

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA

**CONSTRUCCION DE UN SOPORTE PARA LA HÉLICE RH DEL
AVION FAIRCHILD FH – 227 J CON MATRICULA HC-BHD PARA
EL TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE No. 11 HASTA EL
CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO**

POR:

IRVING ANDRÉS SALAS CAZA

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

TECNOLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA

2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Sr. IRVING ANDRÉS SALAS CAZA, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGA EN MECÁNICA AERONAÚTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Eduardo Toscano
Director del proyecto

Latacunga, Enero 09 del 2012

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de graduación mis Padres Ximena Caza y Gustavo Salas por su esfuerzo, constancia, comprensión y a verme guiado por el buen camino, a mi Hermana Viviana Salas por a verme apoyado, aconsejado y ser como una amiga en quien confiar, siendo un ejemplo a quien pude seguir, a mi Abuelita María Meza aunque no esté con migo siempre me acompaño en todo momento, cuidándome y protegiéndome, a mis Abuelitos Carlos Caza y Clara Veloz por enseñarme el valor de la constancia y de la superación, a Katherine Chamorro por a ver sido mi compañía en el transcurso de mi vida estudiantil y ser quien me apoyo al momento de realizar mi tesis.

Irving Salas

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por acogerme en sus aulas y permitirme cumplir mis metas, llegando a ser profesional.

A mis Padres Ximena Caza y Gustavo Salas por ser mi inspiración de constancia y superación y por enseñarme el valor del trabajo propio.

A mis compañeras con los que estuve en el transcurso de mi carrera profesional y con quienes luche por cumplir cada una de las expectativas propuestas por el Instituto y con quienes estudie hasta alcanzar la meta.

Irving Salas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Índice de tablas.....	IX
Índice de figuras.....	X
Índice de anexos.....	XII
Resumen.....	XIII
Summary.....	XIV

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación e Importancia.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance.....	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Generalidades del avión Fairchild FH-227.....	4
2.2.	Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227 J.....	5
2.3.	Hélice del avión Fairchild	8
2.4.	Tipos de Hélices.....	9
2.4.1	Hélice de paso fijo.....	10
2.4.3	Hélice ajustable en tierra	10
2.4.3	Hélices de paso variable	11
2.5.	Principales componentes de la hélice	12
2.5.1	Conjunto de Palas.....	13
2.5.2	Conjunto de la Cúpula o Domo	15
2.5.3	Conjunto del Spinner	15
2.6.	Estructuras de Acero	16
2.6.1	Columnas y puntales.....	16
2.6.2	Esfuerzos de pandeo.....	19
2.6.3	Formas de Columnas.....	19
2.6.4	Radio de giro y relación de esbeltez.....	21
2.6.5	Formulas de columnas.....	23
2.6.6	Investigación de columnas.....	27
2.7.	Soldadura.....	29
2.7.1	Soldadura por arco	29
2.7.2	Soldeo blando y fuerte	30
2.7.3	Fuentes de energía	31
2.7.4	Seguridad.....	33

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1.	Construcción del soporte para las palas del avión Fairchild FH-227J	34
3.1.1	Preliminares.....	34
3.1.2	Diseño.....	34
3.2.	Cálculo estructural.....	35
3.2.1	Cálculo de la estructura.....	35
3.2.2	Cálculo de la soldadura del soporte.....	37
3.3.	Diagrama de flujo operacional.....	38
3.3.1	Simbología del proceso de construcción.....	38
3.4.	Proceso de construcción.....	39
3.4.1	Proceso de construcción de la base del soporte.....	46
3.4.2.	Proceso de construcción de las columnas del soporte.....	47
3.4.3.	Proceso de ensamblaje de la estructura.....	48
3.5.	Pruebas de Evaluación.....	49
3.6.	Análisis económico.....	49
3.6.1	Recursos.....	50
3.6.2	Presupuesto.....	50

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	52
4.2. Recomendaciones.....	53
GLOSARIO.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Simbología del proceso de construcción.....	38
Tabla 3.2: Medición tubos.....	40
Tabla 3.3: Herramientas.....	44
Tabla 3.4: Máquinas empleadas	45
Tabla 3.5: Pruebas realizadas.....	49
Tabla 3.6: Recursos humanos.....	50
Tabla 3.7: Costos primarios.....	51
Tabla 3.8: Costos secundarios.....	51
Tabla 3.9: Costo Total.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Fairchild FH-227J.....	5
Figura 2.2: Fairchild FH-227J.....	5
Figura 2.3: Dimensiones del avión Fairchild FH-227J.....	7
Figura 2.4: Avión Fairchild FH-227J.....	8
Figura 2.5: Hélice Avión Fairchild FH-227J.....	9
Figura 2.6: Componentes de la hélice.....	12
Figura 2.7: Componentes de la pala.....	13
Figura 2.8: Componentes de la pala.....	14
Figura 2.9: Conjunto de Spinner.....	15
Figura 2.10: Fuerzas en la viga	16
Figura 2.11: Compresión.....	17
Figura 2.12: Esfuerzos de pandeo.....	18
Figura 2.13: Secciones habituales de columnas y puntales.....	20
Figura 2.14: Efecto de las condiciones de extremo.....	22
Figura 2.15: Esfuerzo de compresión permisible para acero ASTM 36.....	27
Figura 2.16: Esquema del proceso de soldadura.....	30
Figura 2.17: Fuente de poder para soldar.....	31
Figura 2.18: Esquema del proceso de funcionamiento de la fuente de poder....	32
Figura 2.19: Implementos de seguridad.....	33
Figura 2.20: Implementos de seguridad.....	34

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Calculo de la estructura.....	36
Figura 3.2: Corte del tubo.....	41
Figura 3.3: Proceso de corte.....	42
Figura 3.4: Cordones de soldadura.....	43
Figura 3.5: Proceso de ensamblaje.....	43
Figura 3.6: Ruedas industriales.....	44
Figura 3.7: Garruchas.....	44
Figura 3.8: Estructura pintada.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Diseño del Soporte de la Hélices del avión Fairchild FH-227J

ANEXO B: Análisis de tensiones del Soporte de la Hélices del avión Fairchild FH-227J

ANEXO C: Soporte de las Hélices del avión Fairchild FH-227J

HOJA DE VIDA DEL GRADUANDO

HOJA DE LEGALIZACION DE FIRMAS

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

RESUMEN

El siguiente trabajo contiene el proceso según el cual se desarrolló la construcción del soporte para las palas del avión Fairchild FH-227J con matrícula HC-BHD. Para ayuda de su traslado desde el Ala de transporte No 11 de la ciudad de Quito hasta el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico en la ciudad de Latacunga el mismo que será utilizado para la práctica de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica y del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Se detalla también información básica sobre el avión Fairchild FH-227, como prestaciones y generalidades, conceptos básicos referentes a la hélice, y a sus palas, componentes básicos de la hélice, tipos de hélice, etc.

Además consta con la información adquirida para los cálculos manuales de la construcción del soporte, las herramientas que fueron utilizadas para su construcción y se describe como se realizó cada uno de los pasos a seguir para la construcción del soporte.

Este proyecto es creado con el afán de que todos los estudiantes puedan tener una fuente de acceso didáctico y práctico para ayuda de la aplicación de los conocimientos adquiridos en clases.

SUMMARY

The follow project contains the process that has been followed in order to know about the construction of the support for the blade of the aircraft Fairchild FH-227J with registration HC-BHD. To help to the move from the Quito (Ala de transporte No11) to Latacunga (Instituto Superior Aeronáutico) which will be used to the practice classes for the students of Mechanic Aeronautic career and for the ITSA students.

Also contains the basic information about the aircraft Fairchild FH-227 like weights and dimensions, basic concepts referent to the roto propeller, blade structure, propeller components, types of roto propeller, etc.

Besides, it has the information acquired from the calculation manuals of the construction of the support and the tools used to the correct construction and are described how was realized each one of the steps to do the construction of the support.

This project has been created in order to learn from it all the students, having a practical and didactic source to help the application of knowledge learned in classes.

CAPÍTULO I

“CONSTRUCCION DE UN SOPORTE PARA LA HÉLICE RH DEL AVION FAIRCHILD FH – 227 J CON MATRICULA HC-BHD PARA EL TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE No. 11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”

1.1. Antecedentes

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico fué creado el 8 de noviembre de 1999 mediante el Acuerdo Ministerial No. 3237 del Ministerio de Educación Pública, se encuentra ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi y tiene la misión de formar los mejores profesionales aeronáuticos, íntegros, competitivos y entusiastas a través del aprendizaje, para aportar así al desarrollo de nuestro país e impulsarlo hacia un próspero futuro.

El Instituto ha formado profesionales tanto de personal militar como civil, en las carreras de Mecánica Aeronáutica, Logística y transporte, Seguridad Aérea y terrestre, y Electrónica, impartiendo sus clases en laboratorios y aulas que están provistos con elementos necesarios para el aprendizaje.

Los estudiantes se instruyen en los laboratorios de Hidráulica, Mecánica Básica, Motores, Electrónica y muchos otros, con el fin de obtener un conocimiento teórico y práctico sobre lo q están aprendiendo.

1.2. Justificación e Importancia

Teniendo en consideración que el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO tiene como visión, ser el mejor Instituto de educación superior a nivel nacional y latinoamericano, formando profesionales holísticos, comprometidos con el desarrollo aeroespacial, empresarial y cuidado del medio ambiente; las mejoras en el Instituto suponen tener en cuenta una serie de parámetros que van desde las mejoras en la calidad y seguridad hasta la mejora de las condiciones de trabajo y la optimización de los recursos.

Los cambios que se implementan en una institución son el resultado de adecuaciones contemporáneas de sus herramientas de enseñanza, los laboratorios y talleres con que cuenta el instituto deben ser utilizados eficientemente, para aprovechar los beneficios que estos nos ofrecen.

La presente investigación está enfocada en dar a conocer la forma en cómo se realiza el mantenimiento de las hélices así como es del avión Fairchild FH-227 J con matrícula HC-BHD, lo que se pretende dar a conocer con este trabajo es exponer una de tantas alternativas o soluciones que permitan mejorar y fortalecer el nivel de conocimiento que poseen los estudiantes. De esta manera beneficiando directamente al ITSA y a las personas que lo conforman. Además poner énfasis en la formación humana y profesional de los estudiantes que es vital para el desarrollo de la institución.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Construir un soporte para la hélice del avión FAIRCHILD FH – 227 J con matrícula HC-BHD para su implementación al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar un modelo de soporte que cumpla con las especificaciones requeridas por las diferentes características de las hélices del avión FAIRCHILD FH – 227 J.
- Determinar los materiales que se utilizaran para la construcción del soporte para las hélices del avión FAIRCHILD FH – 227 J.
- Construir un soporte para la hélice derecha con el fin de incrementar el material didáctico que posee el instituto.

1.4. Alcance

La realización de este proyecto permitirá que los estudiantes de la carrera de Mecánica comprendan de una manera práctica como está conformada la hélice de un avión, además que practiquen el procedimiento de montaje y desmontaje de las palas, cúpula, spinner, y todos los componentes móviles y no móviles que se encuentran instalados, ya que hoy en día es muy importante que los estudiantes conozcan teórica y prácticamente estos procedimientos para que se desenvuelvan mejor cuando realicen sus respectivas practicas y entren al campo laboral.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del avión Fairchild FH-227

En 1964 Fairchild se fusiona con la fabrica Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienza los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo del Fokker F.27 y su planta motriz Rolls-Roys Dart. Se cambia la denominación de los aviones producidos, que en el futuro llamaran FH-227. Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando un plug delante de las alas que aumenta su longitud en 1.98 m adicionales. Esto permite pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F.27 a 52 en los FH-227. Exteriormente, los aviones eran también reconocibles no solo por su mayor longitud, sino que ahora llevaba doce ventanillas ovas por lado. Comparado a los diez a los diez de los F-27. Estos modelos iniciales fueron motorizados con Dart 532-7, los mismos motores de los F-27 J.

El objetivo básico de la Fairchild Hiller era lograr un avión que fuera económicamente rentable, fiable y de fácil operación para las aerolíneas regionales. Los estudios de mercado le dieron la razón y pronto el libro de pedidos registraba 42 por el nuevo avión. El primer aparato realizo su primer vuelo el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año y a principio de julio se entrega el primer ejemplar a la (Mohawk Airlines).

Esta compañía había seguido con mucho detalle todo el desarrollo y producción

de sus aviones, teniendo permanentemente un representante técnico en la fábrica de Hagerstown Piedmont Airlines recibirá su primer avión el 15 de marzo de 1967.



Figura 2.1 Fairchild Hiller 227 del Vuelo 571 de la Fuerza Aérea Uruguaya

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH-227

El FH-227 es la versión inicial motorizada con Dart 7 Mk 532-7 de 2.250 cv. Estos motores tenían una caja de reducción de 0.093:1. Peso máximo en despegue 19.730 kg (43.500 lbs.)

2.2 Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227

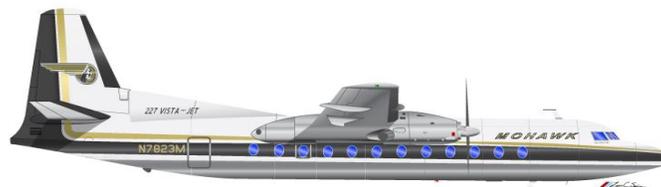


Figura 2.2 Avión Fairchild Hiller FH-227J

Tipo	avión comercial y de transporte
Fabricante	 Fairchild Hiller
Primer vuelo	27 de enero de 1966
Introducido	1 de julio de 1966 (mohawk)
Estado	Algunos ejemplares todavía en servicio
	 Fuerza Aerea Uruguaya

Usuarios Principales

 Aces Colombia

 Marina Peruana

Producción

78

N.º Construidos

78 modelos FH-227

Dimensiones:

- **Longitud:** 25,50 m
- **Envergadura alar:** 29 m
- **Altura:** 8,41 m

Pesos

- **Máximo al despegue(MTOW):** 20.640 kg (45.500 lbs)
- **Máximo al aterrizaje(MLW):** 20.410 kg (45.000 lbs)
- **Vacío(ZFW):** 18.600 kg (41.000 lbs)
- **Planta motriz:** 2 Rolls-Royce Dart 532-7L de 2.300 cv, Reduction Gearing 0.093.1. Estos motores permitían un máximo de 15.000 rpm, y se recomendaba evitar operaciones entre las 8.500 y las 9.500 rpm. El máximo de temperatura permitido era de 930° en el arranque y 905° en la fase de despegue por cinco minutos.
- **Hélices:** Dos de tipo Rotor de un diámetro nominal de 12,5 ft. El máximo régimen permitido era de 16.500 rpm y funcionaban en 4 posiciones: Ground fine pitch 0°, Flight fine pitch 16°, Cruise pitch 28° y Feathered con 83°.

Prestaciones

- **Velocidad máxima(Vne):** 259 kts (478 km/h)
- **Velocidad de crucero:** 220 kts (407 km/h)
- **Velocidad máxima de operación(Vmo):** 227 kts(420 km/h) a 19.000 ft
- **Velocidad de extracción de flaps(Vfe):** 140 kts (259 kph)
- **Velocidad de operación del tren de aterrizaje:**170 kts (314 km/h)
- **Velocidad mínima de control:** 90 kts (166 kph) (sin tren ni flaps abajo)

- **Velocidad mínima de control:** 85 kts (157 kph) (todo abajo, dependiendo peso)
- **Flaps:** 7 posiciones
- **Combustible:** 5.150 l (1.364 galones)
- **Consumo:** 202 gal/hora
- **Máxima autonomía:** 2.661 km (1.437 nm)
- **Techo de servicio:** 8.535 m
- **Tripulación:** 2
- **Pasajeros:** 48 a 52
- **Carga útil:** 6.180 kg(13.626 lbs)
- **Producción:** de 1966 a 1972 (cierre de la producción)
- **Ejemplares producidos:** 78

Dimensiones

- **Longitud:** 25,50 m
- **Envergadura alar:** 29 m
- **Altura:** 8.41 m

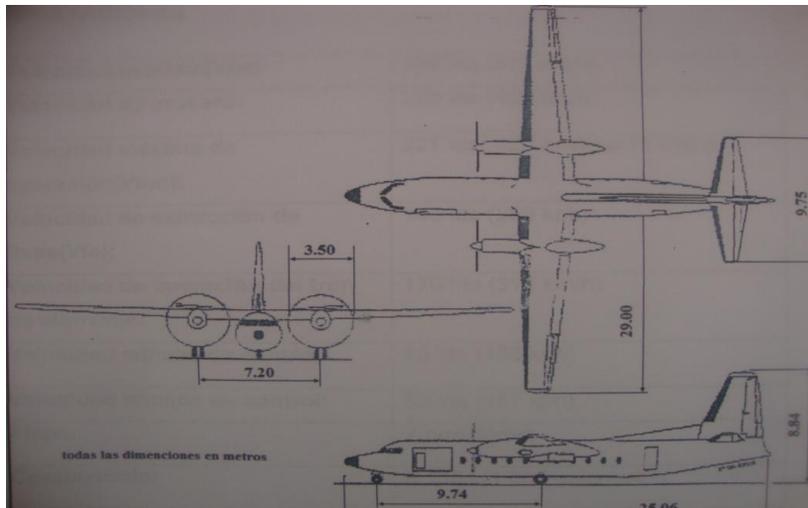


Figura 2.3 Dimensiones del avión Fairchild FH-227J

Fuente: Manual de mantenimiento del avión Fairchild

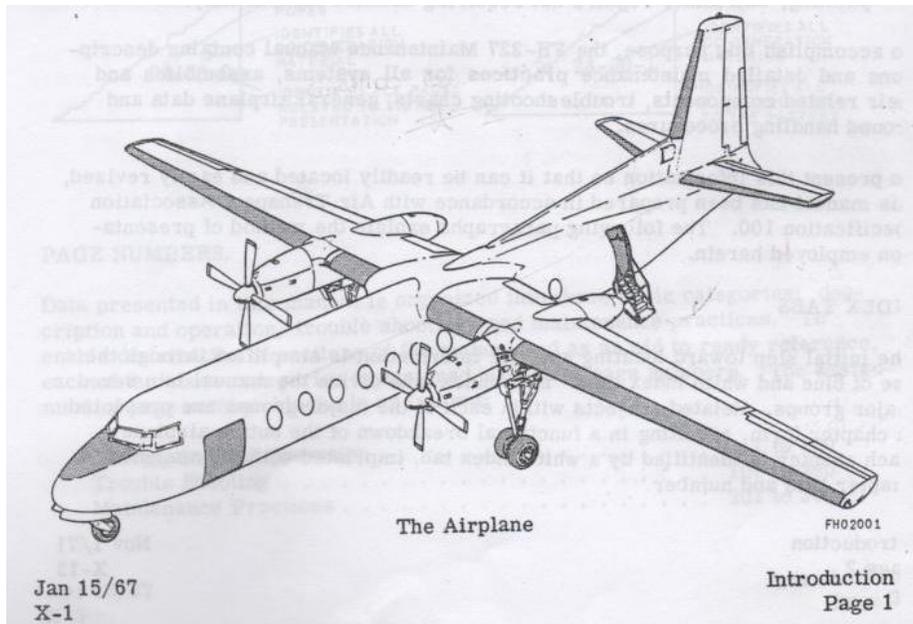


Figura 2.4 Avión Fairchild FH-227J

Fuente: Manual de Mantenimineto del Avión Fairchild

2.3 Hélice del avión Fairchild

La hélice es un dispositivo formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica alrededor de un eje, girando alrededor de éste en un mismo plano. Su función es transmitir a través de las palas su propia energía cinética (que adquiere al girar) a un fluido, creando una fuerza de tracción; o viceversa, "tomar" la energía cinética de un fluido para transmitirla mediante su eje de giro a otro dispositivo.

Como evidencia la variedad de denominaciones y campos de aplicación, existe una gran variedad de hélices, variedad que se manifiesta sobre todo en las palas, que generalmente tienen perfiles semejantes a los de un ala, pero cuya forma varía según su propósito.

Además, hay hélices, principalmente en la aviación, en las que la inclinación de las palas es variable, variación que a su vez puede ser respecto al plano de giro de la

hélice ("paso") o respecto al eje de giro de la hélice ("paso cíclico" o simplemente "cíclico"). Para conseguir esto se requieren mecanismos bastante complejos.

En los motores de avión, la propia hélice hace las veces de volante de inercia en los aviones las hélices son de paso fijo, o variable también tenemos velocidad constante que el paso se regula automáticamente. en las que son de paso variable se regula el ángulo o el paso con una palanca llamado prop se ponen en bandera.



FIGURA 2.5 Hélice Avión Fairchild FH-227J

Fuente: Irving Salas

2.4. Tipos de Hélices

Los nombres de los tipos de hélices se derivan de las propiedades de paso de sus palas. Por consiguiente, los tres tipos generales de hélices son llamados de paso fijo, ajustable en tierra y de paso variable. Como paso es distancia, el movimiento hacia delante que una hélice hace en una revolución depende del ángulo de las palas. Por lo tanto, es el paso – esto es el ángulo, de la pala tratándose de hélices – lo que es importante al considerar los tipos de hélices y su operación.

2.4.1 Hélice de paso fijo

Los aviones primitivos tenían motores de bajo rendimiento de potencial y hélices sencillas cuyo ángulo de la pala, no podía ser cambiado. Como el paso era fijo, había que usar un ángulo de la pala para todas las fases de vuelo, a pesar de que para la eficiencia máxima, cada fase – despegue, ascenso, crucero y aterrizaje – deberían tener un ángulo diferente de pala. Siendo imposible tener un ángulo variable, los fabricantes usaron un ángulo de término medio que diera la mejor combinación para todas las características de vuelo. A pesar de que tiene algunas desventajas, tales como el no obtener la economía máxima de combustible, la hélice de paso fijo no está en desuso como el tranvía tirado por caballos. Todavía la usamos en los aviones livianos de enlace, ya que es ideal para estos aviones pequeños de poca potencia. Las dos ventajas principales que tienen son su bajo costo y su poco peso, puesto que las hélices de paso fijo son hechas de metal o de madera laminada (las puntas y el borde de ataque de las palas de madera están protegidos por tiras de metal). Y hay una ventaja que tiene que hacer directamente con su departamento: como la hélice de paso fijo no tiene sistema de control, el mantenimiento se simplifica grandemente y se reducen los costos de taller.

2.4.2 Hélice ajustable en tierra

La hélice ajustable en tierra tiene las mismas características de vuelo que la de tipo de paso fijo, por que el ángulo no puede ser ajustado durante el vuelo. No obstante esto, es mas adaptable que la de paso fijo, porque el personal de mantenimiento puede cambiar el ángulo en tierra (dentro de ciertas especificaciones desde luego), para satisfacer las condiciones previstas para un vuelo determinado. Para modificar el ángulo de pala, el mecánico tiene simplemente que aflojar las palas en sus cuencas, colocarlas al ángulo deseado y luego reapretarlas.

2.4.3 Hélices de paso variable

Hay dos grupos de hélices de paso variable: la que es controlada a mano y la de velocidad constante. Ambas tienen un mecanismo que cambia el ángulo de la pala durante el vuelo. Consideremos primero como puede usar un piloto el control manual. Para el despegue al colocar en posición la válvula o el interruptor que actúa al mecanismo de cambio de paso, escoge un ángulo de paso bajo. Este es el ángulo que da alto rendimiento de potencia del motor y rpm para la aceleración rápida. Tan pronto como se eleva, cambia las palas a un ángulo mayor para el ascenso y, cuando alcanza la altura de crucero, voltea las palas a un ángulo todavía mayor. Una desventaja de la hélice controlable manualmente se hará evidente inmediatamente. Como el piloto tiene que hacer los ajustes, tiene que estar constantemente pendiente del ángulo para evitar la excesiva sobrecarga o el exceso de velocidad del motor.

La hélice controlada manualmente puede ser convertida en una hélice de velocidad constante instalándole un gobernador en lugar de la válvula o interruptor. En realidad esta es la única diferencia que hay entre estas dos clases de hélices. Las hélices de velocidad constante mantienen **automáticamente** una velocidad constante cargando o descargando el motor mediante el control del ángulo de la pala. Simplemente, se coloca el gobernador a la graduación de las rpm y él hace el resto sin que influya las condiciones de vuelo que se encuentre.

Las hélices de paso variable se subclasifican de acuerdo con la operación de sus dispositivos de cambio de paso, los cuales pueden ser hidráulicos, eléctricos o mecánicos. Para la operación hidráulica se usa presión de aceite; para la eléctrica; un motor; y para la mecánica una fuente de energía mecánica.

2.5. Principales componentes de la hélice

1. Conjunto de palas (4)
2. Conjunto de la cruceta
3. Conjunto de la cúpula o domo
4. Pitch look
5. Spinner (2)
6. Platos de control (2)
7. P. C. U. (gobernador)
8. Conjunto de carbones
9. Cut out switch
10. Sincronizador
11. With Drawn
12. Freno de la hélice
13. Luces indicadoras

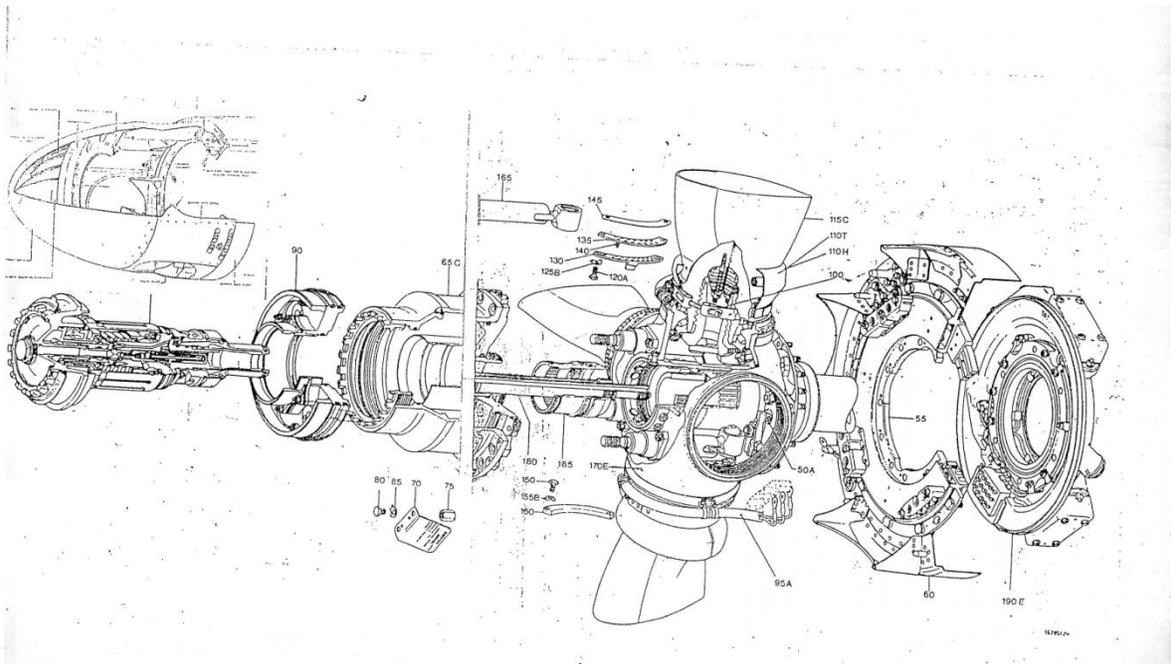


Figura 2.6 Componentes de la hélice

Fuente: Propeller Systems – Dowty Rotol

2.5.1. Conjunto de Palas

Constan de cuatro palas cada hélice, son construidas en aleación de aluminio duro, en sus bordes de ataque están previstas de botas de anti congelamiento (ANTI – ICING) que va desde la espiga de la pala hasta la estación 42, en su interior tiene elementos eléctricos que calientan a estos bordes de ataque evitando así la formación de hielo; a este revestimiento le protege unas laminas que igualmente van desde la espiga de la pala hasta la punta de la misma; estas sirven como protección contra daños por piedras o picaduras las cuales forman una superficie nivelada con la sección aerometálica de la pala de manera que no se perjudique la eficiencia aerodinámica; también podemos observar que en todas las cuatro palas llevan tres cables que envían corriente AC hacia las botas de las palas por medio del plato No. 1

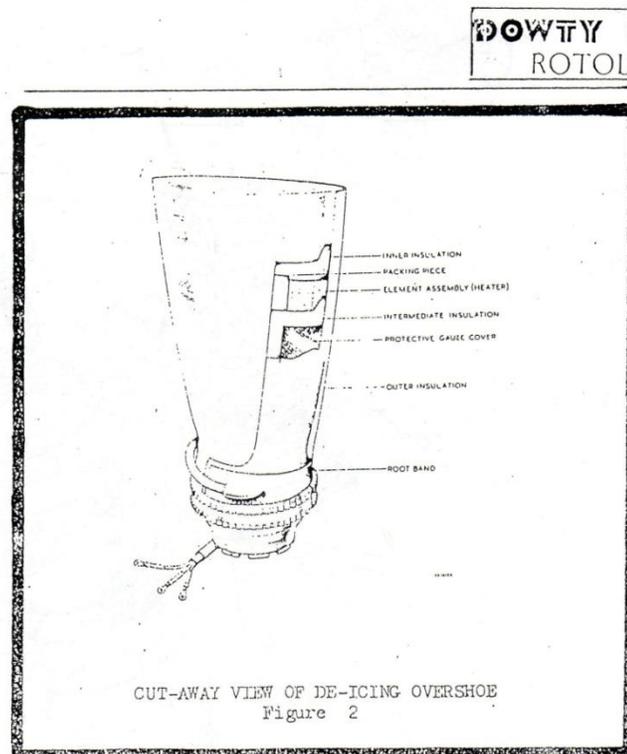


Figura 2.7 Componentes de la pala

Fuente: Propeller Systems – Dowty Rotol

En la raíz de la pala tiene una parte hueca cuya finalidad es aliviar el peso de la pala y también sirve para colocar arandelas para el balanceo de las mismas, vienen con un tapón dentado en el que se aseguran los pines que acoplan directamente a las bielas del pistón, también se encuentra localizada la tuerca de retención de la pala cuyo torque es de 2 ½ toneladas.

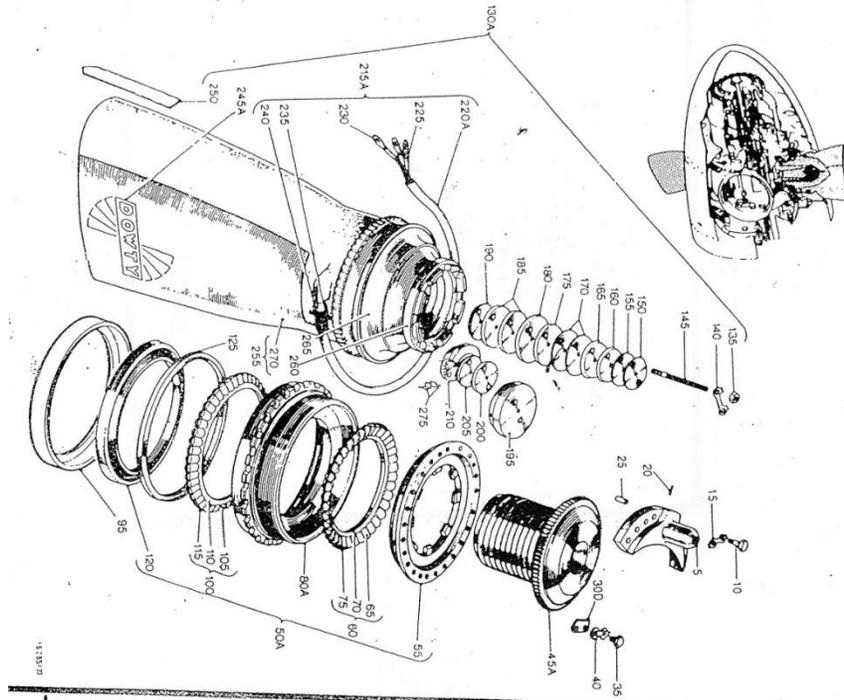


Figura 2.8 Componentes de la pala
Fuente: Propeller Systems – Dowty Rotol

En particular en la pala No. 1 observamos una leva cuya finalidad es hacer contacto con el “Cuto out switch” que va localizado en la posición de la pala No. 1 en el lado posterior de la cruceta.

En la espiga de cada pala tenemos un par de abrazaderas que es para la protección de los cables de “Anti – Ice”, y estas van sujetas por medio de unos seguros de forma circular sujetos con pernos los mismos que van frenados con alambre de freno.

2.5.2. Conjunto de la Cúpula o Domo

Su construcción es de aleación de aluminio es un conjunto en el cual se producen las diferentes presiones de aceite para los cambios de ángulo de las palas de la hélice, cuya presión es de 670 psi.

En el interior de esta cúpula encontramos las siguientes partes: El pistón, El pitch lock y los tubos de transferencia.

2.5.3. Conjunto del Spinner

Es un cobertor en forma de cono aerodinámico que permite que el flujo de aire de impacto que golpea en la parte frontal de la hélice pase sin afectar la resistencia al avance y asegura la eficiencia máxima del flujo de aire hacia el motor y está construido con laminas de aluminio y provisto de resistencias eléctricas para que en el caso de hielo este se caliente; tiene un mecanismo de seguridad de liberación rápida tipo expulsor.

Las marcas rojas pintadas en las espigas de las palas de la hélice se alinearan con las marcas rojas pintadas en el Spinner para indicar la posición del ángulo preciso en tierra.

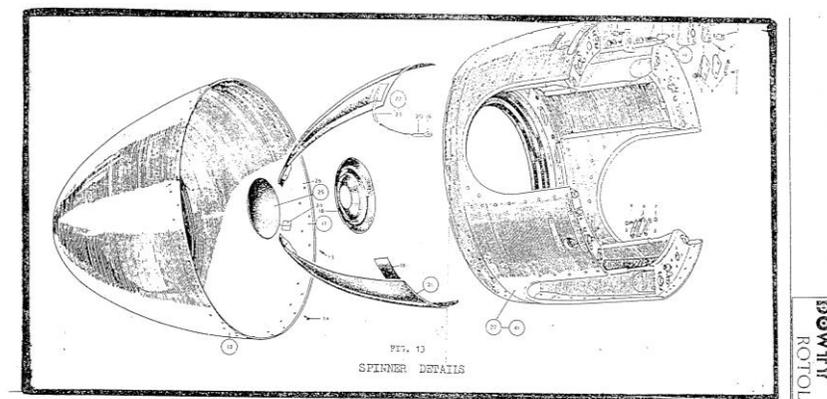


Figura 2.9 Conjunto de Spinner

Fuente: Propeller Systems – Dowty Rotol

2.6. Estructuras de Acero

El acero es la denominación que comúnmente se le da en [ingeniería metalúrgica](#) a una [aleación](#) de [hierro](#) con una cantidad de [carbono](#) variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen [fundiciones](#) que, en oposición al acero, son quebradizas y no es posible [forjarlas](#) sino que deben ser [moldeadas](#)

2.6.1 Columnas y puntales

El termino columna se aplica en general a miembros verticales relativamente pesados, mientras que a los miembros verticales más ligeros e inclinados, como las riostras y los miembros a compresión de armaduras de techo, se denominan puntales. Por definición, las columnas y los puntales son miembros lineales a compresión con una longitud sustancialmente mayor que su dimensión lateral menor.

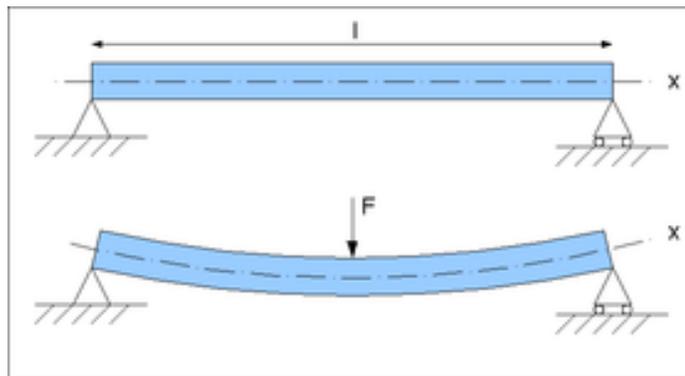


Figura 2.10 Fuerzas en la viga

Fuente: [www.wikipedia.com /index.php?lh=34/viga](http://www.wikipedia.com/index.php?lh=34/viga)

La acción de los miembros a compresión se puede comprender mejor si se empieza con un bloque pequeño a compresión. La carga límite que puede soportar este bloque se calcula experimentalmente incrementando la carga aplicada hasta

que falle por fluencia. El esfuerzo de compresión en el bloque en el momento en que falla es igual a la carga última dividida por el área del bloque, o sea:

$$f_a = P/A$$

Si una pieza del mismo material e igual sección transversal, pero con una longitud sustancialmente mayor que sus dimensiones laterales, se sujeta a una prueba igual, fallara antes de que la carga aplicada llegue al valor que causo la falla del bloque pequeño. En este caso, se dice que la falla se debe al pandeo. La fluencia seguirá siendo el tipo de falla, incluso en la pieza larga, aunque esta fuera perfectamente recta y de un material homogéneo, no tuviera esfuerzos residuales iniciales y no sostuviera cargas que no se aplicaran exactamente sobre ese eje longitudinal. Pero estas características son teóricamente ideales y no se logran en la práctica. Por lo tanto, la distribución de esfuerzos sobre la sección transversal no será uniforme, y la irregularidad resultante, aunque pequeña, provocara un momento flexionante. Este momento provoca esfuerzos flexionantes, que se denominan esfuerzos de pandeo solo para evitar la confusión con los esfuerzos flexionantes producidos por cargas aplicadas irregularmente. Es decir, los esfuerzos de pandeo y flexionantes son los mismos, excepto que los primeros, por definición, son provocados por cargas axiales, y los segundos por cargas excéntricas y/o esfuerzos residuales. Se debe recordar que los esfuerzos de pandeo se dan además del esfuerzo de compresión directo debido a las fuerzas aplicadas.

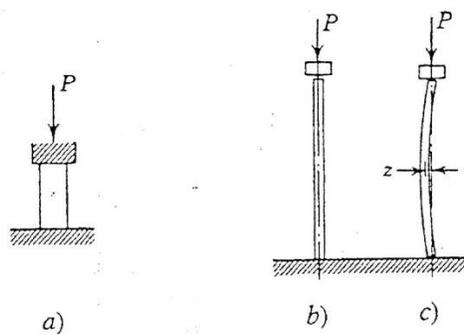


Figura 2.11 Compresión

Fuente: Estructuras de acero, análisis y diseño

En la figura, supóngase que P es una carga ligera, a medida que la carga aumenta, la columna empieza a pandearse. Si no se aumenta la carga que causa el pandeo, la columna continuara soportando la carga y la deflexión z permanecerá constante. Sin embargo, la columna esta en un estado de equilibrio inestable, y cualquier pequeño incremento en la carga o incluso la aplicación de una fuerza horizontal provocada por un sacudimiento accidental, puede destruir esta condición. Entonces aumentara la deflexión z , incrementando los esfuerzos de pandeo debidos al momento Pz , el que a su vez haría que z aumentara aún más. Los esfuerzos de pandeo seguirán aumentando de esta manera hasta que la columna fallara.

En general, la tendencia al pandeo de una columna varía con la relación entre la longitud y la menor dimensión lateral. En las columnas esbeltas esta relación es grande; por lo tanto, si hay falla se deberá principalmente a la fluencia. Entre estos dos extremos hay columnas intermedias en las que, si la falla ocurre, se deberá a una combinación de pandeo y aplastamiento. La mayoría de las columnas que se usan en la construcción de edificios son de nivel intermedio. Hasta la sección 6.14, el estudio se limitara a columnas con cargas axiales, es decir, cargas aplicadas paralelamente al eje largo de la columna, de tal manera que sean concéntricas respecto al centro de gravedad de la sección transversal de la columna.

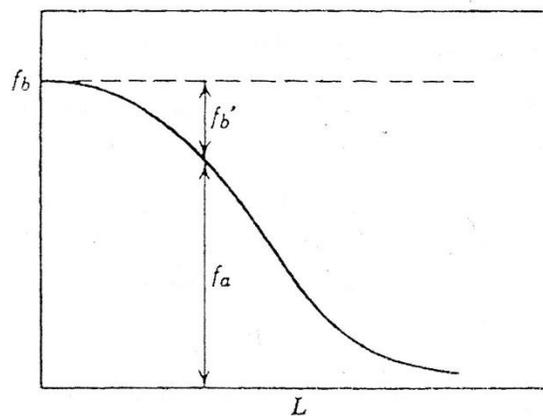


Figura 2.12 Esfuerzos de pandeo

Fuente: Estructuras de acero, análisis y diseño

2.6.2 Esfuerzos de pandeo

Es difícil calcular el valor del esfuerzo máximo unitario real de una columna, pero es evidente que el esfuerzo unitario promedio, $f_a = P/A$, será menor que la resistencia al aplastamiento del material, por una cantidad que depende de la tendencia al pandeo.

Si se pudiera medir estos esfuerzos de pandeo, serían $f'_b = Mc/I = Pzc/I$.

La figura representa lo anterior en una columna de determinado tamaño. La ordenada f'_b es el esfuerzo promedio máximo permisible y se supone que permanece constante en cualquier longitud (L) de una columna dada. Sin embargo, a medida que aumenta la longitud, f_a se debe reducir para permitir la presencia de f'_b . Las “formulas de reducción” para esto se basan en gran medida en los resultados de datos experimentales de prueba, más que en una derivación matemática directa.

2.6.3 Formas de Columnas

Por lo anterior es evidente que la resistencia de cualquier columna (debido a la tendencia al pandeo) dependerá del área y forma de la sección transversal, así como del grado del acero con que está hecha.

Una útil propiedad de una sección, que se debe enteramente a su forma, es el momento de inercia. Las columnas no arriostradas tienden a pandearse en un sentido perpendicular al eje respecto al cual es menor el momento de inercia. Por lo tanto, la sección transversal ideal es la que tiene el mismo momento de inercia respecto a cualquier eje que pase por su centro de gravedad. Obviamente esta tiene forma de círculo.

Como el material cercano al centro de gravedad de una sección contribuye poco al momento de inercia, la columna más eficiente es la que tiene menor cantidad de material posible cerca del eje. Una sección circular hueca (un tubo) se acerca a este ideal; sin embargo, las columnas tubulares se usan solo de manera limitada en edificios y muy pocas veces como miembros principales de los marcos de estructuras de varios pisos. Una dificultad que representa el uso de columnas de tubo es la de obtener conexiones efectivas de vigas.

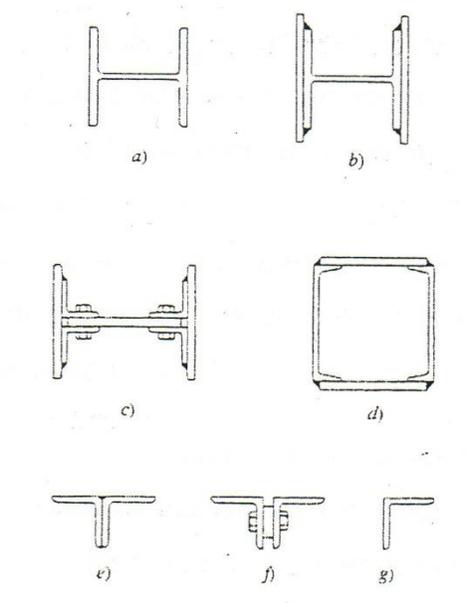


Figura 2.13 Secciones habituales de columnas y puntales

Fuente: Estructuras de acero, análisis y diseño

En la figura. Se ilustra una columna de forma W laminada, la misma sección reforzada con placas de patín que están compuestas por ángulos, placas y canales.

Las formas tubulares expuestas se usan cada vez más. Las formas tubulares estructurales (TS) disponibles en el mercado son cuadradas, redondas o rectangulares.

En el Manual AISC se incluyen datos sobre las formas cuadradas y rectangulares de uso más frecuente. La mayoría de tubo de acero disponible es de acero A53, grado B ($F_y = 35 \text{ k/pulg}^2$) y tubería de acero A500, grado B ($F_y = 46 \text{ k/pulg}^2$), del ASTM.

2.6.4 Radio de giro y relación de esbeltez

En el diseño de vigas se encontró que el modulo de la sección es un índice de la resistencia de un miembro a la flexión. Por su definición ($S = I/c$), es evidente que el valor del modulo de sección depende del tamaño y la forma de la sección. En el diseño de columnas, el término análogo, es el radio de giro. También depende del tamaño y la forma de la sección y sirve para medir la efectividad para resistir el pandeo. El radio de giro se expresa en pulgadas en la formula $r = \sqrt{I/A}$, en la cual I es el momento de inercia de la sección respecto al eje dado y A es el área. En la sección anterior se estableció que en general la tendencia al pandeo de una columna varía de acuerdo a la relación entre la longitud no arriostrada y su dimensión lateral menor. En formas estructurales como las de la figura, la dimensión lateral no es exacta. Por lo tanto, el radio de giro, que calcula más precisamente la rigidez de las secciones de columnas en general, se usa en las formulas de diseño de columnas.

Existen otros dos factores que influyen en la tendencia de las columnas al pandeo: longitud real y características de los extremos. Estos se combinan para producir lo que se denomina “Longitud de Pandeo Efectiva”, es decir, la distancia entre puntos de flexión contraria. En las columnas de extremo articulado, estos puntos están al extremo de la columna, que previene el movimiento lateral (traslación). Como se puede ver en la figura, la longitud efectiva puede ser bastante diferente de acuerdo a las diversas características de los extremos.

La línea punteada indica la forma de pandeo de la columna	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valor de diseño recomendado cuando se aproximan las condiciones ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Clave de condiciones de extremos		Fijo a la rotación				
		Libre a la rotación				
		Fijo a la translación				
		Libre a la translación				

Figura 2.14 Efecto de las condiciones de extremo

Fuente: American Institute of Steel Construction y el Column Research Council; AISC Manual of Steel Construction”, octava edición, págs. 5-124.

En el diseño, las características de los extremos se toman en consideración para el uso de un factor efectivo de longitud, es decir, un número adimensional o “valor K”, que cuando se multiplica por la longitud real de la columna de la longitud efectiva del pandeo. La relación entre longitud efectiva y radio mínimo de giro (KL/r) se denomina relación de esbeltez. Es la medida absoluta de la tendencia al pandeo de la columna. Tanto L como r se expresan en pulgadas.

En la especificación de AISC de 1978 se establece claramente que se debe utilizar en gran medida el criterio del ingeniero en la selección del “valor K” apropiado. En la figura se ilustran los seis tipos de extremo más comunes y los valores K recomendados para cada uno. La diferencia entre valores teóricos y recomendados se debe en gran medida al hecho de que en la construcción real se usan muy pocas veces las fijas o los extremos realmente articulados.

2.6.5 Formulas de columnas

En la primera sección se vio que el esfuerzo unitario promedio de una columna en el momento de la falla es menor que la resistencia de fluencia del material, por una cantidad que depende de la tendencia al pandeo de la columna. Por tanto, este factor también debe influir sobre el esfuerzo promedio admisible y, por ello depende de la relación de esbeltez, así como de la resistencia a la comprensión del material. Usando un factor promedio de seguridad de 1.67 y acero A36, el esfuerzo máximo de diseño permisible para la columna sería.

$$\frac{36000}{1.67} = 21600 \text{ k/pulg}^2$$

Esta es la cantidad que se debe reducir para permitir los esfuerzos de pandeo. Las pruebas experimentales de columnas con una alta relación de esbeltez (más de 150) han dado resultados bastante consistentes. La dispersión de datos gráficos que se presenta se atribuye casi por completo a variaciones en las condiciones de los extremos. Por otra parte, los datos de pruebas de las columnas con menores relaciones de esbeltez, es decir, en el nivel intermedio (de 50 a 130), muestran una alta gama de variación. Aquí, el comportamiento errático se atribuye principalmente a la presencia de esfuerzos residuales (producidos cuando se fabrica la columna) y la falta de rectitud inicial de las columnas de prueba. Este patrón de dispersión persiste hasta que la relación de esbeltez se vuelve tan pequeña que la falla se debe más al aplastamiento que al pandeo y entonces cualquier variación en los resultados de pruebas se debe atribuir por completo a la resistencia del material.

Sin importar las veces que sean, estas condiciones impredecibles influyen demasiado en el comportamiento de la columna. Por lo tanto, ahora todas las columnas se clasifican en una de dos categorías: aquellas que fallan debido al

“pandeo elástico”, es decir, las que tienen una relación de esbeltez muy grande, y aquellas que fallan debido al “pandeo inelástico”.

Es interesante notar que los resultados de las pruebas se siguen comparando muy favorablemente con las cargas predichas por Leonard Euler en 1757. La fórmula básica de Euler para la carga límite de una columna larga y esbelta con extremos articulados es:

$$P_u \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Será más fácil establecer la relación entre esta fórmula y la Especificación del AISC de 1978 si ambos lados de la igualdad se dividen por el área de la columna (A), es decir

$$P_u \frac{\pi^2 EI}{L^2 A}$$

P_u / A se define como el esfuerzo unitario promedio en la falla, o sea F_a . Sustituyendo esto y la relación $I/A = r^2$ en la fórmula anterior,

$$F_a \frac{\pi^2 EI}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

$$F_a = \frac{\pi^2 EI}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Se ha omitido el factor **K** de las condiciones de los extremos, ya que inicialmente se ha definido como igual a uno.

Se estima razonablemente que el límite superior de la falla por pandeo ocurrirá cuando el esfuerzo promedio de la columna es igual a la mitad del esfuerzo de fluencia; por lo tanto:

$$\frac{fy}{2} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Y, despejando L/r

$$\frac{L}{r} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{Fy}}$$

Esta es la fórmula que establece la relación de esbeltez que separa el pandeo elástico del inelástico. Variara con el esfuerzo de fluencia del acero, y el símbolo para este valor de L/r es C_c . Por tanto,

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}}$$

En el apéndice de las especificaciones del AISC se dan estos valores para los diversos tipos de acero. Por ejemplo, el valor para el acero A36 es 126.1, y para aceros con un límite de fluencia de 50 k/pulg² es 107.0.

En conclusión, si la relación de esbeltez real $KL/r > C_c$, el modo de la falla supuesto sería pandeo elástico. Si, por otra parte, $KL/r < C_c$, el modo de falla sería pandeo inelástico. Las especificaciones del AISC proporcionan una fórmula de reducción para F_a en cada caso.

Pandeo inelástico. El esfuerzo unitario promedio máximo no debe exceder de

$$Fa = \frac{\left[\left(\frac{KL}{r}\right)^2\right] Fy}{F.S.}$$

Donde F.S. es el factor de seguridad.

Este factor de seguridad refleja las inconsistencias en el comportamiento de la columna bajo las pruebas ya mencionadas. La formula recomendada para el factor de seguridad deducido de estas consideraciones es:

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{KL}{r}\right)}{SCc} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{SCc^3}$$

Nótese que cuando $KL/r = 0$, F.S. = 1.67, y cuando $KL/r = C_c$, F.S. = $23/12 = 1.92$

Pandeo elástico. El esfuerzo unitario promedio máximo no debe exceder al que resulte de la formula de Euler cuando se usa un factor constante de seguridad de 23/12. Por lo tanto,

$$F.S. = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 F.S.} = \frac{12\pi^2 E}{23\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Debe señalarse que esta fórmula no incluye un factor que represente el grado del acero. Esto se debe al hecho de que E no varía apreciablemente con F_y y E determina el pandeo. Por lo tanto, el mismo esfuerzo limitante será el mismo para todos los grados del acero.

Puntales. La mayoría de estos elementos estructurales se clasifican como miembros secundarios, y como tales las Especificaciones del AISC permiten esfuerzos ligeramente mayores para las columnas, cuando la relación de esbeltez es mayor que 120. Al determinar la relación de esbeltez, K siempre se toma como uno.

El esfuerzo permisible incrementando F_a (para pandeo elástico o inelástico según sea el caso) por $1.6 - L/200r$, es decir,

$$F_{as} = \frac{F_a}{1.6 - \frac{L}{200r}}$$

En la figura se muestran las tres fórmulas de esfuerzo límite para acero A36. Nótese que el límite superior de la relación de esbeltez es 200, que es la máxima permitida por las Especificaciones del AISC.

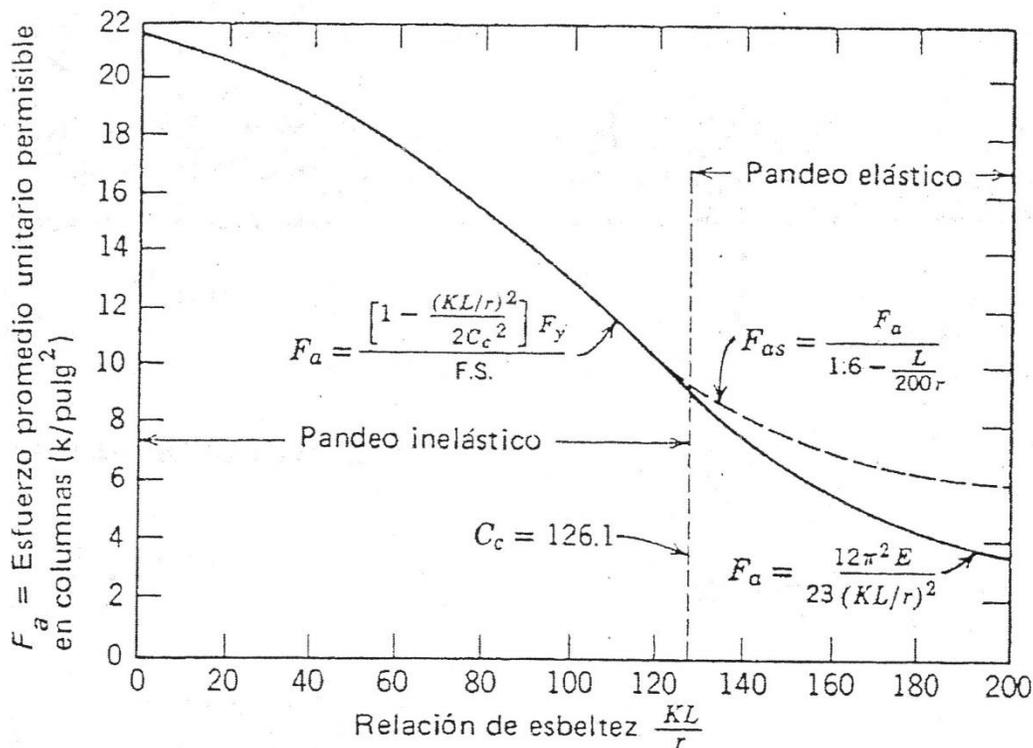


Figura 2.15 Esfuerzo de compresión permisible para acero ASTM A36

Fuente: Column Research Council

2.6.6 Investigación de columnas

Para calcular la carga axial que una columna puede soportar seguramente de acuerdo con alguna especificación particular, usualmente conviene calcular C_c

del grado de acero especificado. Al hacerlo, la columna se ubica en una de las dos categorías, es decir, pandeo inelástico si $KL/r < Cc$, o pandeo elástico si $KL/r > Cc$. Luego se elige la formula apropiada de columna y la relación de esbeltez se sustituye en esa fórmula para calcular el esfuerzo promedio permisible F_a . La carga que la columna puede soportar seguramente será igual al esfuerzo promedio permisible por el área de la sección de la columna.

Ejemplo:

Determinar la carga axial total que resiste seguramente una columna **W 12x72** con una altura no arriostrada de 14 pies. Se supone que los extremos están articulados y arriostrados contra la traslación. Usar acero A36.

Solución

1. en las tablas del Manual AISC, "Dimensiones y Propiedades", el área y los radios de giro de esta sección son

$$A = 21.1 \text{ pulg}^2$$

$$r_x = 5.31 \text{ pulg}$$

$$r_y = 3.04 \text{ pulg}$$

2. El acero A36 tiene un límite de fluencia $F_y = 36,000 \text{ k/pulg}^2$; por lo tanto,

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 (29,000)}{36}} = 126.1$$

3. La máxima relación de esbeltez es

$$\frac{KL}{r} + \frac{1(14)12}{3.04} = 55.3$$

4. Como la relación de esbeltez real es menor que 126.1, la columna pertenece a la clase que fallara debido al pandeo inelástico. En las Especificaciones del AISC, el factor de seguridad es:

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3\left(\frac{KL}{r}\right)}{SCc} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{SCc^3}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3(55.3)}{8(126.1)} - \frac{(55.3)^3}{8(126.1)^3} = 1.82$$

Y el esfuerzo promedio permisible es

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{F.S.}$$

$$= \frac{\left[1 - \frac{(55.3)^2}{2(126.1)^2}\right] 36,000}{1.82} = 17,900 \text{ lb/pulg}^2$$

5. La carga axial permisible sobre la columna, incluyendo su propio peso, es igual al esfuerzo permisible por el área, o sea.

$$P = F_a A$$

$$F_a A = 17,900 \text{ lb/pulg}^2$$

$$= 378,000 \text{ lb}$$

2.7. Soldadura

2.7.1 Soldadura por arco

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente [continua](#) (DC) como [alterna](#) (AC), y electrodos consumibles o no consumibles. A veces, la región

de la soldadura es protegida por un cierto tipo de [gas inerte](#) o semi inerte, conocido como [gas de protección](#), y el material de relleno a veces es usado también.

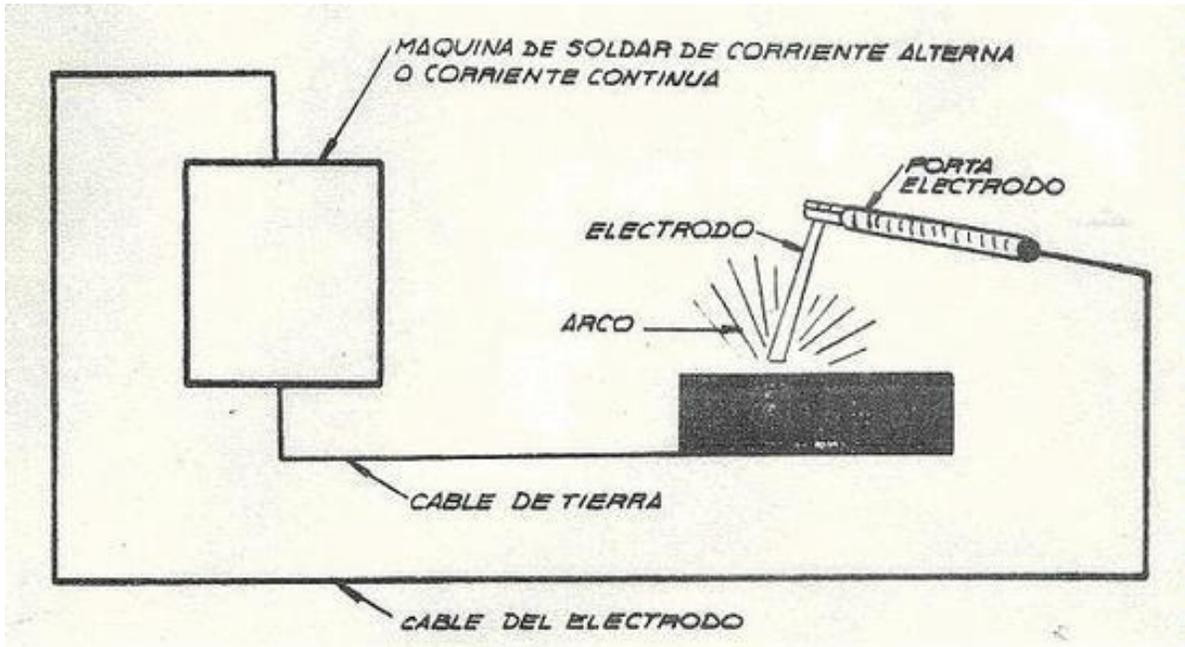


Figura 2.16 Esquema del proceso de soldadura

Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/fundamentos-soldadura-arco-manual>

2.7.2 Soldeo blando y fuerte

El [soldeo blando y fuerte](#) es un proceso en el cuál no se produce la fusión de los metales base, sino únicamente del metal de aportación. Siendo el primer proceso de soldeo utilizado por el hombre, ya en la antigua Sumeria.

- El [soldeo blando](#) se da a temperaturas inferiores a 450 °C.
- El [soldeo fuerte](#) se da a temperaturas superiores a 450 °C.
- Y el [soldeo fuerte a altas temperaturas](#) se da a temperaturas superiores a 900 °C.

2.7.3 Fuentes de energía

Para proveer la energía eléctrica necesaria para los procesos de la soldadura de arco, pueden ser usadas un número diferentes de fuentes de alimentación. La clasificación más común son las fuentes de alimentación de corriente constante y las fuentes de alimentación de voltaje constante. En la soldadura de arco, la longitud del arco está directamente relacionada con el voltaje, y la cantidad de entrada de calor está relacionada con la corriente. Las fuentes de alimentación de corriente constante son usadas con más frecuencia para los procesos manuales de soldadura tales como la soldadura de arco de gas tungsteno y soldadura de arco metálico blindado, porque ellas mantienen una corriente constante incluso mientras el voltaje varía. Esto es importante en la soldadura manual, ya que puede ser difícil sostener el electrodo perfectamente estable, y como resultado, la longitud del arco y el voltaje tienden a fluctuar. Las fuentes de alimentación de voltaje constante mantienen el voltaje constante y varían la corriente, y como resultado, son usadas más a menudo para los procesos de soldadura automatizados. En estos procesos, la longitud del arco es mantenida constante, puesto que cualquier fluctuación en la distancia entre material base es rápidamente rectificado por un cambio grande en la corriente. Por ejemplo, si el alambre y el material base se acercan demasiado, la corriente aumentará rápidamente, lo que a su vez causa que aumente el calor y la extremidad del alambre se funda, volviéndolo a su distancia de separación original.



Figura 2.17 Fuente de poder para soldar

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/miller/puestos-de-soldadura-por-arco>

El tipo de corriente usado en la soldadura de arco también juega un papel importante. Los electrodos de proceso consumibles como los de la soldadura de arco de metal blindado y la soldadura de arco metálico con gas generalmente usan corriente directa, pero el electrodo puede ser cargado positiva o negativamente. En la soldadura, el ánodo cargado positivamente tendrá una concentración mayor de calor, y como resultado, cambiar la polaridad del electrodo tiene un impacto en las propiedades de la soldadura. Si el electrodo es cargado negativamente, el metal base estará más caliente, incrementando la penetración y la velocidad de la soldadura. Alternativamente, un electrodo positivamente cargado resulta en soldaduras más superficiales. Los procesos de electrodo no consumibles, tales como la soldadura de arco de gas tungsteno, pueden usar cualquier tipo de corriente directa, así como también corriente alterna. Sin embargo, con la corriente directa, debido a que el electrodo solo crea el arco y no proporciona el material de relleno, un electrodo positivamente cargado causa soldaduras superficiales, mientras que un electrodo negativamente cargado hace soldaduras más profundas. La corriente alterna se mueve rápidamente entre estos dos, dando por resultado las soldaduras de mediana penetración.

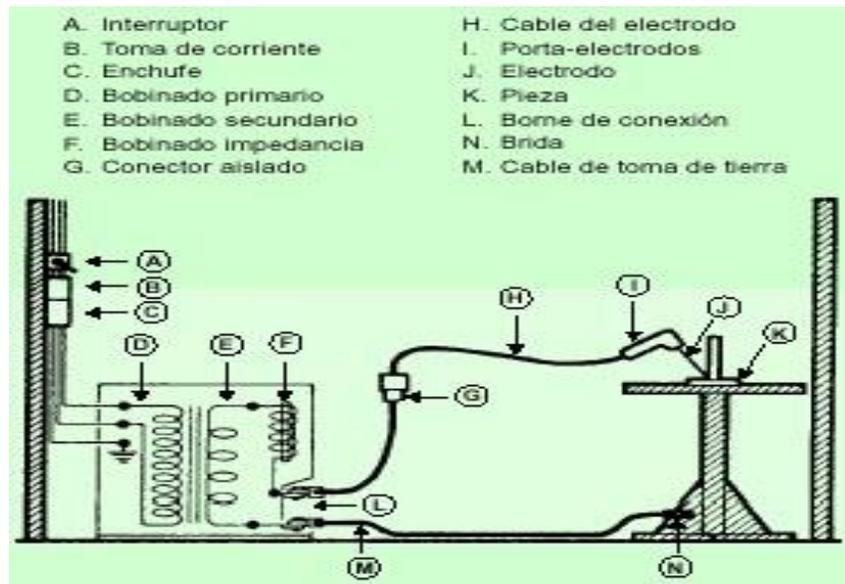


Figura 2.18 Esquema del proceso de funcionamiento de la fuente de poder

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9370547/Lista-de-Inventos-y-descubrimientos-del-siglo-XIX.html>

2.7.4 Seguridad

La soldadura sin las precauciones apropiadas puede ser una práctica peligrosa y dañina para la salud. Sin embargo, con el uso de la nueva tecnología y la protección apropiada, los riesgos de lesión o muerte asociados a la soldadura pueden ser prácticamente eliminados. El riesgo de quemaduras o electrocución es significativo debido a que muchos procedimientos comunes de soldadura implican un arco eléctrico o flama abiertos. Para prevenirlas, las personas que sueldan deben utilizar [ropa de protección](#), como calzado homologado, guantes de cuero gruesos y chaquetas protectoras de mangas largas para evitar la exposición a las chispas, el calor y las posibles llamas. Además, la exposición al brillo del área de la soldadura produce una lesión llamada [ojo de arco \(queratitis\)](#) por efecto de la [luz ultravioleta](#) que inflama la [córnea](#) y puede quemar las [retinas](#). Las [gafas protectoras](#) y los cascos y caretas de soldar con filtros de cristal oscuro se usan para prevenir esta exposición, y en años recientes se han comercializado nuevos modelos de cascos en los que el filtro de cristal es transparente y permite ver el área de trabajo cuando no hay radiación UV, pero se auto oscurece en cuanto esta se produce al iniciarse la soldadura. Para proteger a los espectadores, la ley de seguridad en el trabajo exige que se utilicen mamparas o cortinas translúcidas que rodeen el área de soldadura.



Figura 2.19 Implementos de seguridad

Fuente: <http://soldadurasdab.com/seguridad.html>

A menudo, los soldadores también se exponen a gases peligrosos y a partículas finas suspendidas en el aire. Los procesos como la soldadura por arco de núcleo fundente y la soldadura por arco metálico blindado producen [humo](#) que contiene partículas de varios tipos de [óxidos](#), que en algunos casos pueden producir cuadros médicos como el llamado [fiebre del vapor metálico](#). El tamaño de las partículas en cuestión influye en la [toxicidad](#) de los vapores, pues las partículas más pequeñas presentan un peligro mayor. Además, muchos procesos producen vapores y varios gases, comúnmente [dióxido de carbono](#), [ozono](#) y [metales pesados](#), que pueden ser peligrosos sin la ventilación y la protección apropiados.

Para este tipo de trabajos, se suele llevar mascarilla para partículas de clasificación FFP3, o bien mascarilla para soldadura. Debido al uso de gases comprimidos y llamas, en muchos procesos de soldadura se plantea un riesgo de explosión y fuego. Algunas precauciones comunes incluyen la limitación de la cantidad de oxígeno en el aire y mantener los materiales combustibles lejos del lugar de trabajo.



Figura 2.20 Implementos de seguridad

Fuente: <http://soldadurasdab.com/seguridad.html>

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Construcción del soporte para las palas del avión Fairchild FH-227J

3.1.1 Preliminares

El soporte se realizó con la finalidad de disminuir el esfuerzo físico y para la mejor visualización de las palas en todas las direcciones, también el mismo que se ayudara en las instrucciones dadas por los docentes del instituto.

3.1.2 Diseño

Luego de haber realizado un estudio a fondo de una serie de diseños y varias propuestas, como resultado se escogió un diseño el cual cumplía con las características técnicas y beneficios en cuanto a lo económico y el tiempo de construcción.

El diseño que se está empleando actualmente se logra gracias a la ayuda de manuales de mantenimiento y docentes del instituto, de los cuales solo se ha escogido uno y es el más factible para el tipo de actividad que se va a desempeñar.

Este diseño del soporte se dio gracias a la inventiva del estudiante y profesores, además que se observó que en el taller no existe otro tipo de soporte con estas características, el cual puede ser utilizado para realizar mantenimientos de las palas o instrucción de las mismas. Ver anexo B (formato de diseño)

3.2. Cálculo estructural

Objetivo:

Comprobar la estabilidad y la resistencia del soporte, para que brinde la mejor funcionalidad para el instituto.

Como primer paso se va a demostrar teóricamente que la estructura está construida eficientemente y cumple con el trabajo que va a realizar.

3.2.1 Cálculo de la estructura

La Estructura del soporte de las hélices del avión Fairchild FH-227J ha sido dimensionada para que soporte una carga de 240 Kg., es decir las cuatro hélices en dos pisos. Para el aseguramiento del soporte se ha procedido a calcular lo correspondiente a la resistencia del material para vigas y columnas, una de cada una de ellas debido a que la estructura tiene una geometría simétrica.

Así para las vigas tenemos:

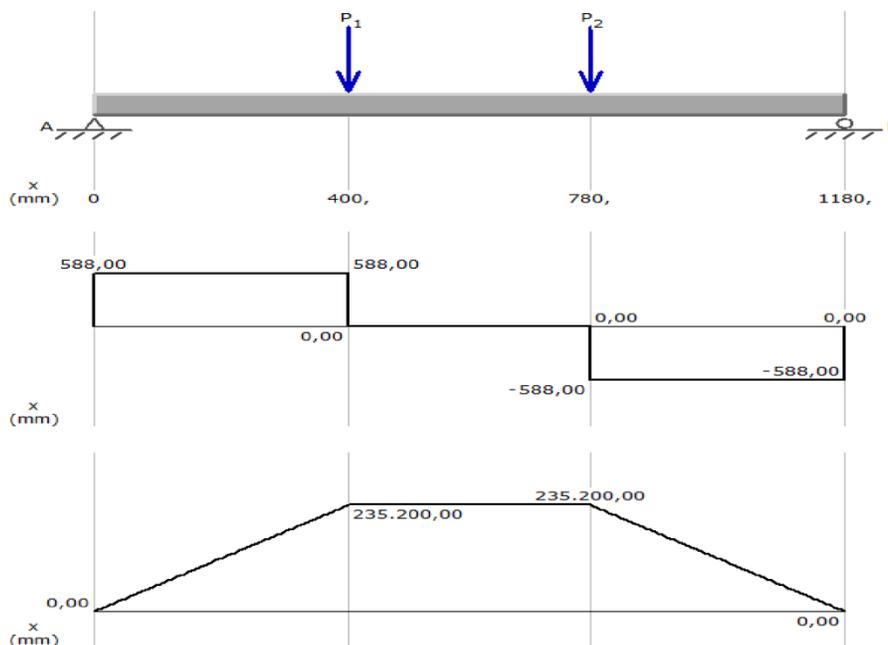


Figura 3.1 Cálculo de la estructura

Fuente: Irving Salas

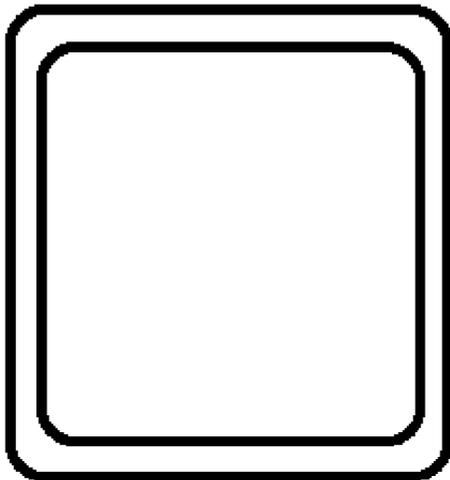
Siendo los valores de cada carga 588 N, tenemos ya ubicados los diagramas de cargas, fuerza de corte y momento flector respectivamente en la figura anterior. De ello se puede calcular el esfuerzo de flexión, en este caso:

En cuanto al valor de c:

$$c := 25.4 \text{ mm}$$

Siendo esta la distancia existente desde el eje centroidal del perfil cuadrado de 2" x 2" x 2 hasta la fibra más alejada del mismo donde se produce el máximo esfuerzo flector.

En cuanto a la Inercia:



$$b := 50.8 \text{ mm}$$

$$h := 50.8 \text{ mm}$$

$$I_{ext} := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = (5.55 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$b_{in} := 46.8 \text{ mm}$$

$$h_{in} := 46.8 \text{ mm}$$

$$I_{in} := \frac{1}{12} \cdot b_{in} \cdot h_{in}^3 = (3.998 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$I_t := I_{ext} - I_{in} = (1.552 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

Siendo así y tomando el dato del momento máximo del diagrama de momentos:

$$M := 235200 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma := \frac{M \cdot c}{I_t} = (3.849 \cdot 10^{10}) \text{ Pa}$$

A continuación se va a calcular la carga crítica que soportará una de las columnas de la estructura del soporte de las hélices:

Tenemos entonces 38.49 MPa los cuales son inferiores al límite elástico del material siendo así la viga resiste.

Para el caso de la columna tenemos el mismo valor de la inercia dado que se trata del mismo perfil estructural y material es decir la misma sección.

Recordemos que el valor del modulo de Young para el acero ASTM A-36 es de: 200GPa.

Si:

$$E := 200 \text{ GPa}$$

$$I := (1.552 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$L := 1500 \text{ mm}$$

$$P_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = (1.362 \cdot 10^5) \text{ N}$$

Siendo además el esfuerzo critico a sobrepasar por la columna

$$r := 25.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} = (5.66 \cdot 10^8) \text{ Pa}$$

De esto se concluye que la carga a sobrepasar para pandear la columna de la estructura es de 1.36 e +005 N que es muy superior a los 2.353,596 N que se le está aplicando en el presente caso.

De la misma forma el esfuerzo máximo que soporta esta columna es de 5.6 e +008 Pa., que es mucho mayor al calculado.

3.2.2 Cálculo de la soldadura del soporte

Para este efecto se considera que el electrodo utilizado es el E6011, que presenta una resistencia a la tracción de 60000 psi. La soldadura ha sido manufacturada íntegramente con este elemento de soldadura de modo que la resistencia de un punto de soldadura escogido por muestreo bajo el criterio de mayor soporte de carga será:

$$l := 50.8 \cdot 4 \text{ mm} = 0.203 \text{ m}$$

$$h := 10 \text{ mm}$$

$$P := 588 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{soldadura}} := \frac{P}{l \cdot h} = (2.894 \cdot 10^5) \text{ Pa}$$

Como el electrodo me da una resistencia de 413.6 MPa y la resistencia calculada es menor la soldadura se aprueba.

3.3. Diagrama de flujo operacional

3.3.1 Simbología del proceso de construcción

Para la construcción del soporte debemos considerar que existen varias normas que debemos seguir para evitar daños materiales o personales, así que la construcción será un proceso de pasos y parámetros a cumplir, de manera que se ha diseñado un diagrama de proceso según la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Simbología del proceso de construcción

FIGURA	DESIGNACION
	INICIO / FIN
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN
	CONECTOR
	ENSAMBLE

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

3.4. Proceso de construcción

Una vez ya analizadas las alternativas disponibles y verificadas el comportamiento físico de la estructura, teniendo en consideración que cumple con las expectativas pensadas se procede a la obtención del material apropiado para la elaboración del soporte de la hélice.

Para la adquisición del material tomaremos como mejor opción conseguirlo desde la fábrica proveedora DIPAC para economizar gastos.

Además del material también tenemos el uso de herramientas y sus accesorios cambiantes tales como son discos de corte, de desgaste, electrodos entre otros. Estos son aditamentos de las maquinas a utilizar las cuales son de suma importancia para el proceso de realización del soporte las cuales se procedió a realizar cotizaciones en diferentes centros comerciales que se dedican al expendio de estos productos para ver la mejor propuesta económicamente.

Entre el material escogido para el soporte tenemos el tubo cuadrado con una medida de 2" x 2" x 2 con longitud de 6m cada uno, el cual se debió cortar a la medida que sea más factible en cuanto a su uso para no desaprovechar el material existente.

A los cuales se procedió a marcar las diferentes distancias donde se realizarían los cortes comenzando por uno de los extremos, aprovechando cada uno de los mismos como tal se muestra el siguiente cuadro.

Tabla 3.2: Medición tubos

CANTIDAD	LONGITUD	TOTAL
4	150 cm	600 cm
6	118 cm	708 cm
6	160 cm	960 cm

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

Una vez trazada las medidas en el tubo se procede a realizar el corte con la ayuda de una amoladora y su disco de corte el cual incrementa la rapidez, efectividad y un menor esfuerzo físico en esta operación.

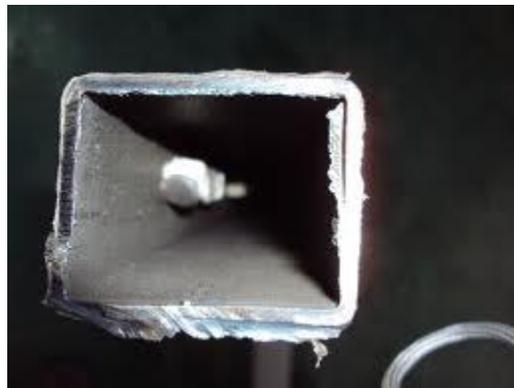


Figura 3.2 Corte del tubo

Fuente: Irving Salas

Evitando de tal manera errores de corte que en la posteridad de su elaboración puedan ocasionar un descuadre de la estructura haciendo la inestable.



Figura 3.3 Proceso de corte

Fuente: <http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTT4s7pPRtBML>

Después de haber finalizado con los cortes y verificados sus longitudes pasamos a al paso de unión de sus partes cortadas.

Primeramente partimos desde la realización de su base colocando los tubos laterales de 160 cm c/u y los frontales y posteriores de 118cm c/u de tal forma que su estructura coincida con lo ya premeditado con respecto a sus distancias y forma de tipo rectangular tome forma.

Para lo cual se realizara con la ayuda de una herramienta especial para sujeción como es el caso de la entenalla.

La entenalla mantiene las partes a unir estables para proceder a la unión mediante soldadura con el método punto de suelda, ayudándonos a armar la estructura ya que consecutivamente se procede a unir en su totalidad mediante la suelda las partes que quedaron en rellenar.



Figura 3.4. Cordones de soldadura

Fuente: <http://retoalavida.wordpress.com/tag/arana/>

Posteriormente efectuamos las columnas en donde van los puntos de sujeción para la hélice de la misma manera que lo hicimos con la base del soporte.



Figura 3.5 Proceso de ensamblaje

Fuente: Irving Salas

Una vez ya efectuada esta operación unimos las columnas con la base y seguimos con su parte inferior las cuales se trata de dos pares de ruedas que son el sustento de la estructura y de una lámina llana de acero en la parte inferior de toda la estructura.



Figura 3.6 Ruedas industriales

Fuente: <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBGcEFIMrYpiqkBhkxxg>

Se colocó garruchas según el peso que van a soportar y las condiciones de operación las cuales fueron de 50-500 Kg BA.

✓ RECOMENDABLE
 ✗ NO RECOMENDABLE
 ? CONSULTAR CON NUESTRO DEPARTAMENTO TECNICO

TIPO DE RUEDA	CAPACIDAD DE CARGA KG.	SUPERFICIE DE TRABAJO											CONDICIONES AMBIENTALES							DUREZA (SHORE) A-SHORE R-ROCKWELL BHN - BRINELL
		ACERO CORRUGADO	ALFOMBRA	ASFALTO	BALDOSA - LOSETA	CERAMICAS - MAYOLICAS	CONCRETO	LADRILLO VITRIFICADO	MADERA	TAPETE PLASTICO	ACEITE INDUSTRIAL	AMORTIGUACION DE CARGA	CONTACTO CON VAPOR	GRASAS ANIMALES	PROTECCION DE PISO	QUIMICOS	SUPERFICIE HUMEDA	TEMPERATURA ALTA	TRABAJO SILENCIOSO	
AF	150-250	✓	?	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	75-80 A
BA	50-500	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✗	?	?	?	✗	✓	214-230 BHN
BF	65-450	✗	?	✗	✓	✓	✓	?	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	?	✗	✓	✗	75-80 A
NEUMÁTICA	90-150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	65-70 A
NYLON	100-150	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	?	✓	✗	✓	✓	60-70 D
PB	55-230	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	?	✓	✗	✓	✓	70-80 A
PR	75-500	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	?	✓	?	✗	✓	50-60 D
PU	75-680	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	?	?	?	?	✗	✗	90 A
SC	400-1.200	?	✓	✓	✓	✓	?	?	✗	✓	✗	?	✓	?	?	?	✗	✗	✓	90 A
ALTA TEMPERATURA	180-680	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	?	✓	✓	✗	✓	50 D
MÉDICA	80-160	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	✗	✓	✗	70 A
ANTIPINCHAZO NF	130	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	50 -60 A

Figura 3.7 Garruchas

Fuente: <http://www.ruedasygarruchas.com/index.php?option=com>

Se realizan las pruebas necesarias para probar que el soporte se encuentre bien conformado estructuralmente.

Finalmente se procede a pintarlo con un fondo anticorrosivo además de una pintura que permita identificar la estructura por seguridad de las personas a ocuparlo.



Figura 3.8 Estructura pintada

Fuente: Irving Salas

A continuación detallamos las diferentes herramientas y máquinas que se tomó para el empleo de construcción del presente proyecto, teniendo como objetivo representar de mejor forma los procesos de fabricación y poder así obtener una mejor interpretación.

Tabla 3.3: Herramientas

NOMINACIÓN	HERRAMIENTA
1	Fluxómetro
2	Tiza industrial
3	Granete
4	Escuadra
5	Disco de corte

6	Disco de desbaste
7	Alicate de sujeción
8	Electrodos E 6011
9	Llaves # 13,14 y 15
10	Brocas para acero
11	Pistola de pintura
12	Anticorrosivo
13	Pintura amarilla

Fuente: Investigador.

Elaborado por: Irving Salas

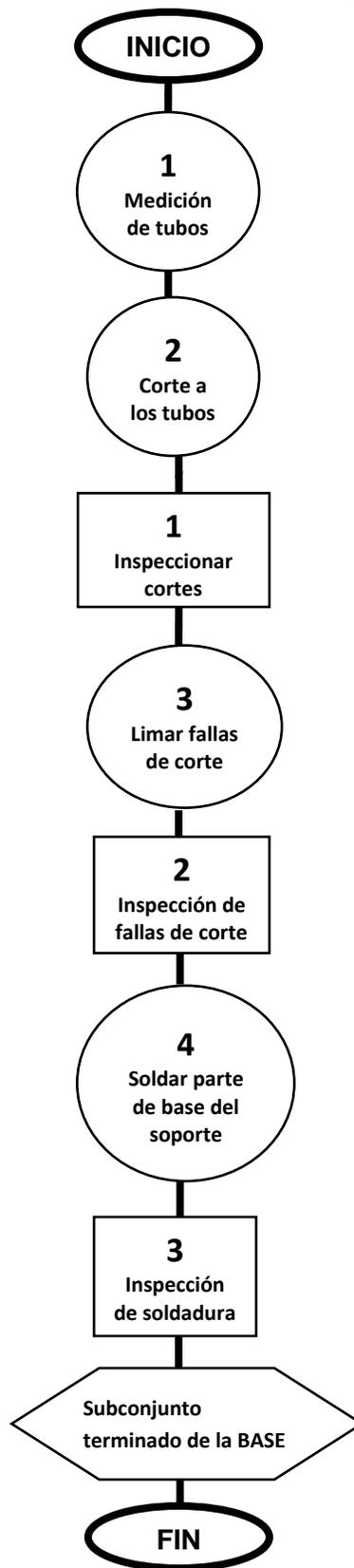
Tabla 3.4: Máquinas empleadas

NOMINACION	MAQUINAS
H-A	Amoladora
H-B	Soldadora
H-C	Taladro
H-D	Compresor

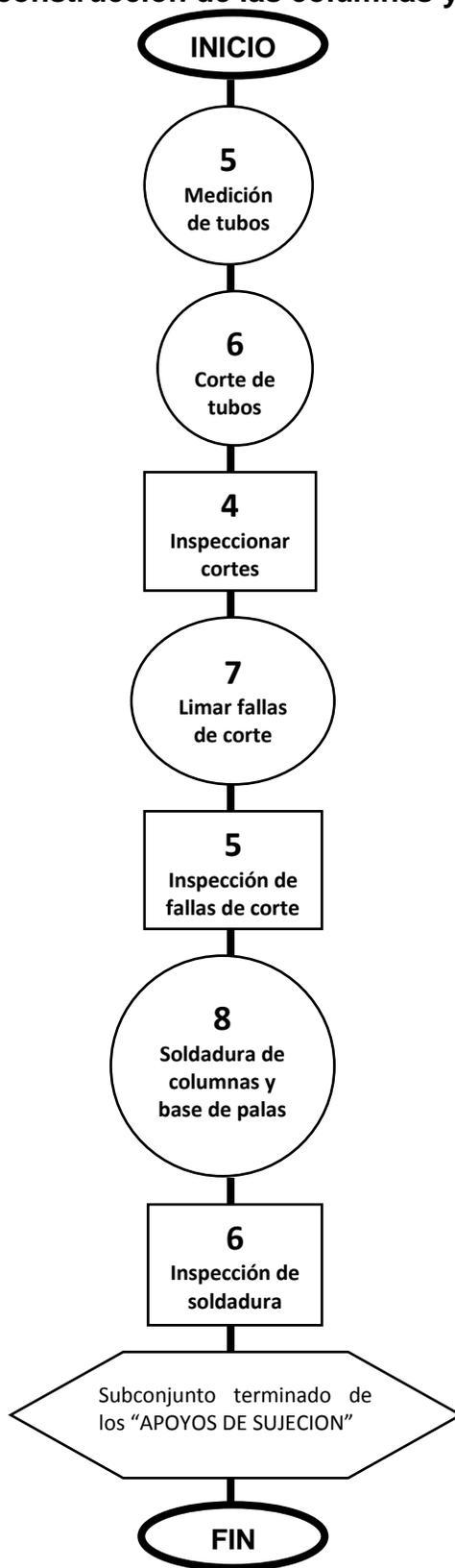
Fuente: Investigador.

Elaborado por: Irving Salas

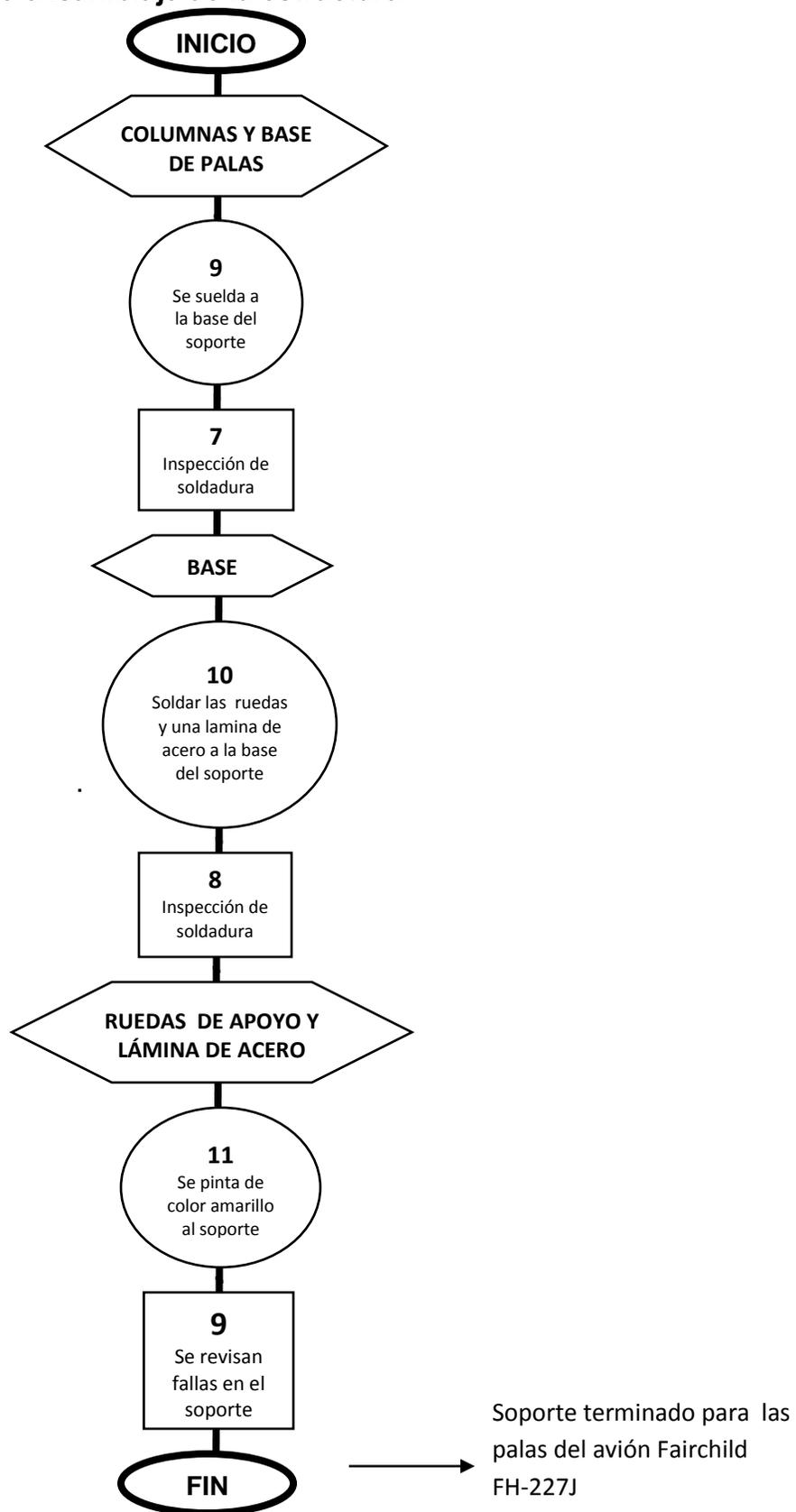
3.4.1. Proceso de construcción de la base del soporte



3.4.2. Proceso de construcción de las columnas y base de palas



3.4.3. Proceso de ensamblaje de la estructura



3.5. Pruebas de Evaluación.

Después de haber culminado con la construcción del soporte se lo sometió a pruebas con cargas diferentes muy similares al peso de las palas e incluido un peso adicional para medir su resistencia estructural.

Tabla 3.5: Pruebas realizadas

No.	PRUEBAS	CUMPLE	NO CUMPLE
		SI	NO
1	Seguridad	✓	
2	Estabilidad	✓	
3	Resistencia a la carga	✓	
4	Transportabilidad	✓	

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Irving Salas

Concluidas con las pruebas ya realizadas se procede a implementar protección extra en las partes donde irán asentadas las palas con el objetivo de impedir q las mismas se deformen o existan daños estructurales. Este procedimiento se lo expone en el Anexo.

3.6. Análisis económico

En el proceso del análisis económico se investigó el presupuesto monetario a invertirse durante todo los procesos como es la compra del material de construcción y los materiales para su elaboración, para ello se basó en proformas

cotizadas, este proceso de desarrollo partiendo del estudio de factibilidad económica que se realizó en el anteproyecto.

3.6.1 Recursos

Los recursos humanos con los que se cuenta para la realización de este proyecto son el director de tesis y el investigador.

Tabla 3.6: Recursos humanos

Nº	Talento humano	Designación
1	Irving Salas	Investigador
2	Ing. Eduardo Toscano	Director del proyecto
3	Tlgo. Rodrigo Bautista	Personal Técnico

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

3.6.2 Presupuesto

A continuación referente al análisis económico realizado, se presentan materiales y diferentes gastos en los cuáles se invirtió varias sumas de dinero para la correcta realización del presente proyecto, las cuáles presentan características técnicas y financieras personales necesarias durante este proceso.

A continuación se detallan los costos realizados durante la realización del proyecto.

- **Costos**

Tabla 3.7: Costos primarios

No.	Razón de gasto	Costo (USD)
1	Equipos y herramientas	50.00
2	Tubos de acero 2"x2"x2	300.00
3	Gastos varios	50.00
TOTAL		400.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

Tabla 3.8: Costos secundarios

Nº	Detalle	Costo (USD)
1	Alimentación	40.00
2	Transporte	50.00
3	Aranceles de Grado	300.00
4	Impresiones y anillados	40.00
5	TOTAL	430.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

Tabla 3.9: Costo Total

No.	Razón de gasto	Costo (USD)
1	Costos primarios	400.00
2	Costos secundarios	430.00
TOTAL		830.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Irving Salas

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones

- Se elaboró un modelo de soporte para las hélices del avión Fairchild FH-227J cumpliendo con las especificaciones y necesidades encontradas durante el desarrollo del mismo.
- Se construyó un soporte para el juego de palas del avión Fairchild FH-227J con el fin de incrementar material didáctico para el instituto.
- Con el trabajo realizado en este documento, se concluyó que es importante realizar un diseño estructural en un programa computacional, lo que motivará a los estudiantes a actualizarse y a poner empeño en programas de computación.
- En el análisis del marco se comprobó que los máximos esfuerzos de la estructura se dan donde irán ubicadas las palas.
- En el análisis de distribución de fuerzas se comprobó que el diseño de la estructura es adecuado para las palas del avión Fairchild, y además que es óptimo para trabajar en el ya que aguanta cargas mayores a las de su peso.

4.2 Recomendaciones

- Hacer un control de corrosión después de un uso prolongado de las palas y del soporte, ya que la exposición a los diferentes factores ambientales y de manipulación pueden comenzar a afectar el soporte, es recomendable hacerlo cada 3 meses.
- No utilizar el soporte de las palas del avión Fairchild FH-227J para actividades que no tengan que ver con las mismas, para evitar daños estructurales.
- Aunque el soporte puede cargar 35 veces lo estimado por el peso de las palas, se recomienda no sobrecargar para evitar daños graves.
- Se recomienda realizar continuos chequeos en las partes móviles del soporte, tales como son las ruedas.

GLOSARIO

Agilizar: Hacer rápido un proceso.

Antecedentes: Informes, historial, circunstancias, referencias

Aptitud: Capacidad para realizar satisfactoriamente una tarea o desempeñar un cargo.

Avión.- Vehículo con alas, más pesado que el aire, que vuela generalmente propulsado por uno o varios motores y se usa para el transporte aéreo.

Capacidad: Posibilidad que tiene algo de contener en su interior otras cosas; máximo número de bits almacenable en una memoria

Comando: Instrucción u orden que se da a un ordenador introduciéndola mediante el teclado y pulsando la tecla Intro o Return, y que es interpretada y ejecutada por la máquina.

Complementar: Poner un complemento o mejora a una cosa, añadirle algo para completarla.

Concretar: Reducir una cosa dicha o escrita a lo esencial, resumir.

Cuantioso: Que es grande en cantidad o número.

Defectuosa: Imperfecto, insuficiente, con taras.

EQUIPO DE SEGURIDAD: Dispositivos de carácter especializado que se utilizan, individualmente o como parte de un sistema, en la prevención o detección de actos de interferencia ilícita en la aviación civil y sus instalaciones y servicios.

Evaluar: Analizar una cosa para determinar su valor, importancia o trascendencia, apreciación, valoración.

Factibilidad: Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados.

Fortalecer: Dar fuerza.

Mantenimiento.- Conservación de una cosa en buen estado o en una situación óptima para evitar su degradación.

Proceso: Conjunto de operaciones lógicas y aritméticas ordenadas cuyo fin es la obtención de unos resultados determinados.

Seleccionar: Elegir, escoger a personas o cosas entre todas las de su especie por considerarlas más adecuadas.

Sistematización: Ordenamiento y clasificación bajo determinados criterios, relaciones y categorías de todo tipo de datos. Por ejemplo, la creación de bases de datos.

Soldadura: Es un [proceso de fabricación](#) en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la [coalescencia \(fusión\)](#), en la cual las piezas son soldadas [fundiendo](#) ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico).

Tipificar: Clasificar u organizar en tipos o clases una realidad o un conjunto de cosas.

BIBLIOGRAFÍA

- http://www.construmatica.com/construpedia/Uniones_por_Soldadura
- <http://www.wordreference.com/definiciones>
- Estructuras de acero – ANALISIS Y DISEÑO
Stanley W. Crawl - Robert M. Dillon
- Calculo Estructural – Construcción y Normativa
Javier Pajón Permuy
- <http://www.garruchasyequipos.com/ruedasIndustriales.htm>
- http://www.ruedasygarruchas.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=66&category_id=20&option=com_virtuemart&Itemid=60
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Viga>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>