

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

"CONSTRUCCIÓN DE LOS SOPORTES POSTERIORES PARA EL FUSELAJE DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 HC-BHD PARA SU TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTES N°11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO"

POR:

BASTIDAS MESÍAS EDISON ANDRÉS

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN AVIONES**

2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el **Sr. BASTIDAS MESÍAS EDISON ANDRÉS**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Ing. Félix J. Manjarrés A.

Latacunga, Abril 02 del 2012

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por su apoyo incondicional y por haberme educado para llegar a ser un hombre respetuoso y leal.

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general. Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

Es por ellos que soy lo que soy ahora. A ellos este trabajo, que sin ellos, no hubiese podido ser.

Edison Andrés Bastidas Mesías

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por haberme guiado por el camino de la felicidad y poner en mi camino seres que me han apoyado en cada momento.

A mis padres Justo y Mery, a mis hermanos, por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último a mis compañeros, amigos y a mi director de tesis quién me ayudó en todo momento, Ing. Félix Manjarrés.

Edison Andrés Bastidas Mesías

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	1
SUMMARY	2
CAPÍTULO I	3
EL TEMA	3
1. ANTECEDENTES	3
1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.2. OBJETIVOS:	4
1.2.1. GENERAL	4
1.2.2. ESPECÍFICOS	5
1.3. ALCANCE	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. DESARROLLO DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227	6
2.1.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FAIRCHILD HILLER FH-227	7
2.2. FUSELAJE.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2.1. COMPONENTES DEL FUSELAJE	11
2.2.1.1. MARCOS	11
2.2.1.2. MAMPAROS.	11
2.2.1.3. VIGAS LONGITUDINALES	12
2.2.1.4. LARGUEROS	12
2.2.1.5. LARGUERILLOS	13
2.3. DEFINICIONES CIENTÍFICAS	10

2.3.1. LA FUERZA CORTANTE (V)	13
2.3.2. EL MOMENTO FLECTOR (M)	14
2.3.3. FUERZA (F)	14
2.3.4. GRAVEDAD	14
2.3.5. VECTOR	15
2.3.6. INERCIA.....	15
2.3.7. MASA	16
2.3.8. CENTRO DE GRAVEDAD	16
2.3.9. CONDICIONES DE EQUILIBRIO.....	17
2.3.10. ESFUERZOS	17
2.3.11. TIPO DE ESFUERZOS	18
2.4. RESISTENCIA DE MATERIALES.....	19
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	20
2.5.1. GENERALIDADES.....	20
2.5.2. LEY DE HOOKE Y COEFICIENTE DE POISSON	20
2.5.3. EL ACERO.....	22
2.5.4. LA MADERA.....	24
2.5.4.1. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	24
2.5.4.2. PROPIEDADES FÍSICAS.....	26
2.5.4.3. PROPIEDADES ELÉCTRICAS	28
2.5.4.4. PROPIEDADES ACÚSTICAS	28
2.5.4.5. PROPIEDADES TÉRMICAS	28
2.5.4.6. PROPIEDADES MECÁNICAS	29
2.5.4.6.1. RIGIDEZ.....	30
2.5.4.6.2. COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS	30
2.5.4.6.3. COMPRESIÓN NORMAL A LAS FIBRAS.....	30
2.5.4.6.4. FLEXIÓN ESTÁTICA.....	31
2.5.4.6.5. TENACIDAD.....	31
2.5.4.6.6. CIZALLE.....	31
2.5.4.6.7. CLIVAJE TANGENCIAL Y RADIAL.....	32

2.5.4.6.8. DUREZA.....	32
2.5.4.7. FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	32
2.5.4.7.1. DEFECTOS DE LA MADERA	33
2.5.4.7.2. DEFECTOS PROPIOS.....	33
2.5.4.8. SECADO DE LA MADERA.....	35
2.5.4.8.1. SECADO AL AIRE.....	36
2.5.4.8.2. SECADO EN HORNOS.....	36
2.6. PROCESO DE DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL.	37
2.7. DEFINICIONES DE PROCESOS DE FABRICACIÓN	38
2.7.1. MEDIR.....	38
2.7.2. TRAZADO	40
2.7.3. CORTE.....	41
2.7.4. PINTADO	42
2.8. ELEMENTOS MECÁNICOS.....	43
2.8.1. ELEMENTOS DE SUJECIÓN	43
2.8.2. SUJETADORES ROSCADOS	44
2.8.3. SUJETADORES SIN ROSCA	46
2.9. NORMAS DE SEGURIDAD	48
CAPÍTULO III	52
3. DESARROLLO DEL TEMA	52
3.1. ALTERNATIVAS	52
3.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A SELECCIONAR.....	52
3.2.1. SEGURIDAD	52
3.2.2. TIEMPO DE TRABAJO	52
3.2.3. ERGONOMÍA	53
3.2.4. COSTOS	53
3.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SELECCIONADA	54
3.4. CÁLCULOS POR MÉTODO MANUAL.....	54
3.4.1. ANÁLISIS DEL TABLERO DE SOPORTE	54
3.4.2. ANÁLISIS DE LA COLUMNA DE SOPORTE PRINCIPAL LATERAL.....	58
3.4.3. ANÁLISIS DE LA VIGA FRONTAL INFERIOR.....	61

3.4.4. ANÁLISIS DE LOS REFUERZOS SUPERIORES E INCLINADOS FRONTAL Y POSTERIOR	63
3.4.5. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS DE SUJECIÓN	65
3.5. ANÁLISIS ASISTIDO.....	66
3.6. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	69
3.6.1. CODIFICACIÓN DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS.....	69
3.6.2. DIAGRAMAS DE PROCESO	71
3.6.2.1. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN VIGAS LATERALES INFERIORES	72
3.6.2.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN VIGAS LATERALES INCLINADAS	73
3.6.2.3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN VIGA FRONTAL INFERIOR	74
3.6.2.4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN COLUMNAS DE SOPORTE PRINCIPALES.....	75
3.6.2.5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE REFUERZOS SUPERIORES E INCLINADOS FRONTALES Y POSTERIORES.....	76
3.6.2.6. PROCESO DE ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA	77
3.7. PRUEBAS DE FABRICACIÓN.....	80
3.8. PRESUPUESTO	80
3.8.1. COSTOS PRIMARIOS	80
3.8.1. GASTOS SECUNDARIOS	81
3.8.2. COSTO TOTAL.....	82
CAPÍTULO IV.....	83
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
4.1. CONCLUSIONES.....	83
4.2. RECOMENDACIONES	84
GLOSARIO.....	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIGURA 2.1. FAIRCHILD HILLER 227 DEL VUELO 571 DE LA FUERZA AÉREA ARGENTINA	6
FIGURA 2.2. AVIÓN FAIRCHILD HILLER FH-227	7
FIGURA 2.3.- DIMENSIONES DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227	9
FIGURA 2.4. ENSAMBLAJE DELANTERO DEL FUSELAJE	10
FIGURA 2.5. FUSELAJE DEL AVIÓN FAIRCHILD	13
FIGURA 2.6. MOMENTO FLECTOR	14
FIGURA 2.7. VECTOR TRIDIMENSIONAL	15
FIGURA 2.8. CENTRO DE GRAVEDAD	16
FIGURA 2.9. TRACCIÓN	18
FIGURA 2.10. ESFUERZO DE COMPRESIÓN	18
FIGURA 2.11. ESFUERZO DE FLEXIÓN	18
FIGURA 2.12. ESFUERZO DE CORTE	19
FIGURA 2.13. ESFUERZO DE TORSIÓN	19
FIGURA 2.14.LEY DE HOOKE Y COEFICIENTE DE POISSON	22
FIGURA 2.15.LOCALIZACIÓN DE ESFUERZOS EN UN ÁRBOL.....	25
FIGURA 2.16. EJE TANGENCIAL	25
FIGURA 2.17. EJE RADIAL	25
FIGURA 2.18. EJE LONGITUDINAL.....	26
FIGURA 2.19. CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MADERA.....	26
FIGURA 2.20. CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN DE LA MADERA	27
FIGURA 2.21. COMPRESIÓN DE LAS FIBRAS DE LA MADERA	30
FIGURA 2.22. FLEXIÓN ESTÁTICA EN UNA VIGA.....	31
FIGURA 2.23. TENACIDAD EN UNA VIGA	31
FIGURA 2.24. CIZALLE EN UNA VIGA	31
FIGURA 2.25. CLIVAJE TANGENCIAL Y RADIAL EN UNA VIGA	32
FIGURA 2.26. DUREZA EN UNA VIGA	32
FIGURA 2.27. DEFECTOS DE LA MADERA.....	33
FIGURA 2.28. DEFECTOS PROPIOS DE LA MADERA	34

FIGURA 2.29. DEFORMACIÓN DE ALABEO EN LA MADERA	35
FIGURA 2.30. FLEXÓMETRO	38
FIGURA 2.31. REGLA METÁLICA.....	38
FIGURA 2.32. ESCUADRA.....	39
FIGURA 2.33. PIE DE REY	39
FIGURA 2.34. NIVEL	40
FIGURA 2.35. PROCESO DE TRAZADO.....	40
FIGURA 2.36. PUNTA DE MARCAR	41
FIGURA 2.37. TIZA INDUSTRIAL.....	41
FIGURA 2.38. DISCO ABRASIVO	42
FIGURA 2.39. PINTADO ESTRUCTURAL	43
FIGURA 2.40. PERNO	45
FIGURA 2.41. ARANDELAS	47
FIGURA 2.42. OVEROL.....	48
FIGURA 2.43. GUANTES.....	49
FIGURA 2.44. ZAPATOS INDUSTRIALES	49
FIGURA. 2.45. GAFAS DE PROTECCIÓN.....	50
FIGURA 2.46. OREJERAS.....	50
FIGURA 2.47. MASCARILLA INDUSTRIAL	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA.2.1 DIRECCIÓN DE LAS FIBRAS DE LAS MADERAS	21
TABLA 2.2 PROPIEDADES DE LAS DIFERENTES CLASES DE MADERA	29
TABLA 2.3 TEMPERATURA DE SECADO DE LA MADERA	36
TABLA 3.1 MATRIZ DE PONDERACIÓN	53
TABLA 3.2 INFORMACIÓN DEL PROYECTO	66
TABLA 3.3 RESUMEN DE RESULTADOS INVENTOR	67
TABLA 3.4 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS	70
TABLA 3.5 CODIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS	70
TABLA 3.6 SIMBOLOGÍA.....	71
TABLA 3.7 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	78
TABLA 3.8 PRUEBAS REALIZADAS	80
TABLA 3.9 COSTOS PRIMARIOS.....	81
TABLA 3.10 COSTOS SECUNDARIOS.....	82
TABLA 3.11 COSTO TOTAL.....	83

RESUMEN

Mediante un estudio preliminar, realizado en el anteproyecto se determinó que la carrera de Mecánica Aeronáutica no cuenta con un avión comercial para relacionar el conocimiento teórico práctico de los estudiantes.

El presente trabajo se refiere a la construcción de un soporte para el traslado del fuselaje del avión Fairchild FH-227 con la matrícula HC-BHD del Ala de Transporte N°11 hacia el campus del Instituto. En el cual los estudiantes podrán observar las normas de seguridad en la logística y transporte.

Antes de construir el soporte del fuselaje se modeló a computador con el programa Inventor, para posteriormente realizarse el mismo.

Para la elaboración del soporte del fuselaje ha sido necesario realizar una investigación bibliográfica y un curso práctico para adaptarse al manejo del programa Inventor en el que se realizó la gráfica.

El soporte presentado en este proyecto tiene una resistencia confiable para tolerar el peso del fuselaje, a la vez que el montaje en él se lo puede realizar de manera sencilla y segura.

Concluida la realización del soporte del fuselaje, se realizaron las pruebas de funcionamiento con el propósito de verificar el cumplimiento de los objetivos de construcción del mismo. En donde pudimos verificar que se encontraba en condiciones óptimas para su trabajo.

Finalmente terminado el soporte del fuselaje y aprobado sus condiciones físicas, se lo traslado al lugar en donde desempeña su función.

SUMMARY

By means of a study carried out in the preliminary design it was determined that the career of Aeronautical Mechanics doesn't have a commercial airplane to relate the practical theoretical knowledge of the students.

The present work refers to the construction of a support for the transfer of the fuselage of the airplane Fairchild FH-227 with the registration HC-BHD of the Ala of Transport N°11 toward the campus of the Institute. In which the students will be able to observe the security norms in the logistics and transport.

Before building the fuselage support it was modeled to computer with the program Inventor, for later on to be carried out the same one.

For the elaboration of the fuselage support it has been necessary to carry out a bibliographical investigation and a practical course to adapt to the handling of the program Inventor in which the graph was made.

The support presented in this project has a reliable resistance to tolerate the weight of the fuselage, at the same time that the assembly in him can carry out it in a simple and sure way.

The support presented in this project has a reliable resistance to tolerate the weight of the fuselage, at the same time that the assembly in him can carry out it in a simple and sure way.

Finally ended the fuselage support and approved their physical conditions, I move it to the place where I carry out their function.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1. Antecedentes

Como centro de desarrollo en aviación el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico brinda carreras técnicas innovadoras tales como: electrónica, logística y transporte, seguridad aérea y terrestre, telemática y mecánica aeronáutica mención motores y aviones. Cada una de estas encaminadas a la formación de tecnólogos capaces de enfrentar las nuevas tecnologías que el futuro de la aviación trae con sigo.

Una de las dificultades con las que los alumnos del instituto deben lidiar es la falta de materiales para reforzar sus conocimientos, herramientas con los que el estudiante pueda entrar en la materia de una forma más clara y concreta. Desarrollando así mayor destreza en la materia.

Con el fin de conseguir este objetivo es necesario implementar nuevos materiales didácticos como es el caso de una avión escuela el actual será de vital importancia en la formación de nuevos tecnólogos, familiarizándolos con aviones comerciales y brindándole una herramienta más para un buen desempeño en campo aeronáutico comercial.

En la actualidad la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) posee varios aviones operativos e inoperativos los cuales por diversos motivos han perdido su aeronavegabilidad, estos aviones se encuentran en diversas bases donde opera la FAE como el

ejemplo en el Ala de transporte N° 11 un avión Fairchild FH-277 operativo en el cual es perfecto para ser adecuado como avión escuela.

Para trasportar un avión por tierra es necesario una gran logística y el apoyo de una gran grupo humano de técnicos, mecánicos y ayudantes, siendo esta gran oportunidad para que alumnos del Instituto puedan colaborar; enriqueciendo y fortaleciendo sus conocimientos mediante la manipulación de herramientas, equipos y partes aeronáuticas.

En el Anteproyecto del presente trabajo Anexo A, consta la investigación realizada que determinó la factibilidad de Construcción de soportes para el fuselaje del avión Fairchild FH-227 HC-BHD para su traslado del ala de transportes N°11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La elaboración de los dos soportes posteriores para el fuselaje es importante ya que ayudara a transportar en forma segura y eficiente el fuselaje del avión Fairchild FH-227 beneficiando a la comunidad tecnológica del ITSA, de tal forma que se podrá asimilar de la mejor forma la teoría impartida y poder adoptarla con las diferentes prácticas que se realizan, mejorando los conocimientos y destrezas de los estudiantes y también consiguiendo así incrementar la imagen institucional del Instituto en la industria aeronáutica nacional e internacional.

1.2. OBJETIVOS:

1.2.1. General

- Construir dos soportes posteriores para el fuselaje del avión Fairchild FH-227 HC-BHD para su traslado del ala de transportes N°11 ubicada en la ciudad de quito hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.2.2. Específicos

- Recopilar la información técnica pertinente al avión Fairchild FH-227.
- Establecer alternativas de selección.
- Evaluar las alternativas planteadas; materiales, proceso de construcción y costos.
- Seleccionar una alternativa adecuada para el soporte del fuselaje.
- Diseñar el soporte en el programa Inventor.
- Construir el soporte seleccionado.
- Crear una matriz de pruebas de funcionamiento del soporte construido.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo se limita a la construcción de dos soportes para el fuselaje del avión Fairchild FH-227, el cual permita asegurar que el elemento se traslade sin sufrir ningún tipo de daño físico exterior e interiormente y llegue en inmejorables condiciones, direccionando beneficios a la comunidad tecnológica del ITSA; además servirá de referencia para otras personas que continúen aportando material didáctico que ayude al mejoramiento de enseñanza en el instituto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En Estática se trata de estudiar las condiciones de equilibrio que deben cumplir las fuerzas exteriores o cargas aplicadas sobre cuerpos, a los que se considera resistentes e indeformables, por otra parte, los efectos interiores que provocan en el material. Cuando las fuerzas externas están distribuidas en forma tal que se equilibran entre sí, el cuerpo se encuentra en reposo o equilibrio estático sin haber alguna acción superficial que lo modifique.

2.1. Desarrollo del avión Fairchild FH-227



(Figura 2.1) Fairchild Hiller 227 del Vuelo 571 de la Fuerza Aérea Argentina

Fuente: <http://www.aviacionargentina.net/foros/picture.php?albumid=111&pictureid=2157>

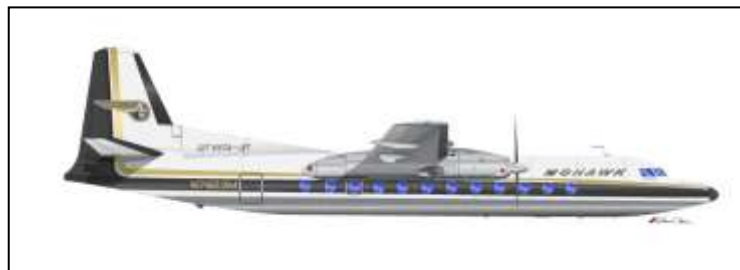
En 1964 Fairchild se fusiona con la fábrica Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienza los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo del Fokker F.27 y su planta

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 1.98m 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 ovales 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 realizó 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.

2.1.1. Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227



(Figura 2.2.) Avión Fairchild Hiller FH-227

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/Mohawk_N7823M.png

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
Usuarios Principales:	 Fuerza Aérea Uruguaya
	 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 Rotol 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°.
	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

Prestaciones:	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)	

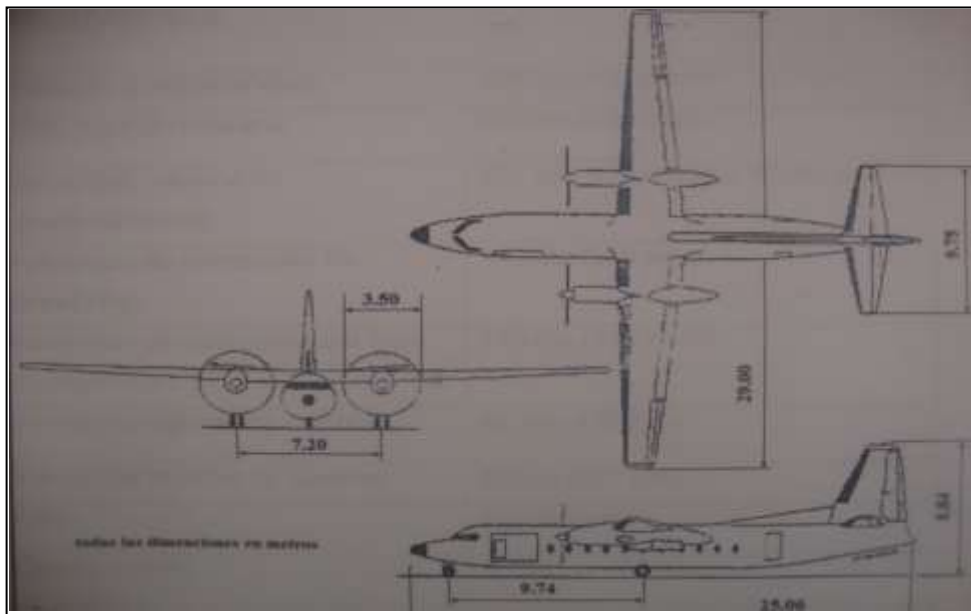


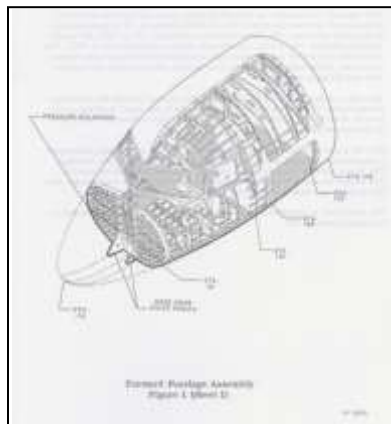
Figura 2.3.- Dimensiones del avión Fairchild FH-227
Fuente: Manual de mantenimiento avión Fairchild FH-227

2.2. Fuselaje

El fuselaje es básicamente de una aleación de aluminio, estructura semi-monocasco, a presión entre la estación 55 y los mamparos 655. Se monta en tres secciones básicas: la sección delantera (estación de 16 a 198). La sección central (estación de 198 a 510), y la sección de cola (la estación de 510 a 874). Estructura consisten en marcos transversales convencionales y no convencionales, largueros, mamparos, planta longitudinal de las vigas, marcos de puertas.

Es la parte principal o cuerpo del avión, la de mayor volumen y por lo tanto es la principal fuente de resistencia parásita. El fuselaje es la parte donde se aprovisiona la carga, donde van los controles, accesorios y demás equipos. En un avión monomotor, el motor y sus mandos de vuelo se encuentran en la proa o morro, mientras que en un avión bimotor o con más de un motor, éstos pueden fijarse al fuselaje posterior.

Es el encargado de transferir las cargas desde y para las alas, la cola, el estabilizador horizontal, el tren de aterrizaje y los motores. Si además hablamos de fuselajes presurizados, se deben de tener en cuenta las fuerzas axiales y radiales que se producen en el fuselaje debido a las fuerzas de presurización.



(Figura 2.4.) Ensamblaje delantero del fuselaje

Fuente: Manual de mantenimiento avión Fairchild FH-227

2.2.1. Componentes del fuselaje

2.2.1.1. Marcos.

“Los marcos del fuselaje son de aleación de aluminio, a excepción de cuatro marcos larguero. Son convencionales, construido "C" cuadros espaciados aproximadamente 17 pulgadas de distancia.

Los dos marcos de mástil, en la estación de 313 y 371 a cada lado del fuselaje, se construyen hacia arriba "C" marcos que contienen dos accesorios cada uno. Estos empalmes para la conexión de los accesorios de la sección central del ala y enlaces.

2.2.1.2. Mamparos.

- **De la estación 55.**

El mamparo de la estación 55 es el mamparo de presión delantero y el extremo delantero del compartimiento de vuelo. Se construye de un marco y una placa y es reforzado por vigas verticales, refuerzos y ángulos. Todos los agujeros y los remaches están conectados y sellados.

- **De la estación 122.**

El mamparo de la estación 122 es la partición de entre los compartimientos de vuelo y de carga y contiene un 22 por 50 pulgadas de apertura para la entrada y salida del compartimiento de vuelo. Se construye de una serie de placas, refuerzos y un marco. La parte izquierda de la popa está cubierta por el panel de neumáticos y la radio y el panel eléctrico está en el lado derecho.

El compartimiento de la radio y el eléctrico son de construcción de aleación de aluminio y está formada por paneles desmontables, el fuselaje, y el mamparo de la estación 122.

- **De la estación 655.**

El mamparo de la estación 655 es el mamparo de presión de popa y se compone de un marco y una placa, y se ve reforzada por dos vigas verticales, refuerzos y ángulos. Los agujeros se proporcionan en la placa para el aire acondicionado y los conductos de combustión de calor. Todos los agujeros y los remaches en la placa están conectados y sellados.

- **De la estación 803.**

El mamparo de la estación 803 cierra la parte trasera del compartimento de aire acondicionado y evita demasiado rápido el escape de aire y el calor desde el avión. Se compone de una placa remachada para el marco de la estación 803.

2.2.1.3. Vigas longitudinales

Las vigas del piso longitudinal están aseguradas en el fuselaje y soporta las placas del piso. Las vigas son de aleación de aluminio de tipo en "C" tipo en enmallado interior y de tipo en "L" enmallado exterior.

Las vigas están separadas unos 19 y 38 pulgadas a cada lado de la línea central del avión, excepto en el compartimento de vuelo y están fabricadas con telas, las tapas superiores inferior de la viga, refuerzos y largueros.

El piso del compartimento de vuelo vigas están separadas unos 35 centímetros a cada lado de la línea central del avión y la forma cónica hacia el exterior a 38 pulgadas en el compartimento de carga.

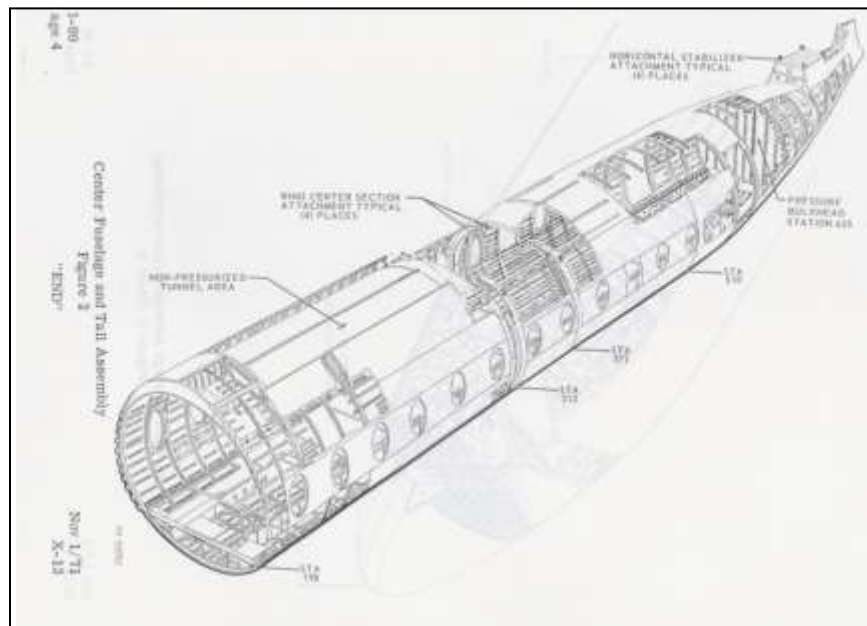
2.2.1.4. Larguerillos.

Los larguerillos consisten en secciones de aleación de aluminio en forma de "Z". La resistencia estructural del fuselaje se mantiene a los cambios estructurales de

largueros, placas de empalme del larguerillo y placas de la piel edificada se empalman entre sí. Los larguerillos son clavados a los marcos de fuselaje y se unen a las hojas de la piel por remaches.

2.2.1.5. Larguero.

Los largueros son los que mantienen la resistencia estructural en el fuselaje y los cambios estructurales en las zonas laterales. Estos largueros se extienden aproximadamente la longitud del fuselaje y se complementan con largueros adicionales ubicados en la periferia del fuselaje.



(Figura 2.5) Fuselaje del avión Fairchild

Fuente: Manual de mantenimiento avión Fairchild FH-227

2.3. Definiciones científicas

2.3.1. La fuerza cortante (v)

Es la suma algebraica de todas las fuerzas externas perpendiculares al eje de la viga o elemento estructural que actúan a un lado de la sección considerada.

2.3.2. El momento flector (m)

Es la suma algebraica de los momentos producidos por todas las fuerzas externas a un mismo lado de la sección respecto a un punto de dicha área.

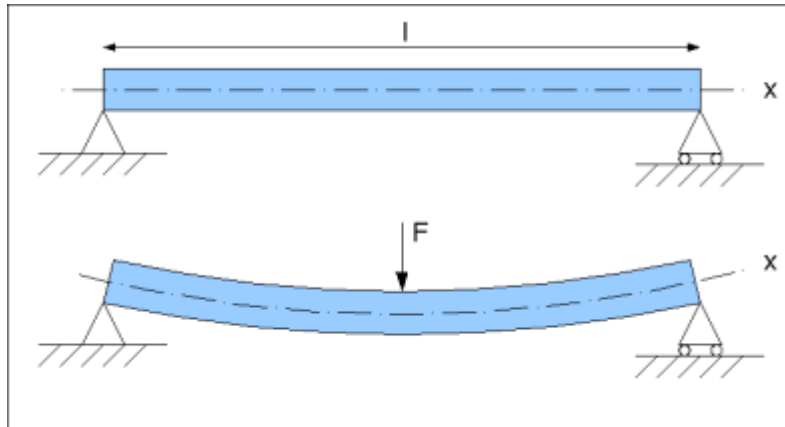


Figura 2.6. Momento Flector

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/Beam_bending.png

2.3.3. Fuerza (F)

Es una magnitud física vectorial que tiende a modificar el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, su unidad en el S.I. es en Newton (N).

2.3.4. Gravedad

Es la fuerza de atracción que una masa ejerce sobre otra, y afecta a todos los cuerpos. La gravedad es una fuerza muy débil y de un sólo sentido, pero de alcance infinito.

Esta fuerza produce la caída de los cuerpos hacia la superficie terrestre con una aceleración independiente de la masa del cuerpo que cae, cuyo valor es $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y que se conoce por aceleración de la gravedad.

2.3.5. Vector

En física, un vector es una herramienta geométrica utilizada para representar una magnitud física que tiene: módulo, dirección, sentido y punto de aplicación.

El módulo de un vector es la distancia entre el punto de aplicación y la punta de la flecha, el módulo también es el valor absoluto del vector.

La dirección del vector es la recta soporte sobre la que se traza el vector.

Punto de aplicación es aquel sobre el que se aplica el vector, en la representación gráfica la parte opuesta a la flecha.

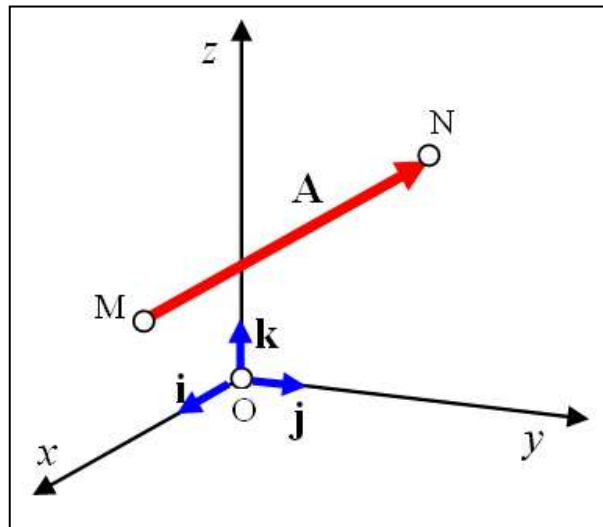


Figura 2.7. Vector tridimensional.

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Moglfm01sn_vector.jpg

2.3.6. Inercia

En física, la inercia es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de movimiento, mientras no se aplique sobre ellos alguna fuerza. Como consecuencia, un cuerpo conserva su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta si no hay una fuerza actuando sobre él.

2.3.7. Masa

La masa (m), es la cantidad de materia de un cuerpo, la cual es constante y no presenta variación alguna de un lugar a otro. La unidad de medida utilizada en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg).

2.3.8. Centro de gravedad

Es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas masas materiales de un cuerpo, de tal forma que el momento respecto a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

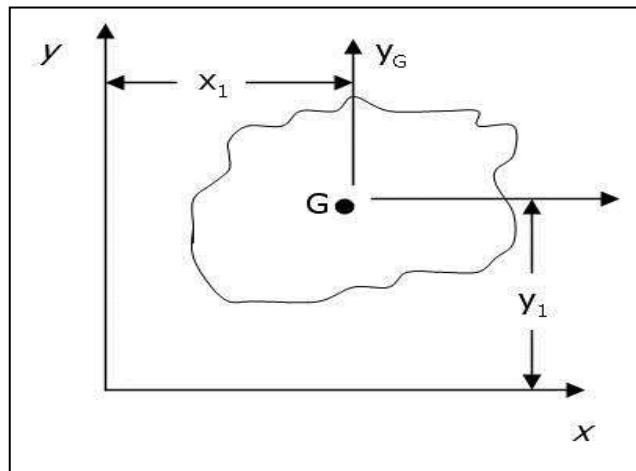


Figura 2.8. Centro de gravedad.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos71/centro-de-gravedad/image003.jpg>

En otras palabras, el centro de gravedad de un cuerpo es el punto respecto al cual las fuerzas que la gravedad ejerce sobre los diferentes puntos materiales que constituyen el cuerpo producen un momento resultante nulo.

2.3.9. Condiciones de equilibrio

Esta condición de equilibrio implica que una fuerza aislada aplicada sobre un cuerpo no puede producir por si sola equilibrio y que, en un cuerpo en equilibrio, cada fuerza es igual y opuesta a la resultante de todas las demás. Así, dos fuerzas iguales y opuestas, actuando sobre la misma línea de acción, si producen equilibrio.

El equilibrio puede ser: estable, inestable e indiferente. Además está determinado por dos condiciones:

- **Primera condición:** si sobre un cuerpo no actúan ninguna fuerza externa, este permanece en reposo en un movimiento rectilíneo uniforme. Pero sobre un cuerpo pueden actuar varias fuerzas y seguir en reposo en un movimiento rectilíneo uniforme.
- **Segunda condición:** si a un cuerpo que puede girar alrededor de un eje, se le aplican varias fuerzas y no producen variación en su movimiento de rotación, se dice que el cuerpo puede estar en reposo o tener movimiento uniforme de rotación.

2.3.10. Esfuerzos

Se denomina esfuerzo (σ) a la relación existente entre la fuerza aplicada (P) en un área determinada (A).

$$\frac{P}{A} = \sigma$$

Se empleara un signo que al ser positivo significará un esfuerzo de tensión y al ser negativo un esfuerzo compresivo.

2.3.11. Tipo de esfuerzos

Esfuerzo de tracción o tensión, es cuando las cargas que actúan sobre la pieza tienden a estirla, tal y como sucede, por ejemplo, con los cables de un puente colgante.

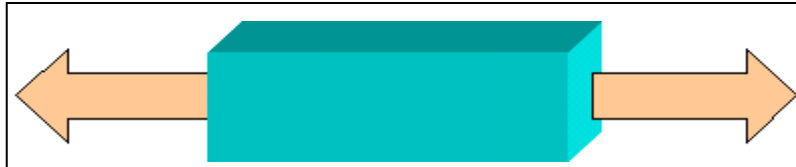


Figura 2.9. Tracción

Fuente: <http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/images/esfuer1.gif>

Esfuerzo de compresión, es cuando las cargas que soporta la pieza tienden a aplastarla, como es el caso, por ejemplo, de las columnas. Este esfuerzo no puede ser soportado por los tirantes.

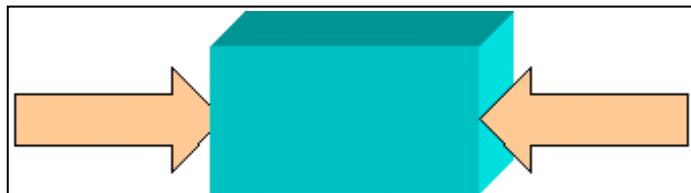


Figura 2.10. Esfuerzo de compresión

Fuente: <http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/images/esfuer2.gif>

Esfuerzo de flexión, es cuando las cargas que actúan sobre la pieza tienden a doblarla, como sucede con las vigas.

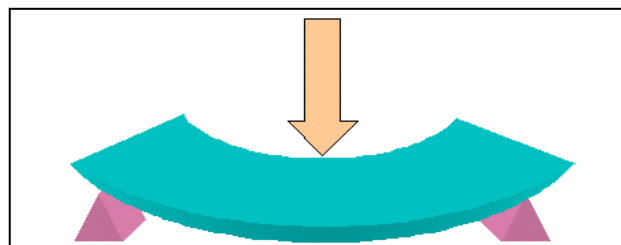


Figura 2.11. Esfuerzo de flexión

Fuente: <http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/images/esfuer3.gif>

Corte o cizalladura, cuando las cargas que soporta la pieza tienden a cortarla.

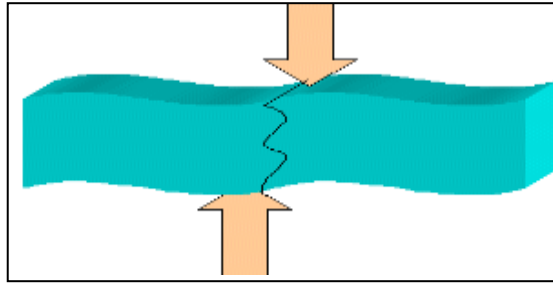


Figura 2.12. Esfuerzo de Corte

Fuente: <http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/images/esfuer5.gif>

Esfuerzo de torsión, cuando las cargas que soporta la pieza tienden a retorcerla.



Figura 2.13. Esfuerzo de torsión

Fuente: <http://www.iesalquibla.net/TecnoWeb/estructuras/images/esfuer4.gif>

2.4. Resistencia de Materiales

La Resistencia de Materiales, o Mecánica de los Cuerpos Deformables, estudia los efectos que las fuerzas aplicadas ejercen sobre los cuerpos. De estos efectos, los más importantes son los esfuerzos, o fuerzas por unidad de superficie, y las deformaciones, o desplazamientos por unidad de longitud.

El Cálculo de Estructuras tiene por objeto el estudio de la estabilidad y resistencia de las construcciones de manera que bajo las acciones que aquellas soportan tanto las fuerzas internas denominadas tensiones o esfuerzos como las deformaciones que se presentan han de quedar dentro de ciertos límites establecidos. Límites que se determinan ensayando los materiales de diversas maneras tracción, compresión, fatiga, choque, etc., y observando el comportamiento de estructuras ya conocidas.

La imposibilidad existente de la determinación exacta de tensiones y deformaciones se soslaya eligiendo formas estructurales y materiales de comportamiento conocido, o equiparando dichas formas siempre que se compruebe la admisibilidad de esta idealización a otras más sencillas; e incluso realizando ensayos previos en modelos.

2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES MATERIALES EMPLEADOS EN CONSTRUCCIÓN

2.5.1. GENERALIDADES

Para hacer accesible mediante el cálculo numérico la determinación de las tensiones y deformaciones de los cuerpos es necesario idealizar sus características físicas. De la mayor o menor aproximación de las hipótesis dependerá la exactitud de los resultados.

Se admite, dentro de ciertos límites, que los cuerpos son perfectamente elásticos, es decir recuperan su forma primitiva tras la desaparición de las causas que lo deforman, esta propiedad se llama Elasticidad.

ELASTICIDAD: Es la propiedad que tienen los cuerpos de recuperar su forma primitiva al ser descargados.

Así mismo, admitiremos que los cuerpos son isótropos, y por ello, sus propiedades elásticas serán iguales en todas las direcciones. Esto no se cumple exactamente en materiales fibrosos como la madera, ni en las rocas estratificadas, ni en materiales formados por laminación, etc. A pesar de ello, los resultados que se obtienen con esta hipótesis son satisfactorios en la mayoría de los casos.

2.5.2. LEY DE HOOKE Y COEFICIENTE DE POISSON

Si se somete una barra elástica a una fuerza de tracción P existe proporcionalidad entre tensiones y alargamientos, siempre que los alargamientos sean

suficientemente pequeños. Esta sencilla relación fue enunciada por Robert Hooke en 1678.

LEY DE HOOKE: Entre ciertos límites, el alargamiento de la barra es proporcional a la fuerza extensora.

Llamando:

P = fuerza extensora.

l = longitud de la barra.

S = Sección de la barra.

ϵ =alargamiento unitario

σ = tensión normal.

E= módulo de elasticidad.

Para los materiales más usuales el módulo de elasticidad adopta los valores siguientes:

Aceros: $E = 2.100.000 \text{ Kp/cm}^2$

Hormigones: Varía según su calidad, edad, etc... de 150.000 a 400.000 Kp/cm^2 .

Maderas: Influyen factores tales como especie, grado de humedad, etc., no obstante a título orientativo se dan los valores siguientes:

Tabla.2.1 Dirección de las fibras de las maderas

	Dirección de las fibras	Dirección normal a las fibras
Coníferas	100.000 Kp/cm^2	3.000 Kp/cm^2
Roble y haya	6.000 Kp/cm^2	125.000 Kp/cm^2

Simultáneamente al alargamiento de la pieza se presenta una contracción transversal que también resulta proporcional a las tensiones σ . A la relación entre el coeficiente de contracción transversal unitaria ϵ_t y el alargamiento longitudinal « ϵ » se denomina coeficiente de Poisson que se representa por la letra griega « ν » y que para algunos materiales adopta los valores siguientes:

Acero: $U = 0,30$
Hormigón: $U = 0,15$ a $0,20$
Materiales isótropos: $U = 0,25$

veamos el gráfico:

$$\Delta l = \frac{PL}{SE}$$

$$\sigma = \frac{E}{\varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

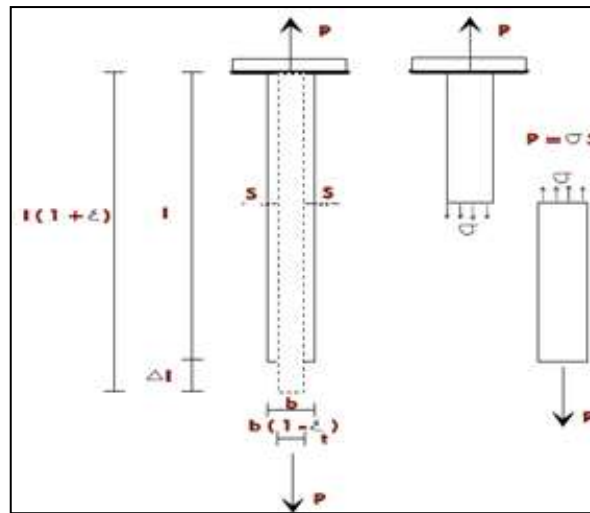


Figura 2.14. Ley de Hooke y coeficiente de Poisson

Fuente: <http://reflow.scribd.com/19i8h6kcjk17yq2e/images/image-10.jpg>

Recordemos que:

P = fuerza extensora.

l = longitud de la barra.

S = Sección de la barra.

ε = alargamiento unitario

σ = tensión normal.

E = módulo de elasticidad.

2.5.3. EL ACERO.

El acero es un producto férreo generalmente apto para la conformación en caliente. Con excepción de ciertos aceros de alto contenido en cromo, el contenido en carbono es igual o inferior al 2%, límite que los separa de las fundiciones.

Se establece la clasificación de los aceros atendiendo a dos conceptos:

- **Composición química:**
 - Aceros no aleados.
 - Aceros aleados.

- **Criterios de utilización:**

- Aceros de base.
- Aceros de calidad.
- Aceros especiales.

Los aceros que se emplean en la construcción metálica son aceros no aleados, generalmente conformados en caliente por laminación.

Los aceros son aleaciones de hierro-carbono forjables, con porcentajes de carbono variables entre 0,008 y 2,14%. Se distinguen de las fundiciones, también aleaciones de hierro y carbono, en que la proporción de carbono puede variar entre 2,14% y 6,70%. Sin embargo la mayoría de las aleaciones comerciales no supera el 4,5% de carbono.

La diferencia fundamental entre ambos materiales es que los aceros son, por su ductilidad, fácilmente deformables en caliente utilizando forjado, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones son frágiles y se fabrican generalmente por moldeo. Además de los componentes principales indicados, los aceros incorporan otros elementos químicos. Algunos son perjudiciales (Impurezas) y provienen de la chatarra, el mineral o el combustible empleado en el proceso de fabricación; es el caso del azufre y el fósforo. Otros se añaden intencionalmente para la mejora de alguna de las características del acero (Aleaciones); pueden utilizarse para incrementar la resistencia, la ductilidad, la dureza, etcétera, o para facilitar algún proceso de fabricación como puede ser el mecanizado. Elementos habituales para estos fines son el níquel, el cromo, el molibdeno y otros. La densidad promedio del acero es 7850 kg/m³.

2.5.4. LA MADERA

La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de uno a cuatro pisos.

2.5.4.1. Concepto y características principales

Es un material biológico, ya que está compuesto principalmente por moléculas de celulosa y lignina. Siendo madera elaborada, puede ser biodegradada por el ataque de hongos e insectos taladradores, como son las termitas. Por ello, a diferencia de otros materiales inorgánicos (ladrillo, acero y hormigón, entre otros), la madera debe tener una serie de consideraciones de orden técnico que garanticen su durabilidad en el tiempo.

La madera es un material anisotrópico según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer:



Figura 2.15. Localización de esfuerzos en un árbol

Fuente: <http://quimicasthai.files.wordpress.com/2010/03/principales-direcciones-de-la-madera1.jpg?w=630>

- **Eje tangencial:** Como su nombre lo indica, es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

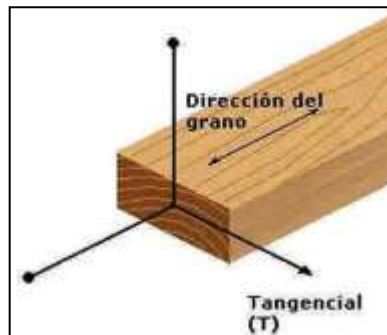


Figura 2.16. Eje tangencial

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_D8OZfXzyNsl/TQVuo_73l/AAAec/dzNhxKm7c/s320/md+direccion+grano.jpg

- **Eje radial:** El eje radial es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal.

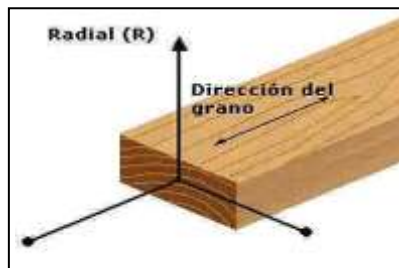


Figura 2.17. Eje radial

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_D8OZfXzyNsl/TQVuo_73l/AAAec/dzNhxKm7c/s320/md+radial.jpg

- **Eje axial o longitudinal:** El eje longitudinal es paralelo a la dirección de las fibras y por ende, al eje longitudinal del tronco.

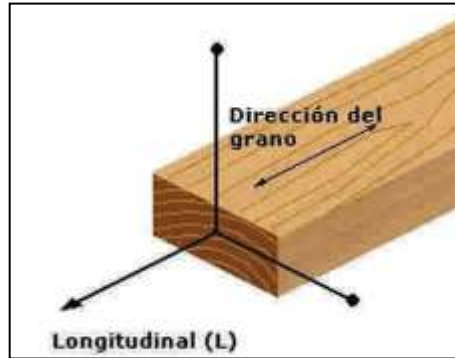


Figura 2.18. Eje Longitudinal

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_D8OZfXzyNsl/TQVuo_73I/AAAec/dzNhxKm7c/s320/md+longitudinal.jpg

2.5.4.2. Propiedades Físicas

Contenido de Humedad: La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como agua ligada (savia embebida) en las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares.

Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como contenido de humedad.



Figura 2.19. Contenido de humedad en la madera

Fuente: http://www.scielo.cl/fbpe/img/maderas/v13n3/Tabla1_art02.jpg

Densidad de la Madera: Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera. En vista a lo anterior existen cuatro tipos de densidades para la madera:

- **Densidad Anhidra:** Relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca). La que se usa en general.
- **Densidad Normal:** Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- **Densidad Básica:** Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%.
- **Densidad Nominal:** Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12%.

Contracción y Expansión de la Madera: El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera. Cuando esto ocurre se dice que la madera “trabaja”.

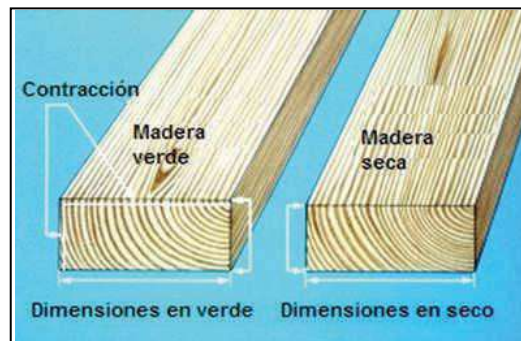


Figura 2.20. Contracción y expansión de la madera

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_D8OZfXzyNsl/TQV7ZIVN8jl/AAAAAAAAAfI/BtvNEmNGQ5s/s1600/md+contraccion.jpg

Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado (al aire o en cámara).

La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

2.5.4.3. Propiedades eléctricas: La madera anhidra es un excelente aislante eléctrico, propiedad que decae a medida que aumenta el contenido de humedad.

2.5.4.4. Propiedades acústicas: La madera, como material de construcción, cumple un rol acústico importante en habitaciones y aislación de edificios, ya que tiene la capacidad de amortiguar las vibraciones sonoras. Su estructura celular porosa transforma la energía sonora en calórica, debido al roce y resistencia viscosa del medio, evitando de esta forma transmitir vibraciones a grandes distancias.

2.5.4.5. Propiedades térmicas: El calor en la madera depende de la conductividad térmica y de su calor específico.

- **Conductividad** es la capacidad que tiene un material para transmitir calor, y se representa por el coeficiente de conductividad interna.
- **Calor específico** es definido como la cantidad de calor necesario para aumentar en 1 grado Celsius ($^{\circ}$), la temperatura de un gramo de madera.

El calor específico en la madera es cuatro veces mayor que en el cobre y 50% mayor que en el aire. No depende de la especie ni densidad, pero sí varía con la temperatura. La combinación de estos dos aspectos hace de la madera un material que absorbe calor muy lentamente. La alta resistencia que ofrece la madera al paso

del calor, la convierte en un buen aislante térmico y en un material resistente a la acción del fuego.

2.5.4.6. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier sollicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida

Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta, hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material.

Tabla 2.2. Propiedades de las diferentes clases de madera

CLASES	COMPRESIÓN Kp/cm ²		FLEXIÓN Kp/cm ²	TRACCIÓN Kp/cm ²		CORTADURA Kp/cm ²		MODULO DE ELASTICIDAD Kp/cm ²	DUREZA
	Paralelo a las fibras	Normal a las fibras		Paralelo a las fibras	Normal a las fibras	Paralelo a las fibras	Normal a las fibras		
Abedul	500	-	-	1.000	-	-	-	-	Algo Dura
Abeto	410	70	800	890	22	14	30	144.000	Blanda
Flandes	350	-	720	700	-	-	-	100.000	Bastante dura
Fresno	630	-	1.200	1.200	34	-	-	120.000	Blanda
Haya	460	110	900	1.300	32	15	40	85.000	Muy Dura
Nogal	470	-	1.000	900	30	-	65	-	Algo Dura
Olmo	470	-	1.100	1.000	32	-	70	97.000	Bastante Dura
Pino silvestre	400	85	800	900	22	7	30	150.000	Blanda
Roble	450	150	600	1.000	34	16	75	105.000	Bastante Dura

Fuente: www.gremialforestal.com/articulos/la_madera_y_sus_propiedades.pdf

2.5.4.6.1. Rigidez

La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud. Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

2.5.4.6.2. Compresión paralela a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, la que se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura. (**Figura a**)

2.5.4.6.3. Compresión normal a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima. (**Figura b**)

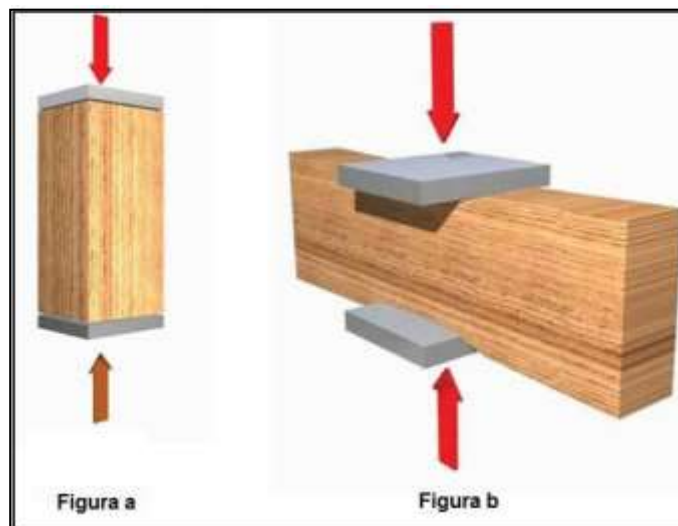


Figura 2.21. Compresión de las fibras de la madera

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_FJZh1gy3MuM/TUr7NirSk-I/AAAAAAAAABO8/_0bPRAuhvJI/s1600/2.gif

2.5.4.6.4. Flexión estática:

Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

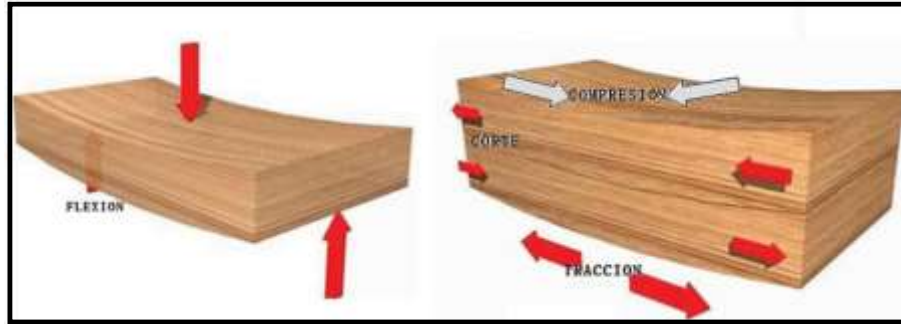


Figura 2.22. Flexión estática en una viga

Fuente: http://www.construmatica.com/construpedia/images/c/c1/Resistencia_la_flexiCB3n_estC3%A1tica_2.JPG

2.5.4.6.5. Tenacidad

Es la capacidad que tiene la madera de absorber energía al aplicar una carga que actúa en forma instantánea.

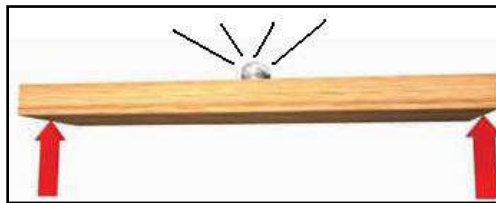


Figura 2.23. Tenacidad en una viga

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_5xDcTTI9d4/TrfX7Tjk9DI/AAKo/yJEUcBxb8KA/s1600/06_madera.png

2.5.4.6.6. Cizalle

Es la medida de la capacidad de la pieza para resistir fuerzas que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre otra.



Figura 2.24. Cizalle en una viga

Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_5xDcTTI9d4/TrfX7Tjk9DI/AAKo/yJEUcBxb8KA/s1600/cizalle.png

2.5.4.6.7. Clivaje tangencial y radial

El clivaje es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento. Puede ser tangencial y radial, dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento.

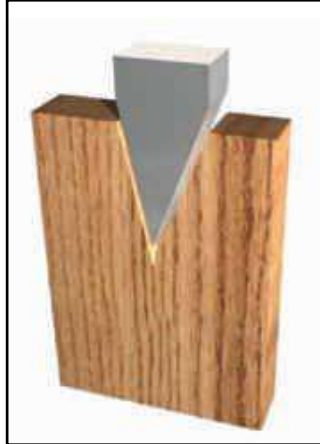


Figura 2.25. Clivaje tangencial y radial en una viga

Fuente: http://web.usach.cl/~lab_made/clivaje.jpg

2.5.4.6.8. Dureza

Es la resistencia que presenta la madera a la penetración.



Figura 2.26. Dureza en una viga

Fuente: http://web.usach.cl/~lab_made/dureza.jpg

2.5.4.7. Factores que afectan las propiedades mecánicas:

Existe una serie de variables relacionadas con la estructura natural de la madera que pueden afectar sus propiedades mecánicas.

2.5.4.7.1. Defectos de la madera

Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico-química de la madera, que afecte los aspectos de resistencia o durabilidad, determinando generalmente una limitante en su uso o aplicación.

El identificar los defectos de la madera permite clasificarla por aspecto o resistencia.

Pero antes es necesario definir los términos relativos a la madera, que se usan comúnmente:

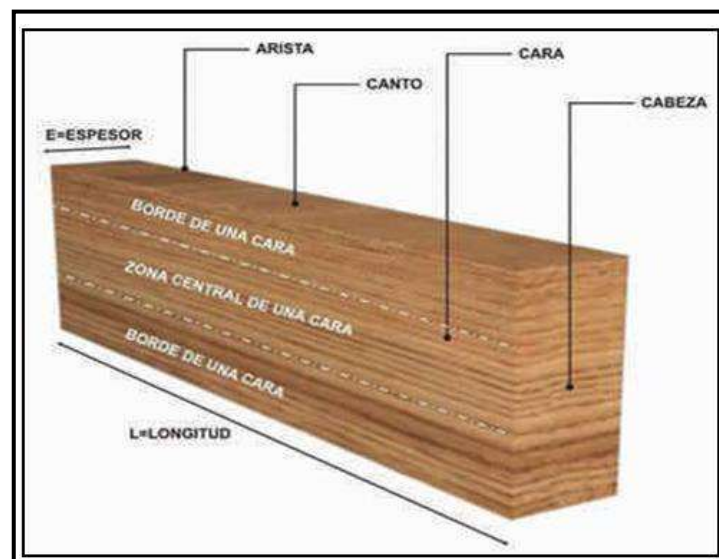


Figura 2.27. Defectos de la madera

Fuente: <http://www.iguazumaderas.galeon.com/images/defectos.jpg>

2.5.4.7.2. Defectos propios

Los defectos propios que más inciden sobre las propiedades de resistencia y durabilidad son:

- **Nudos sueltos:** Abertura de sección relativamente circular, originada por el desprendimiento de un nudo. Los agujeros y/o nudos sueltos se pueden ubicar en la arista, en el borde de la cara, en el canto o en la zona central de la cara.

La posición de este defecto es determinante en la magnitud de la alteración que causará en las propiedades resistentes. Así, un agujero, dentro o cerca de un canto, afecta fuertemente la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión.

En cambio, un agujero en el centro de la cara alterará más su resistencia de cizalle, cuando se aplica a ella el mismo esfuerzo de flexión.

- **Rajaduras:** Separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.
- **Grietas:** Separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

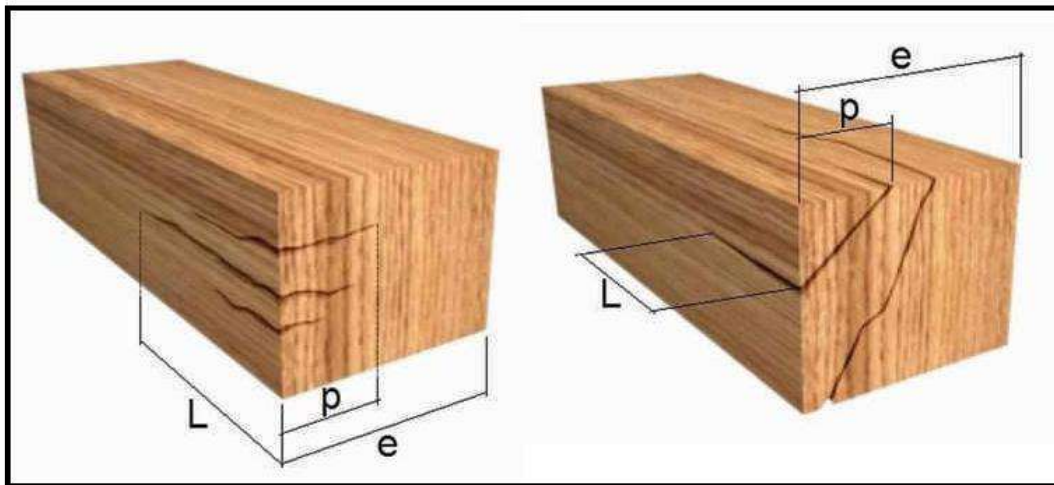


Figura 2.28. Defectos propios de la madera

Fuente: <http://www.iguazumaderas.galeon.com/images/defectos.jpg>

- **Alabeos:** Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura.

Estos son defectos típicos por secado inadecuado, tema que se trata más adelante.

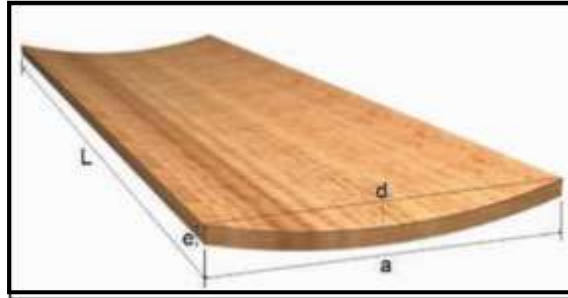


Figura 2.29. Deformación de alabeo en la madera

Fuente: http://www.fortunecity.es/bohemia/artnouveau/235/rincon/imagenes/figura01_madera06.jpg

2.5.4.8. Secado de la madera

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo en el interior de la vivienda (queda incorporada a la vida útil de ésta), sea con fines estructurales o de terminación. La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

- Mejora sus propiedades mecánicas: la madera seca es más resistente que la madera verde.
- Mejora su estabilidad dimensional.
- Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).
- Aumenta la retención de clavos y tornillos.
- Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.
- Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.
- Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.

2.5.4.8.1. Secado al aire

Se efectúa simplemente encastillando la madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación de aire en forma expedita y, según las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, el secado de la madera. Tiene la desventaja de ser un proceso lento y poco efectivo. Los principales factores que influyen en un buen secado al aire son:

- Disponer de una cancha o patio que permita exponer la madera al aire, y que el encastillado sea efectuado de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.
- El mejor sistema de encastillamiento para un secado rápido con el mínimo de agrietamiento y torceduras, es el apilado plano.

2.5.4.8.2. Secado en Hornos

Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura (80 a 90 °C). Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado.

Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.

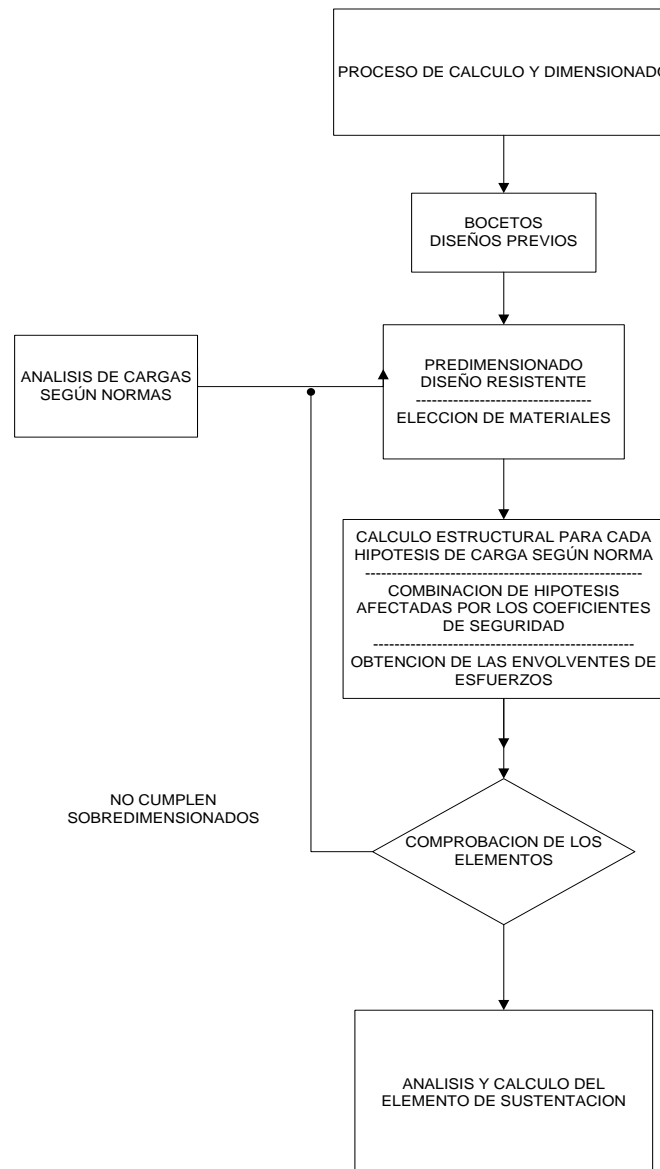
Tabla: 2.3 Temperatura de secado de la madera

Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Tiempo de secado (horas)
78	2.2	120 (40 mm)
80	2.8	100 (40 mm)
90/60	5.0	48 (40 mm)
120/70	6.0	18 (2 pulg)
140/90	8.0	11 (2 pulg)
200/100	10.0	3 (2 pulg)

Fuente: Investigador

2.6. PROCESO DE DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL.

Las pautas a seguir para calcular un elemento estructural dependen, como es lógico, del material con que esté construido y del método empleado, se recoge en el siguiente esquema como es generalmente este proceso:



2.7. Definiciones de procesos de fabricación

2.7.1. Medir

Es la operación por la cual se compara en magnitud una parte de la otra, con el fin de conocer cuánto vale una magnitud con exactitud según la implementación de los instrumentos empleados para dicha etapa del proceso de construcción.

Instrumentos de medición:

Existen varios instrumentos que nos facilitan a realizar este proceso.

1) **Flexómetro.**- que consiste en una cinta métrica expresada unidades de longitud capaz de enrollarse dentro de una caja de metal o plástico para su traslado.



Figura 2.30. Flexómetro

Fuente: http://www.oficomp.com/carrito/products_pictures/36864.jpg

2) **Regla Metálica.**- Las reglas metálicas son muy útiles para diferentes trabajos por su enorme exactitud y para dibujar líneas rectas ayudándonos de ellas.

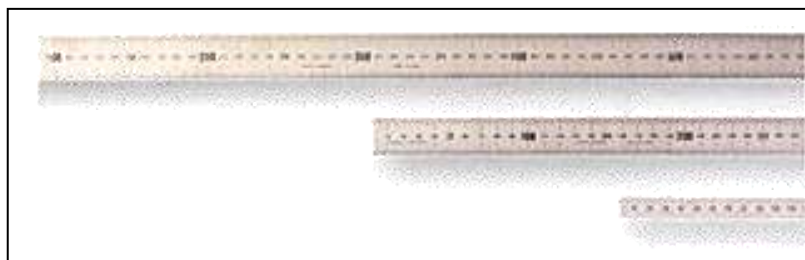


Figura 2.31. Regla metálica

Fuente: <http://www.bricotodo.com/medir.htm>

3) Escuadra.- La escuadra es un clásico insustituible pues con ella se puede comprobar el escuadrado de un ensamble y además sirve para trazar líneas perpendiculares de 0 a 45°. Las hay regulables en ángulos, pero se puede perder exactitud en la posición de ángulo recto con respecto a las escuadras fijas.



Figura 2.32. Escuadra.

Fuente: http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQW-hg_BzVUkBzMz52zuJ2PF-GAF7ZVJomBQdwpLc-T2

4) Pie de Rey.- El calibre o pie de rey es insustituible para medir con precisión elementos pequeños (tornillos, orificios, pequeños objetos, etc.). La precisión de esta herramienta llega a la décima e incluso a la media décima de milímetro. Para medir exteriores se utilizan las dos patas largas, para medir interiores (Diámetros de orificios) las dos patas pequeñas, y para medir profundidades un vástago que va saliendo por la parte trasera. Para efectuar una medición, ajustaremos el calibre al objeto a medir y lo fijaremos. La pata móvil tiene una escala graduada (10 o 20 rayas, dependiendo de la precisión). La primera raya (0) nos indicará los milímetros y la siguiente raya que coincida exactamente con una de las rayas de la escala graduada del pie nos indicara las décimas de milímetro (calibre con 10 divisiones) o las medias décimas de milímetro (calibre con 20 divisiones).



Figura 2.33. Pie de Rey.

Fuente: http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:6BBGuk3HD_Y2GtGHPKJ3I6Lw

5) Nivel.- El nivel sirve para medir la horizontalidad o verticalidad de un elemento. Es una herramienta que no puede faltar ya que se utiliza constantemente.



Figura 2.34. Nivel

Fuente: <http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR3vchT4luK10dHk6V4u>

2.7.2. TRAZADO

Es la operación que consiste en marcar sobre la superficie exterior de una pieza semi-trabajada o en bruto, las líneas que limitan las partes que deben ajustarse para darles las formas y medidas estipuladas en los planos o croquis de la pieza que se desea realizar.

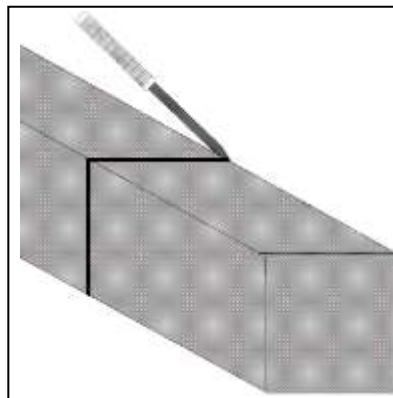


Figura 2.35. Proceso de trazado

Fuente: <http://ajuste.wordpress.com/2009/11/17/trazado-mecanico/>

Instrumentos de trazado.

Existen varios instrumentos que ayudan a la operación del trazado, dentro de los más comunes y utilizados se menciona:

Granete o punta de marcar: es una varilla de acero de unos 18 o 20 cms., de largo, similar a los cortafierros, con la diferencia que su boca o filo es un cono de unos 60° o 70°. Se lo utiliza para marcar centros, identificación de un trazado mecánico, facilita la iniciación de un agujereado con mechas evitando la desviación de las mismas.



Figura 2.36. Punta de marcar

Fuente: <http://ajuste.files.wordpress.com/2009/11/punta-de-marcar.jpg?w=147&h=87>

Tiza industrial: es el elemento que al igual que granete sirve para trazar o señalar las medidas donde se va a realizar algún proceso de mecanizado.



Figura 2.37. Tiza industrial

Fuente: <http://www.camaleoncabo.com/imgs/productos/06.jpg>

2.7.3. Corte

El corte es una operación realizada a mano con la ayuda de máquinas destinadas para esta operación, consiste en dividir el material en varias partes total o parcialmente.

Instrumentos de corte

Se puede utilizar sierras manuales que tiene como finalidad el arranque de viruta, como también amoladoras con disco abrasivo que hacen de esta operación más rápida disminuyendo considerablemente el tiempo en la fabricación.



Figura 2.38. Disco abrasivo

Fuente: http://www.archerusa.com/images/Products/Speedcut/Abrasive_Cut_Off_Wheels.jpg

La rapidez con la que gira este disco abrasivo hace que la distancia entre los dientes de corte se disminuya haciendo el corte más preciso y veloz.

2.7.4. PINTADO

El objetivo del pintado es el de dar un recubrimiento a los productos de fabricación. La función del revestimiento puede ser desde el puramente decorativo a anticorrosivo.

Los métodos pueden ir desde el pintado a mano, rodillos, a pistola, a pistola electroestática, inmersión, etc.

Las pinturas constituyen desde un punto de vista técnico-económico la mejor alternativa para controlar el fenómeno corrosivo en hierros y aceros. En medios de

alta agresividad, en muchos casos se complementa con sistemas de protección catódica, ya sea por ánodos de sacrificio o corriente impresa.

Es el proceso final de la construcción donde se le da un acabado, con el objetivo de cuidar la estructura de los ataques de la oxidación producida por el ambiente.

El acabado superficial final ayuda al pintado anticorrosivo en la oxidación del metal pero además nos da una señal de alerta por lo llamativo de su color, en este caso el amarillo, facilitando su visibilidad y como señal de alerta a los operarios para evitar de esta manera accidentes laborales.



Figura 2.39. Pintado Estructural.

Fuente: <http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRN2dso1Fpnu1>

El pintado se debe realizar lo más uniforme posible para evitar una mala presentación en el producto final y de esta manera también se economiza al gastar una menor cantidad de pintura.

2.8. Elementos mecánicos

2.8.1. Elementos de sujeción

Un ensamble mecánico implica el uso de diferentes métodos de sujeción para sostener juntas en forma mecánica. Los elementos de sujeción se dividen en:

Sujeción desmontable.- Los sujetadores roscados como tornillos, pernos y tuercas son elementos desmontables y facilitan el transporte el mantenimiento el remplazo y reparación, menor coste en producción.

Sujeción fija.- La soldadura, un tipo de sujeción, es el proceso usado en la construcción del tema ha desarrollado está dentro de los elementos de sujeción fija con la ventaja de tener una mayor resistencia en sus uniones, remaches y clavos son otro tipo de dicha sujeción.

Los sujetadores roscados como tornillos, pernos y tuercas son ejemplos de la primera clase y los remaches de la segunda. Los ensambles mecánicos son preferibles sobre los otros procesos de unión por una serie de razones:

- Facilidad de manufactura.
- Facilidad de ensamble y transporte.
- Facilidad de desarmado, mantenimiento y reemplazo o reparación de partes.
- Facilidad de crear diseños que requieran uniones móviles, como bisagras, mecanismos de corredera y componentes y soportes ajustables.
- Menor costo general de manufactura del producto.

El método más común de sujeción mecánica es el uso de tornillos, tuercas, roscas, pernos y una diversidad de fijadores o sujetadores. Estos procesos también se llaman ensamblado mecánico. En general, la sujeción mecánica requiere que los componentes posean orificios a través de los cuales se inserten los sujetadores. Esas uniones pueden someterse a esfuerzos cortantes y de tensión, y deben estar diseñadas para resistirlos.

2.8.2. Sujetadores roscados

Los tornillos y tuercas son los sujetadores o fijadores roscados de uso más frecuente. Para fabricarlos se siguen numerosas normas y especificaciones, que

incluyen las dimensiones de rosca, tolerancias, paso, resistencia y calidad de estos sujetadores.

Los tornillos y pernos se pueden asegurar con tuercas (tornillos de carrocería y de máquina) o se pueden hacer autorroscantes: en estos el tornillo corta o conforma la rosca en la pieza que se va a fijar. Si la unión se va a someter a la vibración, como en los aviones, diversos tipos de motor y maquinaria de alta velocidad, se dispone de varias tuercas y contratuercas de diseño especial. Aumentan la resistencia a la fricción en la dirección de torsión, por lo que se inhibe el aflojamiento por vibración de los sujetadores.

- **Pernos**

El perno o espárrago es una pieza metálica larga de sección constante cilíndrica, normalmente hecha de acero o hierro. Está relacionada con el tornillo pero tiene un extremo de cabeza redonda, una parte lisa, y otro extremo roscado para la chaveta, tuerca, o remache, y se usa para sujetar piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.



Figura 2.40. Perno

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=perno&hl>

Tipos de pernos:

Pernos estándar: Los pernos estándar americanos tienen cabezas hexagonales o cuadrados. Los pernos de cabeza cuadrada no están disponibles en formato métrico. Las tuercas utilizadas con pernos aparecen con distintas variaciones, dependiendo

de la aplicación o de consideraciones en el diseño. Para especificar pernos se utiliza el ANSI B18.2.2-1972.

Pernos de cabeza hexagonal: Normalmente, los pernos estándar no se incluyen en los dibujos técnicos, excepto en los de ensamble. Cuando se dibuja un perno, es necesario conocer su tipo, diámetro nominal, longitud.

- **Tuercas**

La tuerca es un dispositivo mecánico con rosca que se emplea en los extremos roscados de un perno o tornillo para metales. Existen varios tipos de tuercas para diferentes aplicaciones. Las tuercas hexagonales y cuadradas son los tipos más comunes que se conocen en la industria, ya sea en clasificaciones comunes o pesadas. Otros tipos de tuercas son los hexagonales de presión, hexagonales ranuradas, hexagonales encastilladas y de corona.

2.8.3. Sujetadores sin rosca

Los sujetadores sin rosca son dispositivos mecánicos que en general, sirven para impedir el movimiento entre piezas que acoplan. Los pasadores, remaches, chavetas y anillos de retención son ejemplos de este tipo de sujetadores. Las arandelas, que son también sujetadores sin rosca, se utilizan para asegurar sujetadores o proporcionarles una superficie lisa.

- **Arandela**

Una arandela es un disco delgado con un agujero, por lo común en el centro. Normalmente se utilizan para soportar una carga de apriete. Entre otros usos pueden estar el de espaciador, de resorte, dispositivo indicador de precarga y como dispositivo de seguro.



Figura 2.41. Arandelas.

Fuente: <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQZBaW5O0BOeap>

Las arandelas normalmente son de metal o de plástico. Los pernos y tornillos con cabezas de alta calidad requieren de arandelas de algún metal duro para prevenir la pérdida de pre-carga una vez que el par de apriete es aplicado. Los sellos de hule o fibra usados en tapas y juntas para evitar la fuga de líquidos (agua, aceite, etc.) en ocasiones son de la misma forma que una arandela pero su función es distinta.

Tipos de arandelas

Arandelas planas estándar: Las arandelas planas se utilizan con los pernos y tuercas para mejorar la superficie de ensamble y aumentar la fuerza. Las arandelas planas tipo A estándar ANSI se designan de acuerdo con sus diámetros interior y exterior, y su espesor. Las arandelas planas tipo B solo están disponibles en las series angosta, regular y ancha.

Arandelas de seguridad estándar: Las arandelas de seguridad sirven para impedir que un sujetador se afloje a causa de la vibración o al movimiento. Entre las arandelas de seguridad más comunes tenemos la siguiente:

Arandelas de Presión: Las arandelas de presión es un disco delgado con un agujero en el centro, y con una obertura en un lado, con forma curvada hacia arriba y su función es hacer presión para que no se afloje el tornillo.

2.9. Normas de seguridad

Para la realización de todo proyecto de construcción es necesario y en cierto grado obligatorio usar un equipo de seguridad que cuide la integridad física del operario.

Una adecuada vestimenta ayuda mucho en la seguridad e higiene en el proceso de trabajo, la ropa adecuada evita quemaduras y cortes, esta debe ser de una tela gruesa y de preferencia anti flama.



Figura 2.42. Overol

Fuente:http://www.humanitariansuppliers.org/HS/components/com_virtuemart/image/product/5ff0f74635.jpg

Los guantes son un elemento muy importante en el trabajo ya que protege las manos de cortaduras, la flexibilidad del material del que están hechos ayuda a la comodidad al realizar algunos trabajos.

Los guantes de cuero por tener mayor resistencia al calor se los utiliza en el proceso de la soldadura, evitando quemaduras y cortes con las aristas del material a trabajar.



Figura 2.43. Guantes

Fuente: <http://www.seguridadyservicios-srl.com/lucos/images/Guantes%20latex%2030cm.jpg>

Los zapatos son muy importantes ya que previene de golpes fuertes por el descuido o por la mala fortuna del operario. Los zapatos adecuados para el trabajo en talleres son los que en su punta tienen acero que resiste a los golpes y recubiertos de cuero para aislar de la electricidad, calor evitando quemaduras.



Figura 2.44. Zapatos industriales

Fuente: <http://www.alliance-mex.com/equipo/zapato/vanvien/vanvien.8281e.jpg>

Las gafas de protección son un elemento muy importante en la ya que siempre los ojos van a estar en contacto en la construcción y la no podría causar una desgracia ya que el trabajo con metales tiende a viruta, y de esta manera se evita que los ojos tomen contacto cuidándolos cortes a este órgano tan sensible.



Figura. 2.45. Gafas de protección

Fuente: http://www.ciprestige.com/media/catalog/product/cache/1/image/file_18.jpg

Las orejeras son una especie de ventosas hechas de material ligero o plástico y llenas de un material absorbente de sonido. Para asegurar un cómodo ajuste alrededor del oído, están cubiertas de material elástico lleno de un líquido de alta viscosidad. Este recubrimiento actúa como obturador oficial y ayuda a amortiguar las vibraciones.



Figura 2.46. Orejeras

Fuente: <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTevFa20kZx2I>

Como norma general, los respiradores deberán utilizarse para:

- Reducir exposiciones mientras se implementan otros controles.
- Complementar otras medidas de control.

- Proporcionar protección durante actividades tales como mantenimiento y reparaciones cuando otros controles no son prácticos.
- Proporcionar protección durante las emergencias.

La protección respiratoria se deberá proporcionar siempre que haya exposiciones a polvo, nieblas, humos y vapores por encima de los límites de exposición establecidos.



Figura 2.47. Mascarilla industrial.

Fuente: http://www.equipodeseguridadindustrial.com.mx/images/mascarilla_seguridad_industrial.jpg

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Alternativas

Para el desarrollo del presente trabajo, se consideró como opciones dos modelos de soportes:

- Soportes de madera.
- Soportes metálicos

Estas propuestas son adquiridas para facilitar el transporte del fuselaje del avión Fairchild FH-227, de tal forma que llegue en condiciones benéficas a su lugar de destino.

3.2. Evaluación de las alternativas a seleccionar

Se habla de los factores que ambas propuestas tienen en mayor o menor grado.

3.2.1. Seguridad: El soporte metálico podría ocasionar accidentes laborales en el momento de su construcción, mientras que en el soporte de madera es mucho más seguro.

3.2.2. Tiempo de trabajo: La propuesta del soporte de madera tiene una gran ventaja en este punto porque es mucho más rápido y apresuraría la realización de las prácticas tutoradas, mientras que el soporte metálico tiene un tiempo más demorado.

3.2.3. Ergonomía: Este factor ayuda mucho en la elección de la mejor opción ya que resulta mucho menos cansado y se realiza un esfuerzo físico mucho menor con la construcción del soporte de madera a gran diferencia con el soporte metálico.

3.2.4. Costos: El soporte madera tiene un costo muy inferior con respecto al de metal, siendo esta una gran ventaja contra la otra alternativa.

Habiendo expuesto los diferentes puntos tratados, para nuestra consideración se procede a juzgar sus respectivas cualidades de cada modelo ya antes visto asignándoles una calificación con los resultados enunciados en el siguiente cuadro.

En esta matriz se elige el factor de ponderación en este caso los tiene en la parte superior y su sumatoria es de 1, mientras que las calificaciones que se le da a cada diseño según los parámetros a evaluar es del 1 al 10. Entonces la multiplicación entre el factor de ponderación y la calificación según el rango de importancia, nos da la alternativa con la mejor opción.

Tabla 3.1 Matriz de Ponderación

	ERGONOMIA	SEGURIDAD	COSTO	TIEMPO	RANGO
FACTOR DE PONDERACION	0,3	0,35	0,15	0,2	1
MADERA	10 3	8 2,8	10 1,5	10 2	9,3
METALICO	7 2,1	7 2,45	6 0,9	7 1,4	6,85

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador

Como se puede observar existe una gran diferencia de puntuación, por lo que se puede plantear que la alternativa más idónea es la que mejor puntuación obtiene,

siendo la más segura, económica y sencilla en su construcción beneficiando así en el traslado del avión disminuyendo cualquier tipo de accidentes.

Entonces se ha tomado como mejor opción la propuesta del soporte de madera con una calificación de muy buena, teniendo así a la misma como favorita para su buen desempeño y así seguir con el proceso de construcción de esta propuesta.

3.3. Análisis de la estructura seleccionada

El mencionado soporte debe de cumplir como objetivo de diseño el resistir una carga de 12000 lbs totales de la sección.

3.4. Cálculos por método manual

Para efecto del cálculo, se procederá a separar por elementos constituidos del soporte y verificar los factores de seguridad que se producen en cada uno de ellos; mismos que a la vez derivan de esfuerzos generados por aplicación de las 12000 lbs en áreas determinadas como a continuación se muestra. Cabe indicar y es obvio que para cada caso estructural (vigas-columnas) se aplicaran las apropiadas modelaciones matemáticas.

3.4.1. Análisis del tablero de soporte

Síntesis: El mencionado soporte debe de cumplir como objetivo de diseño el resistir una carga 12000 lbs totales en cada sección.

Análisis: Para efecto del cálculo, se procederá a separar por elementos constituidos del soporte y verificar los factores de seguridad q se producen en cada uno de ellos; mismos que a la vez derivan de esfuerzos generados por aplicación de las 12000 lbs en áreas determinadas como a continuación se muestra. Cabe indicar y es obvio que para cada caso estructural (vigas-columnas) se aplicaran las apropiadas modelaciones matemáticas.

Verificación de la resistencia del tablero de soporte:

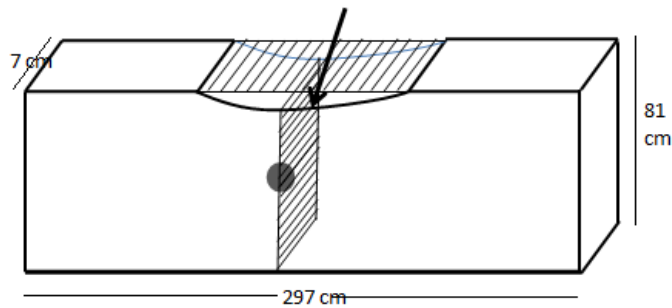
La teoría de la resistencia de materiales plantea que:

$$T = \frac{P}{A} \quad \text{donde} \quad T = \text{esfuerzo axial}$$

P= carga aplicada

A= Área crítica

La geometría de la vista frontal del tablero es:



Asumimos la carga puntual aplicada y direccionada al centro de gravedad por el motivo que allí la sección transversal menor que afecta al área crítica para hallar T

que según la resistencia de materiales es: $T = \frac{V}{A}$ donde T= esfuerzo cortante

V= carga de corte

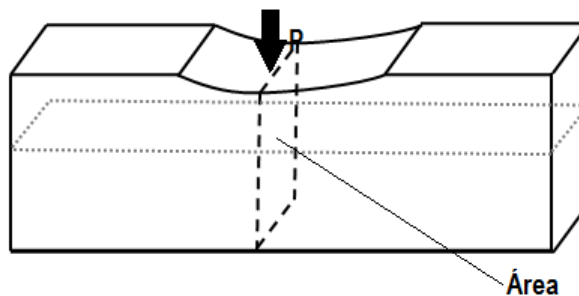
A= área crítica

Así encontramos los dos valores de corte y axial en ese punto:

Por esfuerzo axial:



Tomamos esta carga distribuida en una sola puntual así:



Sin embargo en que área crítica se considera aplicada dicha carga? Debemos tomar en cuenta las sección plana A-A' para poder acercarnos al valor de esfuerzo desarrollado en ese elemento.

$$A = L \cdot h_1$$

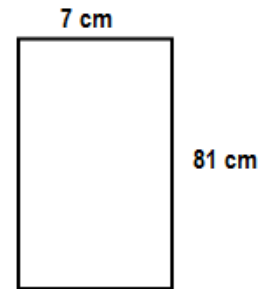
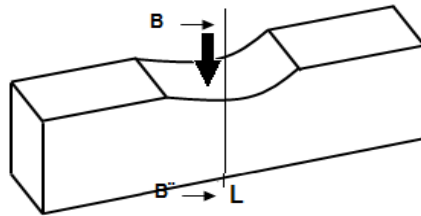
$$A = 2.97\text{m} \cdot 0.081\text{m} = \mathbf{0.24\text{ m}^2}$$

$$\text{Si: } P = 12000 \text{ lbs.} \rightarrow \mathbf{53378.66\text{ N}}$$

$$T = \frac{53378.66\text{ N}}{0.24\text{ m}^2} = \mathbf{2.2\text{ mPa}}$$

Para el caso del esfuerzo de corte:

$$T = \frac{V}{A} \text{ así:}$$



$$A_r = 7\text{ cm} \cdot 81\text{ cm}$$

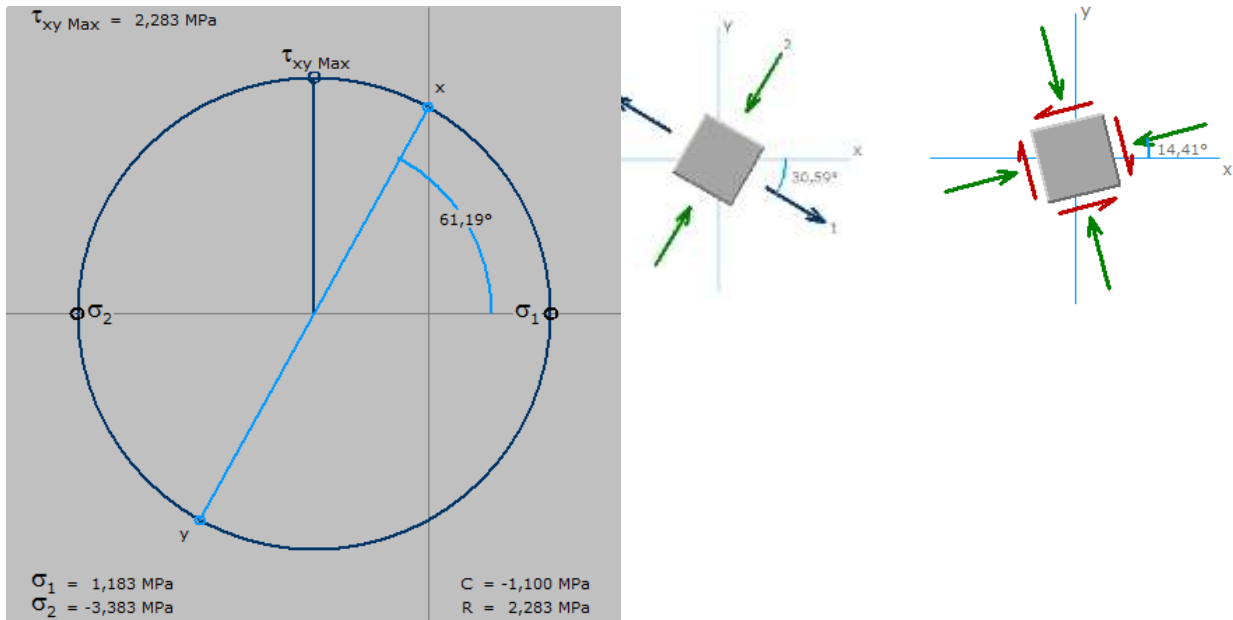
$$A_r = 5.67\text{ m}^2$$

Debemos considerar ahora la sección B-B'

$$> T_{xy} = \frac{53378.66}{5.67}$$

$$T_{xy} = \mathbf{0.94\text{MPa}}$$

Para la aplicación de la debida teoría de falla estática necesaria para conocer el valor de "N" factor de seguridad que brinda este elemento aplicamos MOHR.



Aplicando la ecuación de la teoría de falla estática de la energía de distorsión o Von Mises:

$$T' = \sqrt{T_y^2 + 3T_{xy}^2}$$

$$T' = \sqrt{(-3.383)^2 + 3(2.283)^2}$$

$$T' = \sqrt{11.45 + 15.64}$$

$$T' = 5.204805472 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{T'} = \frac{48 \text{ MPa}}{5.21}$$

$$n = 9.21$$

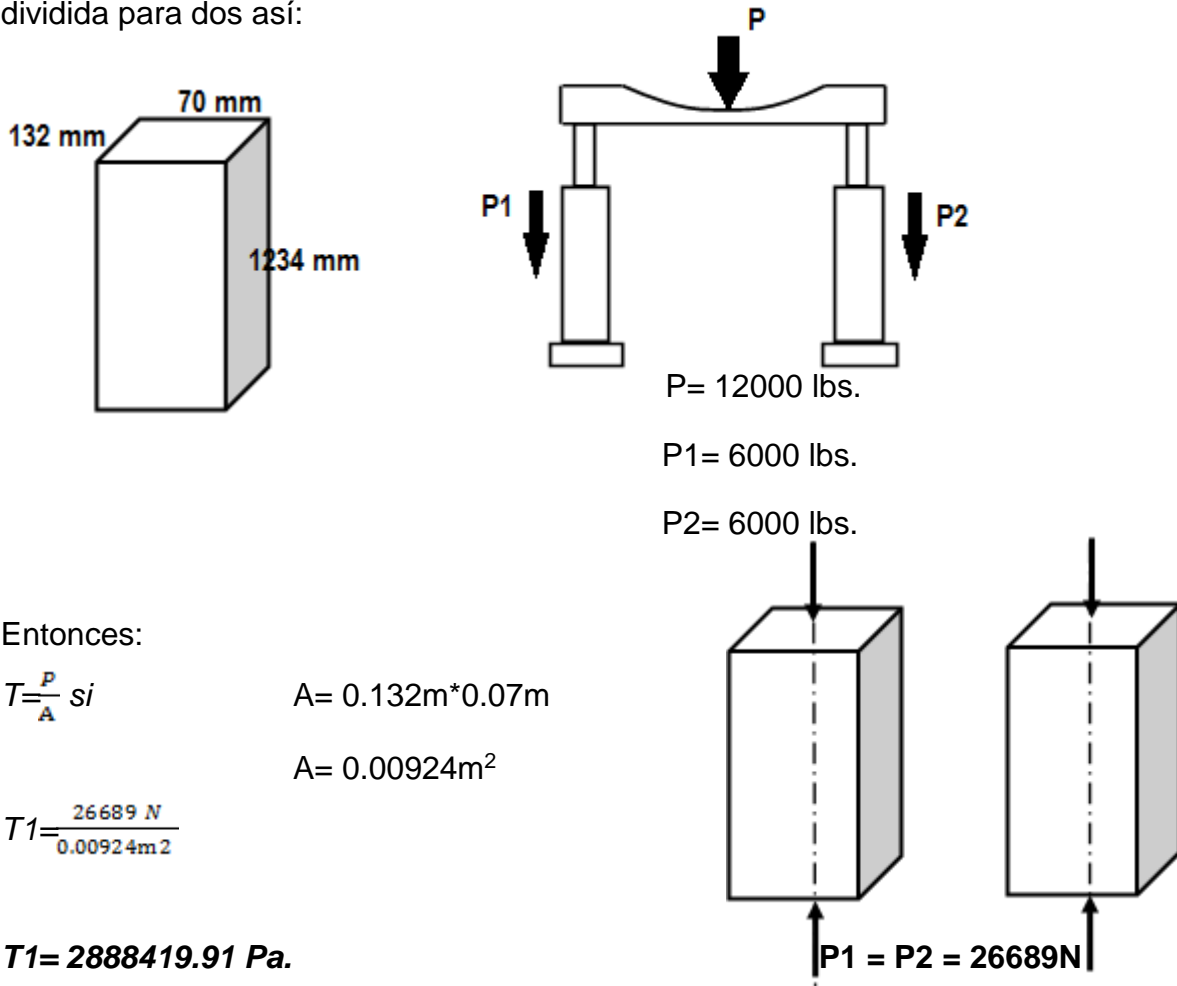
El valor de N para que el diseño sea aceptado debe de ser mayor a 1 al tener el valor de **9.21** se interpreta que el tablero soporte tiene una sobredimensión que puede ser justificada por inexperiencia y deseo de preservación de la sección a montarse.

3.4.2. Análisis de la columna de soporte principal lateral

Este elemento tiene el siguiente detalle dimensional y geométrico:

Madera Pino.

Su ubicación en el modelo hace predecir que soporta cada columna; la carga total dividida para dos así:



Entonces:

$$T = \frac{P}{A} \text{ si} \quad A = 0.132\text{m} \cdot 0.07\text{m}$$

$$A = 0.00924\text{m}^2$$

$$T1 = \frac{26689 \text{ N}}{0.00924\text{m}^2}$$

$$T1 = 2888419.91 \text{ Pa.}$$

$$T1 = 2.8 \text{ MPa.} < 48 \text{ MPa.} = S4 \text{ pino}$$

Si el esfuerzo de fluencia del Pino es **S4 = 48 MPa** y el máximo normal calculado **2.8 MPa** es obvio que el elemento resiste la carga, una vez confirmada la capacidad resistiva de la columna se calcula la cantidad de carga crítica que esta soporta, esto es la carga máxima que soportará justo antes que se dé pandeo.

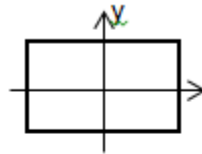
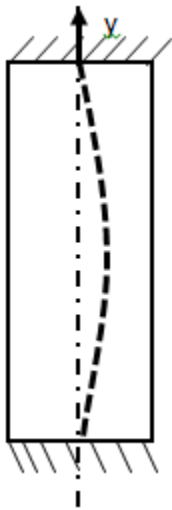
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

El coeficiente de esbeltez: $Cc = \sqrt{2\pi E / Ty}$

Así $C_c = \sqrt{2\pi E / T y}$

$$C_c = \sqrt{2\pi \frac{12,25 \text{ GPa}}{48 \text{ MPa}}}$$

$$C_c = 70.9760$$



$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$k = 0.500$$

Respecto al eje "y"

$$\frac{k \cdot L}{r_y} = 14.001$$

Con respecto al eje z el radio de giro es:

$$r_z = 49.07 \text{ y } k = 0.500$$

$$\frac{k \cdot L}{r_z} = 9.883$$

El radio mayor de giro es el que incide y controla directamente los parámetros de la columna así:

$$P_{cr} = \frac{\left(\pi^2 \cdot 12,25 \cdot \frac{10^9 \text{ N}}{\text{m}^2} \cdot 0,00049 \text{ m}^4 \right)}{(0,9409) \text{ m}^2}$$

$$P_{cr} = 62,69 \text{ MN} \rightarrow I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

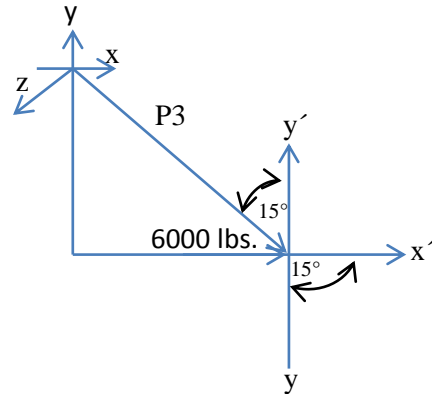
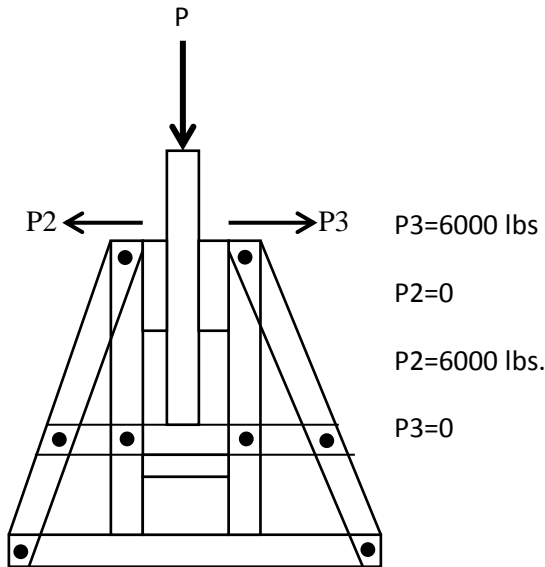
$$I = \frac{1}{12} (0,12 \text{ m}) (0,17 \text{ m})^3$$

$$I = 0,00049 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 12,25 \text{ GPa}}{\left(\frac{0,97}{14,001} \right)^2} = 0,26 \text{ MPa} < 48 \text{ MPa} \rightarrow \text{OK}$$

En el caso supuesto; (PEOR CASO) que las columnas se sometan a esfuerzos de corte por alguna falla de la parte superior o base de la estructura, esta recaería sobre los refuerzos inclinados que tiene a cada lado el soporte; voy a tomar en cuenta

como se mencionó anteriormente que para lo peor; que toda la carga de la columna venga hacia adelante o vaya hacia atrás.

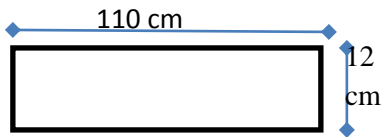


$$\cos 15^\circ = \frac{6000 \text{ lbs}}{P_3'}$$

$$P_3' = \frac{6000 \text{ lbs}}{\cos 15^\circ} = 6211 \text{ lbs en compresión}$$

Así: la sección del refuerzo

$$P_3' = 27628 \text{ N}$$



$$A = 110 \text{ cm} * 12 \text{ cm} = 0.132 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{A_0}{\text{Sen } \theta} = \frac{0.132 \text{ m}^2}{\text{Sen } 15^\circ} = 0.26 \text{ m}^2$$

$$\tau_c = \frac{27628 \text{ N}}{0.26 \text{ m}^2} = 0.11 \text{ MPa}$$

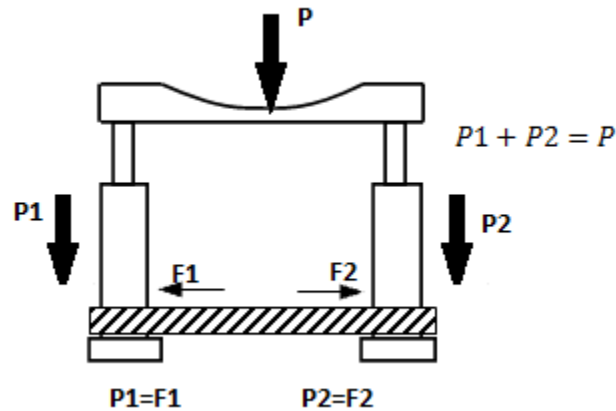
Si el soporte tiene un $S_4 \leq 48 \text{ MPa}$, el soporte resiste.

$$T_c = \frac{6000 \text{ Lbs}}{0.26 \text{ m}^2} = \frac{26689.33 \text{ N}}{0.26 \text{ m}^2} = 0.10 \text{ MPa}$$

El refuerzo intermedio en el peor caso tendrá que soportar 6000 lbs. en tensión.

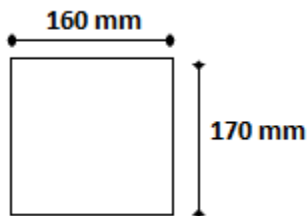
3.4.3. Análisis de la viga frontal inferior

En el caso de la viga frontal inferior esta tiene como cometido evitar que cuando el soporte esté cargado sus columnas se abran y esto produzca esfuerzos extras que dañe la estructura y ponga en riesgo la sección; en sí es un refuerzo “propiaemente”.



En el peor caso P_1 y P_2 tenderían a aplicarse a lo largo del eje axial del soporte inferior; en sentidos opuestos.

Siendo así se debe verificar la resistencia del elemento a estos esfuerzos normales.

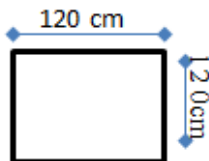


$$A = 0.16 \text{ m} * 0.17 \text{ m} = 0.0272 \text{ m}^2$$

$$T_t = \frac{P}{A} = \frac{26689.33 \text{ N}}{0.0272 \text{ m}^2} = 0.98 \text{ MPa}$$

Se encuentra dentro del rango de tolerancia siendo $S_4 \leq 48 \text{ MPa}$.

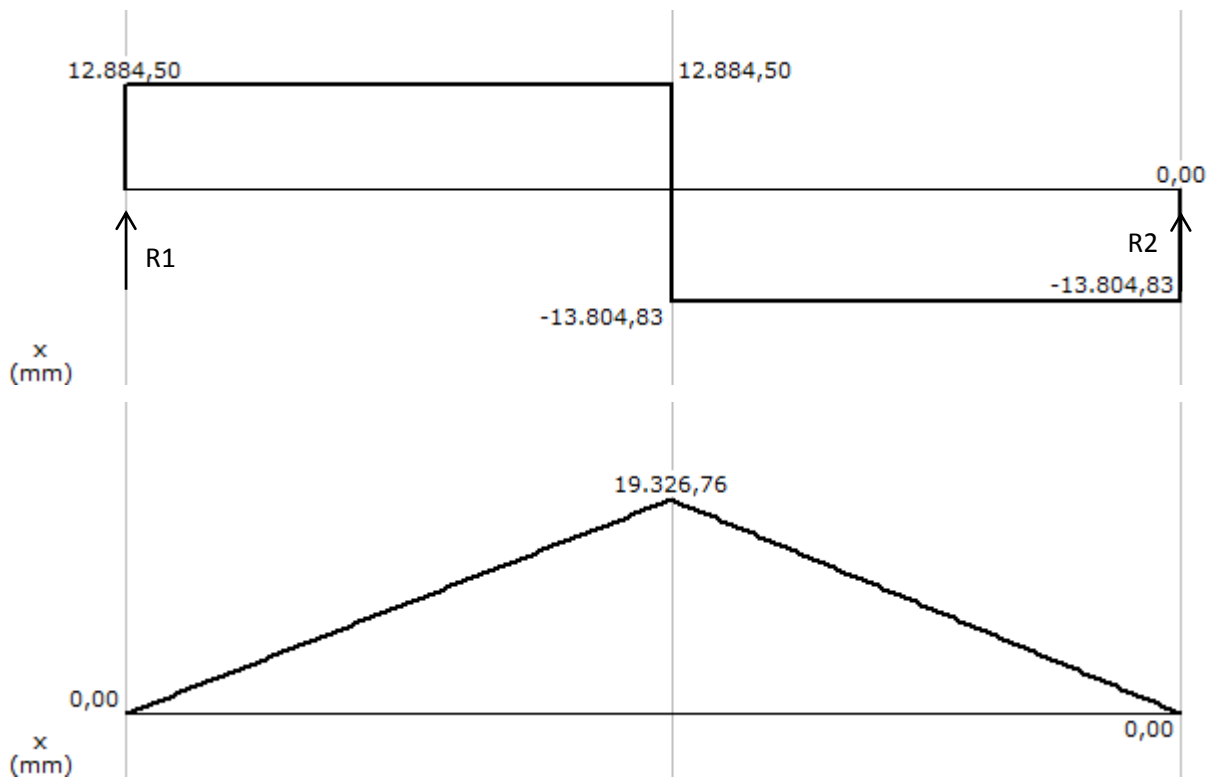
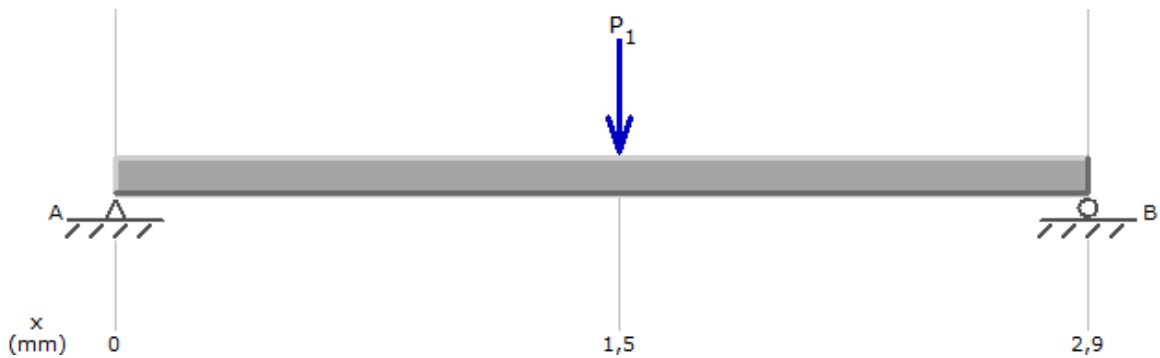
En lo que ha estructura se refiere también hay que verificar es el elemento viga inferior lateral; el cual deberá cumplir con soportar la carga de corte en su sección; esta será:



$$A = 0.12 \text{ m} * 0.12 \text{ m} = 0.0144 \text{ m}^2$$

$$T = \frac{P}{A} = \frac{26689.33 \text{ N}}{0.0144 \text{ m}^2} = 1.85 \text{ MPa}$$

Sin embargo consideremos el peor caso en que este soporte sea asentado en una superficie irregular que le haga apoyar en sus extremos; los esfuerzos por flexión serán:



$$P = R_1 + R_2$$

$$R_1 = \frac{P}{2}$$

$$R_2 = \frac{P}{2}$$

$$M = F * d$$

$$M = R_1 * d$$

$$Si\ d = L/2$$

$$Si\ R_1 = P/2 \rightarrow M = \frac{P.L}{4} = \frac{26689,33 * 1,45}{4} = 19295,76\ N.m$$

$$\sigma = \frac{M * C}{I}$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3$$

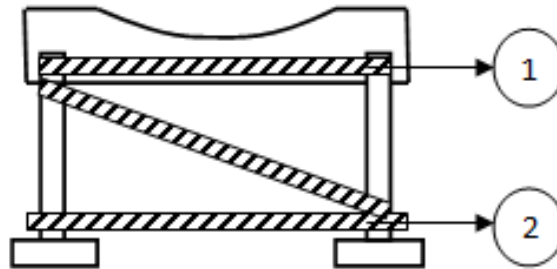
$$I = \frac{1}{12} (0,17m) * (0,16m)^3$$

$$I = 0,0833 * (0,17) * (0,004096)$$

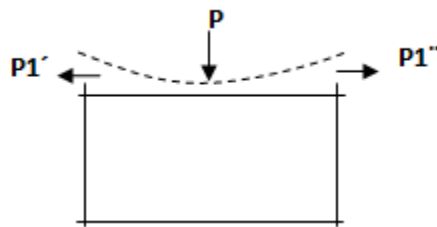
$$I = 0,000058003456\ m^4$$

$$\sigma = \frac{19295,76\ N.m * 0,08\ m}{0,000058003456\ m^4} = 26,61\ MPa \leq 48\ MPa\ SE\ ACEPTA$$

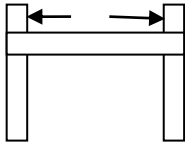
3.4.4. Análisis de los refuerzos superiores e inclinados frontal y posterior



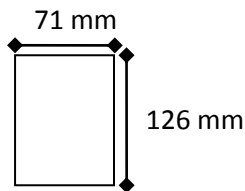
Como se puede advertir estos refuerzos permiten mantener la estructura sólida bien unida que resulta al final en la resistencia y seguridad que le brinda a la sección.



Es decir que P_1' y P_1'' , en el peor de los casos son cargas que podrían ocurrir ; en el caso que la carga total aplicada al modelo haga que se deteriore y se abran sus columnas.



Este elemento se somete a tensión puede ser a compresión dependiendo si las columnas se abran o se cierren una vez más esta es una suposición que permite analizar la estructura.



$$Ar = 0.126 \text{ m} * 0.071 \text{ m} = \mathbf{0.008946 \text{ m}^2}$$

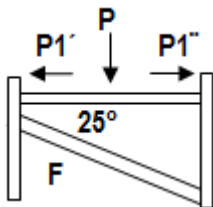
$$\sigma = \frac{P_1'}{Ar} = \frac{26689,33 \text{ N}}{0.008946 \text{ m}^2} = \mathbf{2.98 \text{ MPa} \rightarrow \text{SE ACEPTA}}$$

Siendo en el peor caso:

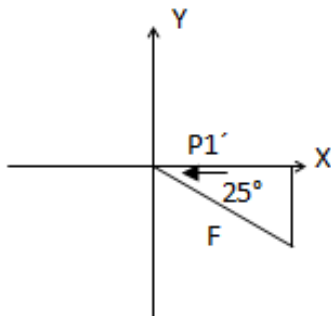
$$P = P_1' + P_1''$$

$$\text{sí: } P_1' + P_1''$$

El soporte inclinado:



Este actuaría en un supuesto bajo el mismo objetivo del soporte superior es decir mantener unida la estructura; si las columnas intentan abrirse o cerrarse, así:



$$\text{Cos } 25^\circ = \frac{-P_1'}{F}$$

$$F = \frac{-P_1'}{\text{Cos } 25^\circ} = \frac{26689.33 \text{ N}}{\text{Cos } 25^\circ} = \mathbf{29448 \text{ N}}$$

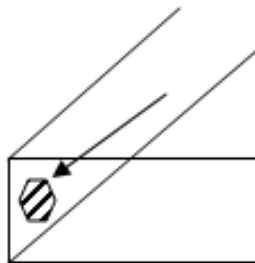
$$\sigma = \frac{P_1}{Ar} = \frac{29448 \text{ N}}{0.008946 \text{ m}^2} = \mathbf{3,29 \text{ MPa} \rightarrow \text{SE ACEPTA}}$$

LA ESTRUCTURA SE ACEPTA; DADO QUE LOS ESFUERZOS NO SOBREPASAN EL DE FLUENCIA DEL PINO.

3.4.5. Análisis de los elementos de sujeción

Los elementos de sujeción que se han utilizado están sometidos a dos fenómenos principales y básicos para el nivel tecnológico como lo son la tracción y corte. De tal forma se procede a analizar cada uno de ellos en lo que a esos parámetros se refiere:

1.- Perno M20 x 19cm; se escogerá a criterio el punto más crítico de participación de este componente; en este caso la unión inferior entre la viga lateral inferior y el refuerzo inclinado.



$$A = \frac{\pi * d^2}{4}; \frac{\pi(0.020 \text{ m})^2}{4} = 3.14 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau = \frac{35077 \text{ N}}{3,14 * 10^4 \text{ m}^2} = 111.7 \text{ MPa}$$

$$S_{y(\text{acero})} = 2.07 * 10^6 \text{ Pa}$$

Acero ASTM A – 36

Por lo tanto $\tau < S_y$, el elemento se acepta

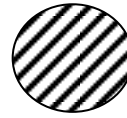
2.- Perno M20 x 54cm; vamos a tomar en cuenta la base de la columna guía ya que este perno mantiene la junta: columna guía-columna de soporte-columna guía; se simula el análisis en el peor caso, cuando los elementos traten de soltarse, con la carga correspondiente por lado.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}; \frac{\pi(0.020 \text{ m})^2}{4} = 3.14 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau = \frac{33361.7 \text{ N}}{3,14 * 10^4 \text{ m}^2} = 106.24 \text{ MPa}$$

$$S_{y(\text{acero})} = 2.07 * 10^6 \text{ Pa}$$

Por lo tanto $\tau < S_y$ el elemento se acepta



El resto de elementos de sujeción tienen valores muy similares o hasta inferiores y resulta inútil repetirlos.

LOS ELEMENTOS SE ACEPTAN

3.5. Análisis asistido

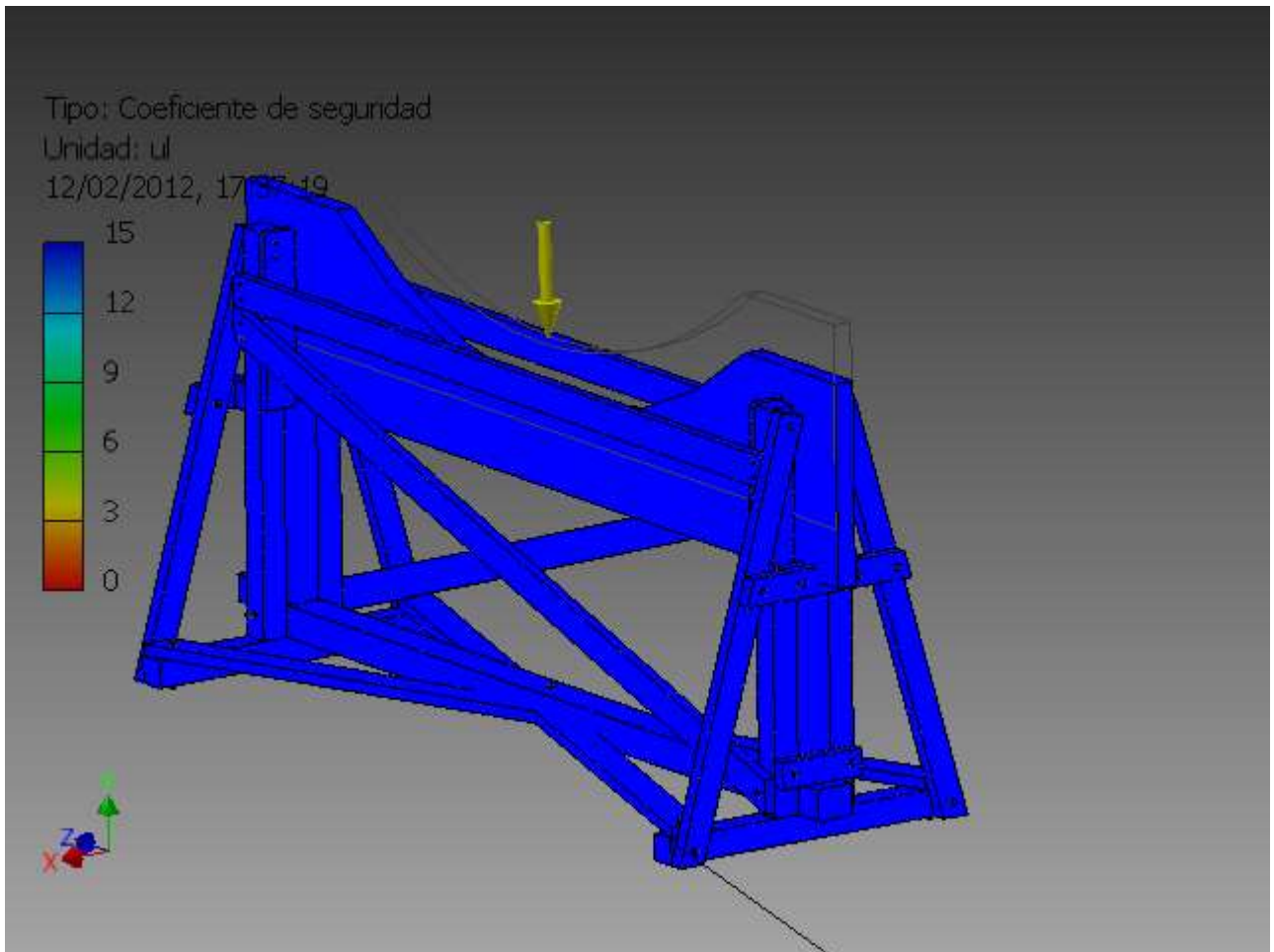
Se procedió a realizar un análisis computarizado con la ayuda del software de Autodesk Inventor Professional 2012, el cual nos facilita la obtención de datos de vital importancia en el análisis estructural.

Tabla 3.2 Información de proyecto

Archivo analizado:	ENSAMBLAJE SOPORTE DE FUSELAJE
Versión de Autodesk Inventor:	2012 (Build 160160000, 160)
Fecha de creación:	12/02/2012, 17:36
Autor de la simulación:	ANDRÉS BASTIDAS
Resumen:	El presente modelo se ha sometido a una carga de 12000 lbs. que es la aplicada y que ha dado como resultado del cálculo de factor de seguridad basado en Von Mises un fs.(min)=15

Fuente: Andrés Bastidas

Elaborado por: Andrés Bastidas



La simulación que realiza el software nos da un factor de seguridad de 15 al usar madera y al aplicar 12000 lbs de fuerza.

Tabla 3.3. Resumen de resultados inventor

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	823592000 mm ³	
Masa	492,452 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	3,03542 MPa
Primera tensión principal	-0,176656 MPa	3,19786 MPa
Tercera tensión principal	-2,42883 MPa	0,24319 MPa

Desplazamiento	0 mm	45881,2 mm
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,258901 MPa	0,264516 MPa
Tensión XY	-0,82181 MPa	0,538172 MPa
Tensión XZ	-0,286216 MPa	0,405478 MPa
Tensión YY	-2,3638 MPa	3,14223 MPa
Tensión YZ	-0,83342 MPa	0,67764 MPa
Tensión ZZ	-1,1692 MPa	0,789239 MPa
Desplazamiento X	-177,517 mm	221,384 mm
Desplazamiento Y	-45833,1 mm	0 mm
Desplazamiento Z	-2094,14 mm	0 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000221446 su
Primera deformación principal	0 su	0,000252235 su
Tercera deformación principal	-0,000201437 su	0 su
Deformación XX	-0,0000791396 su	0,0000683967 su
Deformación XY	-0,0000871534 su	0,0000570735 su
Deformación XZ	-0,0000303534 su	0,0000430012 su
Deformación YY	-0,00019454 su	0,000246336 su
Deformación YZ	-0,0000883846 su	0,0000718641 su
Deformación ZZ	-0,00010614 su	0,000080768 su
Presión de contacto	0 MPa	0 MPa
Presión de contacto X	0 MPa	0 MPa

Presión de contacto Y	0 MPa	0 MPa
Presión de contacto Z	0 MPa	0 MPa

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Andrés Bastidas

Esta tabla es el un resumen detallado del comportamiento de la estructura en todos los ejes sobre los que actúa la carga, explica los esfuerzos principales, los desplazamientos, la tensión a la que está sometida.

Un dato importante que se consigue con la ayuda del software es el cálculo de falla Von Mises con el que obtenemos el factor de seguridad de un 60 %.

3.6. Proceso de construcción

Luego del análisis de las alternativas y con el estudio de los comportamientos estructurales se procede a la adquisición del material adecuado para la construcción del tema propuesto, así como también herramientas.

3.6.1. Codificación de Máquinas y Herramientas

A continuación se detallan 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 3.4 Codificación de Máquinas

Nº	Máquina	Código
1	Sierra Eléctrica	M1
2	Taladro Eléctrico	M2

Fuente: I.T.S.A

Elaborado por: Investigador

Tabla 3.5 Codificación de herramientas

Nº	Herramienta	Código
1	Flexómetro	H1
2	Escuadra	H2
3	Lápiz de carpintería	H3
4	Cepillo de Madera	H4
5	Broca	H5
6	Broca paleta	H6
7	Llave mixta	H7
8	Pistola de Pintura	H8
9	Pintura Amarilla	H9
10	Lija	H10
11	Prensa	H11
12	Pie de rey	H12




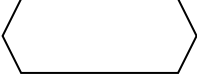
Fuente: I.T.S.A.

Elaborado por: Investigador

3.6.2. Diagramas de proceso

Para la construcción de la estructura, se detalla en un diagrama los pasos a seguir en forma cronológica según figura y numeración.

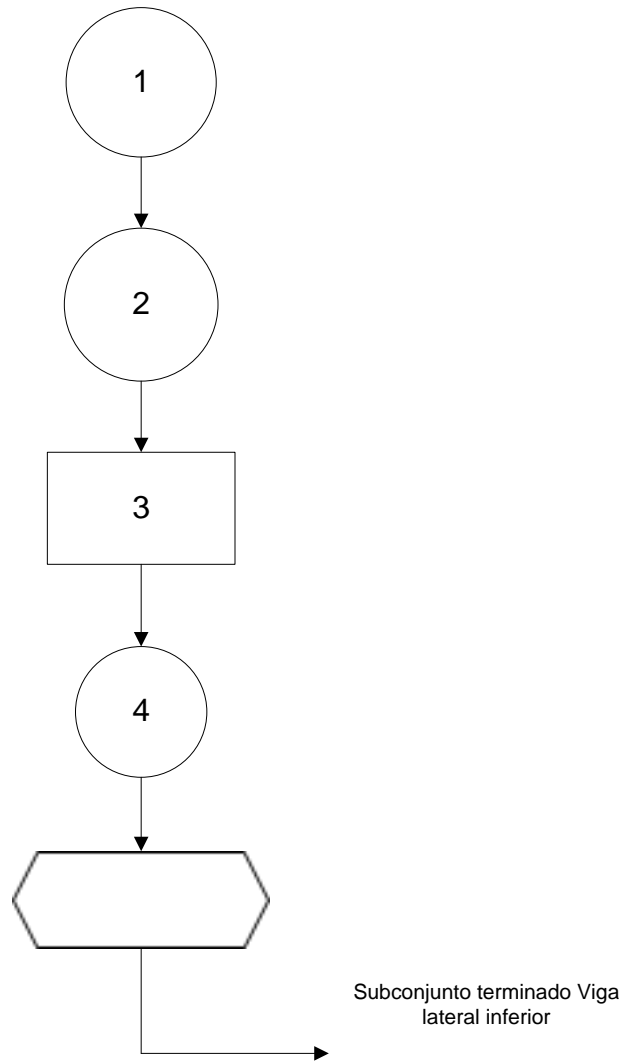
Tabla 3.6 Simbología

Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Ensamble	

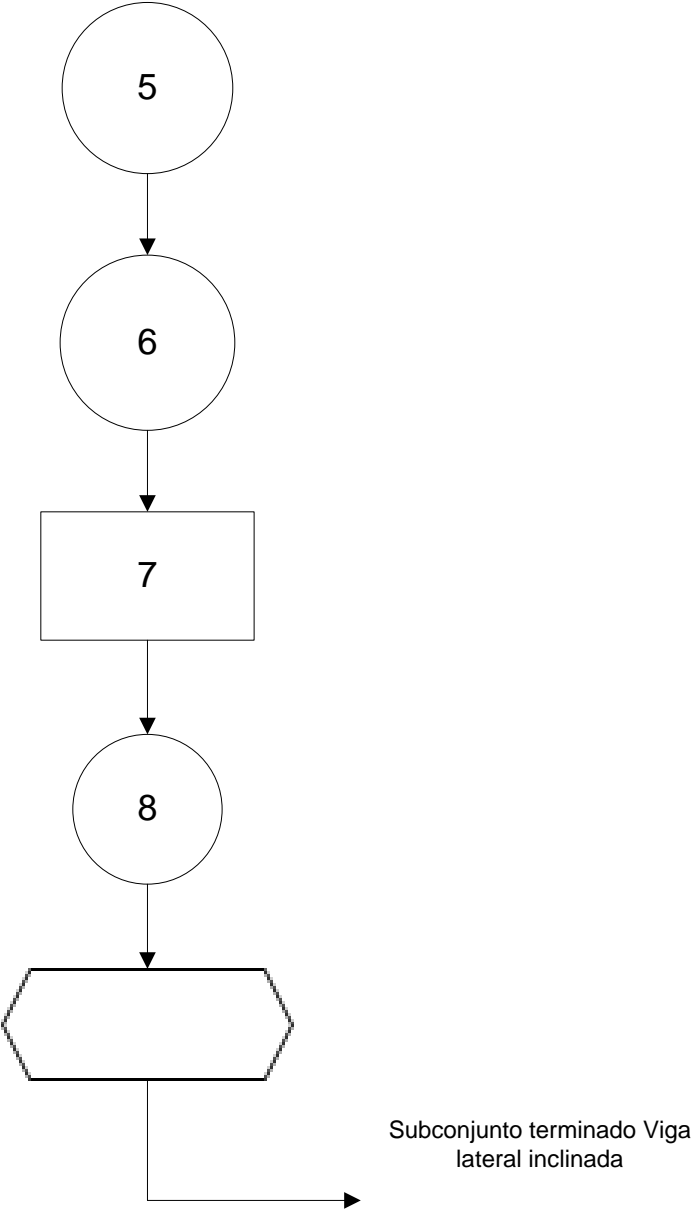
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador

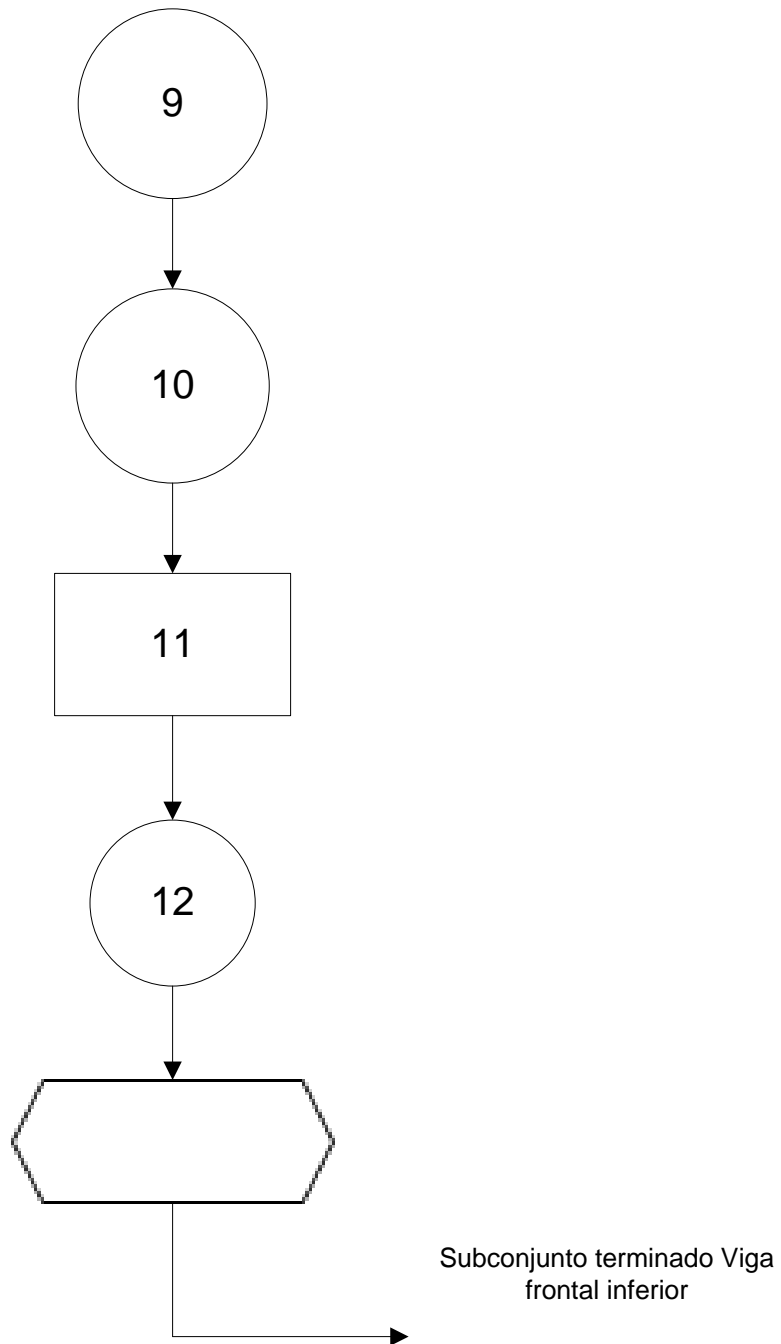
3.6.2.1. Proceso de construcción vigas laterales inferiores



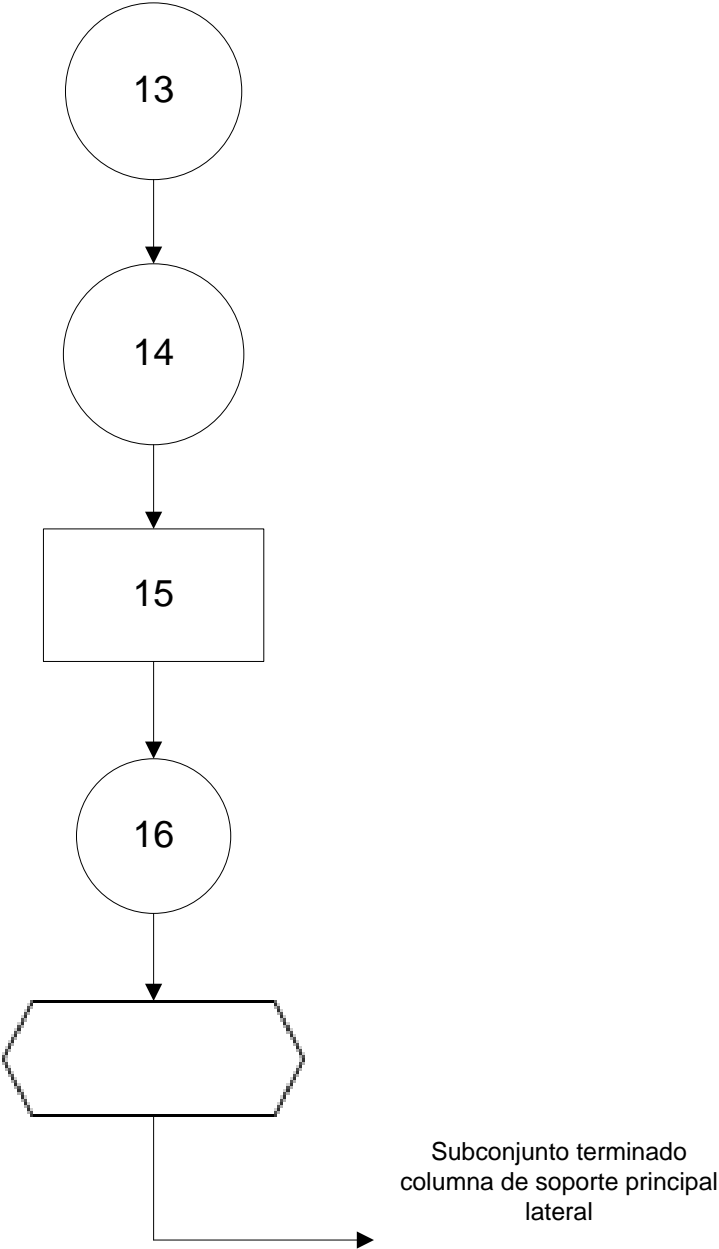
3.6.2.2. Proceso de construcción vigas laterales inclinadas



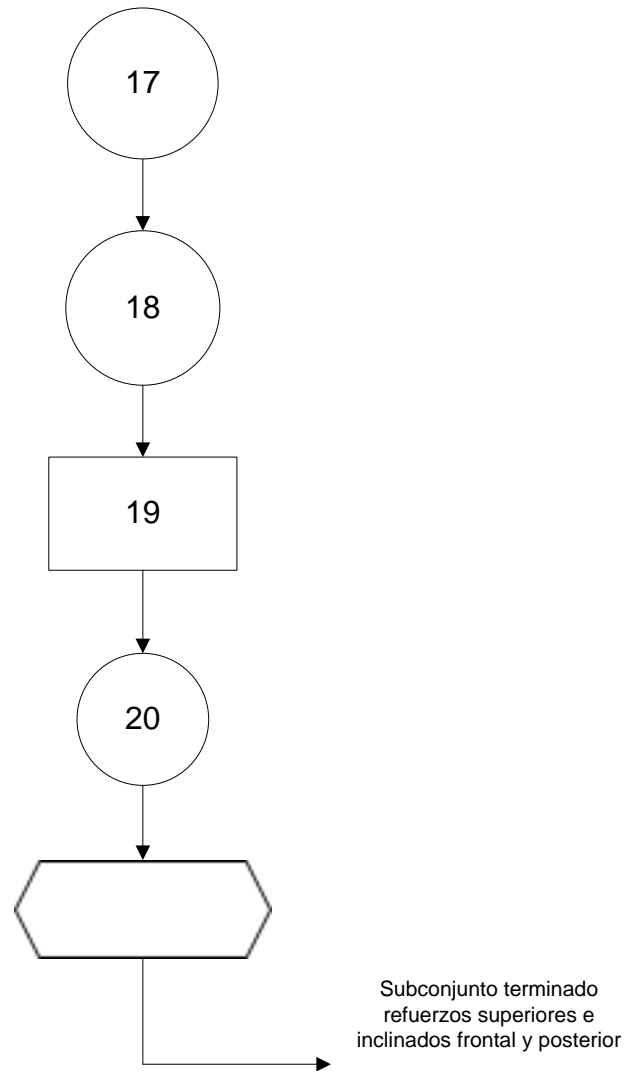
3.6.2.3. Proceso de construcción viga frontal inferior



3.6.2.4. Proceso de construcción columnas de soporte principales



3.6.2.5. Proceso de construcción de refuerzos superiores e inclinados frontales y posteriores



3.6.2.6. Proceso de ensamble de la estructura

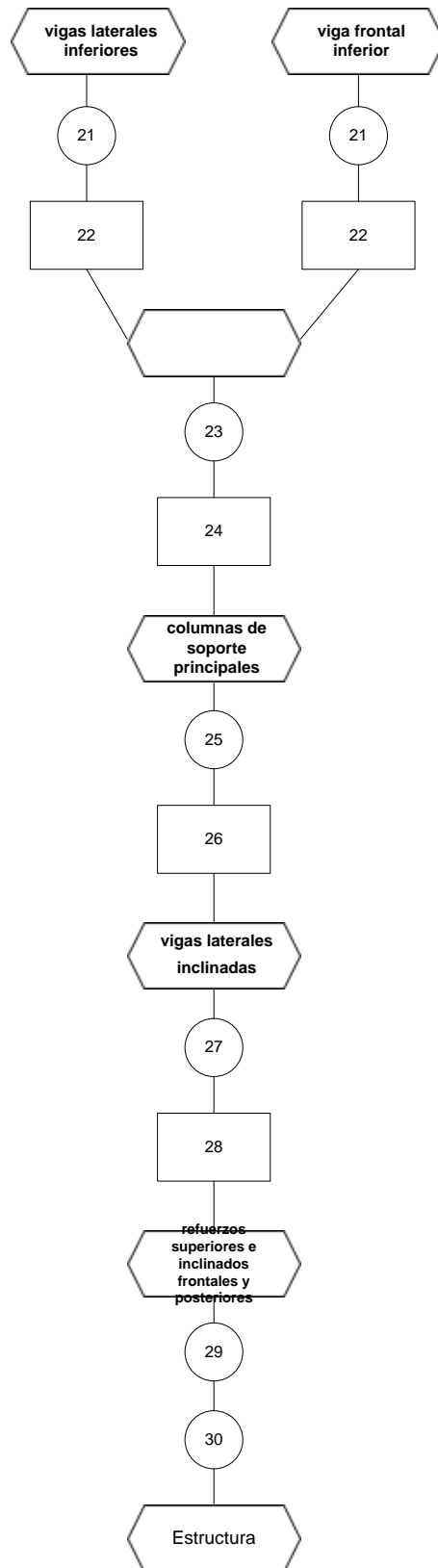


Tabla 3.7 Proceso de construcción

N.	TRABAJO	HERRAMIENTAS	MAQUINAS	OBSERVACIONES
1	Medir	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
2	Trazar	H3	-	Ver tabla 3.3
3	Verificar	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
4	Cortar	-	M1	Ver tabla 3.2
5	Medir	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
6	Trazar	H3	-	Ver tabla 3.3
7	Verificar	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
8	Cortar	-	M1	Ver tabla 3.2
9	Medir	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
10	Trazar	H3	-	Ver tabla 3.3
11	Verificar	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
12	Cortar	-	M1	Ver tabla 3.2
13	Medir	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
14	Trazar	H3	-	Ver tabla 3.3
15	Verificar	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
16	Cortar	-	M1	Ver tabla 3.2
17	Medir	H1-H2	-	Ver tabla 3.3

18	Trazar	H3	-	Ver tabla 3.3
19	Verificar	H1-H2	-	Ver tabla 3.3
20	Cortar	-	M1	Ver tabla 3.2
21	Agujear	H6-H5	M2	Ver tabla 3.2
22	Verificar	H12	-	Ver tabla 3.3
23	Empernar y ajustar	H7	-	Ver tabla 3.3
24	Verificar	H12	-	Ver tabla 3.3
25	Sujeción	H11		Ver tabla 3.3
26	Verificar	-	-	-
27	Empernar y ajustar	H7	-	Ver tabla 3.3
28	Verificar	-	-	-
29	Cepillado y Lijado	H4-H10	-	Ver tabla 3.3
30	Pintado	H8-H9	-	Ver tabla 3.3

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador

3.7. Pruebas de fabricación

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

Tabla 3.8. 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: Investigador

3.8. Presupuesto

Se trata de saber el costo del desarrollo del tema, teniendo en cuenta el material utilizado y las maquinas herramientas empleadas, así como transporte alimentación, estadía, etc.

3.8.1. Costos primarios

Comprende el costo de los materiales utilizados, herramientas, etc.

Tabla 3.9. Costos Primarios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNI.	PRECIO TOTAL
Gastos de transporte del avión	1	450	450
Pernos	17	1.50	25.50
Arandela plana	17	0.21	3.57
Broca	1	3.00	3.00
Lija de Madera	5	0.90	4.50
Pintura-Esmalte	5 lts.	2.00	10.00
Tablón de madera	12	16	192
Tuercas	17	0.67	11.43
		TOTAL	\$ 700.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

3.8.2. Gastos secundarios

Comprende el gasto realizado aparte de la construcción del proyecto.

Tabla 3.10. Costos secundarios

No.	Detalle	Costo
1	Aranceles de graduación	\$ 120.00
2	Hospedaje	\$120.00

3	Transporte	\$100.00
4	Empastados, anillados, CD del proyecto	\$ 95.00
5	Internet e impresiones	\$ 80.00
6	Varios	\$ 75.00
TOTAL		\$ 590.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

3.8.3. Costo total

Detalla la suma total de los costos primarios con los secundarios y nos como resultado el valor final del presente proyecto.

Tabla 3.11. Costo total

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo primario	\$ 700.00
Costo secundario	\$ 590.00
TOTAL	\$ 1290

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se recopiló la información necesaria para el desarrollo del tema y de esta manera poder obtener conceptos básicos e importantes para la realización.
- Se asignó dos alternativas de diseño para la construcción del soporte, que mediante un proceso de evaluación y análisis se escogió la mejor para realizar el presente proyecto.
- Se escogió de la forma apropiada los materiales resistentes para la estructura a construir teniendo en cuenta su seguridad y economía.
- Se construyó una estructura capaz de soportar las cargas que aplica el fuselaje.
- Se estableció una matriz de pruebas y resultados para determinar el soporte más eficiente para el fuselaje.
- Para diseñar el soporte se usó un software de diseño y análisis estructural, el cuál contribuyó con él estudio de las cargas que puede soportar el soporte.

4.2. Recomendaciones

- Para el bienestar del soporte es aconsejable utilizarlo solo para el trabajo del avión designado.
- Utilizar los equipos de protección adecuados para en forma eficaz y segura.
- Verificar que el fuselaje se encuentre correctamente alineado con el soporte de manera que no exista roces o golpes al colocar el fuselaje en el soporte.
- Al momento de trasladar los soportes de un lugar a otro fijarse en que el soporte no tenga contacto con la estructura de la aeronave puede producir daños a la misma.

GLOSARIO

Columnas: Elementos estructurales sometidos esencialmente a cargas de compresión y que actúan en forma aislada por tener gran separación entre sí.

Coníferas: También llamadas gimnospermas. Árboles de hoja perenne en forma de aguja con semillas alojadas en conos. Su madera está constituida esencialmente por un tipo de células denominadas traqueidas.

Peso específico (Densidad): Peso por unidad de volumen. En el caso de la madera debe especificarse el contenido de humedad al que se determinaron el peso y el volumen.

Factor de resistencia: Factor, FR, aplicado a la resistencia de un miembro o conexión que toma en cuenta la variabilidad de las dimensiones, las propiedades del material, la calidad de la mano de obra, el tipo de falla y la incertidumbre en la predicción de resistencia.

Fibra: Término utilizado para designar al conjunto de los elementos celulares constitutivos de la madera.

Madera húmeda: Madera aserrada cuyo contenido de humedad es mayor que 18 por ciento.

Madera seca: Madera aserrada con un contenido de humedad igual o menor que 18 por ciento.

Vigas: Elementos de madera sometidos a flexión que actúan en forma aislada por tener una separación grande y no estar unidos por un material de cubierta que les permita compartir la carga.

Aeronave: significa un dispositivo que es usado o en la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

Aleación: es una mezcla sólida homogénea de dos o más metales, o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos.

Desmontable: desarmar, separar las piezas de una cosa.

Factibilidad: (Del lat. Factibilis). Adj. Que se puede hacer

Fuselaje: es la parte principal de un avión; en su interior se sitúan la cabina de mando, la cabina de pasajeros y las bodegas de carga, además de diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir el avión

Soporte: es un apoyo o sostén para asegurar o evitar que se caiga un material o algún componente.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- **SHANLEY** 1967. "Mechanics of materials". Editorial McGraw Hill Book Company Inc. México DF
- **HIBBELER**, R.C. "Análisis estructural" Ed. Prentice Hall, 1997
- **GERE** James "Mecánica de materiales". Editorial Thomson
- **FERDINAND** Beer 1981. "Mecánica de materiales". Editorial McGraw Hill Book Company Inc. México DF.

Internet:

- http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/argicast/publicaciones/Fundamentos%20de%20Dise%F1o%20Estructural_Materiales.pdf
- <ttp://www.seopc.gov.do/dgrs/files/R-029%20REGLAMENTO%20MADERA.pdf>
- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000155/lecciones/lec2/2_5.htm
- <http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/jorgem/principal/guias/esfdef.pdf>
- <http://www.elconstructorcivil.com/2011/02/propiedades-de-la-madera-compresion.html>
- <http://area.autodesk.com/>
- <http://www.cadprofessor.in/2011/06/autodesk-inventor-2012-tutorials-download/#axzz1j7LHzSY2>
- <http://civilgeek.blogspot.com>
- www.construmatica.com/libros/l/disenio_estructural_en_madera/21974
- www.estructurasdemadera.com

ANEXOS

ANEXO “A”
ANTEPROYECTO

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Como centro de desarrollo en aviación el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico brinda carreras técnicas innovadoras tales como: electrónica, logística y transporte, seguridad aérea y terrestre, telemática y mecánica aeronáutica mención motores y aviones. Cada una de estas encaminadas a la formación de tecnólogos capaces de enfrentar las nuevas tecnologías que el futuro de la aviación trae con sigo.

Una de las dificultades con las que los alumnos del instituto deben lidiar es la falta de materiales para reforzar sus conocimientos, herramientas con los que el estudiante pueda entrar en la materia de una forma más clara y concreta. Desarrollando así mayor destreza en la materia.

Con el fin de conseguir este objetivo es necesario implementar nuevos materiales didácticos como es el caso de una avión escuela el actual será de vital importancia en la formación de nuevos tecnólogos, familiarizándolos con aviones comerciales y brindándole una herramienta más para un buen desempeño en campo aeronáutico comercial.

En la actualidad la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) posee varios aviones operativos e inoperativos los cuales por diversos motivos han perdido su aeronavegabilidad, estos aviones se encuentran en diversas bases donde opera la FAE como el ejemplo en el Ala de transporte N° 11 un avión Fairchild FH-277 operativo en el cual es perfecto para ser adecuado como avión escuela.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) después de realizar las respectivas gestiones solo espera la autorización final para organizar la logística para el transporte del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD del ala de transporte N° 11 hacia el campus del Instituto.

Para trasportar un avión por tierra es necesario una gran logística y el apoyo de una gran grupo humano de técnicos, mecánicos y ayudantes, siendo esta gran oportunidad para que alumnos del Instituto puedan colaborar; enriqueciendo y fortaleciendo sus conocimientos mediante la manipulación de herramientas, equipos y partes aeronáuticas.

1.2. Formulación del tema

¿Cómo realizar la planificación y los procesos técnicos para el traslado del avión Fairchild FH-227J con matrícula HC-BHD desde el Ala de transporte N° 11 a las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico?

1.3. Justificación e Importancia

En una situación, como la actual en la 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.

Estos elementos, conceptos estratégicos para el desarrollo industrial, se encuentran a su vez fuertemente interrelacionado, hasta punto que la solidez, la efectividad y la sostenibilidad de los cambios y medidas que se implementan en una Institución, son

resultados de sistemas implantados y adecuación contemporáneas a los diferentes talleres y laboratorios.

Las herramientas necesarias de aprendizaje con las que cuentan el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por lo que considero que estas deben ser utilizadas de una manera entera y segura aprovechando todas la ventajas que nos brinda el instituto. Para realizar la factibilidad de transporte de avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD desde Ala de transporte N° 11 hacia el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Trasladar el avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD mediante la planificación de la logística y los procesos técnicos desde el Ala de transporte N°11 hacia las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), para que sea utilizado como avión escuela.

1.4.2. Objetivos Específicos

- ✓ Recolectar información necesaria que ayude a realizar el traslado por tierra del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD.
- ✓ Realizar una observación para determinar el estado en que se encuentra el avión.
- ✓ Determinar la ruta por donde va a ser traído el avión para poder realizar el traslado del mismo hacia el instituto.
- ✓ Analizar en el instituto el sitio donde va a ser ubicado el avión.
- ✓ Planificar el tiempo de duración mediante la elaboración de un cronograma el traslado del avión.

1.5. Alcance y Delimitación

1.5.1. Alcance

Este trabajo de investigación pretende ofrecer al ITSA, optimizando las diversas aéreas en las que el Instituto brinda educación, y de manera primordial a los estudiantes e instructores de la carrera de mecánica, tanto en su formación académica y practica, ya que les brinda un conocimiento más amplio acerca de pasos grandes que la aviación continuamente lo hace, además facilitara que el estudiante se incentive en el campo aeronáutico, trazándose metas y poseer un mejor desenvolvimiento en su vida profesional.

1.5.2. Delimitación

Campo: Física - Mecánica

Área: Aeronáutica

Aspecto: Mecánica aeronáutica

Problema: ¿Cómo contribuir al traslado del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD desde el Ala de transporte No 11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico?

Espacial: El presente anteproyecto será desarrollado en la carrera de mecánica aeronáutica del Instituto Tecnológico superior aeronáutico.

Temporal: Este anteproyecto será realizado a partir del mes de enero del 2011 al mes de mayo del 2011.

Unidades de observación: La información para la elaboración de este trabajo será transmitida a través de Técnicos especializados, personal docente de la carrera de mecánica, directivos y estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica.

PLAN DE METODOLÓGICO

2.1. Modalidad básica de la información

2.1.1. Bibliográfica

Para la realización del siguiente trabajo vamos a utilizar todas las fuentes bibliográficas, internet, manuales; que podamos encontrar respecto al tema a continuación doy a resaltar los más importantes:

- Manual mantenimiento del avión FAIRCHILD.
- Departamento de ORDENES TECNICAS (ala de combate 11 F.A.E)

Utilizando información de manuales y los libros de las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil.

2.1.2. De campo

El trabajo de optimización se realizara en lugares precisos donde se desarrollara la investigación.

2.2. Tipos de investigación.

Se utilizara el tipo de investigación no experimental razón por la cual no existe una manipulación directa o intencional con variables independientes y porque el planteado anteproyecto se basa en variables que ya existen y que solo se necesita analizarlas y estudiarlas más detalladamente para poderlas comprender.

Ya que únicamente se observara y recopilara la información de los adelantos que vaya ocurriendo durante el proceso de la investigación.

2.3. Niveles

Investigación descriptiva debido a que ya existe conocimiento del problema y no es ajeno a nuestra realidad este nivel especificara de forma más clara las características y propiedades a que será sometida la investigación; dará resultados más profundos y ayudara a encontrar las diferentes soluciones necesarias.

2.4. Recolección de datos

2.4.1. Bibliográfica

Mediante esta técnica se obtuvo información concerniente a la investigación, de los manuales de la aeronave, ya que son una herramienta de suma importancia porque se tiene detalladamente todas las partes de la aeronave, que servirá de gran ayuda para realizar nuestro procedimiento de mejor manera.

2.4.2. De Campo

La investigación de campo permitió conocer en la base del transporte aéreo No 11 del aeropuerto de Quito se encuentra el avión Fairchild FH-227 con la matrícula HC-BHD en buenas condiciones.

La estructura del avión está en perfectas condiciones, posee los cobertores para la toma de admisión de sus motores, y la barra de remolque, constamos el tipo de aeronave que es:

- Avión de ala alta.

- Es bimotor con sus hélices de tipo cuatri-pala respectivamente.
- El tren de aterrizaje es retráctil de tipo triciclo.

Los motores están alijados en las alas, además estos posan en sus trenes. Las alas cuentan con sus superficies aerodinámicas de control como alerones flaps y se observa que no presentan corrosión y que están en buen estado.

Los trenes de aterrizaje del avión Fairchild FH-227 están en buen estado son de tipo triciclo retráctil, en estos se encuentran las cañerías en sus posiciones seguras no existen algún tipo de anomalías en sus cañerías, se constató que no ha ocurrido alguna fuga de líquido hidráulico en su tiempo de inoperatividad en el ala 11.

Con la observación de logró observar qué:

- El timón de profundidad de dirección se encuentra en buenas condiciones.

La cabina del avión está totalmente completa, cuenta con todos sus paneles e instrumentos de navegación, equipos de radio, sus dos cabrillas y asientos de piloto y copiloto en buenas condiciones, no presenta algún tipo de defectos en algún instrumento, no existen fisuras en los parabrisas.

Se constató que en el interior de la aeronave se encuentra:

- Asientos en estado regular por los años de uso.
- Un baño en pésimas condiciones.
- En general sus condiciones del interior son regulares, pero se deben readecuarlas.

2.5. Procesamiento de la información

Una vez que se ha obtenido la información requerida para la investigación a través de las diferentes técnicas y niveles de investigación se procederá a realizar una revisión crítica mediante la limpieza de información errónea, para de esta forma obtener información más confiable.

2.6. Análisis e interpretación de resultados

Se realizó con la finalidad de establecer un criterio real del estado de la aeronave ya que la información obtenida de la misma será de vital importancia para concluir con la investigación. La mayor parte del avión se encuentra en perfectas condiciones y un porcentaje tiene deficiencia por el tiempo inoperable.

2.7. Conclusiones y recomendaciones de la investigación

Después de ejecutar la planificación de toda la investigación se procederá en un futuro a concluir y recomendar.

EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

3.1. Antecedentes

3.1.1. Fundamentación teórica

3.1.1.1. Introducción

Desarrollo del FH-227



(Figura 1.1) Fairchild Hiller 227 del Vuelo 571 de la Fuerza Aérea Uruguaya

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 ovales 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 realizó 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.

3.1.1.2. Versiones

FH-227.- 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.)

FH-227B.- versión reforzada de mayor peso, pedida por Piedmont Airlines en Abril de 1966 y que entrara en servicio en marzo de 1967. Como planta motriz se instalan Dart Mk 532-7L de 2.250 cv y el avión es equipado con hélices de mayor diámetro. El peso máximo en despegue pasa a 20.640 kg (45.500 lbs.)

FH-227C.- Básicamente un FH-227 con las hélices del FH-227B. Mismo peso máximo al despegue y motorización.

FH-227D.- Versión pasajeros-carga convertible. Equipada con frenos mejorados ABS y sistemas de flaps con posiciones intermedias para el despegue. Motores Dart 7 532-7C o Dart 7 Mk 532-7L de 2.300cv y caja de reducción de 0.093:1. Peso máximo al despegue de (45.500 lbs.)

FH-227E.- FH227C modificado en FH-227D. Motorización en FH-227D. Motorización Dart 7 Mk 532-7L de 2.300 cv. Peso máximo al despegue de 19.730 Kg (43.500 lbs.)

3.1.1.3. Producción

Los números de constructor de Fairchild Hiller van de C/N 501 al C/N 579, de hecho este último avión jamás fue terminado lo que da una producción de 78 aviones FH-227. Muchos de estos aviones fueron modificados a lo largo de su vida útil y pasaron de ser por ejemplo, convertidos de FH-227 a FH-227B u otras posibilidades según los deseos de los operadores. Pero los términos generales y tomando en cuenta su entrega inicial la producción puede dividirse en:

- ✓ **FH-227** 33 aviones
- ✓ **FH-227B** 37 aviones
- ✓ **FH-227D** 8 aviones

Seis aviones fueron convertidos en FH-227E, incluyendo el C/N 501 originalmente el avión FH-227 demostrador de Fairchild Hiller, vendido después a la Mobil Oil donde volara con el registro N2657. Otros aviones serán modificados por Fairchild Hiller a lo largo de su vida útil en LCD.

De la serie final de ocho FH-227D, cinco aviones construidos como FH-227D LCD, los tres aviones restantes construidos para diferentes organismos de Mexico





carecían de la gran compuerta de carga. De los cinco FH- 227D LCD, dos fueron adquiridos por la Fuerza Aérea Uruguaya, los C/N 571 y C/N 572 recibiendo las matriculaciones FAU-570 y FAU- 571. El FAU-571 entregado en 1968, fue perdido en un trágico accidente en los andes el 13 de octubre de 1972, lo que lleva a la FAU a pedir a Fairchild un avión adicional, recibiendo entonces el FH-227D LCD C/N 574 que volara bajo la matriculación FAU-572.

Los otros dos FH-227D (C/N 573 y C/N 575) fueron operados inicialmente por “American Jet Industries” y las Texas Petroleum. El avión de producción final, el FH-227D C/N 578 tuvo como ultimo operador de la Armada de México, donde volaba bajo la registración MT-216.

3.1.1.4. Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227



(Figura 1.2.) Avión Fairchild Hiller FH-227

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
Usuarios Principales	 Fuerza Aerea Uruguaya  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 Rotol 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

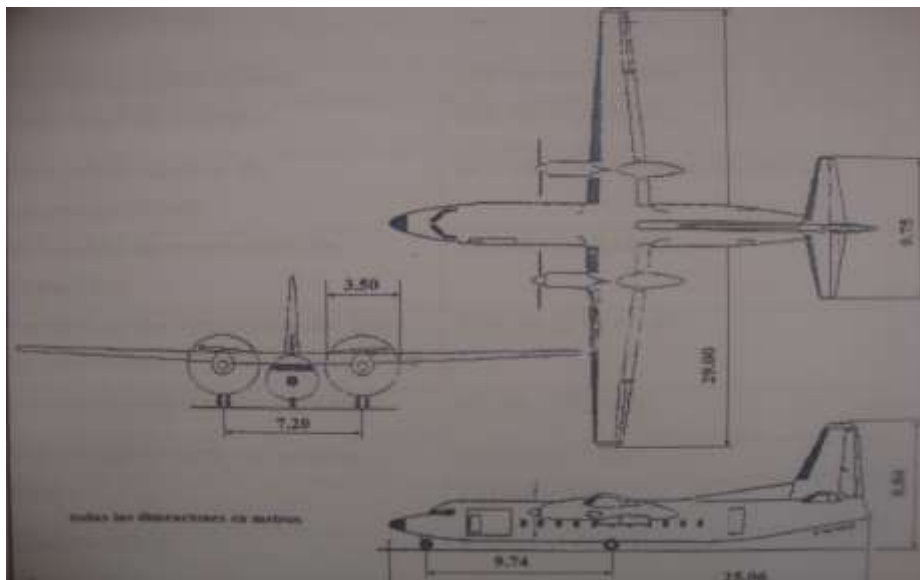


Figura 1.3.- Dimensiones del avión Fairchild FH-227

3.1.1.5. Fuselaje.

“El fuselaje es básicamente una aleación de aluminio, estructura semi-monocasco, a presión entre la estación 55 y los mamparos 65. Se monta en tres secciones básicas: la sección delantera (estación de -16 a 198). La sección central (estación de 198 a 510), y la sección de cola (la estación de 510 a 874). Estructura consisten en marcos

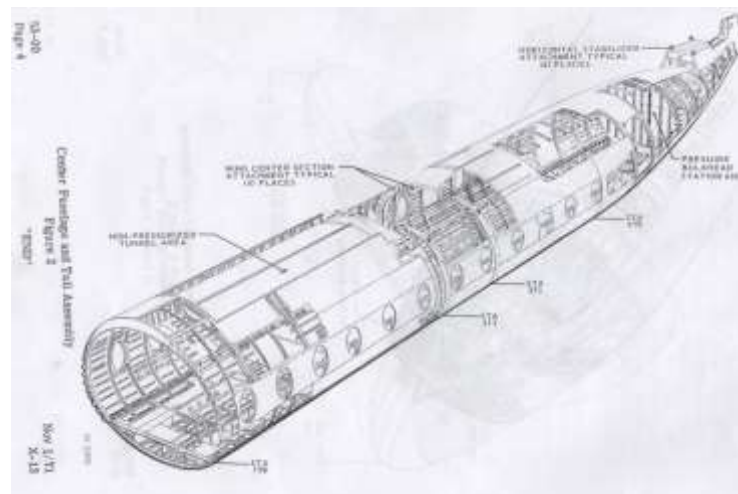
transversales convencionales y no convencionales, largueros, mamparos, planta longitudinal de las vigas, marcos de puertas.

La superficie inferior de la sección central del ala se sella y contorno a la estructura del fuselaje interior por cubiertas de chapa metálica. El ala-A - contorno del fuselaje es gestionada por carenados de fibra de vidrio.

Con el fin de los cables, líneas y cables fuera del habitáculo, un túnel y la aleta dorsal son carenados en la parte superior del fuselaje.

El túnel se extiende desde la estación de fuselaje 198 a la sección central del ala, la aleta dorsal y carenado se extiende desde el mástil de popa de la sección central del ala al fuselaje estación 695, donde se une con el estabilizador vertical.

El cono de la nariz se une con el fuselaje en la estación 55 e incorpora una punta de cúpula de fibra de vidrio”¹.



(FIGURA 1.3)Fuselaje Avión FAIRCHILD

3.1.1.6. Componentes del fuselaje

¹ Manual de mantenimiento del avión Fairchild. Parte 53 Pág. 1.

3.1.1.6.1. Marcos.

“Los marcos de aleación de aluminio del fuselaje, a excepción de cuatro marcos larguero. Son convencionales, construido "C" cuadros espaciados aproximadamente 17 pulgadas de distancia.

Los dos marcos de mástil, en la estación de 313 y 371 a cada lado del fuselaje, se construyen hacia arriba "C" marcos que contienen dos accesorios cada uno. Estos empalmes para la conexión de los accesorios de la sección central del ala y enlaces.

3.1.1.6.2. Mamparos.

- **De la estación 55.**

La estación 55 mamparos de cierre es la presión hacia adelante y hacia adelante y de compartimiento de vuelo. Se construye de un marco y se ve reforzado por vigas verticales, refuerzos y los ángulos. Todos los agujeros y los remaches están conectados y sellados.

- **De la estación 122.**

La estación 122 de cierre es la partición de entre los compartimentos de vuelo y de carga y contiene un 22 por 50 pulgadas de apertura para la entrada y salida y del compartimiento de vuelo. Se construye de una serie de redes, refuerzos y un marco. La parte de popa de la izquierda está cubierta por el panel de neumáticos y la radio y cuadro eléctrico está en el lado derecho.

El fuselaje y el mamparo de la estación de 122 forman el motor fuera de borda y los mamparos de proa del compartimiento.

El compartimento de la radio y la eléctrica son de construcción de aleación de aluminio y está formada por paneles desmontables, el fuselaje, y el mamparo de la estación 122.

- **De la estación 655.**

La estación de 655 mamparo de popa del mamparo de presión y se compone de un marco, y se ve reforzada por dos vigas verticales, refuerzos, y los ángulos. Los agujeros se proporcionan en la web para el aire acondicionado y los conductos de combustión del calentador. Todos los agujeros y los remaches en la web están conectados y sellados

- **De la estación 803.**

La estación de 803 mampara se cierra la parte trasera del compartimento de aire acondicionado y evita demasiado rápido y el escape de aire y el calor desde el avión. Se compone de una red remachadora la estación 803 del marco.

3.1.1.6.3. Vigas longitudinales

El piso de las vigas longitudinales se fija en el fuselaje y el apoyo de las varengas. Ellos son de aleación de aluminio de las vigas que se "C" de tipo en enmallado interior y "L" de tipo enmallado exterior.

Las vigas están separadas unos 19y38 pulgada a cada lado de la línea central del avión, excepto en el compartimento de vuelo y están fabricadas con telas, las tapas superiores inferior de la viga, refuerzos y largueros.

El piso del compartimiento de vuelo vigas están separadas unos 35 centímetros a cada lado de la línea central del avión y la forma cónica hacia el exterior a 38 pulgadas en el compartimiento de carga.

3.1.1.6.4. Largueros.

Los largueros consisten en aleación de aluminio formado "Z" secciones. La fuerza estructural del fuselaje se mantiene en los quiebres estructurales de largueros, placas de larguero de empalme y entre sí placas de la piel edificada se empalma. Los largueros son clavados a los marcos de fuselaje y se unen a las hojas de la piel por la vinculación y los remaches.

3.1.1.6.5. Larguerillos.

Las asambleas son asambleas larguero edificadas, que mantienen la resistencia estructural en el fuselaje y los cambios estructurales en las zonas laterales. Estos largueros se extienden aproximadamente de la longitud del fuselaje y se complementan con largueros adicionales ubicados en la periferia del fuselaje”².

3.1.1.7. Material

3.1.1.7.1. Madera

La madera es un recurso natural que ha sido empleado por el hombre desde los primeros tiempos, primero como combustible para producir fuego, y más tarde para la fabricación de utensilios. Aún en la actualidad, la madera, por sus propiedades características, es un material empleado con fines muy diversos como la construcción de edificios, fabricación de muebles, objetos artesanos, papel, etc.

² Manual de mantenimiento del avión Fairchild. Parte 53. Subparte10 Pág. 1y2.

Lo que ha hecho de la madera un material tan utilizado son sus propiedades características, que estudiamos a continuación:

Fácil de trabajar

Es sencillo darle forma si se emplean los útiles adecuados.

Dureza

Propiedad que le confiere resistencia, aunque varía mucho de unos tipos a otros de madera.

Flexibilidad

Facilidad que presentan muchas maderas para ser doblada en sentido de sus vetas.

Mala conductora del calor y la electricidad

Por lo que se puede utilizar como material aislante.

Disponible

La madera es un recurso natural que tenemos a nuestra disposición en todo el mundo, pero debemos de cuidar su explotación y repoblar nuestros bosques para que nos sigan proporcionando madera en el futuro.

3.2. Modalidad básica de la investigación

Las siguientes modalidades nos indican las fases ejecutadas, para la exploración del problema propuesto:

3.2.1. Investigación bibliográfica

Documental que facilitó la implementación de un marco teórico para obtener conocimientos generales de los Manuales de Mantenimiento, Internet y sobre todo de los operadores y técnicos que laboran en las mismas acerca del problema planteado.

3.2.2. Investigación de campo

Dirigiéndome al taller de mecánica, en donde se genera el problema, lo cual determinó las necesidades, se estableció que es precisa la construcción de soportes para el mencionado avión.

3.3. Tipos de investigación

Se utilizó el tipo de investigación no experimental ya que permitió hacer una identificación clara, de acuerdo a la falta de los soportes para el mencionado avión utilizados para el desmontaje y montaje de sus componentes. Se ha determinado que se debería optar por la implementación de estos soportes ya que no existen y facilitara este trabajo.

3.4. Niveles de investigación

Se empleo la investigación descriptiva, ya que permitió describir el problema en estudio, detallando las situaciones, es decir de los resultados obtenidos, analizarlos y ver el comportamiento de los soportes.

3.5. Recolección de datos

Una de las fuentes que proporcionó ayuda para la recolección de datos en la investigación fue el Manual de Mantenimiento del Avión Fairchild, para lo cual se tomó como método la investigación bibliográfica, también se visitó a personal técnico que opera en el Ala N°11.

3.6. Procesamiento de la información

Una vez que se ha obtenido la información requerida para la investigación a través de las diferentes técnicas y niveles de investigación se procederá a realizar una revisión crítica mediante la limpieza de información errónea, para de esta forma obtener información más confiable.

3.7. Análisis e interpretación de resultados

Análisis.- Se realizó con la finalidad de establecer un criterio real del estado de la aeronave ya que la información obtenida de la misma será de vital importancia para concluir con la investigación.

Interpretación.- La mayor parte del avión se encuentra en perfectas condiciones y un porcentaje tiene deficiencia por el tiempo inoperable.

3.8. Conclusiones y recomendaciones de la investigación

Conclusiones

- Una vez culminada la investigación se concluye que para el traslado del avión Fairchild F-27 (HC_BHD) es necesario el desmontaje de todos sus componentes.
- Por medio de la observación directa que se realizó en el ala de transporte N° 11 se pudo describir las características en las que se encuentra el avión Fairchild F-27 (HC_BHD)
- Se recolectó información que ayude a realizar el traslado por tierra del avión Fairchild F-27.

Recomendaciones

- Para el desmontaje de todos los componentes del avión es necesario la construcción de soportes para el fuselaje.
- Realizar los procedimientos técnicos para preservar la aeronavegabilidad del avión.
- Utilizar los manuales de la aeronave para optimizar el desmontaje.

FACTIBILIDAD DEL TEMA

4.1. Técnica

El proceso de traslado del avión Fairchild F27J es factible técnicamente ya que se cuenta con las herramientas y equipo necesario para realizar el montaje y desmontaje de los componentes del avión.

4.2. Legal

Según las RDAC parte 147 en la que se refiere a que el instituto debe contar con un avión certificado para instrucción aunque éste no se encuentre en funcionamiento.

4.3. Operacional

Para desarrollar soportes para el avión FAIRCHILD. Contamos con la ayuda y experiencia necesaria para su construcción.

4.4. Económica

Para nuestra factibilidad económica, podemos decir que para la elaboración de nuestro proyecto, contamos material no muy costoso pero seguro que se adquirirá en las mejores carpinteras y ferreterías del país, centros de mantenimiento y material no utilizable que nos donará el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Presupuesto del Tema

N°	Material	Costo
----	----------	-------

1	Alimentación	65 USD
2	Transporte	80 USD
3	Hospedaje	120 USD
4	Internet, anillados, empastados	35 USD
5	Varios	90 USD
6	Herramientas	150 USD
TOTAL		540 USD

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Bastidas Mesías Edison Andrés

DENUNCIA DEL TEMA

Construcción de soportes para el fuselaje del avión Fairchild FH-227 HC-BHD para su traslado del ala de transportes N°11 hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Glosario

Aeronave: significa un dispositivo que es usado o en la intención de ser usado para el vuelo en el aire.

Aleación: es una mezcla sólida homogénea de dos o más metales, o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos.

Desmontable: desarmar, separar las piezas de una cosa.

Factibilidad: (Del lat. Factibilis). Adj. Que se puede hacer

Fuselaje: es la parte principal de un avión; en su interior se sitúan la cabina de mando, la cabina de pasajeros y las bodegas de carga, además de diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir el avión

Soporte: es un apoyo o sostén para asegurar o evitar que se caiga un material o algún componente.

BIBLIOGRAFÍA

Páginas web consultadas:

- www.google.com.ec Disponible en:
<http://www.paralibros.com/passim/p20-spc/pg2003wr.htm>
- <http://www.pilotoviejo.com/informacionesyfotosdelosFH-227delafuerzaaereaeruguaia>

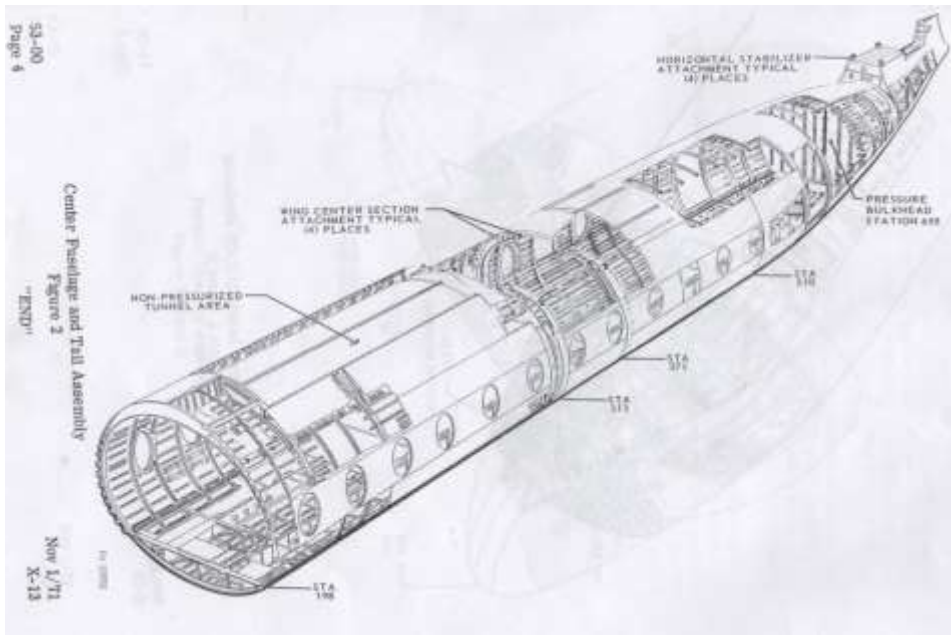
Libros consultados:

Manual de mantenimiento del avión Fairchild.

**ANEXO “A1”:
AVIÓN FAIRCHILD FH-227**



**ANEXO “A2”:
FUSELAJE**



**ANEXO “A3”:
SOPORTES PARA EL FUSELAJE**





ANEXO “B”
ANÁLISIS DE RESULTADOS EN SOFTWARE

Propiedades físicas

Masa	823,588 kg
Área	314237 cm ²
Volumen	823588 cm ³
Centro de gravedad	x=75,04 cm y=106,128 cm z=192,417 cm

Simulation:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	12/02/2012, 17:17
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

Configuración avanzada:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No

Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí
--	----

Material(es)

Nombre	Wood (Pine Brown)	
General	Densidad de masa	0,58 g/cm ³
	Límite de elasticidad	48,0526 MPa
	Resistencia máxima a tracción	95,1245 MPa
Tensión	Módulo de Young	12,2583 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	4,71474 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,0000045 su/c
	Conductividad térmica	0,2 W/(m K)
	Calor específico	1200 J/(kg c)
Nombre(s) de pieza	VIGA LATERAL INFERIOR DERECHA VIGA FRONTAL INFERIOR COLUMNA LATERAL IZQUIERDA COLUMNA LATERAL DERECHA COLUMNA LATERAL INCLINADA COLUMNA LATERAL INCLINADA_MIR VIGA DE SOPORTE LATERAL TABLONCITO REFUERZO LATERAL IZQUIERDO Y DERECHO SOPORTE MEDIO LATERAL VIGA LATERAL INFERIOR DERECHA_MIR COLUMNA LATERAL IZQUIERDA_MIR COLUMNA LATERAL DERECHA_MIR COLUMNA LATERAL INCLINADA_MIR1 COLUMNA LATERAL INCLINADA_MIR_MIR VIGA DE SOPORTE LATERAL_MIR TABLONCITO REFUERZO LATERAL IZQUIERDO Y	

DERECHO_MIR SOPORTE FRONTAL INCLINADO SOPORTE FRONTAL SUPERIOR_MIR SOPORTE FRONTAL INCLINADO_MIR_MIR TABLONCITO REFUERZO LATERAL IZQUIERDO Y DERECHO VIGA CRUZADA INFERIOR VIGA CRUZADA INFERIOR_MIR TABLERO GUIA TABLERO GUIA TABLERO GUIA TABLERO GUIA SOPORTE FRONTAL SUPERIOR_MIR_MIR SOPORTE MEDIO LATERAL_MIR TABLONCITO REFUERZO LATERAL IZQUIERDO Y DERECHO_MIR1 TABLERO DE SOPORTE

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/(m K)
	Calor específico	460 J/(kg c)
Nombre(s) de pieza	PERNO 19 cm PERNO 19 cm TUERCA PERNO 19 cm TUERCA PERNO 19 cm	

PERNO 15 cm
PERNO 15 cm
TUERCA PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO DE 27 cm
PERNO DE 27 cm
TUERCA PERNO 27 cm
TUERCA PERNO 27 cm
PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO 15 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO DE 53 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO DE 53 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 27 cm
PERNO DE 27 cm

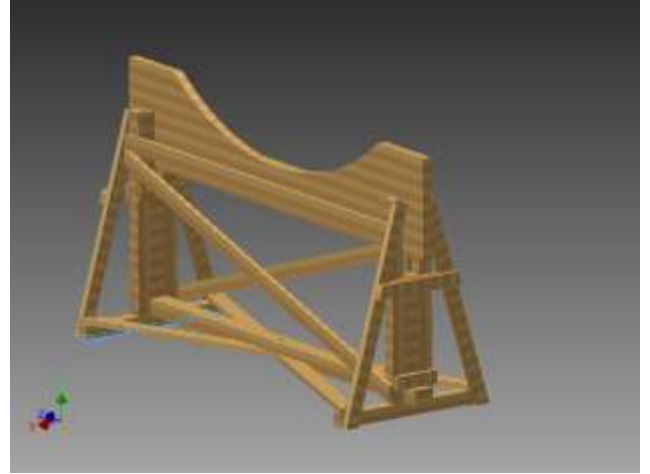
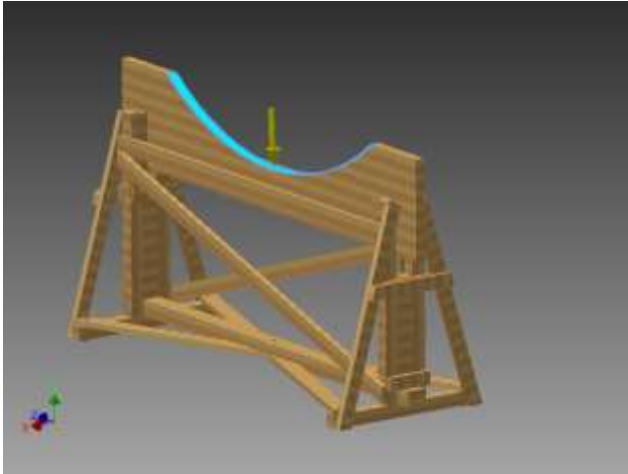
PERNO 15 cm
PERNO 15 cm
TUERCA PERNO 19 cm
TUERCA PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
PERNO 19 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm
PERNO DE 3,5 x 0,79 cm

Condiciones de funcionamiento

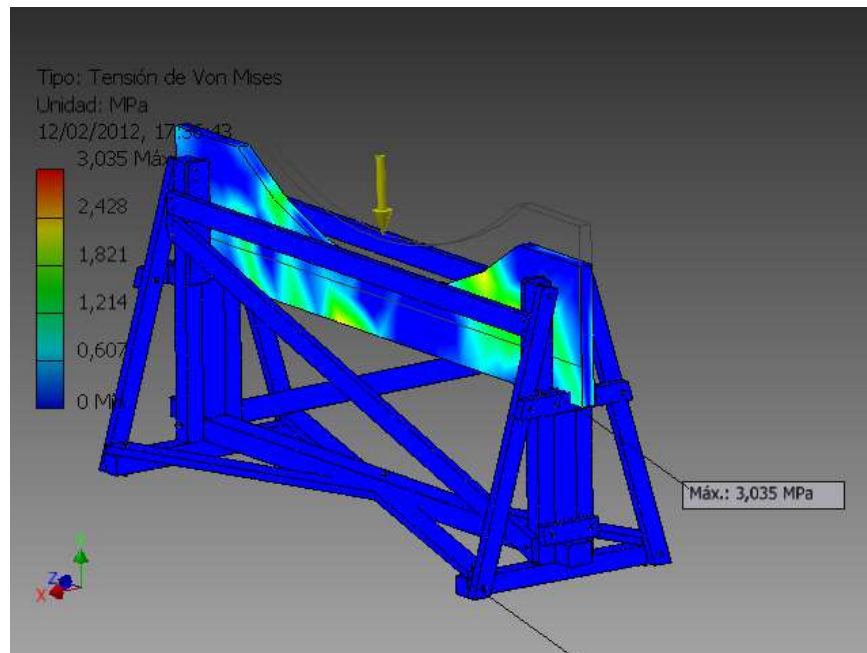
Force:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	117,680 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-117,564 N
Vector Z	-5,212 N

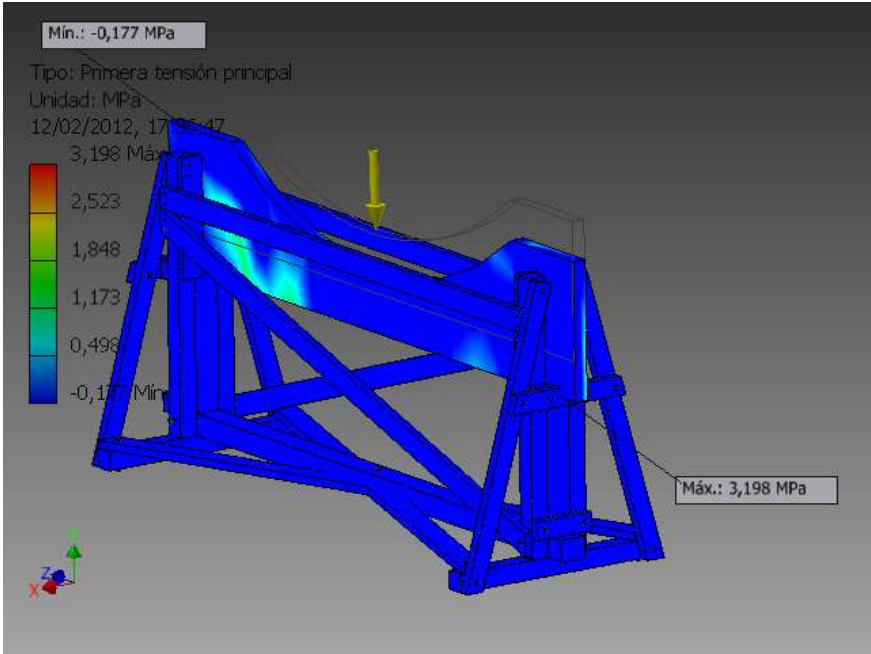
Cara(s) seleccionada(s)



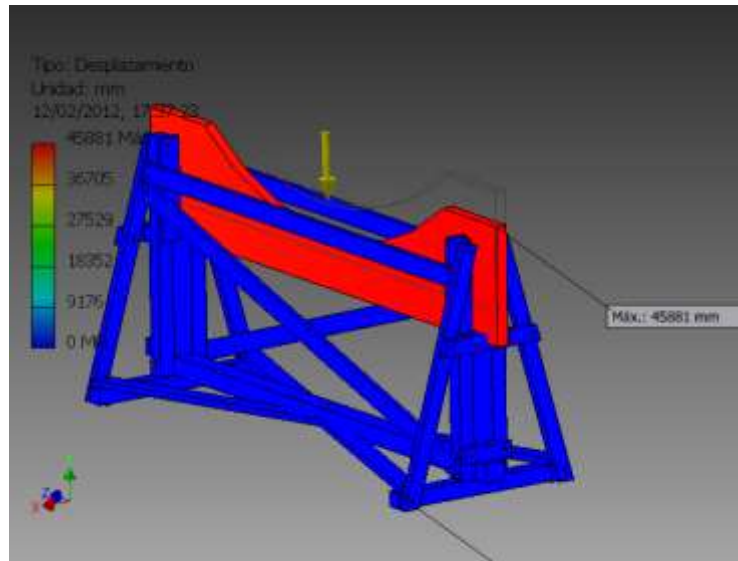
Tensión de Von Mises



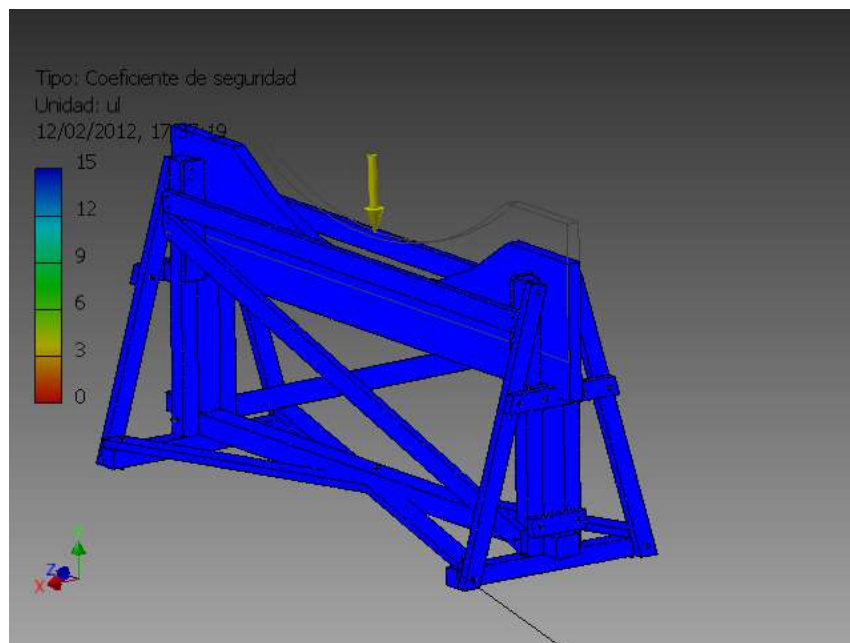
Primera tensión principal



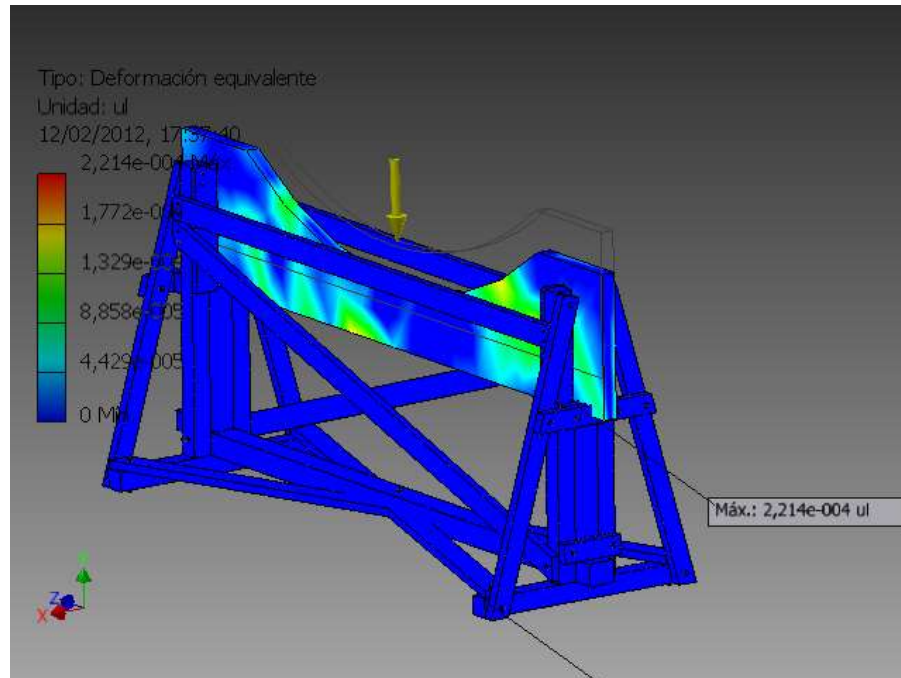
Desplazamiento



Coefficiente de seguridad



Deformación equivalente



ANEXO "C"

SOPORTES DEL FUSEJALE







ANEXO “D”
PLANOS

HOJA DE VIDA



– DATOS PERSONALES

NOMBRE: Edison Andrés Bastidas Mesías
NACIONALIDAD: Ecuatoriano
FECHA DE NACIMIENTO: 2 de Mayo de 1986
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171794808-5
TELEFONOS: 022-691728, 092916794
CORREO ELECTRÓNICO: andres0083@hotmail.com
DIRECCION: Cdla. Ejército S44B Casa Oe3-475, Quito.

– EDUCACIÓN

Superiores: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
Tecnología en Mecánica Aeronáutica-Aviones
2008-2011

Estudios Secundarios: Colegio Militar N° 10 “Abdón Calderón”
Bachiller Técnico en Informática

1998-2004

Estudios Primarios: Escuela Fiscal Mixta “Jesús María Yopez”
1992-1998

Idioma Extranjero: Inglés
The Aeronautical Technological Superior Institute and The
Languages Center

– **EXPERIENCIA LABORAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES**

FUERZA AÉREA ECUATORIANA

- Base Aérea Mariscal Sucre, Quito, prácticas de mantenimiento en avión C-130
- Escuela Superior Militar de Aviación Cosme Renella, Salinas, prácticas de mantenimiento en avioneta Cessna A-150L y avión T-34C-1.

SAEREO

- Prácticas de mantenimiento en aviones Turbo Commander 840, BeechCraft 1900, Embraer 120.

– **REFERENCIAS PERSONALES**

Ing. Santiago Pazmiño.

Telf.: 098247701

Ing. David Pintado

Telf.: 095026493

Ing. Juan Lupero

Telf.: 095414763

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Edison Andrés Bastidas Mesías

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Subs.Téc.Avc.Ing. Hebert Atencio V.

Latacunga, Abril 02 del 2012

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, EDISON ANDRÉS BASTIDAS MESÍAS, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Aviones, en el año 2011, con Cédula de Ciudadanía N° 171794808-5, autor del Trabajo de Graduación "CONSTRUCCIÓN DE LOS SOPORTES POSTERIORES PARA EL FUSELAJE DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 HC-BHD PARA SU TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTES N°11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO", cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Edison Andrés Bastidas Mesías

Latacunga, Abril 02 del 2012