención de corrosión fue pintado con pintura de tono amarillo, de esta manera se mantendrá la vida útil de los elementos estructurales de acero y mejorara su apariencia física.



## **SUMMARY**

This project stems from the need exposed in the subject of Aircraft in general, aerodynamics, and of the foolishness of the "block 42" as a tool of instruction from the mechanics workshop aeronautics

The mechanical workshop aeronautics is composed of various tools and equipment certified for its purpose, but there is also need for training teams to strengthen the theory of the subjects of career.

There has been no need continued to build the structure mimicker of the movements of the aircraft, however, for the construction of the simulator was necessary to investigate a suitable alternative to one of the parties that makes up the group simulator, i.e. of the mechanism of yaw.

It was necessary to undertake a study of operating parameters in the systems that requires the mechanism of yaw, obtaining satisfactory results with regard to factors of security, operation and maintenance of each of the elements.

Subsequently, proceeded to the construction of the structure mimicker of the movement of yaw taking into consideration the study of the hydraulic system and its structural components. In the hydraulic system pressure was analyzed that required by the system for in such a way is to choose the best option for flexible pipes, cylinder actuator, pump pressure, pressure gauge oil (manometer). And with regard to the structure of the mechanism of yaw was discussed and took the decision to perform longitudinal axis with structural profiles square meters of steel A36 and to achieve the spin of the structure was selected a axis on the basis of steel A36.

For the protection and the prevention of corrosion was painted in yellow tone, in that way will the useful life of the structural elements of steel and improve their physical appearance.

## **CAPÍTULO I EL TEMA**

## 1.1 Planteamiento del Problema

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) ubicado en la ciudad de Latacunga – provincia de Cotopaxi, es un establecimiento de educación superior, él mismo que está regulado en base a la parte 147 de los Tomos de Recopilación de Derecho Aéreo, aprobados por el Ministerio de Educación mediante resolución ministerial N° 3237 del 8 de noviembre de 1999, legal y debidamente registrada en el consejo de educación CONESUP con el número 05-003.

ITSA, es una Escuela Técnica que forma Tecnólogos Aeronáuticos de carácter académico; está estructurada en función de los requerimientos que demanda el campo laboral, brindando capacitación técnica y experimental en la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores y Aviones, también ofrece tecnologías de Electrónica, Logística, Telemática y Seguridad Aérea y Terrestre.

Uno de los objetivos principales de la carrera de Mecánica del ITSA es complementar la teoría con la práctica, lo que permite que el estudiante logre destrezas de desmontaje, inspección, montaje, caza fallas en su laboratorio de motores y laboratorio de mecánica (bloque 42).

Debido a la falta de equipos de instrucción en los laboratorios de mecánica aeronáutica se ha propuesto implementar ideas innovadoras, software interactivo, herramientas especiales, estructuras didácticas, etc. En las cuales se pueda brindar una buena instrucción tanto en sistemas y componentes de la aeronave como en los de motores (incluyendo hélices) en el bloque 42. Es una obligación de mayor prioridad del ITSA, la obtención de nuevos y actualizados equipos de instrucción ya que consecuentemente proveerá fortalecimiento al proceso de enseñanza y aprendizaje. Pero el alto costo que genera la compra de equipos de instrucción es bastante alto y con las limitaciones económicas que cuenta la FAE se hace muy difícil adquirirlos.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿La construcción de un equipo de instrucción para la carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico contribuirá al mejoramiento del proceso de enseñanza?

## **1.3 Justificación e Importancia**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico siendo la Primera Escuela Técnica de Aviación en todo el territorio Ecuatoriano con su sede en Latacunga, planifica y desarrolla proyectos de carácter académico e institucional, ha logrado ser una institución prestigiosa con el pasar de los años. Siempre ha luchado por enriquecer a los estudiantes y docentes con conocimientos actualizados a equipos y sistemas de instrucción bastante efectivos, no obstante la tecnología continua avanzando, las tecnologías se van desarrollando con mayor facilidad y consecuentemente evolucionan nuevos tipos de herramientas que le dan soporte al estudiante para lograr asimilar la información de mejor manera y brindándole al operario la comodidad al momento de trabajar en aviación.

La formación de tecnólogos competitivos en el campo laboral aeronáutico es una de las exigencias del ITSA, cumplirla a través de equipos de instrucción y software interactivo ayudara al desarrollo de destrezas y aptitudes del estudiante que cumplirá funciones en mantenimiento de aeronaves y ayudara a la misma facultad de Mecánica Aeronáutica a incrementar su nivel educativo técnico y científico.

La presente investigación se la realiza para encontrar probables debilidades con respecto a equipos de instrucción que posee el ITSA y está enfocada a encontrar un equipo idóneo de instrucción, tratando de optimizar con eficiencia medios disponibles que se encuentran en el Instituto, añadiéndoles nuevas funciones.

#### **1.4      Objetivos:**

##### **1.4.1   Generales**

- > Construir una estructura simuladora de movimiento que generará el movimiento de guiñada en la cabina del avión Boeing 707, que será alojada en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

##### **1.4.2   Específicos**

- Realizar una investigación sobre el sistema idóneo que permitirá el óptimo movimiento de guiñada en la cabina.
- Determinar el material de construcción e indicar la importancia del por qué será utilizado en la estructura simuladora del movimiento de guiñada.
- Delimitar el espacio físico en el que se llevará a cabo la instalación de la estructura simuladora del movimiento de Guiñada.
- Comprobar el óptimo funcionamiento del movimiento de guiñada implementado en la cabina del avión Boeing 707.

## **1.5 Alcance**

Este proyecto podrá ser empleado no solo en la carrera de mecánica aeronáutica aviones y motores; sino también para las distintas carreras que tiene el ITSA, que posean asignaturas que contemplen conocimientos que exijan el uso de la estructura generadora del movimiento de Guiñada.

El desarrollo del proyecto se va a basar exclusivamente en el movimiento de guiñada del avión.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Generalidades de la Cabina Boeing 707**

El Boeing 707 es una aeronave comercial de cuatro motores desarrollada por Boeing a principios de los años 1950.

Hasta la década de 1950, Boeing era un fabricante sin mucha expresión, entre las muchas existentes en los Estados Unidos. Era conocida sólo por sus aeronaves militares, y en la verdad, 707 nació como un proyecto de nave de reabastecimiento, conocida como KC-135A.

El 707 estaba basado en un prototipo de la empresa aeronáutica Boeing conocido como el 367-80. El desarrollo del "Dash 80" (como era conocido dentro de Boeing) tuvo un costo de 16 millones de dólares. Su desarrollo tomó menos de dos años desde el inicio del proyecto en 1952 hasta que despegó el 14 de mayo de 1954. El prototipo sirvió de base para dos aeronaves, el KC-135 Stratotanker, un avión cisterna usado por el ejército de los EE.UU (USAF), y el propio 707. Éste estaba propulsado por cuatro motores Pratt & Whitney JT3C

Tiene para muchos un puesto destacado en la era de los jet comerciales siendo el primero del tipo Boeing 7X7. Boeing distribuyó 1.010 aeronaves del modelo 707.

La producción del 707 para pasajeros finalizó en 1978 con un total de 1010 aeronaves construidas para uso civil. La versión militar continuó en producción hasta 1991. Algunas piezas del 707 todavía se encuentran en algunos de los productos actuales de Boeing, sobre todo en el Boeing 737, que usa una versión modificada del fuselaje del 707. El Boeing 727 y el 757 usaban prácticamente el mismo fuselaje expandido o reducido para servir a las necesidades particulares de cada modelo. El 727 y el 737 también usaban el mismo morro y la misma configuración de la cabina que el 707.

## Especificaciones de Cabina (Boeing 707)

### Características generales

**Capacidad:** 4 pasajeros

**Longitud:** 4 m

**Altura:** 2.15 m

**Peso vacío:** 1.078 kg

**Peso máximo al despegue:** 879 kg

### Rendimiento

**Velocidad crucero (Vc):** 1.000 km/h (540 nudos)

**Alcance:** 6.820 km (3.680 MN)

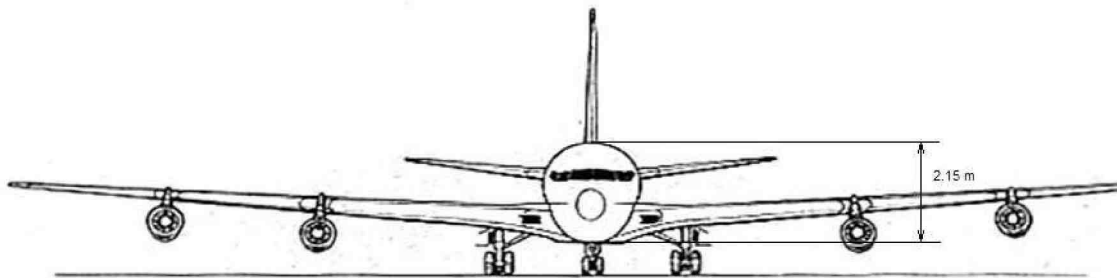


Figura 2.1. Dimensiones de Cabina Boeing 707

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_707](http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_707)

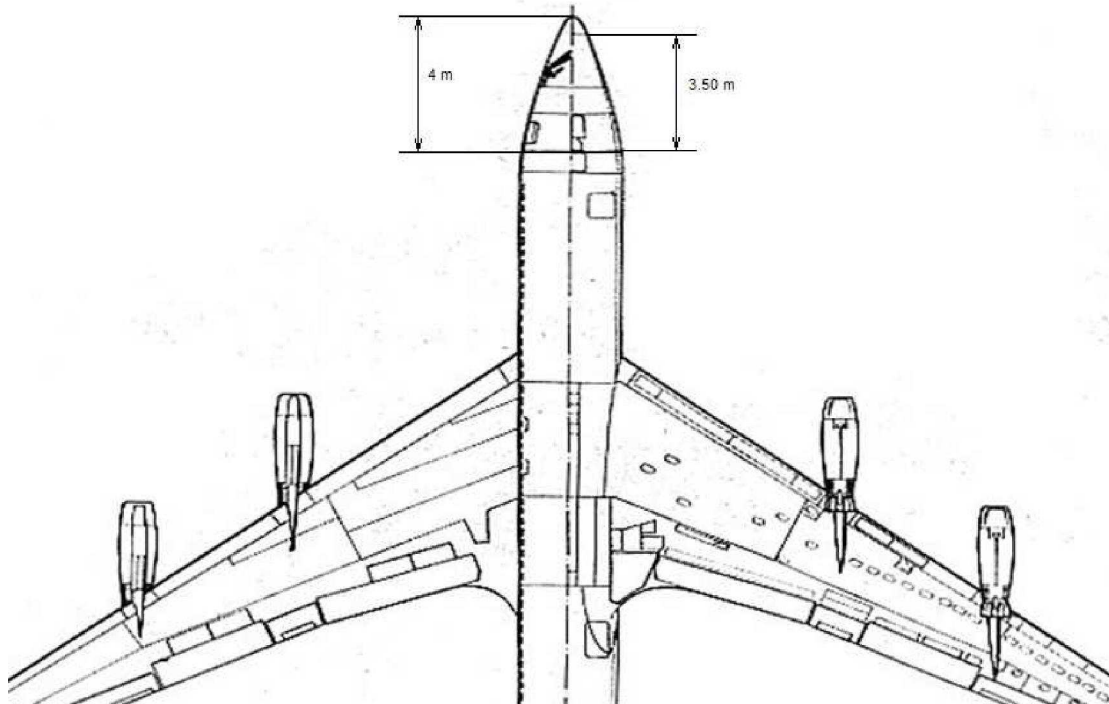


Figura 2.2. Dimensiones de Cabina Boeing 707

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_707](http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_707)

## 2.2 Guiñada

El eje vertical es un eje imaginario que, pasando por el centro de gravedad del avión, es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal. Este eje es perpendicular al eje de cabeceo y al de balanceo, está contenido en un plano que pasa por el morro y la cola del aparato y que normalmente divide a este en dos partes simétricas).

El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina guiñada (movimiento del avión respecto del eje imaginario vertical que pasa por el centro de gravedad de la aeronave). La superficie de mando de la guiñada es el timón de cola o timón de dirección.



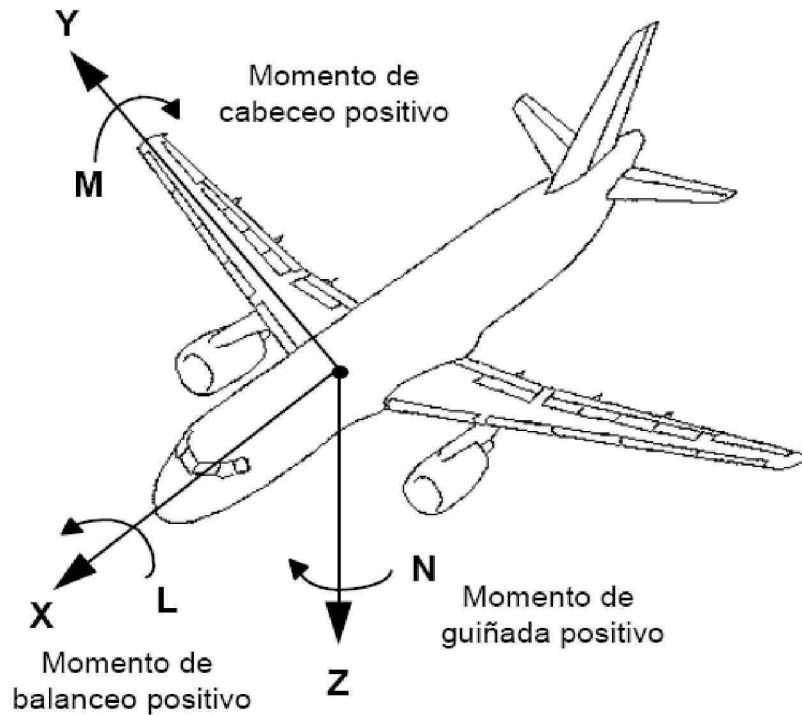


Figura 2.3. Ejes y Movimientos del Avión

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_707](http://en.wikipedia.org/wiki/Boeing_707)

El control sobre el timón de dirección se realiza mediante los pedales. Para conseguir un movimiento de guiñada hacia la derecha, el piloto presiona el pedal derecho, generando así el giro de la superficie del timón de dirección hacia la derecha. Esto provocará una deflexión del viento relativo (debido a la velocidad de vuelo del avión) hacia este lado, lo que causa una reacción que empuja el plano de deriva del avión hacia la izquierda y, por tratarse de una estructura rígida, el resultado es un giro del morro a la derecha sobre el eje vertical mencionado.

La guiñada puede ocurrir de forma involuntaria en vuelo o en tierra.

En vuelo puede ser causada por una ráfaga de viento lateral o por irregularidades aerodinámicas debidas al pilotaje. En casos extremos se puede llegar a la autorrotación, que origina la barrena.

La guiñada en tierra puede ser provocada, además de las causas citadas, por diferente resistencia al avance entre una y otra rueda debida a la superficie del terreno o a una frenada irregular que puede provocar un "caballito", incidente en el que el aparato sufre una guiñada rápida de 90° o más, con peligro de rotura de un ala, o de la cola en los aviones que apoyan el peso de la misma sobre un patín.

Etimológicamente, hay una acepción náutica del término 'guiñada', de la que se deriva la acepción aeronáutica. La RAE la define como "Desvío de la proa del buque hacia un lado u otro del rumbo a que se navega, producido por mal gobierno de la embarcación, descuido del timonel, gran marejada u otra causa".

### **2.3 Generalidades del Movimiento de Guiñada**

Para entender de mejor manera la generación del movimiento de Guiñada es necesario saber algunos términos:

Eje "Z" o vertical. Atraviesa la mitad del fuselaje. El movimiento sobre el eje vertical se denomina "guiñada" y se controla por medio del timón de cola o dirección, situado también en la cola del avión.

### **2.4 Superficies de Mando**

Se llama superficies de mando a aquellas partes del avión cuya función es la de ayudar al piloto a modificar la orientación de la aeronave. Podemos distinguir entre superficies de mando primarias y secundarias.

Las superficies de mando primarias son aquellas que dan el control de la aeronave al piloto. En la actualidad, existen 3 tipos: el timón de profundidad, los alerones y el timón de dirección.

En cambio, las superficies de mando secundarias son aquellas que modifican la sustentación del avión. Los distintos tipos son:

flaps, compensadores, slats y spoilers (aerofrenos).

## **2.5 Mando Manual**

La misión de los pilotos será la de accionar y corregir los ángulos de estas superficies para de ese modo controlar la aeronave, tanto su posición como su orientación.

Para evitar la continua acción del piloto sobre los mandos, se usan unas ruedas o compensadores de profundidad, alabeo y dirección. Estas ruedas controlan unas superficies aerodinámicas de pequeño tamaño llamadas compensadores o aletas compensadoras, que se mueven en sentido contrario al de la superficie de mando principal en la que se encuentran montadas, manteniéndola en posición deseada.

Por ejemplo, si un viento lateral tiende a desviar el avión hacia la derecha de su ruta, el piloto puede corregir el efecto del viento presionando el pedal izquierdo; para evitar la presión constante sobre el pedal, el piloto puede girar la rueda del compensador de dirección hacia la izquierda.

Así, la aleta compensadora se moverá hacia la derecha, obligando al timón de dirección a desplazarse un poco a la izquierda. Manteniéndose así deflectado, el avión habrá corregido su desviación y el piloto no estará obligado a presionar constantemente el pedal.

### 2.5.1 Timón de Dirección

El timón de dirección se ubica sobre la superficie vertical situada en la cola del avión (empenaje) como se muestra en la figura 2.4. Su posición se encuentra en una zona alejada del centro de gravedad haciendo que el par que genera sobre el avión sea mayor y, por tanto, aumentando su efectividad.

El accionamiento del timón de dirección es el responsable del movimiento de guiñada.

La superficie vertical de la cola puede considerarse aerodinámicamente un perfil simétrico y, por tanto, puede considerarse un perfil neutro que no genera ninguna fuerza hacia la derecha o izquierda.

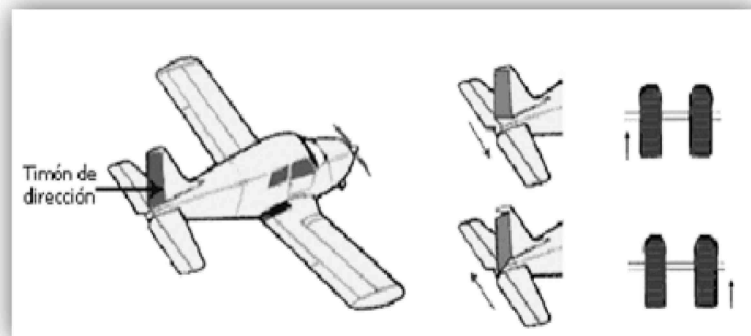


Figura 2.4. Ubicación del timón de dirección Fuente:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes\\_del\\_avion](http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes_del_avion)

Para accionar el timón de dirección el piloto opera con los pies. Al pisar el pedal derecho, el timón de dirección gira hacia la derecha, generando una curvatura de la superficie que produce una fuerza hacia la izquierda que hace desplazar el morro del avión hacia la derecha (ver figura 2.4). Al pisar el pedal izquierdo se produce el efecto contrario

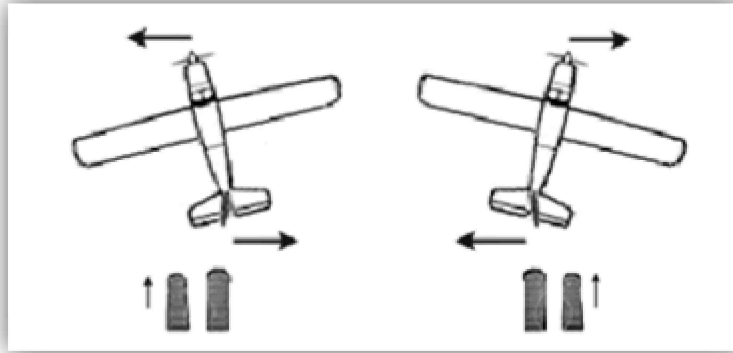


Figura 2.5. Generación de la guiñada Fuente:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes\\_del\\_avi%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Ejes_del_avi%C3%B3n)

El timón de dirección permite controlar el movimiento de guiñada pero tiene un efecto secundario sobre el movimiento de alabeo. Si en un vuelo recto el piloto decide presionar únicamente el pedal derecho, el timón de dirección hace que el morro del planeador gire hacia la derecha. Esto implica que el ala izquierda tenga una velocidad mayor que la del ala derecha por estar más alejada del eje de giro. Esta diferencia de velocidades implica que la sustentación en la punta del ala izquierda sea mayor que la del ala derecha, provocando una diferencia de sustentación que hace alabeo el planeador hacia la derecha. Este efecto secundario produce el alabeo en la dirección adecuada, por lo que para iniciar correctamente un giro siempre debe usarse pedal y palanca en ese orden. No obstante, este efecto secundario cerca de la pérdida se hace muy intenso y peligroso puesto que puede dar lugar a la barrena si el ala interior del giro reduce su velocidad por debajo de la velocidad de pérdida.

## 2.6 Componentes necesarios para accionar el mecanismo de Guiñada

### 2.6.1 Rodamientos

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. En la selección de los materiales, deben tomarse en consideración las temperaturas de operación y una adecuada resistencia a la corrosión.

**El material para las jaulas ha evolucionado en forma importante actualmente se utilizan aceros, metales de bajo roce y poliamida. Otra característica de los rodamientos es la exactitud de sus dimensiones cada parte de tener tolerancias muy estrechas para un satisfactorio funcionamiento del conjunto.**

**Existen rodamientos de muy variados tipos para adecuarse a las diversas aplicaciones, es muy importante escoger el rodamiento preciso, tomando la decisión en base a criterios tales como: costo, facilidad de montaje, vida útil, dimensiones generales, simpleza del conjunto, disponibilidad de repuestos y tipo de lubricación.**

**Puesto que en el proyecto de grado se debe manejar mayormente gran cantidad de peso es aconsejable el uso de los siguientes tipos de rodamientos:**

#### **2.6.1.1 Rodamiento de Rodillos Cilíndricos**

**Los rodamientos de rodillos cilíndricos son despiezables con lo que se facilita el montaje y el desmontaje. Ambos aros pueden ser montados con un ajuste fijo. Para evitar tensiones en los cantos, los rodillos y los caminos de rodadura tienen un contacto lineal modificado.**



**Figura 2.6. Rodamiento de Rodillo Cilíndrico**

Fuente: <http://www.rodastock.cl/>

### 2.6.1.2 Rodamiento de Rodillos Cónicos

Los rodamientos de rodillos cónicos son despiezables; el aro interior con la corona de rodillos y el aro exterior pueden mostrarse por separado. El contacto lineal modificado entre los rodillos y los caminos de rodadura evita tensiones en los cantos. Los rodamientos de rodillos cónicos absorben altas fuerzas axiales y radiales. Ya que los rodamientos de rodillos conciso solo absorben cargas axiales en un sentido.



Figura 2.7. Rodamiento de Rodillos Cónicos

Fuente: <http://www.rodastock.cl/>

### 2.6.1.3 Rodamiento Oscilante de Rodillos de dos Hileras

El rodamiento **oscilante de rodillos** es un rodamiento para absorber las **mayores cargas**. Contiene dos hileras de rodillos tonel-simétricos, que se adaptan angularmente sin esfuerzos en el camino de rodadura cóncavo-esférico del aro exterior. Así se compensan errores de **alineación** entre los apoyos y flexiones del eje.

Los rodamientos oscilantes de rodillos contienen una **cantidad máxima** de rodillos de gran diámetro y longitud. Debido a una **oscilación estrecha** entre los rodillos y los caminos de rodadura se obtiene una **distribución uniforme** de las tensiones y una elevada capacidad de carga.



Figura 2.8. Rodamiento Oscilante de Rodillos de dos Hileras

Fuente: <http://www.rodastock.cl/>

#### 2.6.1.4 Rodamientos Axiales

Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en la misma dirección del eje. Constan en forma general de tres piezas: Un aro superior, un aro inferior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo. Por ejemplo, pensemos en un carrusel, el peso total de esta máquina actúa verticalmente hacia el suelo y debe rotar en torno a un eje vertical al suelo, en esta aplicación debe utilizarse un rodamiento axial de gran diámetro, cuyo aro superior sostenga al carrusel y cuyo aro inferior se apoye en el suelo.



Figura 2.9. Rodamiento Axial

Fuente: <http://www.rodastock.cl/>



## 2.6.2 Cilindro Actuador

En su forma más simple, los cilindros son accionadores lineales. Sus salidas son movimiento o fuerza en línea recta. Los tipos más comunes son los cilindros de acción simple y los cilindros de acción doble.

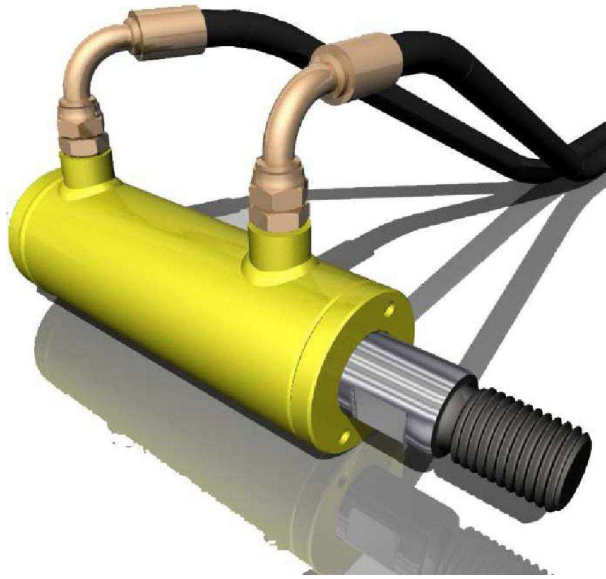


Figura 2.10. Cilindro Actuador

### 2.6.2.1 Descripción del Cilindro Actuador

Los cilindros hidráulicos constan de un cuerpo, un cabezal posterior y otro anterior que presenta un agujero para permitir que el vástago se deslice a través del cabezal anterior. La parte móvil del cilindro consta de embolo y el vástago que transmite la posición del embolo al exterior. La cámara posterior no presenta problemas, pero en la anterior existe el agujero de salida del vástago, por lo que esta debe equiparse con las correspondientes juntas. Se basan: en que toda presión aplicada sobre un aceite contenido en un recipiente rígido y cerrado se transmite uniformemente en todas direcciones. En una palabra, los cilindros hidráulicos son los brazos de los sistemas hidráulicos.

## 2.6.2.2 Tipos de Cilindro Actuator

### Cilindro de Simple Efecto o de Accionamiento Simple

Este tipo de cilindro está diseñado para cuando es necesario la aplicación de fuerza en un solo sentido. El fluido es aplicado en la cara delantera del cilindro y la opuesta conectada a la atmósfera como en la figura 2.11. El cilindro tipo pistón de accionamiento simple utiliza la presión del fluido para proporcionar la fuerza en una dirección, y la tensión de un resorte, la gravedad, el aire comprimido, o el nitrógeno se utiliza para proporcionar la fuerza en la dirección opuesta. La figura adjunta muestra un cilindro actuator de accionamiento simple, cargado con resorte, tipo pistón. En este cilindro el resorte está situado en el lado del vástago del pistón. En algunos cilindros por resorte, el resorte está situado en el lado vacío, y el puerto fluido está en el lado del vástago del cilindro.

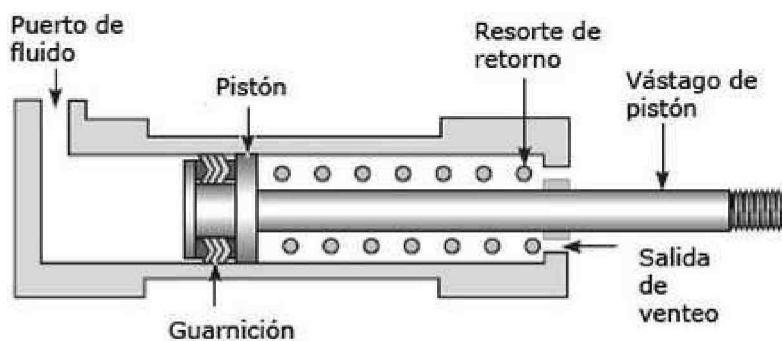


Figura 2.11. Cilindro de simple efecto Fuente:

[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)

### Cilindro de Doble Efecto o de Accionamiento Doble

Es el cilindro que tiene la capacidad de generar dos movimientos en diferentes direcciones, el fluido bajo presión se puede aplicar a cualquier lado del pistón para proporcionar la fuerza y producir el movimiento. Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su

posición inicial, ya que hay un esfuerzo hidráulico en ambos sentidos. Se dispone de una fuerza útil en ambas direcciones.

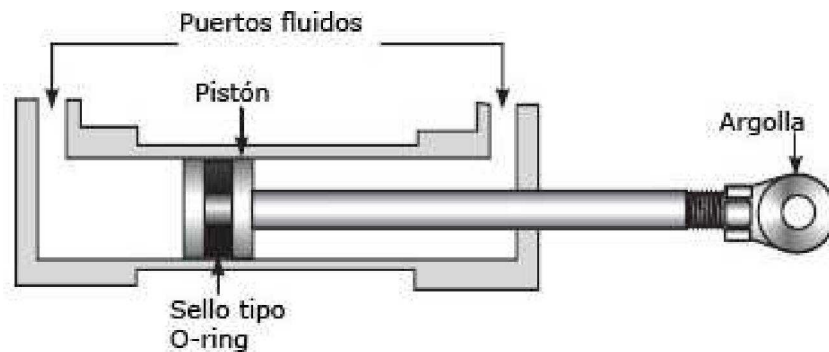


Figura 2.12. Cilindro de doble efecto Fuente:

[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)

### Cilindro de doble actuador o doble vástago

El cilindro de doble vástago, es un tipo de cilindro de doble efecto. Como se puede observar en el dibujo, tiene dos salidas para el vástago. La fuerza es igual tanto para un lado como para el otro. El funcionamiento es idéntico que el explicado anteriormente. Su uso está restringido a la necesidad de evitar los esfuerzos laterales que pueda sufrir el vástago, al tener dos guías, la posición del vástago queda reforzada.

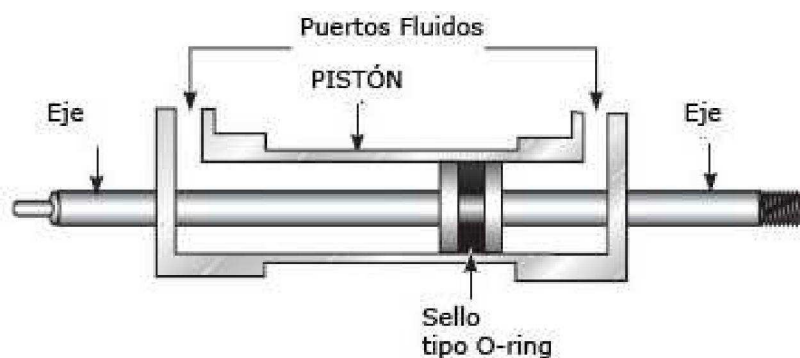


Figura 2.13. Cilindro de doble vástago Fuente:

[http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)

### **2.6.2.3 Partes de un Cilindro Actuador**

- a) Camisa o tubo. Es un acero estirado sin soldaduras rectificadas y lapeadas 12 u.
- b) Vástagos. Pueden ser normales o reforzados, son de acero cromado y rectificado de gran presión. Normalmente roscadas al final.
- c) Tapas. Son de acero soldadas, atornilladas o roscadas.
- d) Pistón o embolo. Son de aleación de aluminio, acero o fundición al cromo níquel.
- e) Bocas de aceite. Por donde entra y sale el aceite.
- f) Amortiguación fin de carrera. Para frenar el pistón y que no golpee en las tapas.
- g) Evacuación de fuga de agua. En los cilindros de simple efecto.
- h) Empaquetaduras y retenes. Para estanqueidad de los vástagos (guarniciones metálicas de alma de caucho, metal de blanco-plomo, caucho sintético retenes con labio sellado, cargado con un muelle, reten acopado-recorder neumática).
- i) Jutas metálicas. Para estanqueidad entre el pistón y la camisa. Cuero embutido, segmentos, doble segmento en una sola pieza, juntas metálicas expansivas y juntas labiales.

### **2.6.2.4 Sellos**

Los sellos se usan en diferentes partes del cilindro, como se muestra en la figura 2.14.

El sello del pistón se usa entre el pistón y la pared del cilindro. Su diseño permite que la presión de aceite extienda el sello contra la pared del cilindro, de manera que, a mayor presión, mayor fuerza sellante.

El sello del extremo de la cabeza (sello anular) evita que el aceite escape por entre el cuello del vástago y la pared del cilindro.

El sello de vástago es un sello en forma de “U” que limpia el aceite del vástago a medida que el vástago se extiende por el cilindro.

El sello de labio se ajusta al cilindro e impide que la suciedad o el polvo entren al cilindro cuando se retrae el vástago del cilindro.

Los sellos se fabrican en poliuretano, nitrilo o viton. El material debe ser compatible con los fluidos usados y las condiciones de operación.

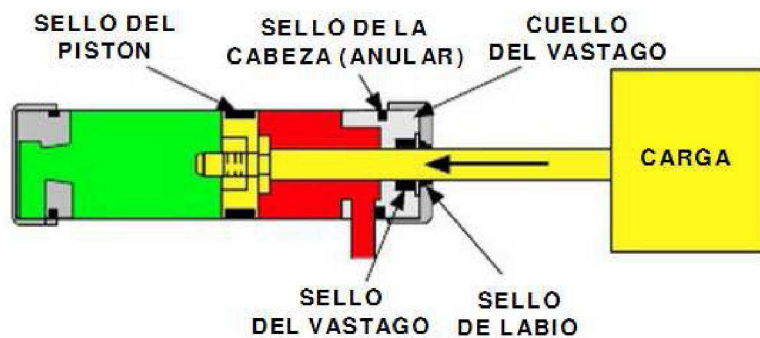


Figura 2.14. Cilindro Actuador – Sellos Fuente:

<http://sitioniche.nichese.com/cilindros-dobles.html>

### 2.6.3 Válvula Distribuidora

La función de una válvula distribuidora es permitir realizar y ordenar los cambios en la dirección del fluido hidráulico, según las necesidades de cada fase del ciclo de trabajo, abriendo o cerrando determinadas vías de paso.

#### 2.6.3.1 Clasificación de Válvulas

##### Válvulas Antirretorno

Simplemente permiten el paso de fluido en un sentido y lo bloquean en el contrario, pueden ser Directas o Pilotadas

##### Válvulas distribuidoras 2/2

2 vías / 2 posiciones

**Válvulas distribuidoras 3/2**

**3 vías / 2 posiciones**

**Válvulas distribuidoras 4/2**

**4 vías / 2 posiciones**

**Válvulas distribuidoras 4/3**

**4 vías / 3 posiciones**

**Válvulas distribuidoras 5/2**

**5 vías / 2 posiciones**

**Válvulas distribuidoras 5/3**

**5 vías / 3 posiciones**

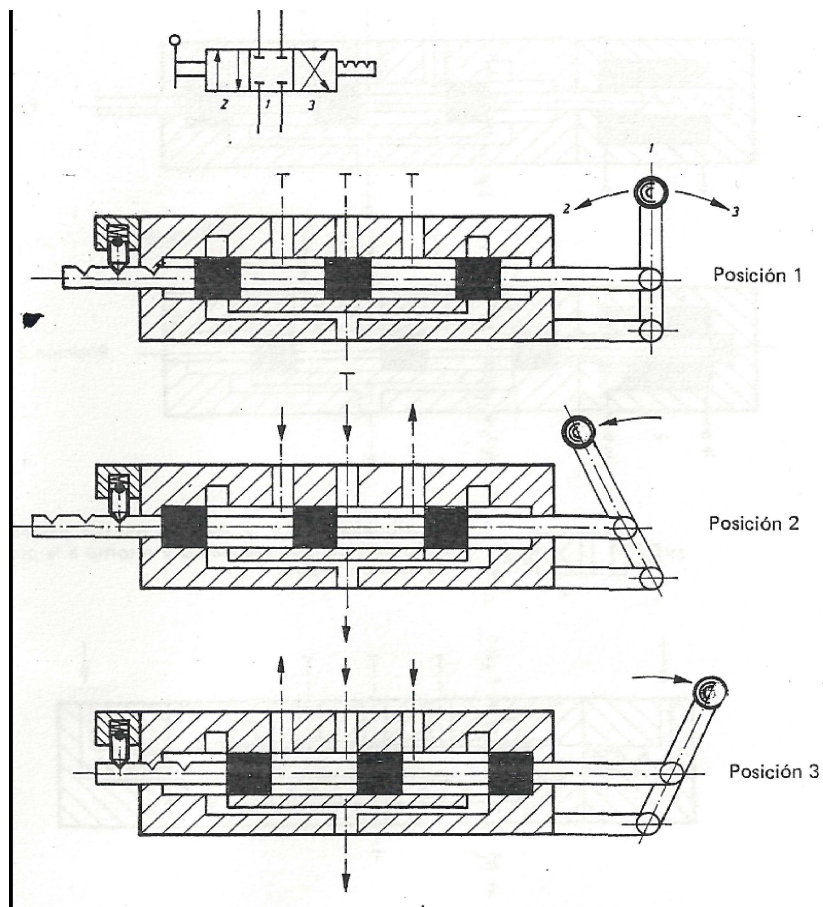


Figura 2.15. Válvula Distribuidora  
Fuente: Principios Hidráulica Básica

En la figura 2.15. se representa un distribuidor de 4 vías / 3 posiciones de accionamiento manual, a través de palanca con enclavamiento para las tres posiciones.

### **Posición 1**

A esta posición corresponde la situación intermedia, en la que todas las vías están cerradas.

### **Posición 2**

En esta situación el aire tiene entrada al circuito utilizador y al mismo tiempo se da escape al fluido bajo presión que tenía una parte del circuito.

### **Posición 3**

Situación similar a la anterior pero conmutando la entrada por salida y la salida por entrada.

## **2.7 Tipos de Circuitos**

### **2.7.1 Circuitos Neumáticos**

En los circuitos neumáticos, el aire de retorno, el que no ejecuta la maniobra, se manda a escape (atmósfera) y se pierde.

El aire bajo presión que empuja a un émbolo, por ejemplo, puede permanecer en situación de empuje todo el tiempo que sea necesario sin ningún problema.

Normalmente, las tomas de aire bajo presión se hacen de una tubería o colector general, alimentado por un grupo compresor y que puede atender a una red muy extensa de elementos neumáticos.

El circuito neumático necesita engrase para evitar que la humedad del aire oxide elementos fijos y móviles del circuito, que luego dificultan el correcto funcionamiento.

### **2.7.2 Circuito Hidráulico**

En los circuitos hidráulicos, el fluido hidráulico de retorno se recupera, es decir, que debe conducirse al depósito único.

El grupo de compresión y bombeo suele alimentar a una instalación mucho más limitada en amplitud que el compresor del circuito neumático.

Particularmente el grupo de compresión y bombeo debe protegerse contra sobrepresiones en las interrupciones de caudal al circuito, cosa que en el circuito neumático no tiene importancia.

El circuito hidráulico requiere tubería de ida y retorno.

Las fugas de aceite son siempre más molestas que las de aire.

Al no tener escapes a la atmósfera, no hay problemas por ruido.

Tiene capacidad de soportar grandes presiones e incluso es mucho más eficiente que el sistema neumático.



## Esquema Hidráulico & Neumático

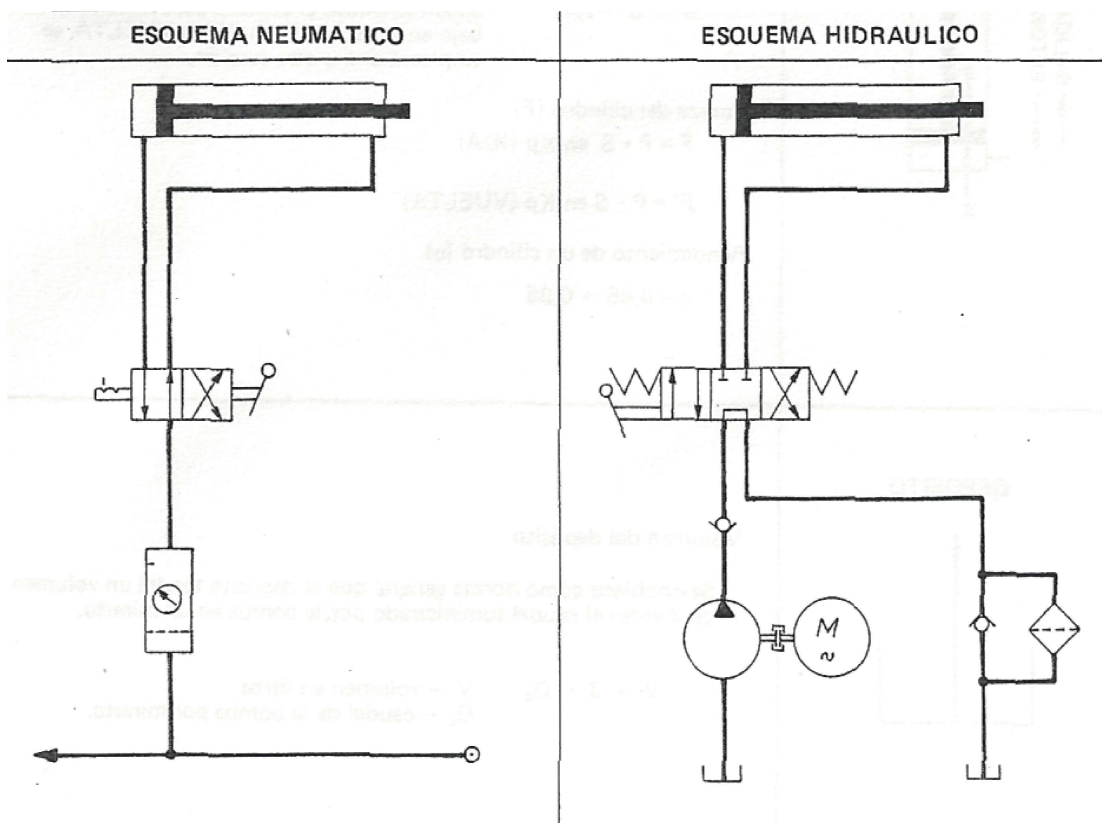


Figura 2.16. Esquemas Hidráulico y Neumático

### 2.7.2.1 Esquema Hidráulico Tentativo

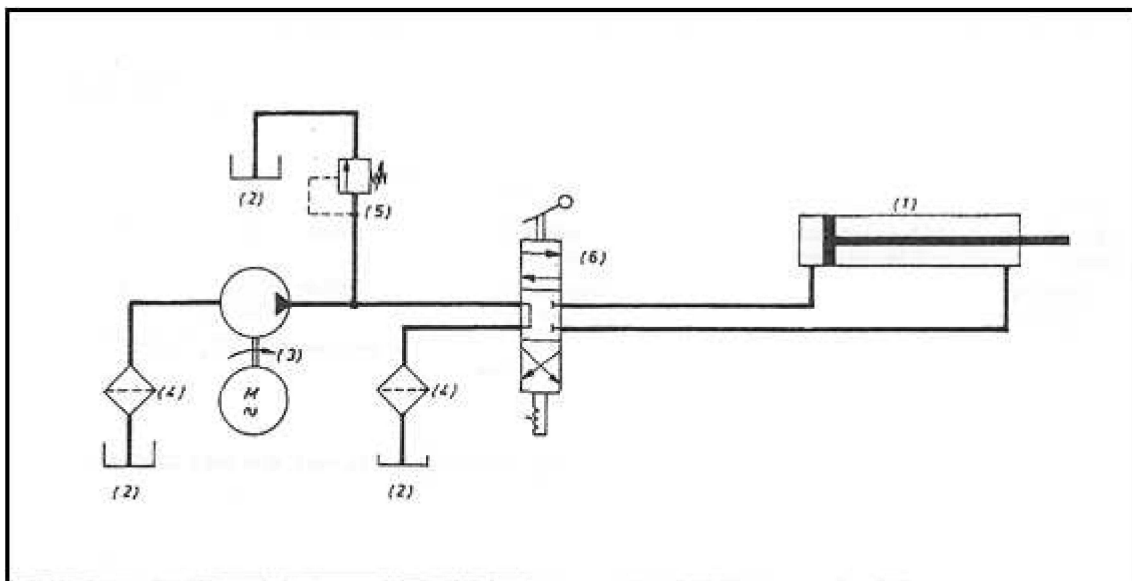


Figura 2.17. Circuito Hidráulico simple analizado por elementos

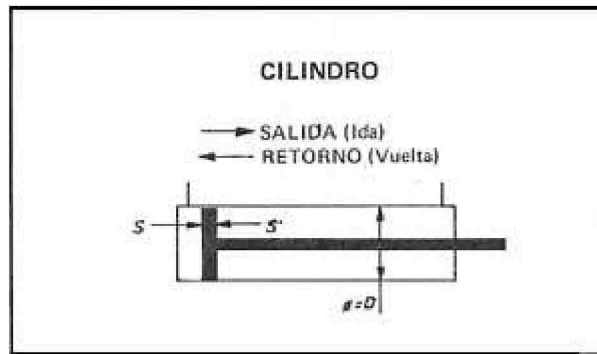


Figura 2.18. Cilindro Actuador Doble Efecto

### Sección (S)

$$S = \frac{F}{P}$$

S - Sección en  $\text{cm}^2$  (lado opuesto al vástago)  
 F - fuerza en Kp  
 P - presión en bar o Kp

$$S' = \frac{F'}{P}$$

S' - sección en  $\text{cm}^2$  (lado del vástago)  
 F' - fuerza en Kp

$$S = S' \cdot 1,4$$

Según se utilice el cilindro para realizar el trabajo en el recorrido de Ida o Vuelta, se empleara una u otra sección

### Fuerza del Cilindro (F)

$$F = P \cdot S \text{ en Kp (Ida)} \quad F' = P \cdot S' \text{ en Kp (Vuelta)}$$

### Rendimiento de un cilindro ( $\eta$ )

$$H = 0,85 - T - 0,95$$

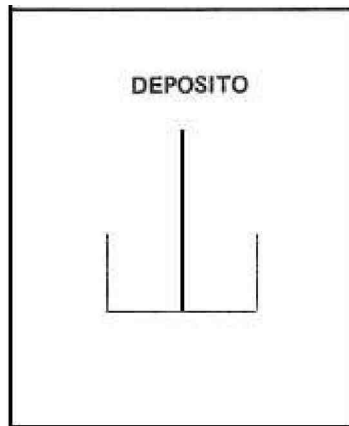


Figura 2.19. Deposito

### Volumen del depósito

Se establece como norma general que el depósito tendrá un volumen de 3 veces el caudal suministrado por la bomba de un minuto.

$$V = 3 \cdot Q_c$$

V - volumen en litros

$Q_c$  - caudal de la bomba por un minuto

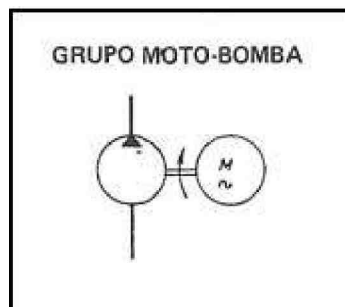


Figura 2.20. Moto-bomba

### Datos necesarios para el cálculo:

Caudal a dar por la bomba (Q)

Rendimiento

### Caudal del Calculo ( $Q_c$ )

$$Q_c = Q \cdot \eta_v \quad \eta_v - \text{rendimiento volumétrico}$$

### Potencia (P)

$$P = \frac{P \cdot Q_r}{450 \cdot n} \quad \begin{array}{l} P - \text{presión en bar} \\ Q_c - \text{caudal en dm}^3/\text{mn} \end{array}$$

H - rendimiento del conjunto motor bomba (0,8)

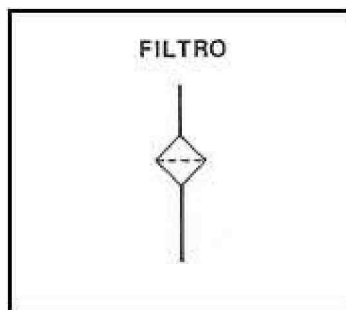


Figura 2.21. Filtro

Por lo general se calcula un filtro para la salida del depósito y otro para la llegada al mismo.

### Datos Necesarios:

Caudales Q y  $Q_c$

### Por lo general son válidos:

Salida del depósito (aspiración) - 160  $\mu$  (micras)

Llegada al depósito (retorno) - 1.500 a 2.000  $\mu$

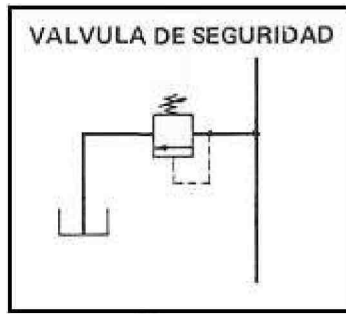


Figura 2.22. Válvula de Seguridad

**Datos Necesarios:**

**Presión de servicio ( $\rho$ )**

La válvula de seguridad se ajusta alrededor de un 10% sobre la presión de servicio.

$P_a$  – presión de ajuste  $P$

– presión de servicio

$$P_a = P \cdot 1,1$$

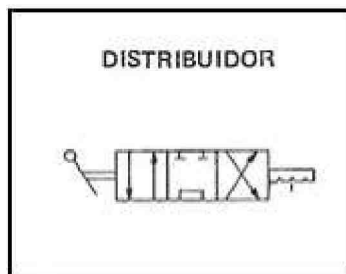


Figura 2.23. Válvula Distribuidora

Las dimensiones del distribuidor estarán calculadas en función del tiempo que se prevea para los recorridos de Ida y Vuelta

**Datos Necesarios:**

Dimensiones del cilindro ( $\Phi$ ) y longitud ( $L$ )

Tiempo de carrera ( $T$ )

### Velocidad de salida del vástago ( $V_v$ )

$$V_v = \frac{V_v \cdot L}{L \cdot T}$$

$V_v$  - en cm/s  
 $L$  - en cm  
 $T$  - en segundos

### Caudal (Q) lado del vástago

$$Q = \frac{V_v \cdot S \cdot 60}{1000}$$

Q - caudal en l/mn  
S - sección en  $\text{cm}^2$   
 $V_v$  - velocidad cm/s

### Caudal (Q) lado contrario al vástago Q'

$$= Q \cdot 1,4$$

## 2.8 Aceite hidráulico

Los aceites hidráulicos son líquidos transmisores de potencia que se utilizan para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

### 2.8.1 Funciones

- Transmitir la potencia de un punto a otro.
- Realizar el cierre entre piezas móviles reduciendo fricciones y desgastes.
- Lubricar y proteger contra herrumbre o corrosión las piezas del sistema.
- No sufrir cambio físico o químico o el menor posible.
- Suministrar protección contra el desgaste mecánico.

## **2.8.2 Parámetros Importantes**

### **2.8.2.1 Temperatura de Funcionamiento**

Influyen sobre las propiedades físicas y químicas del fluido. Las altas temperaturas condicionan la vida útil del fluido, su resistencia de película, su viscosidad, etc. La temperatura baja puede presentar problemas debidos a dificultades en el bombeo. En transmisiones que trabajen al exterior pueden presentarse variaciones de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $+45^{\circ}\text{C}$ .

### **2.8.2.2 Viscosidad**

Afecta a las propiedades de fricción del fluido, el funcionamiento de la bomba, la cavitación, el consumo de energía y la capacidad de control del sistema.

### **2.8.2.3 Compatibilidad**

Tiene gran importancia la compatibilidad del fluido con los metales, con las juntas de cierre, etc. También es esencial que el fluido ejerza una protección contra la corrosión de los metales, siendo el cobre uno de los menos deseables para los sistemas hidráulicos por su poder catalizador.

### **2.8.2.4 Estabilidad**

La estabilidad térmica e hidrolítica y la resistencia a la oxidación son de gran interés para la vida útil tanto del fluido como del equipo.

### **2.8.2.5 Velocidad de Respuesta**

De ésta depende la precisión de movimientos de los mecanismos dirigidos y depende de la viscosidad del fluido y sus características de compresibilidad. La presencia de aire hace disminuir esta velocidad y puede originar cavitaciones.

### **2.8.2.6 Resistencia de Película y Presión**

Esta es una propiedad muy compleja que está relacionada con su capacidad para disminuir la fricción y el desgaste. La presión es un factor esencial tanto para el rendimiento del fluido como para la vida del equipo, por ello es necesario que para obtener una gran precisión en los movimientos el fluido tenga una compresibilidad la más baja posible.

### **2.8.3 Principales Propiedades de los Fluidos Hidráulicos**

- a. Viscosidad apropiada.
- b. Variación mínima de viscosidad con la temperatura.
- c. Estabilidad frente al cizallamiento.
- d. Baja compresibilidad.
- e. Buen poder lubricante.
- f. Inerte frente a los materiales de juntas y tubos.
- g. Buena resistencia a la oxidación.
- h. Estabilidad térmica e hidrolítica.
- i. Características anticorrosivas.
- j. Propiedades antiespumantes.
- k. Buena demulsibilidad.
- l. Ausencia de acción nociva.

## **2.9 Soldadura Eléctrica**

El sistema de soldadura eléctrica con electrodo recubierto se caracteriza, por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre una varilla metálica llamada electrodo, y la pieza a soldar. El electrodo recubierto está constituido por una varilla metálica a la que se le da el nombre de alma o núcleo, generalmente de forma cilíndrica, recubierta de un revestimiento de sustancias no metálicas, cuya composición química puede ser muy variada, según las características que se requieran en el uso.



### 2.9.1 Clasificación AWS-ASTM

Debido a que hay muchos tipos diferentes de electrodos en el mercado, puede resultar muy confuso escoger los correctos para el trabajo que se va a ejecutar. Como resultado la AWS (American Welding Society ) estableció un sistema numérico aceptado y utilizado por la industria de la soldadura.

### 2.9.2 Nomenclatura de los Electrodo para Acero Dulce

Se especifican cuatro o cinco dígitos con la letra E al comienzo, detallados a continuación:



- a. Prefijo E de electrodo para acero dulce
- b. Resistencia a la tracción mínima del depósito en miles de libras por pulgada cuadrada (Lbs/pul<sup>2</sup>)
- c. Posición para soldar
  - 1- Toda Posición
  - 2- Posición horizontal o plana
  - 3- Posición plana solamente
- d. Tipo de revestimiento y Corriente eléctrica

Tabla 2.1. Tipo de revestimiento y corriente eléctrica

Características del Ultimo Dígito			
Ultimo Dígito	Tipo de Revestimiento	Ultimo Dígito	Tipo de Revestimiento
0	Celulósico Sódico	5	Bajo Hidrógeno Sódico
1	Celulósico Potásico	6	Bajo Hidrógeno Potásico AC/DC
2	Rutílico Sódico	7	Mineral + Hierro en polvo AC/DC
3	Rutílico Potásico	8	Bajo Hidrógeno + Hierro
4	Rutílico + Hierro en polvo AC/DC		en polvo AC/DC

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

## 2.10 Tuberías Hidráulicas

Las tuberías de conducción de los circuitos hidráulicos pueden ser metálicas con tubos rígidos conformados a la medida o bien latiguillos de goma con una o varias capas de alambres de acero trenzado en su interior, dependiendo de la presión para la cual estén diseñados.

### Tubos Milimétricos

- Pueden doblarse en cualquier forma.
- Son más fáciles de trabajar.
- Pueden utilizarse una y otra vez (vida útil).
- Generalmente el número de uniones es reducido.
- En los sistemas de bajo volumen: aguantan presiones y caudales más elevados con dimensiones y pesos menores.
- Inconveniente: costo relativamente alto.

### Mangueras Flexibles

- Las tuberías flexibles sometidas a trabajo sufren una elongación entre un 2% a 4% de su longitud inicial.
- Se debe mantener un radio de curvatura lo más amplio posible, para evitar la restricción del fluido.
- Diseñadas para soportar grandes presiones.
- Al momento de instalar tener precaución de contactos entre piezas móviles o fuentes de calor

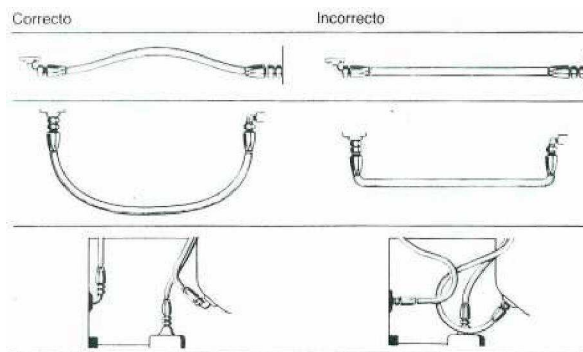


Figura 2.24. Instalación correcta de cañerías flexibles

Fuente: <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **Estudio de Alternativas**

##### **3.1 Preliminares**

Para hacer posible la construcción del presente proyecto se utilizó un análisis de posibilidades o alternativas de construcción, tratando de obtener de esta manera un resultado parcial, exacto y conveniente para el constructor tanto como para el futuro operario.

##### **3.1.1 Identificación de Alternativas**

Para la realización de este proyecto se ha tomado en consideración dos alternativas que se mencionan más adelante, las cuales ofrecen las facilidades y comodidades al momento de la construcción e implementación. Cabe mencionar que se ha tomado en cuenta también criterios que son muy importantes para su desarrollo, estos son:

- Técnicos.
- Pedagógicos, y
- Económicos.

Además de factores tales, como son:

- Factor Estructural.
- Factor automatización.
- Factor seguridad.

Cabe mencionar también referencias que antes, durante y después de realizar la estructura nos darán mejores resultados en el manejo del mismo, como lo son:

- Confiabilidad de la estructura.
- Disponibilidad de los materiales.
- Facilidad de construcción.
- Grado mínimo de dificultad al reparar, en el momento que puedan presentarse averías, y
- Costo, relativamente bajo.

Cada uno de los criterios, factores y referencias anteriormente mencionados son muy importantes en el desarrollo de este proyecto, para escoger la alternativa que brinde a la estructura eficacia y seguridad durante su desarrollo y la oportuna operación de la misma.

### **3.2 Planteamiento de Alternativas**

De acuerdo a lo propuesto anteriormente se han planteado las siguientes alternativas:

- Realizar la construcción de la estructura a base de hierro, la misma que será montada sobre una esfera solida que servirá de instrumento para la generación del movimiento de Guiñada, Alabeo y Cabeceo mediante accionamiento hidráulico de cilindros actuadores.
- Realizar la construcción de la estructura base a partir de tubo estructural de acero A36, donde se acoplarán todos los mecanismos hidráulicos que generarán los movimientos de guiñada, alabeo y cabeceo.

### 3.3 Descripción de Alternativas

Para la realización de este proyecto se describirá las siguientes alternativas.

#### 3.3.1 Primera Alternativa



Figura 3.1. Primera Alternativa

La primera alternativa que se mencionó para construir la estructura simuladora de los movimientos del avión, es la de realizarla a base del empleo placas de hierro, con una perforación circular en medio, siendo así para facilitar la penetración de la esfera, de tal manera que brinde una adherencia y permitiendo la instalación de los mecanismos que representaran los movimientos del avión, y posteriormente instalar los controles de mando de los sistemas hidráulicos, de manera que su manejo y empleo sea de mejor manera y correctamente dispuesto. La construcción de la estructura con este material se ha tomado en cuenta de acuerdo a elementos que a continuación se menciona:

- Construir la estructura con un material que brinde rigidez, seguridad y facilidad de trabajo, como en este caso nos ofrecería el empleo de una placa de hierro reforzado.

Colocar la esfera solida (hierro fundido con concreto), debajo de la placa. Sería adecuado mantener las dos partes principales separadas hasta el momento de la instalación de los sistemas hidráulicos para la prevención de posibles accidentes, la fundición de la esfera con los materiales ya mencionados nos brinda mucha confianza al momento de su instalación.

Los controles de mando hidráulicos son análogos y estarán provistos en una consola que se encontrara fuera de la cabina del avión Boeing 707, la cual controlaría todo los movimientos de la estructura simuladora.

Al momento de realizar la estructura, las facilidades de construcción que nos presenta la primera alternativa en donde se hace uso de la placa de hierro reforzado y la esfera, indica que es bastante eficiente, como material estructural, así como para cumplir su función dentro del proyecto, a su vez también brinda la facilidad para la instalación de los cilindros actuadores que serán los soportes y a su vez los que generen los movimientos a la estructura.

### 3.3.2 Segunda Alternativa



Figura 3.2. Segunda Alternativa

La segunda alternativa que se tomó en cuenta para construir la estructura es la de realizarla con tubo estructural de acero A36, posteriormente ensamblarla de acuerdo a la adecuada y eficiente generación del movimiento de guiñada a través de un eje de acero que brinda gran soporte a los perfiles estructurales, este diseño con los tubos estructurales, eje, rodamientos, cilindro actuador, cañerías y controles de mando se mantendrían con el mismo sistema hidráulico ya antes mencionado, debido a la maniobrabilidad que nos ofrece.

El uso de este nuevo material para la construcción de la estructura se tomará en consideración los siguientes elementos:

Construir la estructura con un material que brinda mayor rigidez y seguridad, sobre todo cuando podría existir sobre esfuerzos, para lo cual mayor fiabilidad nos ofrece el empleo de tubos estructurales de acero A36.

Debido al cambio de diseño de la estructura simuladora de los movimientos del avión, se implementarían rodamientos en la estructura para obtener Guiñada, Alabeo y Cabeceo, al momento de la instalación de los mecanismos se haría de acuerdo a la facilidad que nos brinda la estructura y dependiendo de la longitud de los cilindros actuadores

Con respecto a los controles de mando de la estructura simuladora de los movimientos del avión se conservaría los mismos principios que se presentaron en la primera alternativa, con su consola externa, válvulas manuales, bomba, motor eléctrico, depósito con su filtro y cañerías para proveer el líquido hidráulico.

Para construir la estructura, la eficacia que nos presenta la segunda alternativa, donde se hace uso de tubos estructurales de acero A36, indica que el empleo del nuevo material es más eficiente como material estructural, refiriéndose directamente a peso y espacio a demás se tendrá la posibilidad de observar los cambios que se presentan en la estructura al momento de accionar los mecanismos y la eficacia al generar los movimientos.

### **3.4 Criterios para la Selección de Alternativas**

Para la construcción de la estructura se citó ciertos criterios y factores para una correcta selección de la alternativa a seguir, pues será la más viable en cuanto concierne a la finalización del proyecto, criterios que fueron citados a continuación:

- Ambientación similar a los movimientos reales dentro de la aeronave.
- Materiales que estén a nuestro alcance, refiriéndose al factor monetario.
- Facilidad de manejo de los materiales.
- Sencilla de manipular para el operario
- Seguridad en operación.
- Confiabilidad.
- Fácil de Reparar.
- Cumple su función como herramienta pedagógica.

Criterios y aspectos que al tomarlos en cuenta brindarán un gran aporte para seleccionar la alternativa idónea.



## **3.5 Análisis de las Alternativas**

### **3.5.1 Primera Alternativa**

Realizar la construcción de la estructura a base de hierro, la misma que será montada sobre una esfera solida que servirá de instrumento para la generación del movimiento de guiñada, alabeo y cabeceo mediante accionamiento hidráulico de cilindros actuadores.

#### **Ventajas:**

- Material fácil de transformar.
- Material fácil de encontrar en el mercado.
- Optimización de los recursos.
- Construcción de bajo presupuesto.

#### **Desventajas:**

- La estructura es muy pesada.
- Mayor mantenimiento al pasar del tiempo.
- Disponibilidad de mucho espacio.

### **3.5.2 Segunda Alternativa**

Realizar la construcción de la estructura base a partir de tubo estructural de acero A36, donde se acoplaran todos los mecanismos hidráulicos que generarán los movimientos de guiñada, alabeo y cabeceo. .

#### **Ventajas:**

- Material fácil de encontrar en el mercado.
- Mayor soporte de la estructura.

- Su mantenimiento y operación es más sencilla.
- Es más eficiente con los movimientos y pueden representarse de mejor manera.
- Mayor tiempo de vida útil, sin necesidad de mantenimiento continuo.
- El factor de seguridad es más elevado.
- Peso relativamente menor.

**Desventajas:**

- El costo de la estructura es alto.
- Peso relativamente mayor.
- Necesita bastante espacio para su ubicación

**3.6 Parámetros de Evaluación**

Para la selección de la mejor alternativa, se tomará en cuenta parámetros de evaluación que ayudan de manera más fácil a la selección de la misma, para lo cual se enuncian varios de estos, y se los evalúan con valores que serán dados de 0 a 10, que al final serán sumados. El valor más alto seleccionará la alternativa idónea para el proyecto.

**3.6.1 Factor Estructural**

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| Tipo de material.-       | El material que se utiliza debe de reunir características necesarias de resistencia, rigidez y fácil de trabajar. Su valor de ponderación es 0,9. |
| Facilidad de obtención.- | Debe ser fácil de encontrar en el mercado, además de un relativo costo. Su valor de ponderación es 0,7.   |

Seguridad del material.- Al terminar de construir la estructura con el material seleccionado y utilizado, debe brindar suficiente seguridad al momento de ser operada. Su valor de ponderación es 0,9.

### **3.6.2 Factor Financiero**

Costo de material.- El material debería ser de bajo costo, buena calidad y durabilidad. Su valor de ponderación es 0.8

Costo herramientas.- Las herramientas que son necesarias para construir la estructura, en un buen porcentaje deberían ser de bajo costo. Su valor de ponderación es 0,7.

Costo mano de obra.- Durante la construcción de la estructura se necesitará mano de obra calificada para asesoramiento y cumplimiento de trabajos relevantes, será necesario aportar un bajo presupuesto destinado a mano de obra. Su valor de ponderación es 0,8

### **3.6.3 Factor Complementario**

Proceso de elaboración.- Durante el proceso de elaboración, el material debe estar disponible para brindar la facilidad de ejecutar un buen trabajo. Su valor de ponderación es 0,8.

Tiempo empleado.- El tiempo empleado en la construcción debe estar acorde al cumplimiento del cronograma establecido. Su valor de ponderación es 0,7.

Mantenimiento estructural.- En el transcurso del tiempo la conservación de la estructura debe de ser económica y de esporádico mantenimiento. Su valor de ponderación es 0,9.

Automatización.- La estructura en su fase final, debe cumplir con un requisito importante como es la accesibilidad a futuras instalaciones de mecanismos que estén enfocados a la automatización. Su valor de ponderación es 0,8.

### 3.7 Matriz de Evaluación

Tabla 3.1. Matriz de Evaluación

Parámetros de Evaluación	F. Ponderación	Alternativas	
		Primera	Segunda
<b>Factor Estructural</b>			
Tipo de Material	0,9	0,5	0,8
Facilidad de Obtención	0,7	0,6	0,6
Seguridad del Material	0,9	0,7	0,8
<b>Factor Financiero</b>			
Costo de Material	0,8	0,6	0,8
Costo Herramientas	0,7	0,5	0,6
Costo Mano de obra	0,8	0,4	0,6
<b>Factor Complementario</b>			
Proceso de Elaboración	0,8	0,7	0,6
Tiempo Empleado	0,7	0,3	0,5
Mantenimiento Estructural	0,9	0,8	0,6
Automatización	0,8	0,4	0,6

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

### 3.8 Matriz de Decisión

Tabla 3.2. Matriz de Decisión

Parámetros de Evaluación	F. Ponderación	Alternativas	
		Primera	Segunda
	Xi	1°x Xi	2°x Xi
<b>Factor Estructural</b>			
Tipo de Material	0,9	0,45	0,72
Facilidad de Obtención	0,7	0,42	0,42
Seguridad del Material	0,9	0,63	0,72
<b>Factor Financiero</b>			
Costo de Material	0,8	0,48	0,64
Costo Herramientas	0,7	0,35	0,42
Costo Mano de obra	0,8	0,32	0,48
<b>Factor Complementario</b>			
Proceso de Elaboración	0,8	0,56	0,48
Tiempo Empleado	0,7	0,21	0,35
Mantenimiento Estructural	0,9	0,72	0,54
Automatización	0,8	0,32	0,48
Sumatoria Total		4.46	5.25
Promedio Total		0.45	0.53

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

### **3.9 Selección de la Mejor Alternativa**

Una vez realizado el análisis y evaluación a cada una de las alternativas propuestas se ha llegado a la conclusión que la mejor alternativa para dicho proyecto es la segunda, la cual se menciona a continuación: Realizar la construcción de la estructura base a partir de tubo estructural de acero A36, donde se acoplarán todos los mecanismos hidráulicos que generarán los movimientos de guiñada, alabeo y cabeceo.

### **3.10 Determinación de Requerimientos Técnicos**

- La estructura simuladora del movimiento de guiñada es de accionamiento tipo hidráulico.
- El accionamiento es a través de un Motor trifásico de 220-240 V DC, potencia de 2 HP.
- Bomba hidráulica de engranajes, modelo OS tipo 1AG2U.
- Cilindro tipo hidráulico modelo W250100.
- El área mínima requerida para su operación es de 4 x 4 metros.
- La estructura simuladora de los movimientos del avión debe soportar cargas estructurales: cabina (879kg), radome (25kg), perfiles estructurales de acero (56kg) & otros como peso de tripulantes (4 personas, 300kg) y peso de accesorios e instrumentos (200kg).
- Válvula distribuidora de mando directo con accionamiento manual por palanca.
- El mecanismo de movimiento de guiñada dispone de dos Rodamientos de rodillos de tipo cónicos 3585/25 ZWZ.

## **Diseño**

El diseño de la estructura simuladora del movimiento de guiñada, que será implementada en la estructura simuladora de los movimientos del avión es una etapa del presente trabajo en la que se evalúa el mecanismo de guiñada estimando, calculando y estableciendo referencias de valores y características que se plasmarán en la estructura.

A continuación se detallará un proceso de diseño en el que se hará una selección de los materiales que se utilizarán en la estructura y los elementos hidráulicos idóneos en los que se basará el sistema hidráulico.

### **3.11 Diseño de la Estructura**

Para diseñar la estructura del movimiento de guiñada de la estructura simuladora de los movimientos del avión, se analizó con respecto a la seguridad que brindará, es decir las cargas que debe soportar y las cargas extras que serán impuestas sobre la estructura tales como deflexiones y posibles vibraciones resultantes. Se hará énfasis en el funcionamiento del movimiento de rotación que realiza un avión, para generar una ambientación de algo real a el proyecto propuesto, para que de tal manera se produzca el entendimiento y el conocimiento científico, cumpliendo así su función como una herramienta de ayuda didáctica.

#### **3.11.1 Delimitación de cargas**

Se especificará las cargas a las que será sometida la estructura, es decir el peso total impuesto.

W1= Peso de cabina (879 kg.). W2= Peso de radome (25 kg.). W3= Peso de accesorios (200 kg.). W4= Peso de ocupantes (4 personas, 300 kg.).

W5= Peso de perfiles estructurales (56Kg).

WT= Peso total

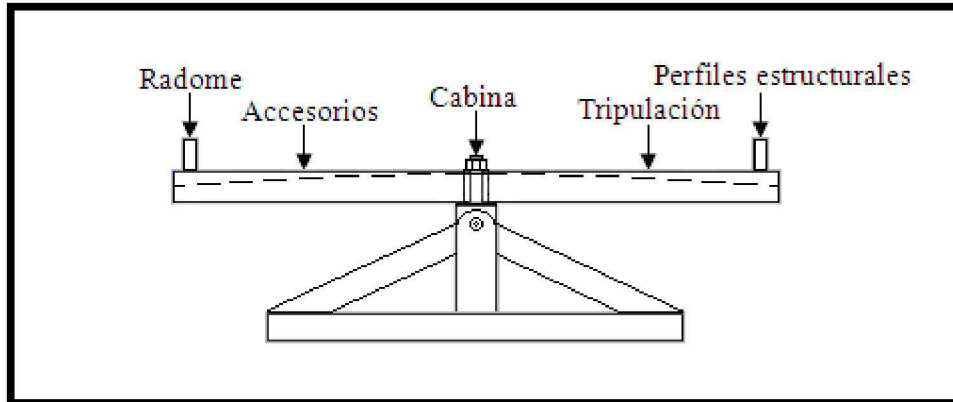


Figura 3.3. Pesos distribuidos en la estructura

Sustituyendo los valores preestablecidos, se obtiene: WT=

$$879+25+200+300+56 \text{ WT}= 1460 \text{ kg.}$$



### 3.11.2 Cálculo de fuerzas

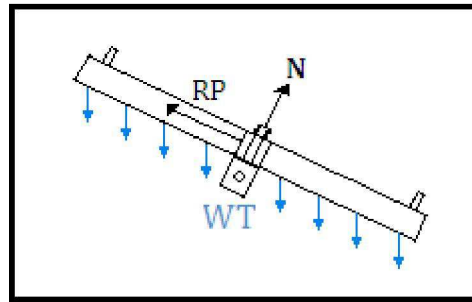


Figura 3.4. Diagrama descriptivo

<b>RP</b>	$N$ $yfs^{\wedge}_i$ _____ <b>Fl T</b>
-----------	--

Figura 3.5. Diagrama de cuerpo libre

RP = Reacción en el perno N =

Normal Fl = Fuerza l

**1**  $\triangleright$  0

$$N \cdot \sin 75^\circ - WT + RP \cdot \sin 15^\circ = 0$$

$$N \sin 75^\circ = 1460 \text{ kg.} - RP \sin 15^\circ$$

$$= 1511.5 \text{ kg.} - 0.27 RP \tag{1}$$

**2**  $\triangleright$  0

$$N \cdot \cos 75^\circ - RP \cdot \cos 15^\circ = 0 \tag{2}$$

Reemplazando la ecuación 1 en ecuación 2.

$$(1511.5 \text{ kg.} - 0.77 \text{ RP}) \cos 75^\circ - \text{RP} * \cos 15^\circ = 0$$

$$391.20 \text{ kg.} - 0.07 \text{ RP} - 0.96 \text{ RP} = 0$$

$$\text{RP} = \frac{391.2 \text{ kg.}}{1.03}$$

$$\text{RP} = 379.8 \text{ kg.} \quad (3)$$

F1 es una parte de WT, tiene el mismo modulo que RP. Se utilizará F1 por facilidad de cálculos.

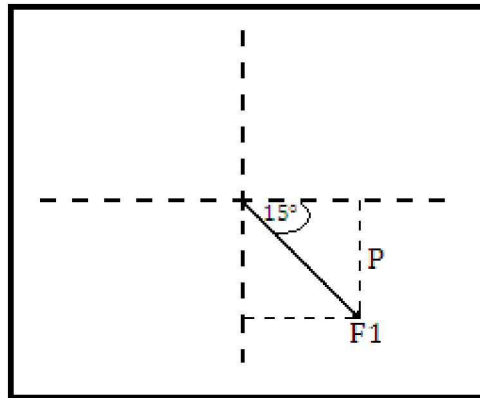


Figura 3.6. Diagrama de cuerpo libre

$$\sin 15^\circ = \frac{P}{F1}$$

$$P = F1 * \sin 15^\circ$$

$$P = 98.30 \text{ kg.}$$

(4)

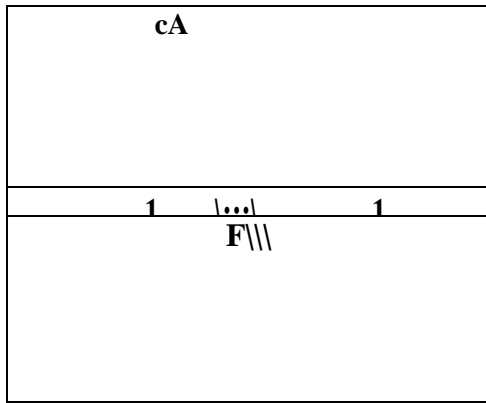


Figura 3.7. Diagrama descriptivo

Figura 3.8. Diagrama de cuerpo libre

$$\sum F_y = 0$$

$$R \cdot \cos 15^\circ - P - F \cdot \sin 28.5^\circ = 0$$

$$0.96 R - P - 0.48 F = 0 \tag{5}$$

$$\sum \tau = 0$$

$$-R \cdot \sin 15^\circ + F \cdot \cos 28.5^\circ = 0$$

$$0.88 F = R \quad 0.26 R = 3.38 F \tag{6}$$

Reemplazando la ecuación 6 en ecuación 5.

$$3.24 F - P - 0.48 F = 0 \quad P =$$

$$2.76 F$$

$$F = \frac{p}{2.76} \quad (7)$$

Reemplazando la ecuación 4 en ecuación 7.

F giro =

$$\frac{98.30 \text{ kg.}}{2.76 F}$$

giro = 35.61 kg

F giro = 78.34 lb.

### 3.11.3 Diseño del eje principal del mecanismo de guiñada

T = Esfuerzo Torsional C.

G = Esfuerzo Flexión N.

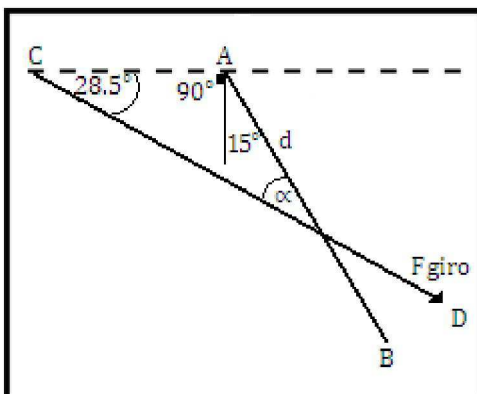
Sy = Resistencia a la cedencia Su =

Resistencia ultima T = Torque

N = Factor de seguridad d

= Distancia

$$T = \frac{16 T}{\pi d^3} \frac{r_f}{S_y} \frac{2}{N}$$

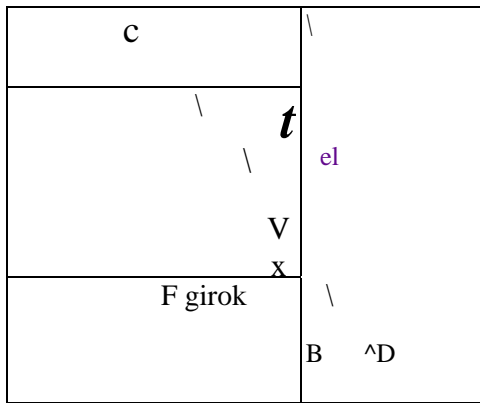


$$OC = +28.5 + 105 = 180$$

$$OC = -28.5 - 105 + 180$$

$$OC = 46.5^\circ$$

Figura 3.9. Diagrama de cuerpo libre 51



$$\frac{FgL}{F_{\text{giro}}}$$

$$\text{sen OC} =$$

$$FgL = F_{\text{giro}} * \text{sen oc}$$

$$FgL = 56.82 \text{ lb.}$$

Figura 3.10. Diagrama de fuerza de giro perpendicular

$$T = FgL * d \qquad d = 350 \text{ mm. } d$$

$$T = 56.826 \text{ lb.} * 13.78 \text{ pulg.} \qquad = 13.78 \text{ pulg.}$$

$$T = 783.06 \text{ lb.} * \text{pulg.}$$

Obteniendo el torque, reemplazo en la ecuación de esfuerzo torsional.

$$T = \frac{16 T}{\pi d^3} S_y$$

d = diámetro del eje

El factor de seguridad está dado en base a la tabla que se detalla en el **Anexo C**, en la que se ha tomado como factor de seguridad idóneo, al factor de diseño 4 que esta especificado como torsión cíclica.

$$T = \frac{16 * 783.06 \text{ lb.} * \text{pulg.}}{\pi (2 \text{ pulg.})^3} S_y \qquad 2(4)$$

$$S_y^T = \frac{12528.99 \text{ lb.} * \text{pulg.}}{25.13 \text{ pulg.}}$$

$$= 7$$

$$S_y = 3988.52 \text{ Psi.}$$

Por facilidad de costos y optimización de los recursos se utilizo el Acero al

carbón ASTM A36 con 58 KPsi.

### 3.11.4 Diseño del perfil estructural cuadrado del m. de guiñada

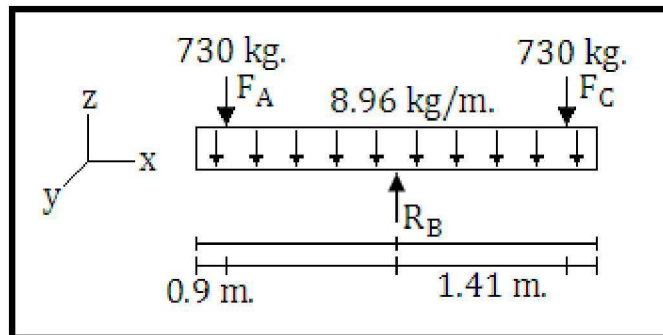


Figura 3.11. Representación de fuerzas distribuidas

$$I \geq 0$$

$$-F_A - P - F_C + R_B = 0$$

$$-730 \text{ kg.} - 26.88 \text{ kg.} - 730 \text{ kg.} + R_B = 0$$

$$R_B = 1486.88 \text{ kg.}$$

#### Momento Flector y Fuerza Cortante

$$0 < XI < 1.41$$

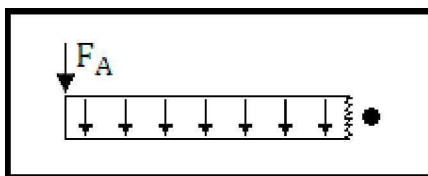


Figura 3.12. Representación de fuerzas en la primera sección

$$V = -730 \text{ kg.} - 8.96 \text{ kg/m (XI)}$$

$$XI = 0 \therefore V = -730 \text{ kg.}$$

$$XI = 1.41 \text{ m} \therefore V = -742.63 \text{ kg.}$$

$$M = 730 \text{ kg. (XI)} + [8.96 \text{ kg/m (XI)}] (-\text{---}) \quad XI = 0 \therefore M = 0$$

$$XI = 1.41 \therefore M = 1038.20 \text{ kg/m}$$

$$1.41 < XI < 2.82$$

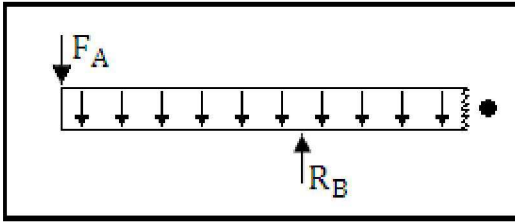


Figura 3.13. Representación de fuerzas en la última sección

$$V = -730 \text{ kg.} - (8.96 \text{ kg/m} \cdot 1.41 \text{ m}) + 1486.88 \text{ kg.} - 8.96 \text{ kg/m} (X2 - 1.41 \text{ m})$$

$$X2 = 1.41 \text{ m} \bullet \bullet \bullet V = 744.25 \text{ kg.}$$

$$X2 = 2.82 \text{ m} \therefore V = 731.61 \text{ kg.}$$

$$M = 730 \text{ kg.} (X2) + 12.63 (X2 - 0.705 \text{ m}) - 1486.88 \text{ kg.} (X2 - 1.41 \text{ m})$$

$$+ [8.96 \text{ kg/m} (X2 - 1.41)] \left( \frac{X2 - 1.41}{2} \right)$$

$$X2 = 1.41 \text{ m} \therefore M = 1038.20 \text{ kg/m} \quad X2 = 2.82 \text{ m} \therefore M = 0$$

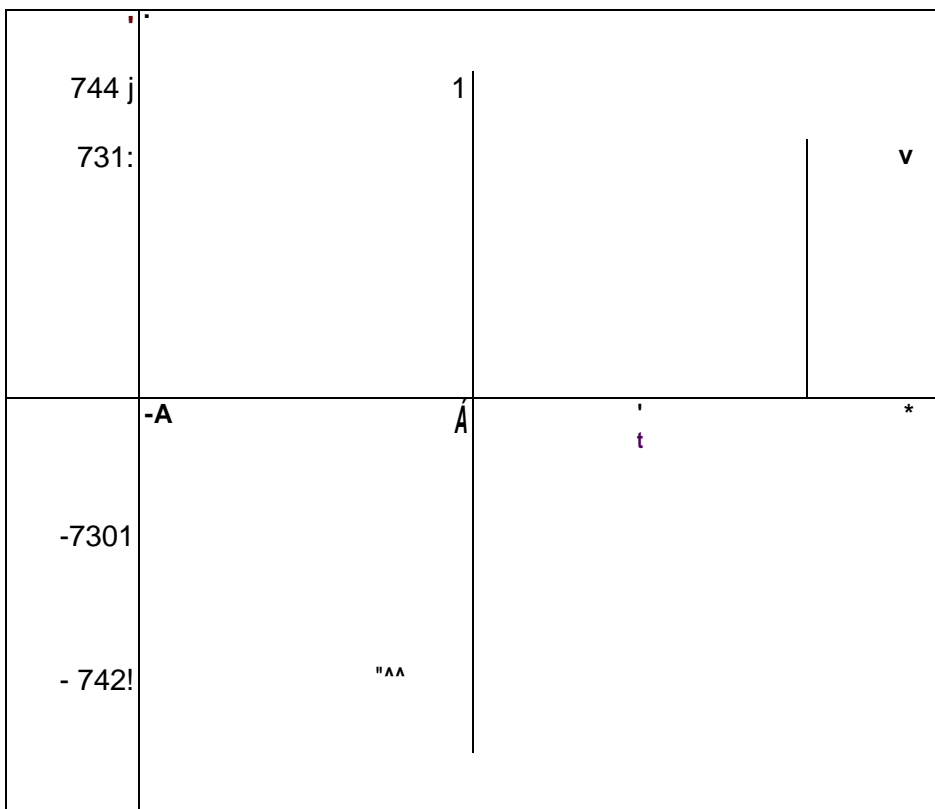


Figura 3.14. Diagrama de fuerzas cortantes



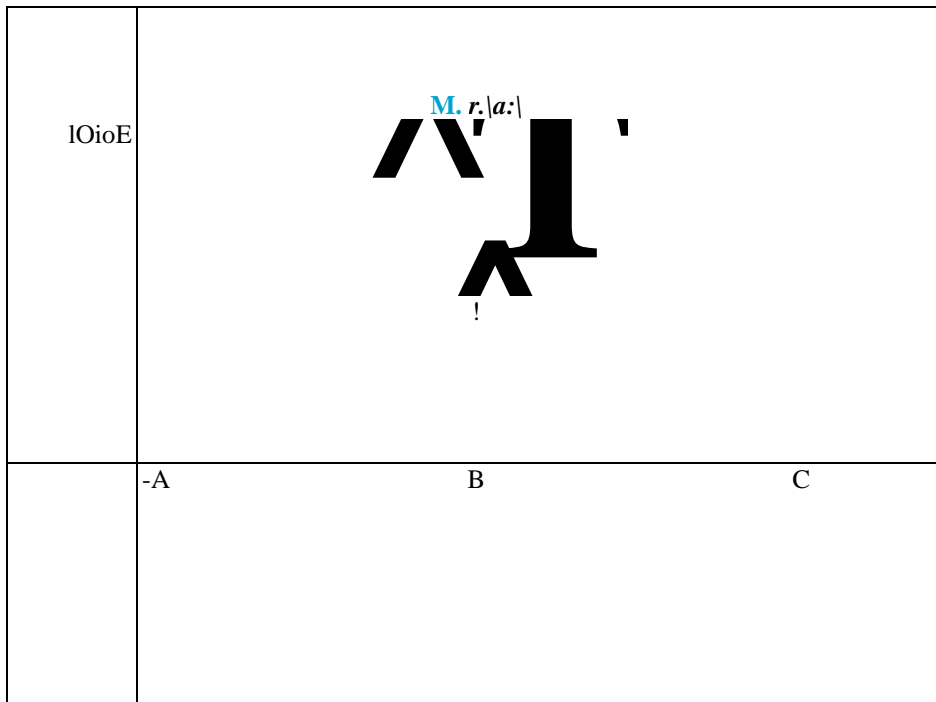


Figura 3.15. Diagrama de momento flector

M<sub>max</sub> = 1038.20 kg - m

### Cálculo Inercial Total

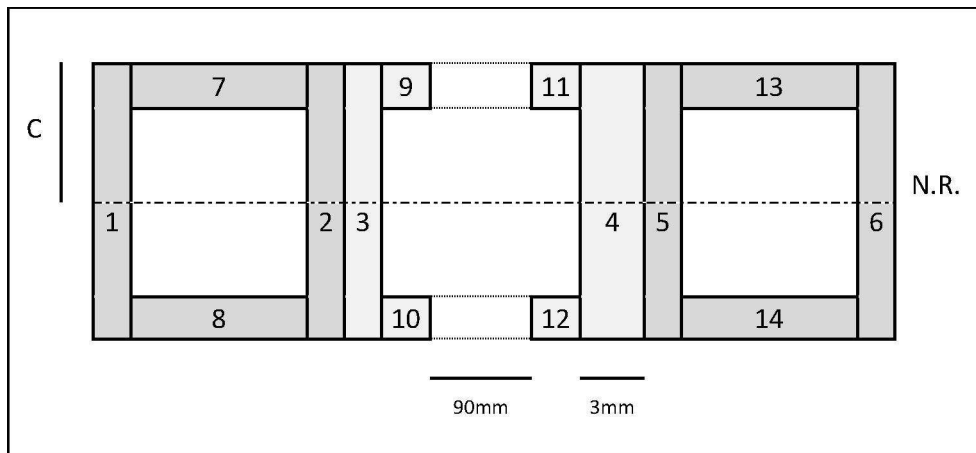


Figura 3.16. Grafico de inercias

$$\begin{aligned}
 I_T = & (I_1 + A_1d_1^2) + (I_2 + A_2d_2^2) + (I_3 + A_3d_3^2) + (I_4 + A_4d_4^2) \\
 & + (I_5 + A_5d_5^2) + (I_6 + A_6d_6^2) + (I_7 + A_7d_7^2) + (I_8 + A_8d_8^2) \\
 & + (I_9 + A_9d_9^2) + (I_{10} + A_{10}d_{10}^2) + (I_{11} + A_{11}d_{11}^2) + \\
 & (I_{12} + A_{12}d_{12}^2)
 \end{aligned}$$

$$I_T = D(1-6) + [1(7,8,13,14)] + [1(9-12)] + Ad^2 + 4[A^2 + Ad^2]$$

$$1 \quad 6 \quad \text{mm}^4 + 300 \text{ mm}^2 * 0$$

$$+ 4 \frac{[94 \text{ mm} * (3 \text{ mm})^3]}{\text{-----}^{\wedge}\text{-----}} + 282 \text{ mm}^2 * (48.5 \text{ mm})^2$$

$$+ 4 \frac{[2 \text{ mm} * (3 \text{ mm})^3]}{\text{-----}^{\wedge}\text{-----}} + 6 \text{ mm}^2 * (48.5 \text{ mm})^2$$

$$1500000 \text{ mm}^4 + 2654184 \text{ mm}^4 + 56472 \text{ mm}^4$$

$$I_T = 4210656 \text{ mm}^4 \quad \frac{4 \text{ (1m)}^4}{(1000 \text{ mm})^4}$$

$$I_T = 4210656 \text{ mm}^4 / \quad I_T = 4.21 \times 10^6 \text{ m}^4$$

### Diseño de Estructura

El factor de seguridad está en base a la tabla que se detalla en el **Anexo C**, de la que se ha tomado como factor de seguridad, al factor de diseño 2 que en el patrón de carga está establecido como una carga estática.

$$\underline{M} * \underline{C} = S^{\wedge} I$$

$$\sim 1038.2 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

\*

$$\frac{4.21 \times 10^6 \text{ m}^4}{\underline{0.05 \text{ m}}} \quad S^{\wedge} 2$$

$$S^{\wedge} = 24656490.58 \text{ kg/m}^2$$

$$9.8 \text{ N} \quad 1 \text{ MPa}$$

$$\text{1 kg} \cdot \text{m} \quad 1 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$S^{\wedge} = 241.63 \text{ MPa}$$

$$S^{\wedge} = 24656490.58 \text{ kg/m}^2 /$$

El material que se ha utilizado en la estructura del mecanismo de guiñada posee una resistencia última de 400 MPa de donde se entiende que se encuentra en los parámetros seguros de aplicabilidad de nuestro material.

### 3.12 Diseño del Sistema Hidráulico

Estructurando la idea principal de crear un simulador de movimientos, se tiene que analizar varios parámetros. Esencialmente el diseño del sistema hidráulico y su mejor utilización y acoplamiento. Es decir la mejor alternativa que se empleará.

Con referencia a ésta necesidad de descartar posibles ideas erróneas, fue de vital importancia analizar diagramas hidráulicos de diferentes tipos que podrían aplicarse al mecanismo del simulador hidráulico del movimiento de guiñada.

El sistema hidráulico del movimiento de guiñada cumple su función en el eje z es decir en el eje vertical, que es un eje imaginario que atraviesa el centro de gravedad del avión y es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal

Al momento de accionar el cilindro actuador en cualquiera de los dos sentidos, la función que cumple es brindar el impulso necesario para sacar de inercia al mecanismo de guiñada, permitiéndole a la cabina Boeing 707 girar 15° horaria o anti horariamente.

#### **Fuerza de empuje**

El fluido que actúa sobre la cámara anterior o posterior del cilindro actuador de doble efecto provoca el desplazamiento del embolo a través de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago. El desplazamiento hacia adelante y atrás del embolo se denomina carrera.

La fuerza ejercida sobre el elemento de trabajo depende de la presión del fluido, del diámetro del cilindro y del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica que ejerce el embolo para lograr el giro de la cabina se determina analizando su diagrama de cuerpo libre que involucra a una fuerza  $F$  giro

ejercida por el cilindro actuador, la que fue obtenida en el proceso de diseño de la estructura, y que dio como resultante:

$$F_{\text{giro}} = 35.61 \text{ kg.}$$

La fuerza llevada a la práctica es adicional a la resultante, es decir, es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos que podrían existir entre ejes, en condiciones normales de servicio se puede considerar que las fuerzas de rozamiento representan de 3% a 20% de la fuerza teórica calculada.

$F_n$  = Fuerza Real

$$F_n = F_t - F_r$$

$F_t$  = Fuerza de Giro

$F_r$  = Fuerza de Rozamiento

Para la fuerza de rozamiento se establece un valor promedio del 10% de la fuerza teórica calculada.

$$F_r = 0,1 * F_t$$

$$F_r = 0,1 * 35.61 \text{ kg.}$$

$$F_r = 3.56 \text{ kg.}$$

Finalmente al sustituir los valores  $F_r$  y  $F_{\text{giro}}$  se podrá determinar cuál será la fuerza real que ejercerá el cilindro actuador sobre el mecanismo para permitir que este realice el movimiento deseado.

$$F_n = 35.61 \text{ kg.} - 3.56 \text{ kg.} \quad F_n =$$

$$32.05 \text{ kg.}$$

## Presión del sistema

La presión con la que trabajará el sistema quedará establecida a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{F}{A}$$

P = Presión

F = Fuerza

A = Área del cilindro

$$P = \frac{32.05 \text{ kg}}{31.65 \text{ cm}^2}$$

$$P = 1.013 \text{ BAR}$$

$$P = 14.68 \text{ PSI}$$

$$P = 14.68 \text{ PSI}$$

## Caudal

Para determinar la cantidad de aceite que se desplaza por el cilindro en un tiempo determinado realizamos la siguiente ecuación.

$$Q = A * V$$

Q = Caudal

V = Velocidad de avance del cilindro

A = Área del cilindro

$$Q = 31.65 \text{ cm}^2 * 1.6 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$Q = 50.6 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 3.04 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$



### 3.12.1 Selección de los elementos y mecanismos hidráulicos

Para poder seleccionar **los elementos del sistema hidráulicos se debe** tomar en cuenta; las dimensiones de la estructura, **la fuerza que se** necesita para **dar el giro a** la cabina, la presión y el **caudal que** requiere el sistema

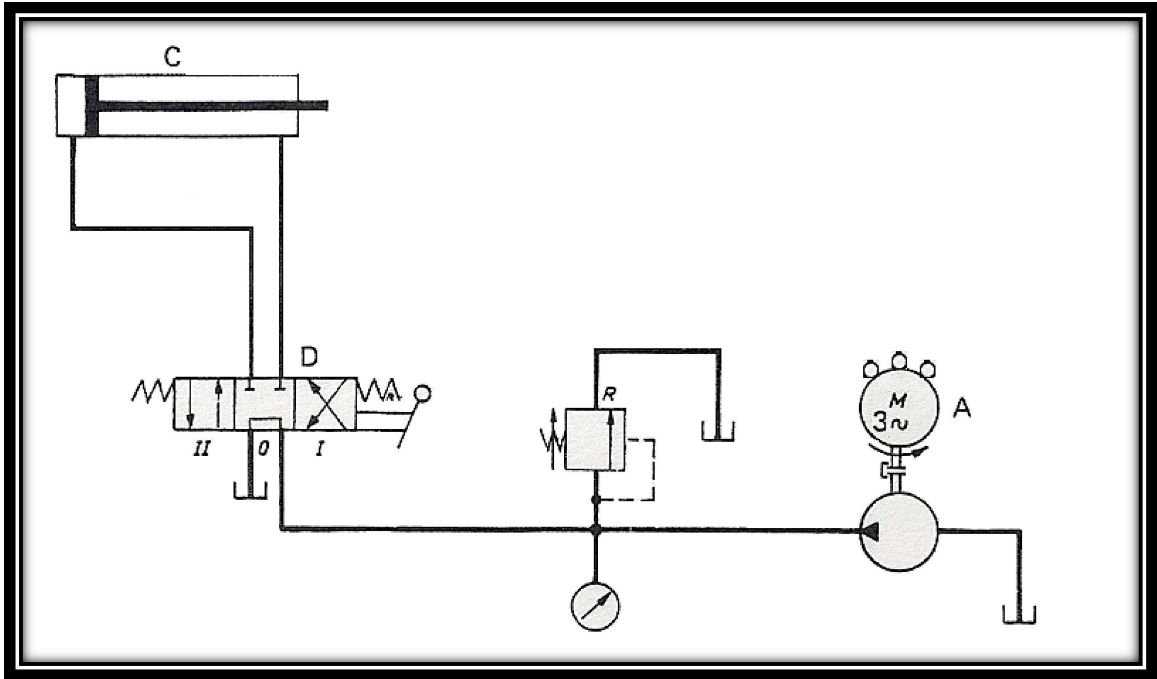


Figura 3.17. Sistema hidráulico

#### 3.12.1.1 Selección del cilindro actuador hidráulico

**El trabajo efectivo del mecanismo de guiñada, se lo realiza a través del cilindro actuador hidráulico de doble efecto.**

**Se conectan tuberías en sus dos entradas, el líquido que a través de estas se desplazan es controlado por la palanca del conjunto de válvula distribuidora, que si se inyecta presión de aceite en una de sus entradas queda libre la otra y el liquido retorna al reservorio.**

La selección adecuada de un cilindro depende principalmente de los siguientes parámetros:

- a) **Disponibilidad del espacio** donde acopla el cilindro
- b) **Longitud de recorrido** de la varilla del pistón
- c) **Presión de operación del sistema**
- d) **Velocidad de operación del cilindro**

Se ha establecido un giro de 15° para obtener una optima sensación de movimiento, **percibido** por los operarios o tripulantes, **el movimiento del perfil estructural principal** de guiñada se especifico **por las dimensiones de cabina, soportes y por el espacio disponible**, se buscó **un cilindro hidráulico** que tenga **las especificaciones necesarias para generar el movimiento con los 15° grados propuestos**.

**Cuando la velocidad de desplazamiento no es importante, se recomienda seleccionar un cilindro con una fuerza de empuje un 25% superior a la necesaria.**

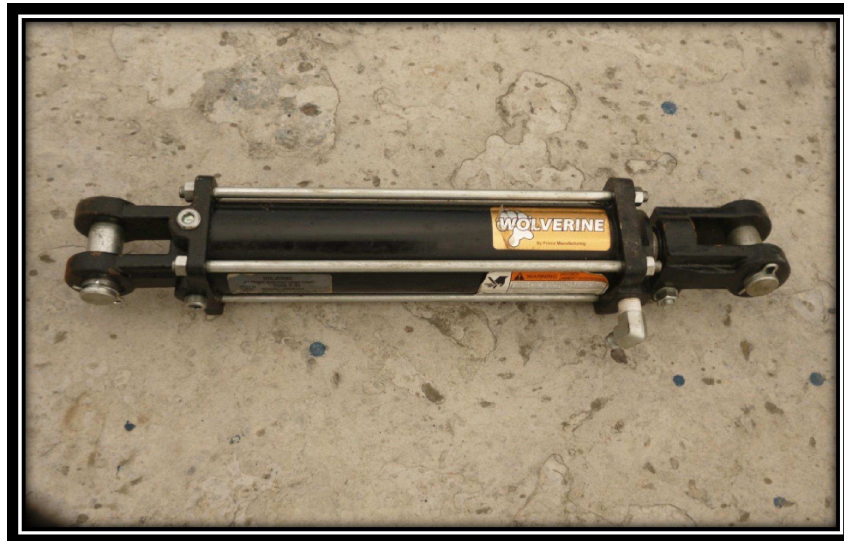


Figura 3.18. **Cilindro actuador de doble efecto**

### **Tiempo en efectuar una carrera**

**Para determinar el tiempo de generación del movimiento, se ha hecho un análisis sobre un periodo adecuado de trabajo del cilindro actuador tratando de extender el movimiento, para que de esta manera se pueda**



apreciar el movimiento con mayor eficacia, es decir tratando de lograr un punto de equilibrio entre raudo y pausada:

Se llego a concluir que el tiempo idóneo será de 5 segundos por cada período de movimiento del vástago.

$$T = 5 \text{ segundos}$$

La dimensión del cilindro extendido es de 72 cm y contraído es de 50 cm, son 22 cm del vástago el movimiento de giro de izquierda a derecha debe ser proporcional, por ende la distancia en cada período será de 11 cm en un tiempo de 5 segundos.

### **Velocidad de avance del cilindro**

Una vez ya establecidos los datos de distancia del vástago extendido y retraído, adicional se ha decretado el tiempo en que el cilindro actuador debe realizar su trabajo. Entonces se aplicará la fórmula de velocidad (MRU):

$$V = \frac{d}{t}$$

d = distancia de una carrera

t = tiempo en que realiza una carrera

V = velocidad de cilindro actuador

El tiempo que emplea el embolo desde la posición de vástago contraído hasta la de extraído es:

$$T = 5 \text{ seg}$$

Entonces la velocidad del trabajo del cilindro en las tres posiciones es:

$$V = \frac{11 \text{ cm}}{5 \text{ s}}$$

$$V = 2.2 \text{ cm/seg}$$

$$V = 0.022 \text{ m/seg}$$

El cilindro actuador que se elegido tiene las siguientes características que se detallan a continuación en la tabla 3.3. :

Tabla 3.3. Características cilindro actuador

Modelo	Wolverine
Tipo	Doble efecto
Longitud de carrera	200 mm
Diámetro del cilindro	$\frac{5}{8}$ in
Diámetro del vástago	$\frac{1}{2}$ in
Longitud del cilindro contraído	500 mm
Longitud del cilindro extendido	720 mm

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

### 3.12.1.2 Selección de la bomba

Para seleccionar la bomba primero analizamos el factor económico y las características técnicas de la bomba, por consiguiente se ha seleccionado una bomba de engranajes externos, que son comúnmente las más utilizadas, económicas y que cumplen con las características requeridas por el sistema. Esta bomba se la considera de caudal constante pues la única forma de variar el caudal es aumentando su velocidad de rotación o de forma contraria por una parada brusca, a continuación se detallará las especificaciones más importantes de la bomba:

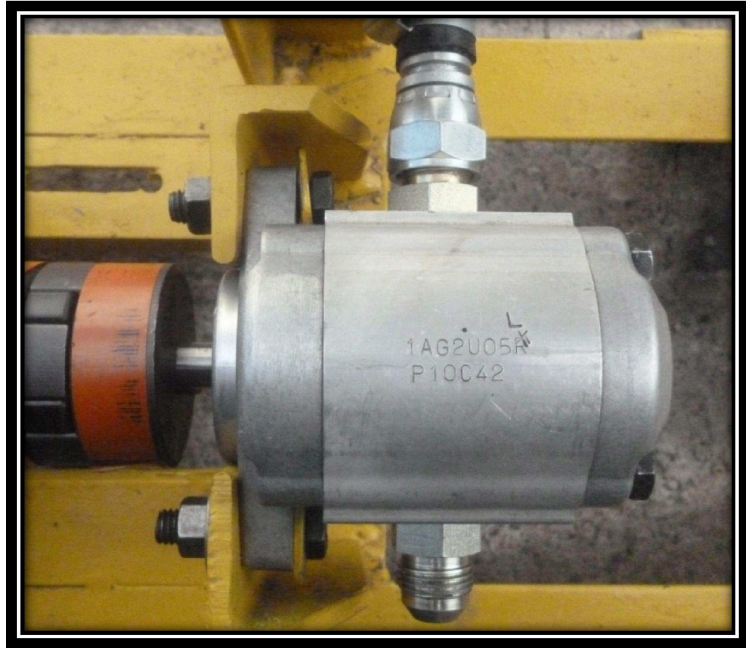


Figura 3.19. Bomba de engranajes

**Tabla 3.4. Características bomba**

Modelo	<b>Nimco Controls 1A Series</b>
Tipo	<b>1AG2U Caudal de constante engranajes externos</b>
Especificación	<b>Bomba de buen rendimiento Temperatura nominal de hasta 100 °C</b>
Presión	<b>Presión nominal de trabajo 3000 PSI e intermitentemente 3600 PSI</b>
Caudal	<b>12 l/min</b>

Elaborado por: Dennis Espinosa M.



### 3.12.1.3 Selección del motor

La función **primordial del motor es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía mecánica tiene una velocidad de rotación, esta velocidad le permite a la bomba realizar su trabajo a través de un acoplamiento “matrimonio” lovejoy.**

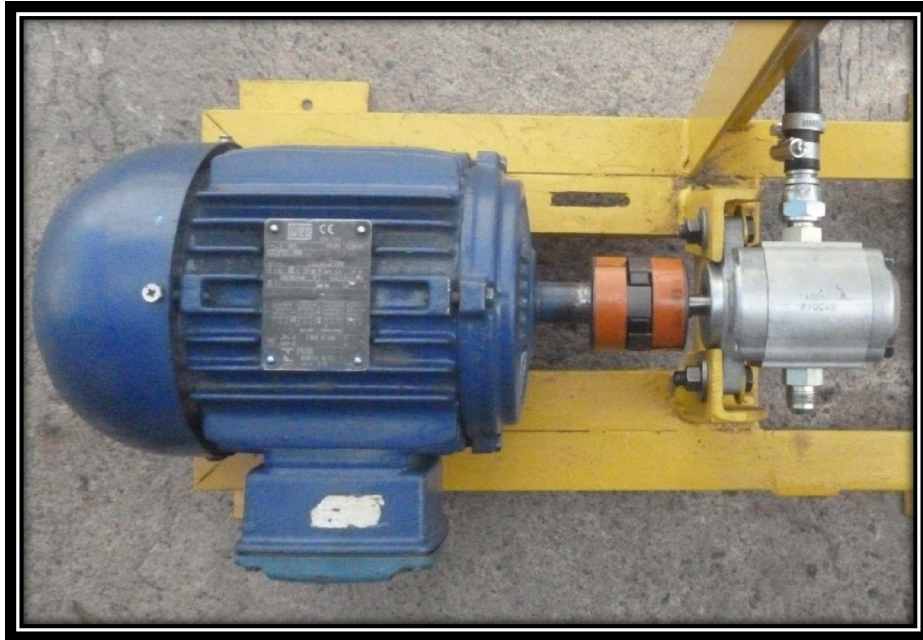


Figura 3.20. Motor eléctrico trifásico

### Potencia del motor en caballos de fuerza

**La potencia del motor eléctrico que** brindará el impulso a la bomba será calculada **de la siguiente forma:**

$$K_w = \frac{9.11 * 100}{600}$$

$$K_w = 1.51$$

Se multiplica por 1.32 para transformar la unidad y obtener el resultado en HP.

$$K_w = 1.51 * 1.32$$

$$HP = 1.99$$

El resultado que ha dado luego de haber hecho los cálculos, exige un motor con una potencia de 2 HP, dependiendo la potencia que requiere como el resultado actual, será fundamental adquirir un motor de 2 HP para un óptimo funcionamiento del sistema hidráulico y consecuentemente el mecanismo estructural.

#### **3.12.1.4 Selección de aceite hidráulico**

Para una bomba con características detalladas anteriormente es necesario utilizar un aceite con una viscosidad de 21 a 61 Engler, como la presión es de 14.68 PSI la temperatura de trabajo es 60 °C.

El lubricante es una sustancia que introducida entre dos superficies móviles reduce la fricción entre ellas, facilitando el movimiento y reduciendo el desgaste.

El aceite hidráulico cumplirá los siguientes requisitos en el sistema:

- > Transmitir energía
- > Lubricar los aparatos hidráulicos
- > Protección contra la oxidación y corrosión
- > No hacer espuma

- > Separar el agua con el aceite y conservar su viscosidad dentro de un margen de temperatura.

Además de los requisitos mencionados para elegir nuestro aceite hidráulico lo hacemos en función de:

- > Tipo de circuito
- > Temperatura ambiente
- > Presión de trabajo
- > Temperatura de trabajo
- > Tipo de bomba

Debido a las exigencias que nos impone el sistema se ha seleccionado el fluido DEXRON III

Este aceite hidráulico previene la oxidación o corrosión. Físicamente evita el desgaste entre cuerpos, disminuye y evita la formación de espuma.

Las características técnicas son las siguientes:

Tabla 3.5. Características aceite hidráulico

Color	Rojo
Densidad	0.857
Viscosidad	80-100 mm <sup>2</sup> /s
Duración	10000 a 15000 horas de servicio
Punto de inflamación	208°C

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

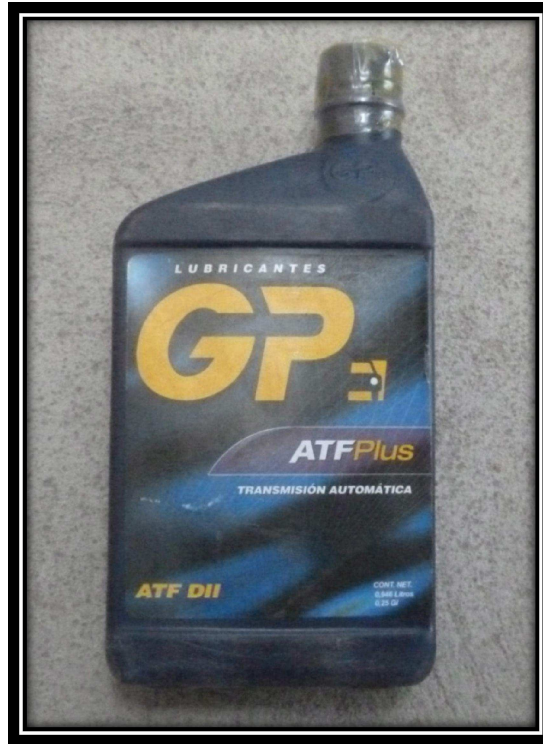


Figura 3.21. Aceite Hidráulico Dexron III

#### 3.12.1.5 Selección del filtro

**Es muy importante para preservar los elementos hidráulicos permitiéndoles trabajar con un aceite limpio y libre de impurezas; esto se logra reteniendo las partículas nocivas. Para retener estas partículas es necesario utilizar un filtro que evite la contaminación.**

**Para determinar el tipo y el emplazamiento del filtro se ha analizado:**

- Nivel de **filtración**
- Presión del **trabajo**
- Caudal
- Perdida de **carga** del filtro
- **Frecuencia de los operarios de mantenimiento**
- Superficies **filtrantes**
- Accesibilidad **del** circuito
- Coste
- Características del fluido



- Tipo de **ambiente**
- Material de **que** está construido

Partiendo de **una bomba de engranajes se relaciona el grado** de filtraje, que **va de 60 a 160 micras, por** consiguiente **es aconsejable utilizar un filtro de aspiración que no** impida su buen funcionamiento.

**Después de haber realizado un análisis de las características** del sistema, se ha **seleccionado un filtro de aspiración de malla de alambre tejida**. Es un elemento filtrante de malla de un tamiz más o menos grande con el grado de filtración que la bomba exige.

**Tabla 3.6. Características filtro**

Marca	Stauff
<b>Grado de filtración</b>	10-100 micras
Presión máxima	12 BAR
Caudal Máximo	950 l/m
Durabilidad	De gran rendimiento, puede <b>reutilizarse</b>

Elaborado por: **Dennis Espinosa M.**



**Figura 3.22. Filtro de malla metálica**

### 3.12.1.6 Selección de la válvula limitadora de presión

También llamadas válvulas de seguridad es un elemento indispensable en las instalaciones hidráulicas y es el elemento hidráulico que más cerca de la bomba se debe ubicar; su objetivo es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos que están instalados. La válvula limitadora en una válvula normalmente cerrada que vierte parte de todo el caudal de la bomba al depósito cuando no hay presencia de movimientos y puede presentarse una sobrepresión.

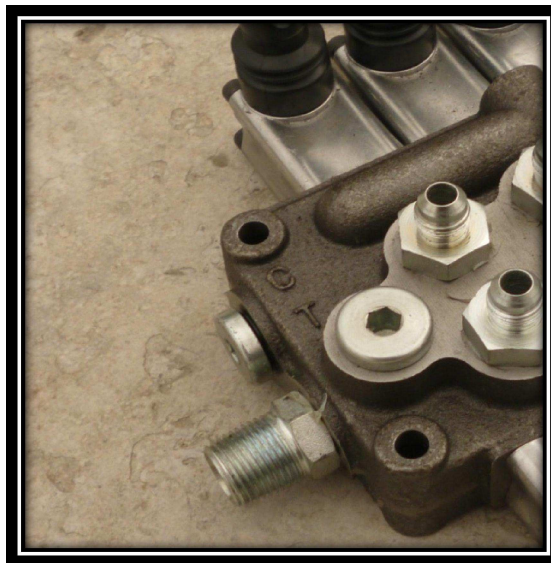


Figura 3.23. Válvula limitadora de presión

### 3.12.1.7 Selección del manómetro

Tenemos un sistema que va a trabajar con varias presiones, se va a centralizar el control de la presión del sistema en un solo manómetro.

Se ha escogido un manómetro de tubo elástico (Bourdon), porque son los más empleados, exactos y económicos.

La válvula selectora de presión es una válvula de asiento giratorio que comunica la presión con un circuito y con el manómetro, al soltar el eje de

la válvula el muelle de la parte inferior de la maquina, cierra la presión y comunica el conducto del manómetro con el tanque a través de la válvula.

**Tabla 3.7. Características manómetro**

Modelo	213.40, caja de latón estampado
<b>Rango de indicación</b>	00-3000 PSI
Características	<b>Resistente contra vibraciones y golpes</b>
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	Ambiente (-40 a +60 °C ) Medio (+60 °C máx.)
<b>Conexión a línea de presión</b>	<b>Conexión de presión hecha de aleación de cobre ¼ NPT</b>
Material	<b>Hecho en aluminio (manecilla y dial), latón (caja), acrílico (ventana), acero inoxidable (aro bordonado), glicerina 99.7% (líquido de relleno)</b>

Elaborado por: **Dennis Espinosa M.**

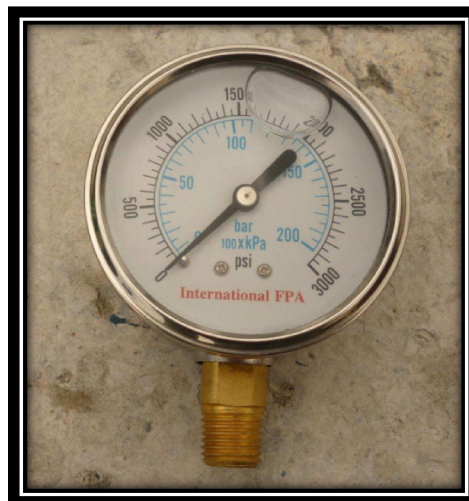


Figura 3.24. Manómetro de tubo elástico

### 3.12.1.8 Selección del control de mando

El accionamiento será administrado por un conjunto de válvula distribuidora, durante el trayecto se producirán dos etapas por eje, en la primera, mediante el conjunto de válvula distribuidora, la bomba envía hacia el cilindro correspondiente aceite a presión para vencer la resistencia generada por el peso de la cabina, accesorios y ocupantes.

Durante la segunda etapa, en el conjunto de válvula distribuidora, el piloto invierte el sentido de entrada del aceite; de esta manera la rotación se efectúa de una manera suave y continua.

La posición del mecanismo de giro de la cabina, es controlada por el piloto desde el conjunto de válvula distribuidora. Mover la palanca hacia uno u otro lado nos permite retraer u extender los cilindros, posicionando el mecanismo de tal manera que simule los movimientos de vuelo característicos de las aeronaves.

Las palancas de control regresaran automáticamente a la posición neutral, después de que los cilindros lleguen al final de su recorrido.

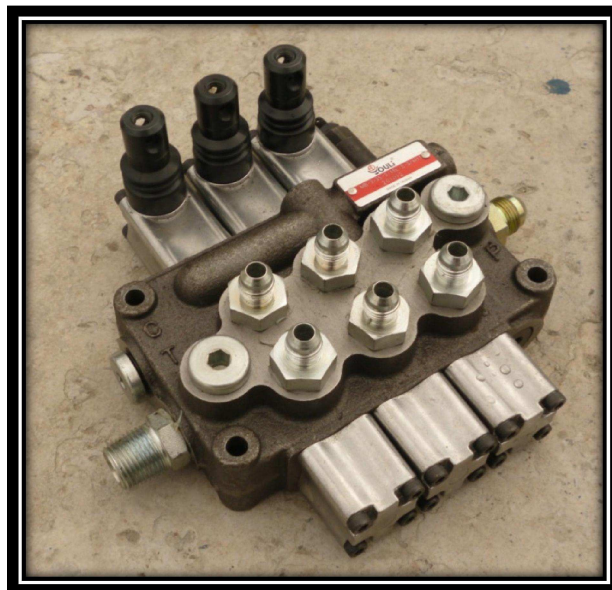


Figura 3.25. Válvula distribuidora

### 3.12.1.9 Selección de la cañería de aspiración

Para una bomba de características ya conocidas es recomendable utilizar una manguera que no pase los 20 m y no sea menor de los 20 cm, la tubería de aspiración debe ser menor que de la impulsión, además esta tubería debe ser estándar y no tener codos.

Se ha elegido una manguera flexible que son las más convenientes para el sistema, ya que las tuberías están sometidas a movimiento y sus tramos son cortos.

**Construcción:** Tubo en goma sintética; dos mallas de alambre de alta resistencia separadas por una capa de goma sintética; cubierta en goma sintética resistente al aceite, a la intemperie y a la abrasión.

**Aplicaciones:** Alta presión con fluidos hidráulicos en base a petróleo, agua-glicol y emulsión agua-aceite, aceite caliente, grasa, lubricantes, crudo y fuel-oil, aire y agua. Pique la cubierta para usar con aire o gases a más de 17 bar. (cobertura resistente a la llama, bajo demanda)

**Gama de temperaturas:** - 40°C a + 100°C (Temperatura de trabajo)  
+ 125°C (Máxima temperatura de trabajo) + 70°C (Máxima temperatura trabajo Aire Comprimido) **Ambiente:** - 40°C a + 80°C

**Normas de fabricación:** Cumple satisfactoriamente los requisitos de la norma

SAE J517 100R2 TIPO AT – EN 853 2SN – ISO 1436

Cumple la norma americana de resistencia a la llama:

US MSHA IC-152/1 Y LOB

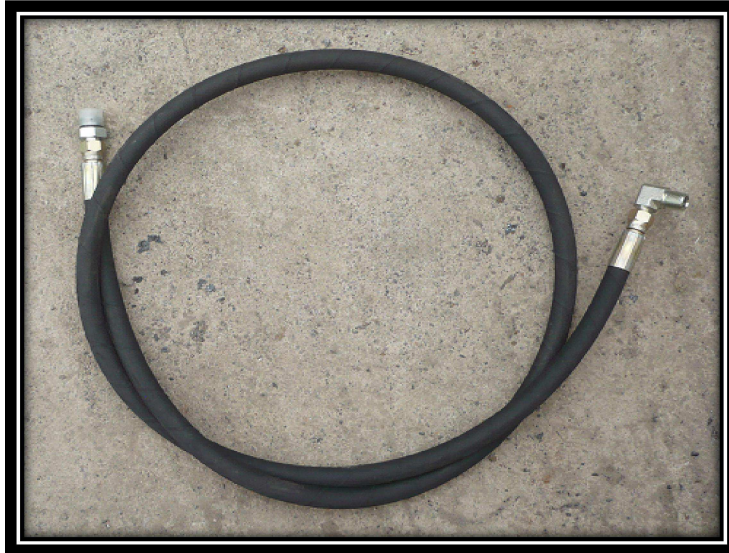


Figura 3.26. Cañería flexible de diámetro 3/8

#### 3.12.1.10 Selección de depósito o tanque

**Para el este sistema necesitamos un tanque para que actúe como reserva del aceite además de las siguientes exigencias.**

**S** Separe el aceite del aire

**S** Evacue el calor

**Dentro del rango de referencia de caudal (Q) de la bomba de engranajes el tanque debe tener dos veces más que su caudal.**

**Para el cálculo de las dimensiones del reservorio se debe hacer una relación tomando como referencia el caudal de la bomba, en este caso una bomba de engranajes con  $Q = 2.8$ , según la regla de dimensionamiento de reservorio explica que el reservorio debe tener de 2.5 a 4 veces más que el caudal**



Figura 3.27. Depósito de aceite hidráulico

#### 3.12.1.11 Selección del rodamiento

Un rodamiento **también denominado** cojinete, es un **elemento mecánico** que reduce la fricción **entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura**, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento. Por eso se ha **escogido utilizar para este proyecto rodamientos de rodillos cónicos** que se describe a continuación:

**El rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525, con un diámetro interior de 2 in debido a la posición oblicua de los rodillos y caminos de rodadura, es especialmente adecuado para resistir cargas radiales y axiales simultáneas. Este rodamiento debe montarse en oposición con otro rodamiento capaz de soportar los esfuerzos axiales en sentido contrario. El rodamiento es desmontable; el aro interior con sus rodillos y el aro exterior se montan cada uno separadamente como se muestra en la figura:**



Figura 3.28. Rodamiento de rodillos cónicos 4T-3525



## Construcción

El objetivo principal de este capítulo es detallar los procesos principales y secundarios de construcción y el ensamblaje de las partes que conforman el movimiento de Guiñada en la estructura simuladora de los movimientos del avión.

Para hacer posible la construcción del presente proyecto se utilizó un análisis de posibilidades o alternativas de construcción, tratando de obtener de esta manera un resultado parcial, exacto y conveniente para el constructor tanto como para el futuro operario.

### 3.13 Descripción del Movimiento Guiñada



Figura 3.29. Estructura simuladora del movimiento de guiñada

Los elementos constituyentes de la estructura del mecanismo del movimiento de guiñada implementado en la estructura simuladora son:

- > Eje principal de acero A36.
- > Perfil estructural cuadrado de acero A36.
- > Rodamientos de tipo rodillo cónico.
- > Depósito del fluido hidráulico.
- > Cañerías y acoplamientos.
- > Filtro de fluido hidráulico tipo malla metálica.
- > Bomba de presión, engranajes (3600 PSI).
- > Cilindro hidráulico (2500 PSI).
- > Motor eléctrico trifásico 2 HP, 220 V AC.
- > Indicador de presión de aceite manómetro (3000 PSI).

### **3.14 Descripción del Funcionamiento**

Este sistema hidráulico funciona a través de una válvula distribuidora 3p-4v de mando directo con accionamiento manual por palanca, la cual permite generar el movimiento de guiñada, para que se pueda ejecutar el movimiento se recurre al motor eléctrico que le brindara el impulso necesario para el funcionamiento de la bomba de aceite.

El aceite que se encuentra en el depósito, es succionado por la bomba e impulsado hacia un filtro de aceite, además la función de la bombas es enviar el aceite hidráulico con fuerza hacia el sistema pasando primero por el indicador manómetro (él cual medirá la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta), la presión absoluta permitirá realizar una comparación de medidas para comprobar el

funcionamiento del motor y bomba previamente antes de la generación del movimiento (necesario como norma de seguridad),

Posterior a este paso el aceite hidráulico atravesará un anti retorno para evitar que la contrapresión incida sobre la bomba. A partir de este punto comienza la trayectoria hacia el distribuidor de 3p - 4v, una vez que el aceite llega al distribuidor hay tres opciones de funcionamiento la posición #0 (la de reposo), en donde el distribuidor no acciona ningún tipo de movimiento, en caso de existencia de sobrepresión en el circuito debido a la ausencia de movimiento del vástago hacia alguna dirección, el limitador de presión abre el circuito retornando el fluido bombeado al depósito.

En la posición #1 y #2 hay accionamiento del cilindro actuador de doble acción, dependiendo del requerimiento se activara la posición #1 o #2 con la palanca, en caso de tomar la posición #1 la primera cámara del cilindro se llena de aceite hidráulico y el vástago del cilindro realiza la salida. Si decide cambiar a la posición #2 el aceite de la primera cámara regresara al depósito y la segunda cámara se llenara de aceite dando como resultado la retracción del vástago.

El depósito de aceite está provisto de un orificio de ventilación para evitar la sobre presión en el depósito.

### **3.15 Requerimientos Técnicos**

- Para el funcionamiento del mecanismo de guiñada se necesita una conexión que abastezca el motor, es decir una conexión trifásica de 220 V AC.
- El mantenimiento debe ser constante para evitar la acumulación de polvo en elementos hidráulicos de la estructura simuladora del movimiento de guiñada.
- Para el correcto funcionamiento de la bomba hidráulica de alimentación de aceite, se requiere el uso de liquido hidráulico GP, Type Dexron III,

Mercon ATF usado en el mercado automotor, debido a su bajo costo y gran rendimiento.

- La cantidad de aceite para operar el sistema debe ser el indicado en el depósito de aceite.
- Para lograr un rendimiento óptimo se debe respetar el número de tripulantes permisibles en la cabina Boeing 707 (4 tripulantes).

### **3.16 Materiales para la construcción**

Para realizar el trabajo de construcción de las partes y componentes de la estructura simuladora del movimiento de guiñada se tomaron en cuenta ciertos materiales que se detallarán a continuación.

## Perfil Cuadrado de Acero A36

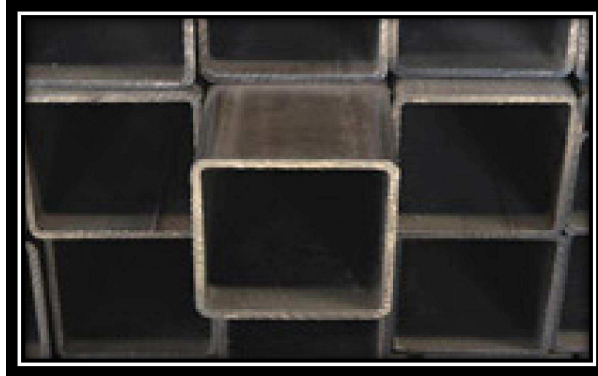


Figura 3.30. Perfil Cuadrado de Acero

Las características importantes que presenta este material es que puede ser sometido a muchas cargas debido a su dureza, además presenta buenas características, como son el material puede ser cortado, soldado y pintado con facilidad.

### Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción, de la estructura del soporte del mecanismo de guiñada y también fue utilizado para lograr la sujeción del eje hacia el perfil cuadrado a través de una placa cuadrada, las mismas que recibieron un tratamiento de recubrimiento superficial (cromado), para mejorar su presentación y evitar su rápida oxidación.



Figura 3.31. Estructura del Movimiento de Guiñada.

## Eje Cilíndrico de Acero A36



Figura 3.32. Eje Cilíndrico de Acero A36

El eje cilíndrico es de un material en base a acero, que presenta características importantes como: gran resistencia, durabilidad y seguridad en lugares donde se emplea grandes cargas.

### Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción de ejes en los que la mayoría se exige bastante al material con respecto a cargas estructurales.



Figura 3.33. Eje sobre el que se monta el perfil cuadrado.

## Acero Cementado Endurecido



Figura 3.34. Acero Cementado Endurecido

El acero cementado es un acero expuesto a **tratamiento termoquímico** que se realiza en piezas sin temple, debido a que al llevarlo a la temperatura de cementación se pierde todo los beneficios del temple por lo cual no tiene lógica templar antes.

El proceso aporta carbono a la superficie mediante **difusión**, que se impregna modificando su composición.

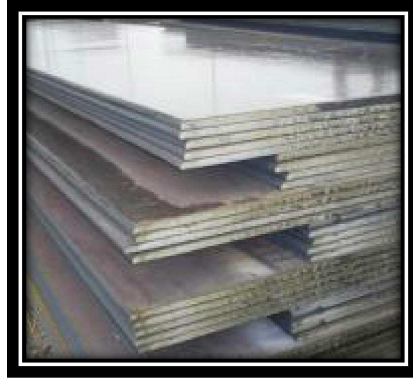
### Utilización

Este tipo de material se utiliza en la construcción de pasadores que sujetan a los cilindros hidráulicos y partes importantes de la estructura.



Figura 3.35. Pasador empleado en Cilindro Hidráulico.

## Plancha de Acero Inoxidable



**Figura 3.36.** Plancha de Acero Inoxidable

El acero inoxidable es un material resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros materiales que contiene, posee gran efectividad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro en el accesorio.

### Utilización

Este tipo de material se utiliza en la sujeción del eje principal al tubo estructural **cuadrado** a través de la suelda.



**Figura 3.37.** Plancha utilizada en el eje principal



## Electrodo 7018



Figura 3.38. Electrodo 7018

El **electrodo 7018** es un electrodo de bajo hidrogeno y polvo de hierro en el revestimiento **que se utiliza para soldar aceros de mediana y baja aleación**, es un electrodo **de alto rendimiento que normalmente se utilizan** para aceros difíciles, **maquinaria pesada, estructuras, calderas, grúas, tuberías, plataformas, tanques**, fabricación y reparación de barcos.

### Utilización

Este tipo de **electrodo** se utiliza **para soldar las tuberías estructurales cuadradas, el eje principal, la camisa y pistas de los rodamientos, sujeción de orejas en el tubo estructural cuadrado.**



Figura 3.39. & 3.40. **Suelda implementada en sujeción de elementos principales**

### 3.17 Cuadros de máquinas, herramientas y materiales utilizados en la construcción de la estructura simuladora del movimiento de guiñada

Tabla 3.8. Código de maquinas utilizadas en la construcción

<b>Código</b>	<b>Máquina</b>	<b>Características</b>
<b>M1</b>	SOLDADORA	110/220 V AC 60 HZ
<b>M2</b>	TALADRO	DRILLING M. 110 V 60 HZ
<b>M3</b>	TORNO	3600 RPM 220 V 3HP
<b>M4</b>	AMOLADORA	ISKRAPERLES 120 V AC
<b>M5</b>	ESMERIL	120 V AC 60 HZ
<b>M6</b>	COMPRESOR	50 PSI ½ HP
<b>M7</b>	EQUIPO DE OXICORTE	220 V 50HZ

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

Tabla 3.9. Código de herramientas utilizadas en la construcción

<b>Código</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Características</b>
<b>H1</b>	FLEXÓMETRO	5 m.
<b>H2</b>	ESCUADRA CUADRADA	45 cm.
<b>H3</b>	MARTILLO	10 ONZAS (peso)
<b>H4</b>	PULIDORA	180 mm 1300 W
<b>H5</b>	TALADRO DE BANCO	5 Velocidades 1/3 Hp
<b>H6</b>	MACHUELOS	
<b>H7</b>	ENTENALLA	CAPACIDAD 5 “
<b>H8</b>	ESCUADRA METÁLICA	30 cm
<b>H9</b>	TRAZADOR	

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

Tabla 3.10. Código de materiales de construcción utilizados

<b>Código</b>	<b>Material</b>
<b>Mdd</b>	Perfil cuadrado de acero A36 10cm x 10cm
<b>Mdc2</b>	Plancha de acero A36 10cm x 10cm y 1.27cm espesor
<b>Mdc3</b>	Bulón de acero A36 1m longitud y 5.08 $\phi$
<b>Mdc4</b>	Electrodos 6011 & 7018
<b>Mdc5</b>	Pintura & Tiñer
<b>Mdc6</b>	Pasadores

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

Tabla 3.11. Selección de materiales hidráulicos de la estructura simuladora

<b>Código</b>	<b>Material</b>
<b>Mh1</b>	Rodamientos cónicos tipo rodillo 4.1 $\phi$ int. 8.2 $\phi$ ext. y 2cm de espesor, modelo 3585/25 ZWZ
<b>Mh2</b>	Manómetro 3000 PSI
<b>Mh3</b>	Motor trifásico 2 HP
<b>Mh4</b>	Bomba hidráulica de engranajes
<b>Mh5</b>	Cilindro Actuador F= 3728 libras de empuje
<b>Mh6</b>	Cañerías de fluido de presión y retorno 3/8 330 BAR 4800 PSI de fibra goma sintética y 2 mallas de alambre.
<b>Mh7</b>	Filtro de liquido hidráulico tipo malla metálica
<b>Mh8</b>	Válvula de control 4/3 de hierro colado, que incluye una válvula de seguridad o sobre presión y palanca de mando.
<b>Mh9</b>	Reservorio hidráulico, planchas de acero A-36, 1 ½ m

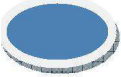




Elaborado por: Dennis Espinosa M.



### 3.18 Diagramas de flujo de procesos

A continuación se describe con diagramas de flujo el desarrollo de la construcción de cada una de los accesorios que conforman la estructura simuladora del movimiento de guiñada, para lo cual se describen cada una de las actividades con un símbolo para su mejor entendimiento.

Tabla 3.12. Símbolos a utilizarse para el diagrama de flujo de procesos

Símbolo	Descripción
	Proceso
	Ensamblaje
	Inspección
	Proceso Terminado
	Producto Terminado

Para el desarrollo del diagrama de flujo de procesos, a la estructura simuladora del movimiento de guiñada se la ha clasificado en tres accesorios:

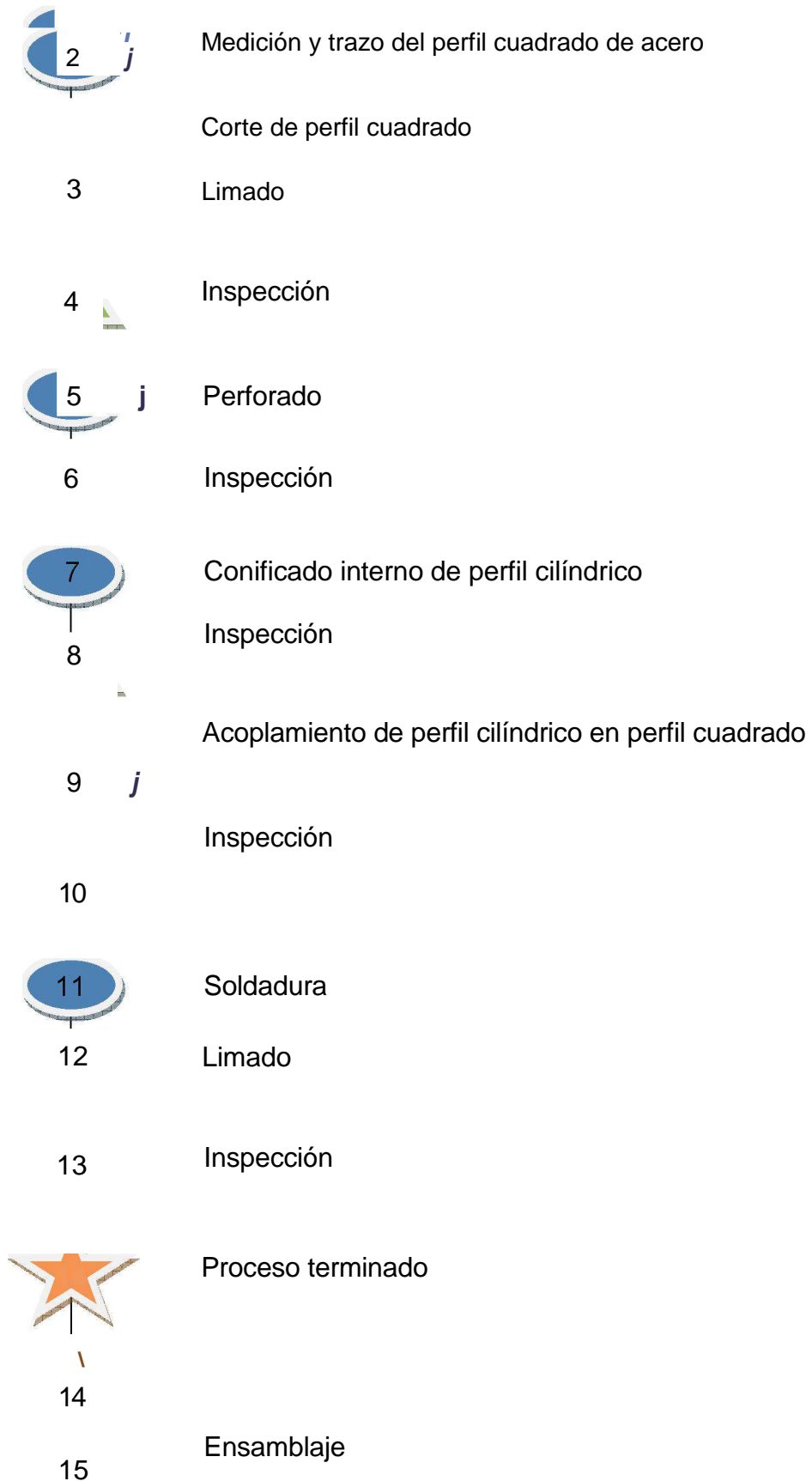
Accesorio N° 1 Soporte

Accesorio N° 2 Eje

Accesorio N° 3 Tuerca

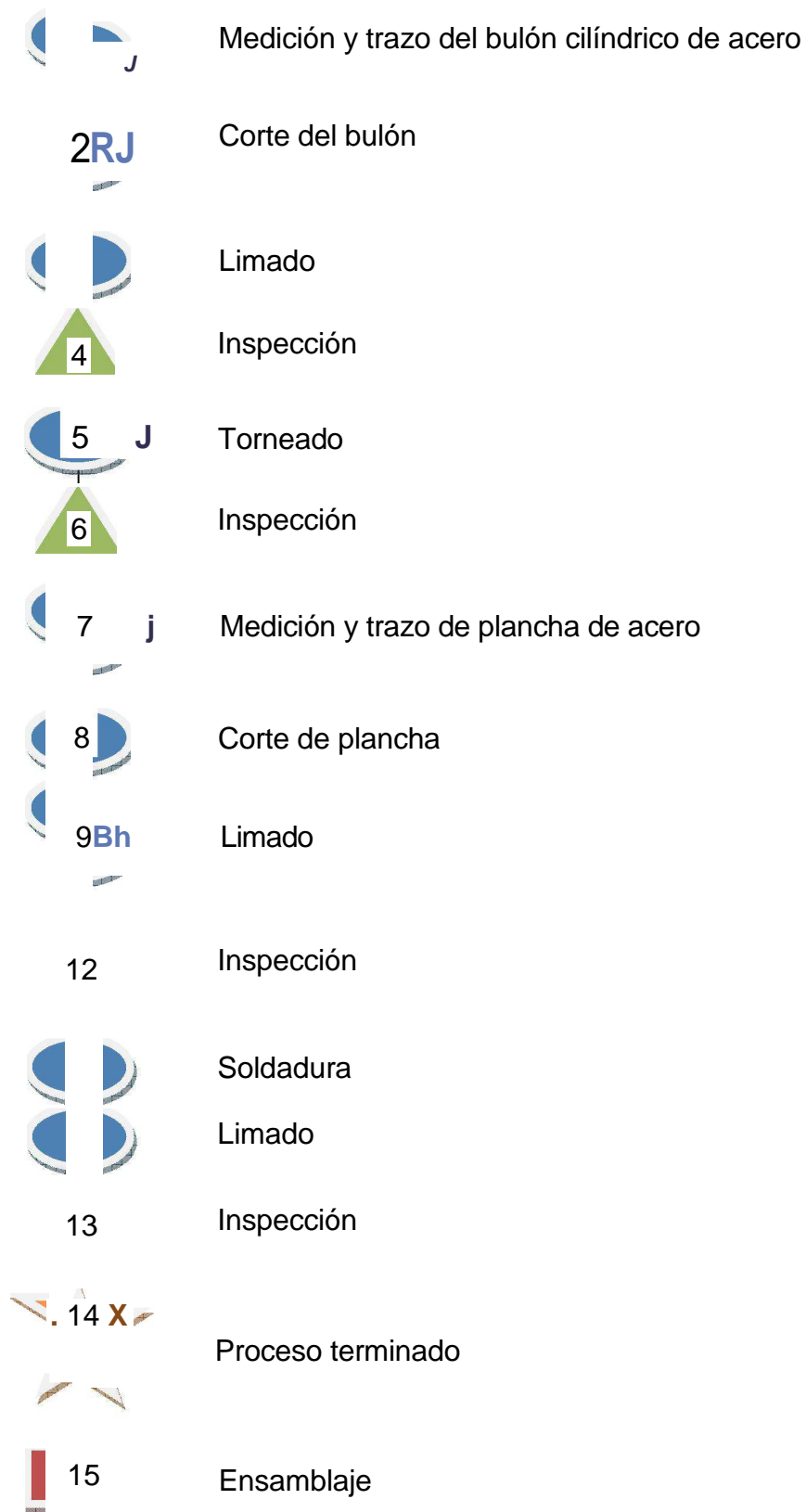
Sistema Hidráulico

A. Diagrama de flujo de procesos de construcción del soporte (pieza N° 1)



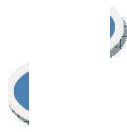


B. Diagrama de flujo de procesos de construcción del eje (pieza N° 2)

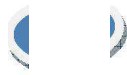




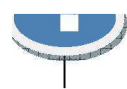
C. Diagrama de flujo de procesos de construcción de tuerca (pieza N° 3)



Medición y trazo de la plancha de acero



Corte de la plancha



Limado

1

2

3



Inspección



Cilindrado exterior



Inspección



Cilindrado interior

7



Inspección

9

Perforado interior y exterior



Inspección



Roscado interior

12

Inspección




14


15


Proceso terminado

Ensamblaje

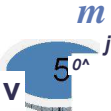
D. Diagrama de flujo de procesos de construcción del sistema hidráulico

 **1 i** Medición y trazo de mangueras flexibles


 **2** Corte de las mangueras


 **3 W)** Lijado de mangueras

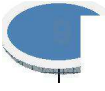
 **4** Inspección

 **5<sup>o</sup>** Conexión de mangueras con acoples

 **6** Inspección

 **8** Acoplamiento de elementos hidráulicos

 **9 J** Inspección de fugas de líquido hidráulico

 **11** Fusión de elementos hidráulicos con la estructura

 **10** Inspección de pasadores

**7 j**

 **11** Accionamiento del sistema hidráulico

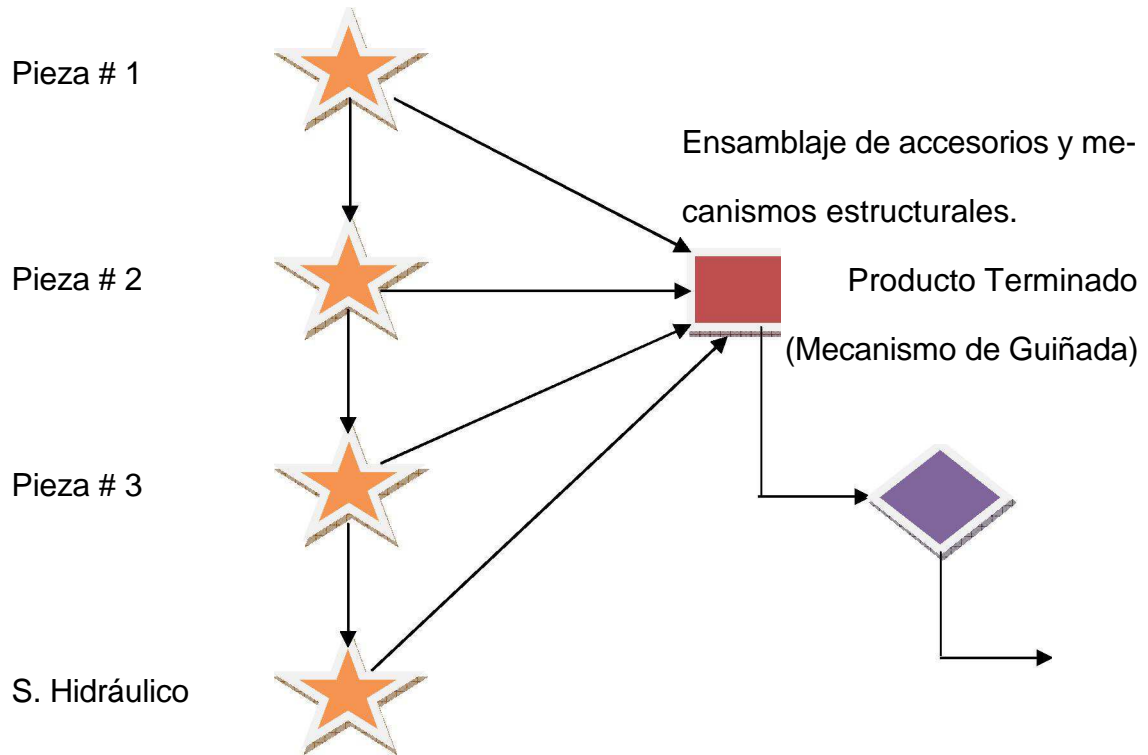
**12** Inspección de uniones

 **14** Proceso terminado

 **15** Ensamblaje



E. Diagrama de flujo de procesos del ensamblaje del producto terminado





### 3.19. Pruebas de funcionamiento

Terminado el proceso de construcción, una vez que se ha implementado el mecanismo de guiñada en la estructura simuladora de los movimientos del avión. Consecuentemente se proseguirá a verificar el desempeño, rendimiento y posibles fallas que se hayan podido presentar en la implementación.

Se presentan los siguientes parámetros:

Tabla 3.13. Pruebas de funcionamiento

<b>N°</b>	<b>Parámetros de funcionamiento</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
1	Verificación del mecanismo de giro según los planos realizados.	V	
2	Tiempo de recorrido del vástago en un ciclo de 5 segundos.	V	
3	Movimiento rotacional de la cabina del avión Boeing 707 hacia el lado izquierdo.	V	
4	Movimiento rotacional de la cabina del avión Boeing 707 hacia el lado derecho.	V	

Elaborado por: Dennis Espinosa M.

A través de la tabla 3.13 se ha podido comprobar que el mecanismo de guiñada en la estructura simuladora cumple ejerciendo óptimo funcionamiento, de tal manera se puede afirmar que la implementación es cien por ciento funcional y exitosa.



**Figura 3.41.** Giro de cabina hacia izquierda



**Figura 3.42.** Giro de retorno de cabina a punto inicial





**Figura 3.43.** Giro de cabina hacia derecha

**Luego de haber efectuado las pruebas se vio en la necesidad de incrementar un amortiguador de seguridad compuesto por caucho, para que luego de un accionamiento crítico del movimiento de guiñada disipe el golpe, evitando así posibles deformaciones de los perfiles estructurales.**

**También se considero un mecanismo de señalización para la fácil ubicación de la cabina, para lo cual se implemento dos banderines.**



## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO**

### **4.1 Presupuesto**

Previamente a la finalización del proyecto de grado, y habiendo realizado el anteproyecto, ya hecho el estudio del costo calculado para la construcción del proyecto guiñada, es decir \$1200 implementados al mecanismo que proveerá del movimiento de guiñada a la estructura simuladora de los movimientos del avión en la cabina del avión Boeing 707, la cantidad cuantitativa que se le ha dado al proyecto es tomada como la mejor alternativa frente a la compra de un instrumento o sistema que brinde la misma función.

Dándole la importancia y el argumento a esta condición, se estructurará un resumen del costo real que ha tenido el proyecto.,

### **4.2 Análisis Económico**

En el proceso de construcción del proyecto se tomó en consideración tres factores económicos muy importantes que se citan a continuación:

- Recursos Materiales
- Recursos Humanos
- Otros

#### **4.2.1 Recursos Materiales**

El factor recursos materiales acoge todos aquellos materiales y herramientas requeridas.

Tabla 4.1. Análisis del costo por alquiler de herramienta

Nº	Características	Costo
1	Herramienta Manual	\$45
2 3	Martillo de goma, machuelos, tarraja, flexometro, sierra, lima, entenalla	
	Herramienta Electrónica Esmeril, pulidora, taladro de banco, compresor, soldadora, torno, bascula	\$60
	Maquinaria Pala excavadora, Cargador frontal.	\$40

**Costo total**

**\$145**

**Fuente:** Autor

**Elaborado por:** Dennis Espinosa M.

Tabla 4.2. Análisis del costo de materiales

<b>Costo de materiales implementados en el proyecto</b>		
Nº	Características	Costo
	<b>Hidráulico</b>	
1	Cilindro Hidráulico Wolverine, 2500 PSI, modelo W250100	\$299,11
2	Manguera 2m x 3/8 R2 con Neplos Rodamiento rodillos	\$75,00
2	cónicos 3585/25ZWZ	\$35,00
	<b>Soporte Estructural</b>	
1	Bulón Acero A36, 2 plg. Ø x 1m longitud.	\$50,00
1	Perfil Estructural Acero cuadrado A36 4 x 3 mm.	\$121,67
1	Plancha Cilíndrica A36, 5mm & 380 mm Øex, 80 mm Øin.	\$30,00
1	Plancha Acero A36 1 ½ plg.	\$37,50
	Plancha de acero A36 100 mm x 100 mm y 127 mm	\$9,00
	<b>Otros</b>	
1 ½	Pintura & Tiñer	7,50
lb	Grasa	\$1,00
	<b>Costo total materiales designados</b>	<b>\$595,78</b>

**Fuente:** Autor

**Elaborado por:** Dennis Espinosa M.

#### 4.2.2 Recursos Humanos

El factor recursos humanos se basa en la construcción y diseño, es decir es un presupuesto impago.

Tabla 4.3. Análisis del costo de mano de obra

<b>Costo mano de obra</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Sueldo Básico Postulante	\$1200
Asesor	\$120
Capacitación	\$80
<b>Costo total mano de obra</b>	<b>\$1400</b>

**Fuente:** Autor

**Elaborado por:** Dennis Espinosa M.

#### 4.2.3 Otros

El factor otros se fundamenta en gastos adicionales al diseño, construcción e implementación del sistema hidráulico.

Tabla 4.4. Análisis del costo de otros gastos

<b>Costo de otros gastos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Papelería	\$40
Software e Internet	\$72
Vivienda	\$80
Transporte	\$60
Otros	\$80
<b>Costo total de gastos</b>	<b>\$332</b>

**Fuente:** Autor

**Elaborado por:** Dennis Espinosa M.

### 4.3 Costo Total

En este literal se muestra el costo total empleado en la elaboración del proyecto.

Tabla 4.5. Costo total

<b>Detalle del Costo Total</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Alquiler de herramienta y maquinaria	\$145
Recursos materiales Recursos humanos	\$595.78
Otros	\$1400
<b>Costo total de gastos</b>	<b>\$332</b>
	<b>\$2472.78</b>

**Fuente:** Autor

**Elaborado por:** Dennis Espinosa M.

Posterior al análisis se llega a concluir que el beneficio que brindará la estructura simuladora de los movimientos del avión al ITSA justificara el costo y la respectiva construcción del proyecto.

## **CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

- > Al realizar la investigación sobre los equipos que cuenta el taller de mecánica (bloque 42), se llegó a concluir que está muy bien equipado, pero que siempre es necesario aceptar ideas innovadoras y productivas que promuevan el desarrollo del ITSA.
- > A través del equipo de instrucción “estructura simuladora del movimiento de guiñada”, se estima que existirá un mejoramiento de proceso de enseñanza y una mejor obtención del conocimiento científico, contribuyendo al cumplimiento de la misión del ITSA.
- > Al terminar la construcción de la estructura simuladora del movimiento de guiñada, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento de todos los accesorios y elementos hidráulicos que fueron instalados, dando como resultado un perfecto funcionamiento y donde no se encontró ningún tipo de inconveniente.
- > Los elementos hidráulicos y materiales utilizados en la construcción de la estructura simuladora del movimiento de guiñada, garantizan un buen funcionamiento y seguridad, brindando confiabilidad al operador.
- > Se ensambló la estructura simuladora de los movimientos de la aeronave en una hangareta metálica localizada en dirección oeste del “Boque 42”, junto al taller de mecánica básica.

## 5.2 Recomendaciones

- > Cuando el operario quiera trabajar en la estructura simuladora de los movimientos del avión, debe revisar primero las indicaciones y parámetros que se deben cumplir, los mismos se encuentran en los manuales del libro de tesis.
- > Se debe controlar permanentemente el mantenimiento de la estructura simuladora del movimiento de guiñada según lo estipulado para obtener un mejor rendimiento y una gran durabilidad.
- > Para el personal estudiantil y docente, deberán chequear las tarjetas técnicas que se encontrarán adjuntas a la estructura simuladora de los movimientos del avión antes de su respectivo uso.
- > Se haga uso de la estructura simuladora de los movimientos del avión como ayuda didáctica al momento de impartir la cátedra de las asignaturas en la carrera de mecánica.
- > Utilizar las herramientas idóneas al momento de realizar el mantenimiento de la estructura simuladora del movimiento de guiñada.