

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL TREN DE
ATERRIJAJE DERECHO DEL AVIÓN FAIRCHILD F-227 CON
MATRICULA HC-BHD PARA SU TRASLADO DEL ALA DE
TRANSPORTE No. 11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”**

POR:

RONALD CARLOS PRADO PRADO

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA CON
MENCION EN MOTORES**

Año 2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. PRADO PRADO RONALD CARLOS, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA CON MENCIÓN EN MOTORES.

Ing. Félix Manjarrés

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

DEDICATORIA

Quiero de dedicar este trabajo a mis queridos padres, por todo lo que me han dado en esta vida, especialmente por sus sabios consejos, su ayuda incondicional, su amor, cariño, ternura, por su incansable apoyo y haberme educado para llegar a ser un hombre leal y respetuoso.

A mi querida familia, por su apoyo, por todo el cariño brindado y consejos que me han ayudado a crecer y a llevar un buen camino, llevando buenos valores.

A ti Dios, el más grande e importante en mi vida, porque me diste la oportunidad de nacer, vivir, además de darme fe, fortaleza, salud y me has ayudado a encontrar la salida en todo momento y problema que se me a presentado.

A mis amigos, quienes fueron y serán parte de mi crecimiento profesional, al vivir muchos momentos inimaginables al acontecer diario de los días entrando en un mundo de locuras y desenfreno obteniendo una experiencia que permanecerá en mí por siempre.

Ronald Carlos Prado P.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios, nuestro creador, por darme las fuerzas necesarias en los instantes en que más las necesité, por guiarme y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.

Agradezco de forma especial al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por proporcionarme esa valiosa información en la carrera que hace de mí sentirme confortable y gustoso de seguir. Además de darme la oportunidad de ser parte de su historia y uno más de sus mejores profesionales

A la Carrera de Mecánica Aeronáutica por el conocimiento adquirido durante mi estancia dentro de sus aulas, gracias también a cada uno de mis profesores, quienes han dejado en mí todos esos conocimientos impartidos desde que comencé mi carrera de estudio.

A mi director de trabajo de graduación Ing. Félix Manjarrés por el tiempo y la paciencia que me brindó a lo largo de este trabajo de graduación, por los conocimientos impartidos para que la realización de este trabajo sea óptimo y eficaz.

Por último a mis padres, hermanos y a todos aquellos amigos que me alentaron con su afecto y comprensión.

Ronald Carlos Prado P.

Índice

CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	1
SUMMARY	2
CAPITULO I	
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4. ALCANCE	5
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Generalidades del avión Fairchild Hiller FH-227	6
2.1.1. Especificaciones técnicas de Fairchild Hiller FH-227	7
2.1.2. Tren de aterrizaje-General	8
2.1.2.1.Partes del tren de aterrizaje principal.	9
2.1.2.2. Tren de aterrizaje principal	11
2.2. Definiciones científicas	12
2.2.1. Fuerza	12
2.2.2. Masa.....	12
2.2.3. Fuerza Axial.	12
2.2.4. Fuerza cortante	12

2.2.5. Gravedad.....	13
2.2.6. Centro de gravedad.....	13
2.2.7. Momento flector (m)	14
2.2.8. Inercia.....	15
2.2.9. Cargas.....	15
2.2.10. Áreas.....	16
2.2.11. Diseño Mecánico	17
2.2.12. Esfuerzo	17
2.2.13. Tipos de esfuerzos	18
2.2.14. Deformación	21
2.2.15. Diagrama esfuerzo – deformación	21
2.2.16. Desplazamiento.....	23
2.2.17. Teorías de falla.....	24
2.2.18. Factor de seguridad.....	30
2.2.19. Características de los metales y no metales	32
2.2.20. Propiedades mecánicas de los aceros estructurales.....	32
2.2.21. Diseño asistido por computadora	34
2.2.22. Perfiles estructurales	41
2.2.23. Estructuras metálica	43
2.2.24. El acero estructural	45
2.3. Normas de seguridad	46
2.3.1. Talleres mecánicos y riesgos de accidentes	46
2.3.2. Máquinas y herramientas que se utilizan comúnmente en los talleres mecánicos	47
2.3.3. Seguridad en la Soldadura de Arco.....	47
2.4. Soldadura	52
2.5. Pintado	59
2.6. Ensamble mecánico	60
2.6.1. Sujeción mecánica	60
2.6.2. Preparación del orificio	61
2.6.3. Sujetadores roscados.....	61

2.6.4. Sujetadores sin rosca	63
2.6.5. Diseño para sujeción mecánica.....	64

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA	65
3.1. Alternativas.....	65
3.2. Evaluación de las alternativas a seleccionar	66
3.2.1. Tiempo	67
3.2.2. Seguridad	67
3.2.3. Construcción	67
3.2.4. Costos	68
3.3. Análisis de la estructura seleccionada	69
3.3.1. Informe de análisis de tensión.....	76
3.3.2. Cálculos aplicados en la estructura.....	79
3.4. Proceso de construcción	82
3.5. Diagramas del proceso de construcción.....	89
3.5.1. Proceso de construcción de la base del soporte.....	90
3.5.2. Proceso de construcción de las columnas del soporte.....	90
3.5.3. Proceso de construcción de los apoyos de sujeción	91
3.5.4. Proceso de ensamblaje de la estructura	92
3.6. Pruebas de evaluación	95
3.7. Manuales.....	96

CAPÍTULO IV

4. PRESUPUESTO	106
4.1. Presupuesto	106
4.1.1. Costos primarios	106
4.1.2. Costos secundarios	107
4.1.3. Costo total	108

CAPÍTULO V	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
5.1. Conclusiones.....	109
5.2. Recomendaciones.....	110
GLOSARIO.....	111
BIBLIOGRAFÍA	112
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Avión Fairchild Hiller 227.....	6
Figura 2.2. Tren de aterrizaje principal.....	11
Figura 2.3. Fuerza cortante.....	13
Figura 2.4. Centro de gravedad.....	14
Figura 2.5. Fuerzas externas en una sección.....	14
Figura 2.6. Esfuerzo Compresión.....	18
Figura 2.7. Esfuerzo de flexión.....	19
Figura 2.8. Esfuerzo de tracción.....	19
Figura 2.9. Esfuerzo de torsión.....	20
Figura 2.10. Esfuerzo cortante.....	20
Figura 2.11. Diagrama esfuerzo- deformación.....	23
Figura 2.12. Modelado.....	37
Figura 2.13. Exhibición.....	38
Figura 2.14. Planos.....	39
Figura 2.15. Perfiles laminados de acero 1.....	42
Figura 2.16. Perfiles laminados de acero 2.....	42
Figura 2.17. Perfiles doblados al frio.....	43
Figura2.18 Equipo de protección personal para soldar.....	48
Figura 2.19. Guantes de cuero para soldar.....	49
Figura 2.20. Protectores de oído.....	49
Figura 2.21. Protector de cara para soldar.....	50
Figura 2.22. Soldadura por arco eléctrico.....	52
Figura 2.23. Arco eléctrico.....	53
Figura 2.24. Partes del circuito de soldadura.....	54
Figura 2.25. Movimiento del electrodo.....	57
Figura 2.26. Tipos de uniones.....	58
Figura 2.27. Sujetadores roscados.....	62
Figura 2.28. Perno de cabeza cuadrada para maquina.....	62
Figura 2.29. Esparrago-rosca basta.....	63

Figura 3.1 Soporte de madera.....	65
Figura 3.2 Soporte de acero.....	66
Figura 3.3. Cara seleccionada 1.....	71
Figura 3.4. Cara seleccionada 2.....	72
Figura 3.5. Cara seleccionada 3.....	73
Figura 3.6 Restricción fija	74
Figura 3.7 Tensión de von Mises	77
Figura 3.8. Desplazamiento.....	77
Figura 3.9. Coeficiente de seguridad.....	78
Figura 3.10. Deformación equivalente.....	78
Figura 3.11 Presión de contacto Y.....	79
Figura 3.12. Diagrama de cuerpo libre.....	79
Figura 3.13 Diagrama de dirección de las fuerzas.....	80
Figura 3.14. Diagrama de momento.....	80
Figura 3.15. Trazo en un perfil cuadrado.....	83
Figura 3.16. Una de las columnas del soporte soldada.....	84
Figura 3.17. Puntos de apoyo del soporte.....	85
Figura 3.18. Punto de apoyo del soporte.....	85
Figura 3.19. Soporte.....	86
Figura 3.20. Caucho tipo moqueta gris.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especificaciones del avión Fairchild FH-227.....	7
Tabla 2.2. Dimensiones avión Fairchild FH-227.....	8
Tabla 2.3. Pesos avión Fairchild FH: 227.....	8
Tabla 2.4. Acero estructural de alta y media resistencia.....	45
Tabla 2.5. Sistema de etiquetado de un electrodo.....	62
Tabla 3.1. Matriz de ponderación.....	75

Tabla 3.2. Propiedades físicas.....	76
Tabla 3.3. Materiales.....	77
Tabla 3.4. Fuerza 1.....	78
Tabla 3.5. Fuerza 2.....	79
Tabla 3.6. Fuerza 3.....	80
Tabla 3.7. Fuerza y pares de reacción en restricciones.....	81
Tabla 3.8. Resumen de resultados.....	82
Tabla 3.9. Medición del perfil cuadrado estructural.....	90
Tabla 3.10. Herramientas empleadas.....	94
Tabla 3.11. Máquinas empleadas.....	95
Tabla 3.12. Simbología.....	96
Tabla 3.13. Proceso de construcción.....	100
Tabla 3.14. Pruebas realizadas.....	102
Tabla 4.1. Costos del material.....	103
Tabla 4.2. Gastos secundarios.....	104
Tabla 4.3. Costo total.....	105

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 tren de aterrizaje derecho del avión Fairchild FH-227 con la matrícula HC-BHD.

Antes de construir el soporte para el tren de aterrizaje se modeló a computador con el programa autodesk Inventor, para posteriormente realizarse el mismo.

Para la elaboración del soporte para el tren de aterrizaje 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 tren de aterrizaje, a la vez que el montaje en él se lo puede realizar de manera sencilla y segura.

Concluida la realización del soporte para el tren de aterrizaje, 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 para el tren de aterrizaje 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 right landing gear of the airplane Fairchild FH-227 with the registration HC-BHD.

Before building the landing gear 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 landing gear 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 landing gear, at the same time that the assembly in him can carry out it in a simple and sure way.

After the completion of support for the landing gear were conducted performance tests in order to verify compliance with the objectives of construction. Where we could verify who was in optimal conditions for their work.

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

CAPÍTULO I

“CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL TREN DE ATERRIZAJE DERRECHO DEL AVIÓN FAIRCHILD F-227 CON MATRICULA HC-BHD PARA SU TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE No. 11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”

1.1. Antecedentes

Como centro de desarrollo en aviación el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ubicado en la ciudad de Latacunga – Provincia de Cotopaxi, ofrece carreras técnicas innovadoras tales como: Mecánica Aeronáutica mención motores y aviones, Electrónica, Logística y Transporte, Telemática, Seguridad Aérea y Terrestre. 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.

En la actualidad el Instituto cuenta con talleres y laboratorios totalmente equipados para proporcionar a los alumnos un amplio y correcto aprendizaje, con los avances que tiene la aviación se les presenta algunas dificultades como la falta de materiales para poner en práctica y reforzar sus conocimientos, herramientas con los que el estudiante pueda entrar en la materia para que tenga un entendimiento más claro y concreto. 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 sistema de soporte para el tren de aterrizaje, 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.

1.2. Justificación e importancia

En una situación, como la actual en la que el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO tiene como visión, ser el mejor en 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.

Lo que se presenta dar a conocer con este proyecto; es la de aplicar una de las tantas alternativas que tiene el trabajo directamente practico en los trenes de aterrizaje y que permitan adquirir, mejorar y fortalecer el nivel de conocimiento que poseen los estudiantes. Con el fin de beneficiar al ITSA y a las personas que lo conforman.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Construir un soporte para el tren de aterrizaje derecho del avión Fairchild FH-227 para el bloque 42, para el desarrollo académico de los estudiantes de mecánica aeronáutica del ITSA.

1.3.2. Objetivos específicos:

- ❖ Recopilar la información necesaria para la fundamentación del proyecto
- ❖ Establecer las alternativas de solución al problema planteado
- ❖ Analizar las alternativas planteadas de soportes para el tren de aterrizaje
- ❖ Seleccionar y calcular una alternativa adecuada para el soporte del tren de aterrizaje
- ❖ Construir el soporte seleccionado
- ❖ Realizar pruebas y evaluación de funcionamiento al soporte

1.4. Alcance:

El presente trabajo tiene como propósito la selección y construcción de un soporte para el tren de aterrizaje derecho del avión Fairchild FH-227, el cual permita soportar el peso y movilidad del tren de aterrizaje cuando este sea desmontado del avión, proporcionando beneficios y motivando a practicar el montaje y desmontaje de neumáticos, 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.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Generalidades del avión FAIRCHILD F-227

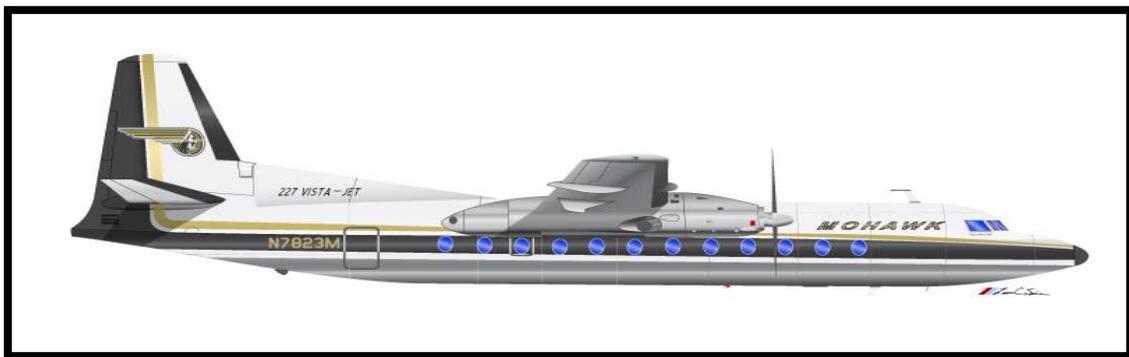


Figura 2.1. Avión Fairchild Hiller 227

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

En 1964 Fairchild se fusiona con la fabrica Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienza los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo del Fokker F.27 y su planta motriz Rolls-Roys Dart. Se cambia la denominación de los aviones producidos, que en el futuro llamaran FH-227. Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando un plug delante de las alas que aumenta su longitud en 1.98 m adicionales. Esto permite pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F.27 a 52 en los FH-227. Exteriormente, los aviones eran también

reconocibles no solo por su mayor longitud, sino que ahora llevaba doce ventanillas ovales por lado, comparado 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

Tabla 2.1. Especificaciones del avión Fairchild FH-227

Tipo	Avión comercial y de transporte
Fabricante	 Fairchild Hiller
Primer vuelo	27 de enero de 1966
Estado	1 de julio de 1966 (mohawk)
Usuarios principales	 Fuerza Aérea Uruguaya
	 Aces Colombia
	 Marina Peruana
Producción	78
N.º construidos	78 modelos FH-227

Fuente: wiki pedía

Elaborado por: Investigador

Tabla 2.2. Dimensiones avión Fairchild FH-227

Longitud	25,50 m
Envergadura alar	29 m
Altura	8,41 m

Fuente: wiki pedía

Elaborado por: Investigador

Tabla 2.3. Pesos avión Fairchild FH: 227

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.)

Fuente: wiki pedía

Elaborado por: investigador

- **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 (Paso Crucero) 28° y Feathered (Bandera) con 83°.

2.1.2. Tren de aterrizaje- General

El sistema tren de aterrizaje del avión Fairchild F-227 es retráctil, tipo triciclo que consiste en 2 trenes principales con dobles ruedas y un orientable tren de nariz con una simple rueda. La energía suministrada para la retracción y la extensión del tren principal, tren de nariz y las puertas suspendidas es normalmente suministrada por el sistema neumático.

La mayoría de los componentes usados en la regulación y control de la presión en el sistema neumático son montados sobre un panel neumático localizado en el compartimiento neumático a la izquierda del compartimiento de vuelo a la puerta de entrada.

2.1.2.1. Partes del tren de aterrizaje principal.

Elementos del tren principal:

- ❖ Ruedas
- ❖ Compuertas
- ❖ Frenos
- ❖ Montaje amortiguador
- ❖ Herrajes de fijación
- ❖ Articulaciones de torsión

Ruedas

Las ruedas junto al tren de aterrizaje de una aeronave son las encargadas de soportar el peso de toda la estructura del avión, las ruedas están compuestas por un conjunto de frenos y neumáticos. Las llantas o gomas de las ruedas están fabricadas de materiales que soportan elevadas fuerzas de fricción de que ocurren al momento del aterrizaje y además en su interior están infladas por un gas seco llamado nitrógeno.

Compuertas

Los aviones con tren de aterrizaje retráctil están provistos de una serie de compuertas que se extienden y se cierran cuando el avión se encuentra en fase de vuelo con el tren recogido.

Frenos

Normalmente están instalados en el tren de aterrizaje principal. Están provistos de unidades de freno multidisco, que consta de elementos de fricción fijos y giratorios, accionados por émbolos y que vuelven a su posición normal por muelles de retracción.

Montante amortiguador

Este tiene la función de transformar la energía cinética de descenso en incremento de presión de un líquido y un gas que se encuentra dentro de este (en el momento que el avión aterriza).

Este montante amortiguador está constituido por un cilindro que en su parte superior va tomado a la estructura del avión y por su parte inferior posee un pistón hueco que a su vez en su interior se desplaza otro pistón. En la parte superior del pistón hueco existen dos válvulas que permiten el pasaje de cierta cantidad de líquido.

Herrajes de fijación

Los herrajes de fijación son los elementos que tienen la función de mantener al tren de aterrizaje en una posición fija evitando que este se retraiga o extienda durante alguna maniobra que se encuentre realizando ya sea en tierra o en vuelo.

Estos herrajes son la seguridad del tren para evitar de modo que es de gran importancia que se realice una inspección verificando el estado y de ser necesario su mantenimiento hacerlo inmediato.

Articulaciones de torsión

Las articulaciones del tren principal son las encargadas de transmitir las fuerzas que recibe la estructura de la aeronave al momento del impacto con tierra, estas articulaciones se encuentran ubicadas entre el montante amortiguador y el larguero posterior del ala.

2.1.2.2. Tren de aterrizaje principal

El tren de aterrizaje principal durante el aterrizaje debe absorber la energía cinética producida por el impacto. La cubierta es el primer elemento que absorbe tal impacto, pero no es suficiente; así el tren de aterrizaje debe poseer un sistema de amortiguación para poder disminuir el impacto.

La presión neumática es usada para el tren de aterrizaje para su retracción y extensión, orientando la rueda de nariz y frenando el tren principal.

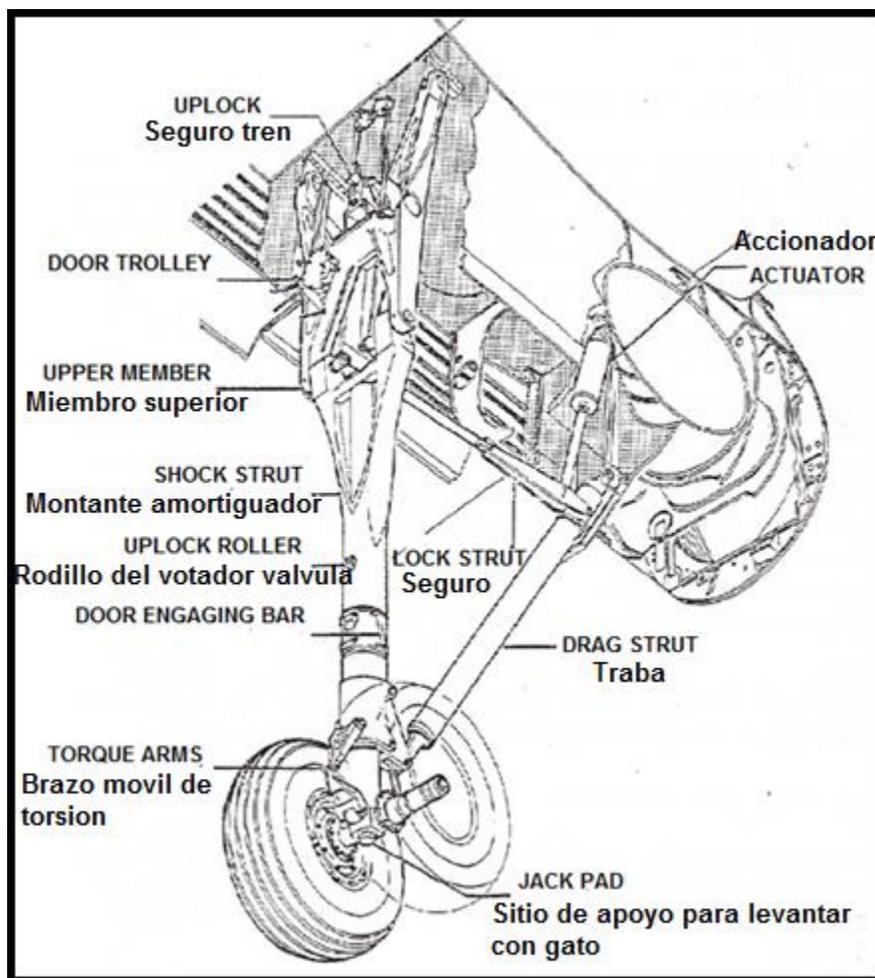


Figura 2.2. Tren de aterrizaje principal

Fuente: Manual de Mantenimiento del F-227

2.2. Definiciones científicas

2.2.1. Fuerza:

La fuerza es una [magnitud física](#) de carácter [vectorial](#) capaz de deformar los cuerpos (efecto estático), modificar su velocidad o vencer su inercia y ponerlos en movimiento si estaban inmóviles (efecto dinámico). En este sentido la fuerza puede definirse como toda acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo (imprimiéndole una [aceleración](#) que modifica el [módulo](#) o la [dirección](#) de su [velocidad](#)) o bien de [deformarlo](#).

En el Sistema Internacional de unidades, la fuerza se mide en newton: 1 newton (N) es la fuerza que proporciona a un objeto de 1 kg de masa una aceleración de 1 m/s².

2.2.2. Masa:

La masa es la magnitud que cuantifica la cantidad de materia de un cuerpo. La unidad de masa, en el Sistema Internacional de Unidades es el kilogramo (kg). No debe confundirse con el peso, que es una fuerza.

2.2.3. Fuerza Axial

Se produce cuando la disposición de las fuerzas externas no es totalmente perpendicular al eje de la viga, existiendo componentes de ellas a lo largo del eje. Cuando aparece esta fuerza junto con la flexión, se genera un esfuerzo combinado de flexión con esfuerzo axial

2.2.4. Fuerza cortante

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.

La fuerza cortante es positiva cuando la parte situada a la izquierda de la sección tiende a subir con respecto a la parte derecha.

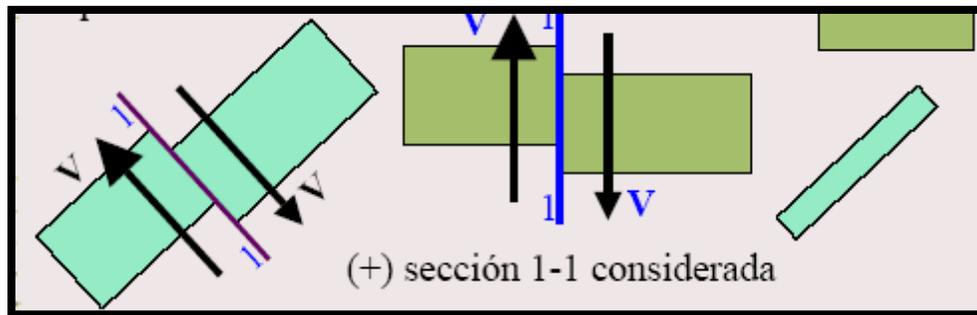


Figura 2.3. Fuerza cortante

Fuente: <http://www.rincondelvago.com/fuerza-estructural.html>

2.2.5. Gravedad

La **gravedad** es una **fuerza física** que la **Tierra** ejerce sobre todos los **cuerpos** hacia su centro. También se trata de la fuerza de atracción de los cuerpos en razón de su **masa** por la cual solamente podemos ver a la gravedad en la acción cuando al menos uno de los objetos es muy grande.

En la superficie de la Tierra, la aceleración de la gravedad es aproximadamente $9,81 \text{ m/s}^2$.

2.2.6. Centro de gravedad

El centro de gravedad es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones 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.

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.

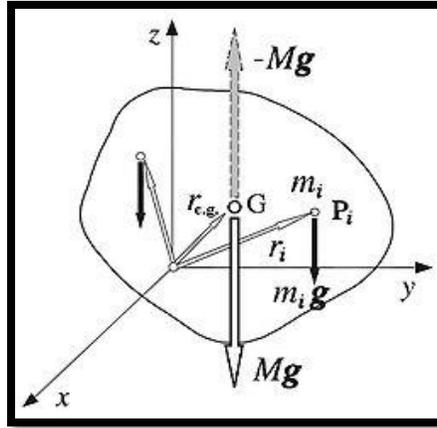


Figura 2.4. Centro de gravedad

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Molf2003_Centro_de_gravedad.jpg

2.2.7. 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 sección.

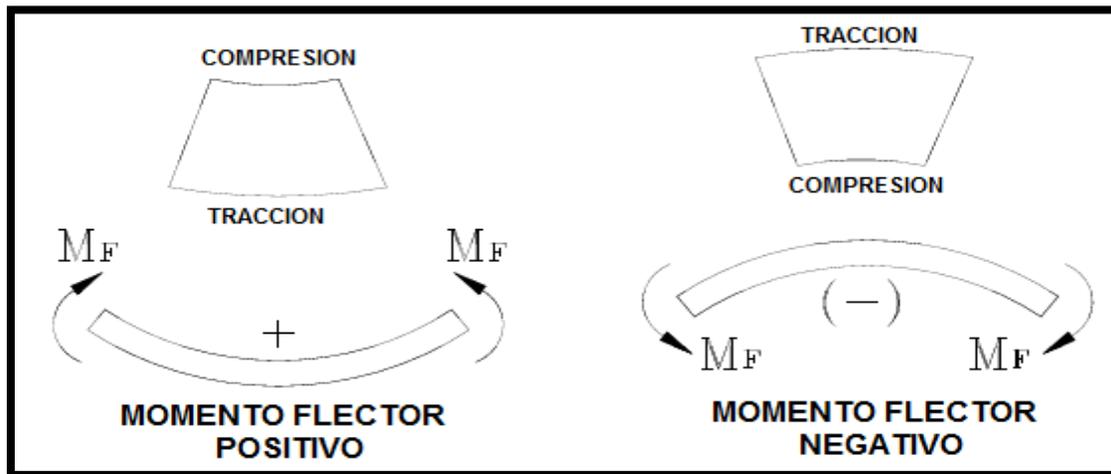


Figura 2.5. Fuerzas externas en una sección

Fuente: Gonzales. Pdf

2.2.8. Inercia

Inercia, propiedad de la materia que hace que ésta se resista a cualquier cambio en su movimiento, ya sea de dirección o de velocidad.

Cualquier cuerpo que gira alrededor de un eje presenta inercia a la rotación, es decir, una resistencia a cambiar su velocidad de rotación y la dirección de su eje de giro. La inercia de un objeto a la rotación está determinada por su momento de inercia. La inercia de un objeto a la translación está determinada por su masa.

2.2.9. Cargas

Es la fuerza exterior que actúa sobre un cuerpo.

Consecuencias:

- ❖ **Resistencia.** Es cuando la carga actúa y produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza aun cuando haya deformación.
- ❖ **Rigidez.** Es cuando la carga actúa y NO produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza sin deformarse.

Tipos de carga:

- ❖ **Carga estática:** Se aplica gradualmente desde un valor inicial cero hasta su máximo valor.
- ❖ **Carga dinámica:** Se aplica a una velocidad determinada. Pueden ser: **Carga súbita**, cuando el valor máximo se aplica instantáneamente; **Carga de choque libre**, cuando está producida por la caída de un cuerpo sobre un elemento resistente y **Carga de choque**

forzado, cuando una fuerza obliga a dos masas que han colisionado a seguir deformándose después del choque.

- ❖ **Carga muerta:** Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Estas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella. Para diseñar una estructura es necesario estimar los pesos o cargas muertas de sus componentes.
- ❖ **Carga viva:** Las cargas vivas son aquellas q se pueden cambiar de lugar y magnitud. Las cargas que se mueven bajo su propio impulso como camiones, gente, grúas, etcétera, se denominan cargas móviles. Otras cargas vivas son aquellas causadas al construir, viento, lluvia, sismo, voladuras, suelos y cambios de temperatura.

2.2.10. Áreas

Generalidades

El área total de un miembro, A_t , es el área completa de su sección transversal, y las áreas netas, A_n , y neta efectiva, A_e , son las que se obtienen al hacer las deducciones que se especifican más adelante. El área total A_t es igual a la suma de los productos del grueso por el ancho de todos los elementos que componen la sección, medidos en un plano perpendicular al eje del miembro.

Áreas netas: La presencia de un agujero en un miembro sujeto a tensión incrementa los esfuerzos, aun si el agujero está ocupado por un tornillo. (Cuando se usan tornillos de alta resistencia puede haber algún desacuerdo respecto a esto, bajo ciertas circunstancias.) Se tiene menos área de acero sobre la que se puede distribuirse la carga y habrá concentración esfuerzos a lo largo del borde de agujero. La tensión se supone uniformemente distribuida sobre la sección neta del miembro,

aunque estudios de fotoelasticidad demuestran que existen un incremento en la intensidad del esfuerzo alrededor de los bordes de los agujeros, que en ocasiones pueden alcanzar varias veces el valor del esfuerzo que se tendría si los huecos estuvieran presentes.

El término de área neta de la sección transversal o simplemente área neta se refiere al área bruta de la sección transversal menos las de las ranuras, muescas y agujeros. Al considerar el área de estos por lo general es necesario restar un área una poca mayor q la nominal del agujero.

Áreas netas efectivas: Si un miembro que no sea una barra o una placa plana se somete a tensión axial hasta que ocurre la falla en una sección neta, el esfuerzo real de falla a tensión probablemente será menor que el obtenido en una probeta, a menos que las diversas partes que conforman la sección estén conectadas de manera que el esfuerzo se transmita uniformemente a través de la sección.

Si las fuerzas no son transferidas uniformemente a través de la sección transversal de un miembro, habrá una región de transición de esfuerzo no uniforme que irá a la conexión al miembro a lo largo de cierta distancia.

2.2.11. Diseño Mecánico

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.

2.2.12. Esfuerzo

Las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área; justamente se denomina *esfuerzo* a la fuerza por

unidad de área, la cual se denota con la letra griega sigma (σ) y es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

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

Donde:

- ❖ P ≡ Fuerza axial;
- ❖ A ≡ Área de la sección transversal.

El esfuerzo utiliza unidades de fuerza sobre unidades de área, en el sistema internacional (*SI*) la fuerza es en Newton (*N*) y el área en metros cuadrados (*m*²), el esfuerzo se expresa por N/m² o pascal (*Pa*)

2.2.13. Tipos de esfuerzos

Esfuerzo de compresión

La compresión es una fuerza que prensa, esto tiende a causar una reducción de volumen.

- ❖ Si el material es rígido la deformación será mínima, siempre q la fuerza no supere sus límites; si esto pasa el material se doblaría y sobre él se produciría un esfuerzo de flexión.
- ❖ Si el material es plástico se produciría una deformación en la que los laterales se deformarían hacia los lados.

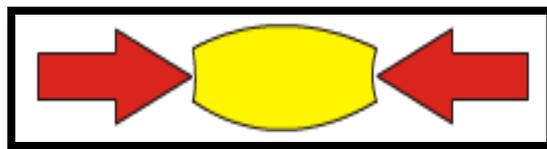


Figura 2.6. Esfuerzo de compresión

Fuente: http://www.iesbahia.es/Tecnologia/estructura/Tipos_de_estructura

Esfuerzo de flexión

La flexión es una fuerza en la que actúan simultáneamente fuerzas de tensión y compresión; por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime.

Si estas fuerzas no superan los límites de flexibilidad y compresión de del material este solo se deforma, si las supera su produce la ruptura del material.

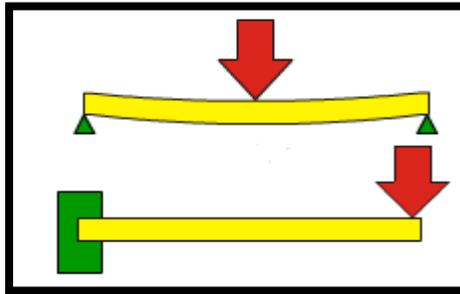


Figura 2.7. Esfuerzo de flexión

Fuente: http://www.iesbahia.es/Tecnologia/estructura/Tipos_de_estructura

Esfuerzo de tracción

La tracción o tensión es una fuerza que tira; por ejemplo, la fuerza que actúa sobre un cable que sostiene un peso. Cuando un material está sometido a tensión suele estirarse, y recupera su longitud original (deformación elástica), si esta fuerza no supera el límite elástico del material. Bajo tensiones mayores, el material no vuelve completamente a su situación original (deformación plástica), y cuando la fuerza es aún mayor, se produce la ruptura del material.



Figura 2.8. Esfuerzo de tracción

Fuente: http://www.iesbahia.es/Tecnologia/estructura/Tipos_de_estructura

Esfuerzo de torsión

La torsión es una fuerza que dobla el material, esto se produce cuando el material es girado hacia lados contrarios desde sus extremos. En este tipo de fuerza también actúan simultáneamente tensión y compresión.

Si no se superan sus límites de flexión este se deformara en forma de espiral, si se superan el material sufrirá un ruptura.

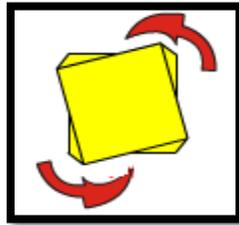


Figura 2.9. Esfuerzo de torsión

Fuente: http://www.iesbahia.es/Tecnologia/estructura/Tipos_de_estructura

Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante (o de cizallamiento), a diferencia del axial, es producido por fuerzas q que actúan paralelamente al plano que las resiste, mientras que los de tensión o de compresión lo son por fuerzas normales a plano sobre el que actúan. El esfuerzo cortante puede denominarse esfuerzo tangencial.

Aparecen esfuerzos cortantes siempre que las fuerzas aplicadas obliguen a que una sección del sólido tienda a deslizarse sobre la sección adyacente.

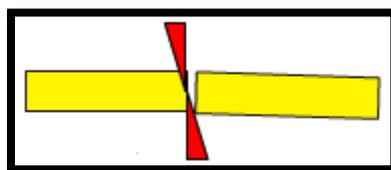


Figura 2.10. Esfuerzo cortante

Fuente: http://www.iesbahia.es/Tecnologia/estructura/Tipos_de_estructura

2.2.14. Deformación

La resistencia del material no es el único parámetro que debe utilizarse al diseñar o analizar una estructura; controlar las deformaciones para que la estructura cumpla con el propósito para el cual se diseñó tiene la misma o mayor importancia. El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas.

Una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial; se puede observar que bajo la misma carga pero con una longitud mayor este aumento o alargamiento se incrementará también. Por ello definir la *deformación* (ϵ) como el cociente entre el alargamiento δ y la longitud inicial L , indica que sobre la barra la deformación es la misma porque si aumenta L también aumentaría δ . Matemáticamente la deformación sería:

$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

2.2.15. Diagrama esfuerzo – deformación

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y rigidez del material estructural, estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido. Estos valores permiten determinar el esfuerzo y la deformación que al graficar originan el denominado diagrama de esfuerzo y deformación.

Los diagramas son similares si se trata del mismo material y de manera general permite agrupar los materiales dentro de dos categorías con propiedades afines que se denominan materiales *dúctiles* y materiales *frágiles*. Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la rotura, mientras que los frágiles presentan un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura.

Si una pieza de acero estructural dúctil se somete a una fuerza de tensión, esta comenzara a alargarse. Si se incrementa la fuerza a razón constante, la magnitud del alargamiento aumentara constantemente dentro de ciertos límites. En otras palabras, el alargamiento se duplicara cuando el esfuerzo pase de 6000 a 12000 psi. Cuando el esfuerzo de tensión alcance un valor aproximadamente igual a un medio de la resistencia ultima del acero, el alargamiento comenzara a aumentar más y rápidamente sin un incremento correspondiente del esfuerzo.

El mayor esfuerzo para el que todavía es válida la ley de Hooke o el punto más alto de la porción recta del diagrama esfuerzo- deformación se denomina limite proporcional. El mayor esfuerzo que un material puede resistir sin deformarse permanentemente se llama limite elástico. Este valor rara vez se mide y para la mayoría de los materiales estructurales, incluido el acero, es sinónimo del límite de proporcional. Por esta razón se usa a veces el termino limite de proporcional elástico.

El esfuerzo en el que se presenta un incremento brusco en el alargamiento o deformación sin un incremento en el esfuerzo, se denomina esfuerzo de fluencia; corresponde al primer punto del diagrama esfuerzo- deformación para el cual la tangente a la curva es horizontal.

El esfuerzo de fluencia es para el proyectista la propiedad más importante del acero, ya que muchos procedimientos de diseño se basan en este valor. Más allá del esfuerzo de fluencia hay un intervalo en el que ocurre un incremento considerable de la deformación sin incremento del esfuerzo. La deformación que se presenta

antes del esfuerzo de fluencia, sin incremento de esfuerzo, se denomina deformación plástica. Esta última deformación es generalmente igual en magnitud a 10 o 15 veces de la deformación elástica.

Después de la región plástica se tiene una zona llamada endurecimiento por deformación en la que se requieren esfuerzos adicionales para producir deformaciones mayores.

La forma del diagrama varía con la velocidad de carga, el tipo de acero y con la temperatura.

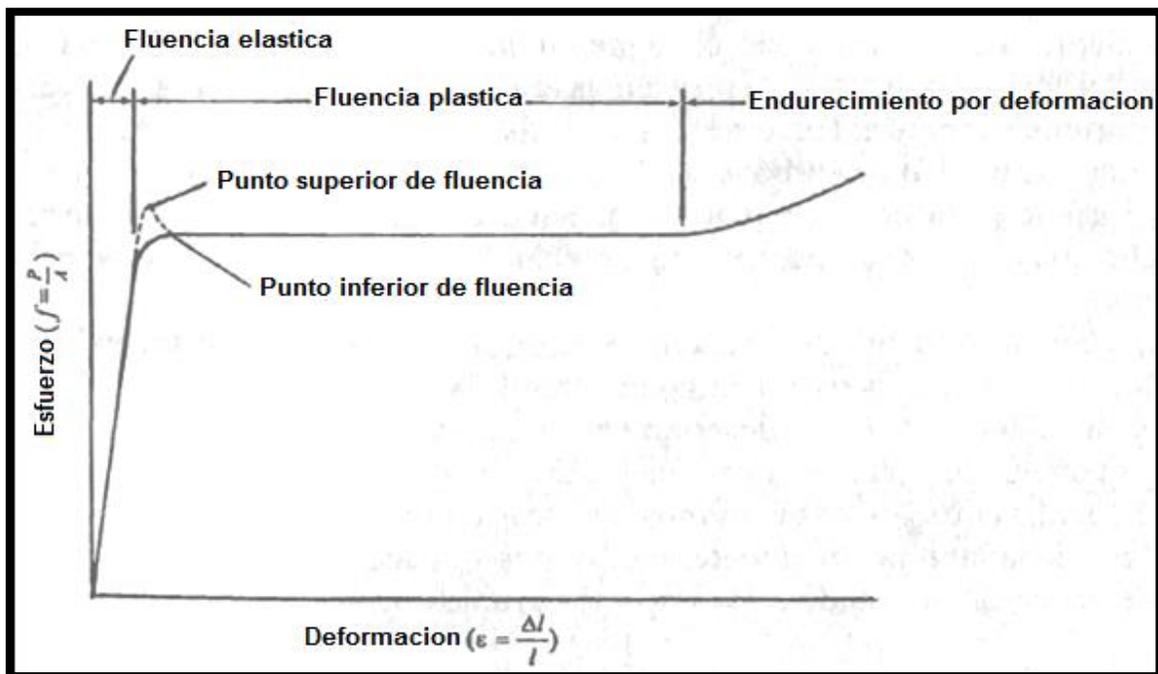


Figura 2.11. Diagrama esfuerzo- deformación característico de un acero estructural con bajo contenido de carbono.

Fuente: Diseño de estructura de acero de McCormac

2.2.16. Desplazamiento

En la mecánica del punto material, se entiende por desplazamiento el vector o segmento recto orientado que une la posición inicial con otro punto genérico de la [trayectoria](#).

Este uso del vector desplazamiento permite describir en forma completa el movimiento y el camino de una partícula.

En [mecánica de medios continuos](#) se entiende por desplazamiento el vector que va desde la posición inicial (antes de la deformación) a la final (después de la deformación) de un mismo punto material del medio continuo.

2.2.17. Teorías de falla

Se conocen como teorías de fallo/a o criterios de fallo/a a los criterios usados para determinar los esfuerzos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. Se utilizan diversas formulaciones, dependiendo del tipo de material que se utiliza.

❖ Materiales dúctiles

Comparación de las superficies de fluencia para el criterio de Von Mises en usando las tensiones principales como coordenadas. Se considera materiales dúctiles a aquellos que pueden deformarse considerablemente antes de llegar a rotura. Para este tipo de materiales existen dos teorías, la teoría de la máxima tensión cortante y la teoría de la máxima energía de distorsión.

Teoría de la máxima energía de distorsión (Criterio de Von Mises)

Este criterio puede considerarse un refinamiento del criterio de Tresca. El criterio de la máxima energía de distorsión fue formulado primeramente por Maxwell en 1865 y más tarde también mencionado por Huber (1904). Sin embargo, fue con el trabajo de Richard Edler von Mises (1913) que el criterio alcanzó notoriedad, a veces se conoce a esta teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises. La expresión propuesta por Von Mises y H. Hencky, de acuerdo con este criterio una pieza resistente o elemento estructural falla cuando en alguno de sus puntos la energía de distorsión por unidad de volumen rebasa un cierto umbral:

En términos de tensiones este criterio puede escribirse sencillamente en términos de la llamada tensión de von Mises como:

Donde:

Son las tensiones principales de en el punto considerado.

❖ Materiales frágiles

Se dice que un material es frágil cuando es muy poca la deformación que presentan antes de romperse.

Teoría de falla de Von Mises (Tensión de Von Mises)

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la [energía de distorsión](#). En [ingeniería estructural](#) se usa en el contexto de las [teorías de fallo](#) como indicador de un buen diseño para materiales [dúctiles](#).

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las [tensiones principales](#) del [tensor tensión](#) en un punto de un [sólido deformable](#), mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Siendo $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, las [tensiones principales](#), y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

$$E_{def,dist} = \frac{1}{6G} \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]$$

La tensión de Von Mises y el [criterio de fallo elástico](#) asociado debe su nombre a [Richard Edler von Mises \(1913\)](#) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor.

Formulación matemática

La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la [energía de deformación elástica](#) de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión particularmente simple en función de las [tensiones principales](#), por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva.

Igualmente la [superficie de fluencia](#) de un material que falla de acuerdo con la [teoría de fallo](#) elástico de Von Mises puede escribirse como el lugar geométrico de los puntos donde la tensión de Von Mises como función de las tensiones principales supera cierto valor.

Matemáticamente esta ecuación puede expresarse aún como el conjunto de puntos donde el invariante cuadrático de la parte desviadora del tensor tensión supera cierto valor.

Energía de deformación

La energía de deformación de un sólido deformable, iguala al trabajo exterior de las fuerzas que provocan dicha deformación dicha trabajo puede descomponerse, entre el trabajo invertido en cambiar la forma del cuerpo o energía de distorsión y el trabajo invertido en comprimir o dilatar el cuerpo manteniendo constantes las relaciones geométricas o energía elástica volumétrica:

$$E_{def} = E_{def,V} + E_{def,dist} \quad (1)$$

Los dos términos vienen dados por:

$$E_{def,V} = \int_V \frac{3}{2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2 \frac{1-2\nu}{E} dV = + \int_V \frac{(\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2}{2K} dV \quad (2a)$$

$$E_{def,dist} = E_{def} - E_{def,V} = \int_V \frac{1}{6G} [\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx})] dV + \int_V \frac{1}{2G} [\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2] dV \quad (2b)$$

Frecuentemente, la energía de distorsión dada por la última expresión, se expresa en términos de una combinación especial de las otras componentes de tensión llamada tensión de Von Mises:

$$E_{def,dist} = \int_V \frac{\sigma_{VM}^2}{6G} dV \quad (3)$$

Igualando los integrandos de (2) y (3) se obtiene que la tensión de Von Mises viene dada precisamente por:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (4)$$

Invariante cuadrático J_2

La energía de distorsión considera en la sección anterior puede ser calculada a partir de la parte desviadora del [tensor tensión](#):

$$[S_{ij}] = [\sigma_{ij}] - \sigma_V [I] = \begin{bmatrix} \sigma_x - \sigma_V & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & \sigma_y - \sigma_V & T_{yz} \\ T_{zx} & T_{zy} & \sigma_z - \sigma_V \end{bmatrix}, \quad \text{con } \sigma_V = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

El segundo [invariante cuadrático](#) de este tensor denominado J_2 , es proporcional a la tensión de Von Mises y resulta ser:

$$J_2 = \frac{1}{6} \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2) \right] = \frac{\sigma_{VM}^2}{3}$$

Por esta razón a veces la teoría de fallo de Von Mises se llama teoría de fallo J_2 .

Tensión de von mises y tensiones principales

Aunque la expresión (4) ofrece una fórmula práctica para calcular la tensión de Von Mises o equivalentemente la energía de deformación distorsiva. La expresión se simplifica mucho si usamos en cada punto las tres [tensiones principales](#) para el cálculo de la tensión de von Mises:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)} \quad (5a)$$

Esta expresión se puede simplificar aún más:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (5b)$$

Tensión de Von Mises en una viga

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del [tensor tensión](#) son diferentes de cero: la [tensión normal](#) a la sección transversal y dos componentes independientes asociadas a la [tensión tangencial](#), en ese caso las tensiones principales resultan ser:

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x - \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \end{cases}$$

De donde se sigue que:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(r_{xy}^2 + r_{xz}^2)} = \sqrt{\sigma^2 + 3r^2} \quad (6)$$

Tensión de Von Mises en una placa

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del [tensor tensión](#) son diferentes de cero

$$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$$

A partir de las cuales se pueden calcular las tensiones principales

$$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$$

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \end{cases}$$

De donde se sigue que la tensión de Von Mises es:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (7)$$

2.2.18. Factor de seguridad

La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la clase, tratamiento y proceso del material. El término factor de seguridad se aplica al factor utilizado para evaluar la condición segura de un elemento. Considérese que un elemento mecánico se somete a algunas acciones que se designaran por F. se supone que F es un término muy general y que puede representar una fuerza, un momento de flexión o de torsión, una pendiente, una deflexión o alguna clase de deformación o distorsión. Si F aumenta, finalmente llegara a ser tan grande que cualquier pequeño incremento adicional alteraría permanentemente la capacidad del elemento para realizar su función apropiada.

Si se designa este valor limite o ultimo de F como F_u , entonces el factor de seguridad se define como

$$n = F_u / F$$

Cuando el esfuerzo se hace igual a la resistencia, $n=1$, no habra ya ninguna seguridad en absoluto. Por tanto, frecuentemente se usa el termino margen de seguridad. Este margen se define por la ecuacion

$$m = n - 1$$

los terminos factor y margen de seguridad se emplea extensamente en la practica industrial; todo el mundo entiende perfectamente lo que significan y sabe a que se refieren. Sin embargo, la resistencia de un elemento es una cantidad que varia estadisticamente y el esfuerzo tambien es variable. Por este motivo un factor de seguridad $n>1$ no excluya la falla o ruptura. Debido a esta correlacion entre el grado de peligro y n , algunos autores prefieren emplear el factor de diseño en vez de "factor de seguridad". Con mucho, la mayor utilidad del factor de seguridad se tiene cuando se compara el esfuerzo con la resistencia a fin de evaluar el grado de seguridad.

El factor de seguridad se usa para tener en cuenta dos efectos que generalmente no estan relacionados.

- ❖ Cuando han de ser fabricadas muchas piezas a partir de diversas existencias de materiales, ocurrirá una variación en la resistencia de las diferentes piezas por una variedad de razones como el procesamiento, el trabajo en caliente o frio y la configuración geométrica.
- ❖ Cuando una pieza ha de ser ensamblada, por ejemplo, en una cierta maquina, y esta es adquirida por el usuario ultimo, habrá una variación en la carga que experimentara la pieza y, en consecuencia, los esfuerzos inducidos por tal acción, sobre lo cual el fabricante y el diseñador no tienen control.

2.2.19. Características de los metales y no metales

Metales

La mayor parte de los elementos metálicos exhibe el lustre brillante que asociamos a los metales. Los metales conducen el [calor](#) y la [electricidad](#), son maleables (se pueden golpear para formar láminas delgadas) y dúctiles (se pueden estirar para formar alambres).

Los metales tienden a tener energías de ionización bajas y por tanto se oxidan (pierden electrones) cuando sufren reacciones químicas. Los metales comunes tienen una relativa facilidad de oxidación.

Se utilizan con fines estructurales, fabricación de recipientes, conducción del calor y la electricidad.

No metales

Los no metales varían mucho en su apariencia no son lustrosos y por lo general son malos conductores del calor y la electricidad.

Sus puntos de fusión son más bajos que los de los metales. Al contrario de los [metales](#), son muy frágiles y no pueden estirarse en hilos ni en láminas.

Se encuentran en los tres estados de la materia a temperatura ambiente: son gases (como el [oxígeno](#)), líquidos (bromo) y sólidos (como el carbono). No tienen brillo metálico y no reflejan la [luz](#).

2.2.20. Propiedades mecánicas de los aceros estructurales

La supuesta perfección de este metal, tal vez el más versátil de todos los materiales estructurales, parece más razonable cuando se considera su gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades convenientes.

Alta resistencia: La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

Uniformidad: Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo.

Elasticidad: El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastantes altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente.

Durabilidad: Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado duraran indefinidamente.

Ductilidad: La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Cuando se prueba a tensión un acero con bajo contenido de carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura.

Tenacidad: La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad. Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aun capaz de resistir grandes fuerzas.

Propiedades diversas

Otras ventajas del acero estructural son: a) gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión como son soldadura, los tornillos y los remaches; b) posibilidad de prefabricar los miembros; c) rapidez de montaje; d) gran capacidad para laminarse en una gran cantidad de tamaños y formas; e)

resistencia a la fatiga; f) reuso posible después de desmontar una estructura y g) posibilidad de venderlo como “chatarra” aunque no pueda utilizarse en su forma existente. El acero es el material reutilizable por excelencia.

2.2.21. Diseño asistido por computadora

El diseño es una actividad que se proyecta hacia la solución de problemas planteados por el ser humano en su adaptación al medio que lo rodea, para la satisfacción de sus necesidades, para lo cual utiliza recursos como la tecnología CAD/CAE/CAM.

Estas tecnologías se vienen aplicando a través de los métodos de la ingeniería concurrente. La técnica más desarrollada en la ingeniería asistida por computador (CAE), es la aplicación de los análisis por elementos finitos (FEA), que con la mejora de los equipos de cómputo se ha convertido en técnicas accesibles para todos los usuarios.

Estas técnicas son usadas industrialmente desde el diseño hasta la fabricación consiguiendo optimizar costos, calidad, tiempo, seguridad, etc.

2.2.21.1. ¿Qué es el CAD?

El diseño asistido por computadora, más conocido por sus siglas [inglesas CAD](#) (computer-aided design), es el uso de un amplio rango de herramientas [computacionales](#) que asisten a [ingenieros](#), [arquitectos](#) y a otros profesionales del [diseño](#) en sus respectivas actividades. El CAD es también utilizado en el marco de procesos de [administración del ciclo de vida de productos](#) (en inglés product lifecycle management).

También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas **CADD** (computer-aided design and drafting), que significan "dibujo y diseño asistido por ordenador".

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, [arcos](#) y [polígonos](#), con las que se puede operar a través de una [interfaz gráfica](#). Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, usuario, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además pueden asociarse a las entidades o conjuntos de éstas otro tipo de propiedades como material, etc., que permiten enlazar el CAD a los sistemas de gestión y producción.

Elementos de los sistemas CAD

El proceso de diseño en CA consiste en cuatro etapas.

- Modelado geométrico. Se describe como forma matemática o analítica a un objeto físico, el diseñador construye su modelo geométrico emitiendo comandos que crean o perfeccionan líneas, superficies, cuerpos, dimensiones y texto; que dan a origen a una representación exacta y completa en dos o tres dimensiones. El representado en línea abarca todas las aristas del modelo que se pueden considerar como líneas llenas dando como resultado una imagen ambigua ya que algunas veces las formas son complicadas y para facilitararlo se pueden usar los colores para distinguir las líneas de las piezas y tener una mejor visualización. Sus estructuras se representan en 2, 2 ½ y dimensiones. Cuando hablamos de 2 ½ se utiliza la transformación de la extrusión (swept), moviendo el objeto de 2-D a lo largo del eje z.
- Análisis y optimización del diseño. Después de haber determinado las propiedades geométricas, se somete a un análisis ingenieril donde podemos analizar las

propiedades físicas del modelo (esfuerzos, deformaciones, deflexiones, vibraciones). Se disponen de sistemas de calendarización, con la capacidad de recrear con exactitud y rapidez esos datos.

- Revisión y evaluación del diseño. En esta etapa importante se comprueba si existe alguna interferencia entre los diversos componentes, en útil para evitar problemas en el ensamble y el uso de la pieza. Para esto existen programas de animación o simulaciones dinámicas para el cálculo de sus tolerancias y ver que requerimientos son necesarios para su manufactura.

- Documentación y dibujo (drafting). Por último, en esta etapa se realizan planos de detalle y de trabajo. Esto se puede producir en dibujos diferentes vistas de la pieza, manejando escalas en los dibujos y efectúa transformaciones para presentar diversas perspectivas de la pieza.

2.2.21.2. Autodesk Inventor

Autodesk Inventor es un paquete de [modelado paramétrico](#) de sólidos en 3D producido por la empresa de software [Autodesk](#). Compite con otros programas de diseño asistido por computadora como Solidworks, Pro/ENGINEER, CATIA y Solid Edge. Entró en el mercado en 1999, muchos años después que los antes mencionados y se agregó a las Series de Diseño Mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que los [computadoras personales](#) ordinarias puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos.

Funcionalidad

Autodesk Inventor se basa en técnicas de [modelado paramétrico](#). Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD.

Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como [Autocad](#) se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la [geometría](#), dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

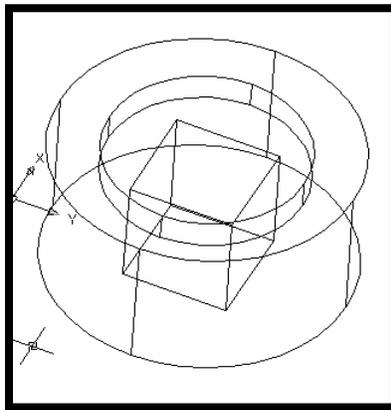


Figura 2.12. Modelado

Fuente: Diseño asistido por computadora de Osvaldo Rojas y Luis Rojas

Los bloques de construcción cruciales de Inventor son las piezas. Se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos (dibujos en 2D). Por ejemplo, para hacer un [cubo](#) simple, un usuario primero haría un boceto con forma de cuadrado y después utilizaría la herramienta extrusión para levantar el cuadrado y darle volumen, convirtiéndolo en el cubo. Si un usuario desea entonces agregar un eje que salga del cubo, podría agregar un boceto en la cara deseada, dibujar un círculo y después extruirlo para crear un [eje](#).

También pueden utilizarse los planos de trabajo para producir los bocetos que se pueden compensar de los planos útiles de la partición. La ventaja de este diseño es que todos los bocetos y las características se pueden corregir más adelante, sin tener que hacer de nuevo la partición entera.

Este sistema de modelado es mucho más [intuitivo](#) que en ambientes antiguos de modelado, en los que para cambiar dimensiones básicas era necesario generalmente suprimir el archivo entero y comenzar de cero.

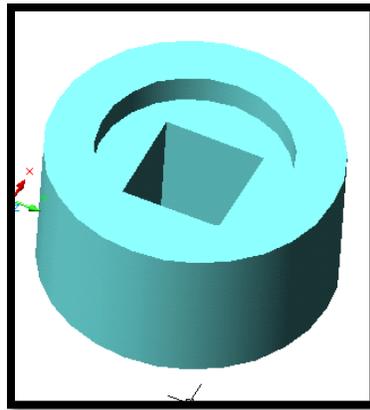


Figura 2.13. Exhibición

Fuente: Diseño asistido por computadora de Osvaldo Rojas y Luis Rojas

Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son

ensambladas agregando [restricciones](#) entre las superficies, bordes, planos, puntos y [ejes](#). Por ejemplo, si uno coloca un [piñón](#) sobre un eje, una restricción insertada podría agregarse al eje y el piñón haciendo que el centro del eje sea el centro del piñón. La distancia entre la [superficie](#) del piñón y del extremo del eje se puede también especificar con la restricción insertada. Otras restricciones incluyen flush, mate (acoplar), insert (insertar), angle (ángulo) y tangent (tangente). Este método de modelado permite la creación de ensamblajes muy grandes y complejos, especialmente porque los sistemas de piezas pueden ser puestos juntos antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal; algunos proyectos pueden tener muchos sub-ensamblajes parciales.

Inventor utiliza formatos específicos de archivo para las piezas (.IPT), ensamblajes (.IAM) y vista del dibujo (.IDW), pero el formato del archivo de AutoCAD [.DWG](#) puede ser importado/exportado como boceto.

Las últimas versiones de Inventor incluyen funcionalidades que poseían muchos modeladores 3D de mediano y alto nivel. Utiliza el Gestor de Formas (Shape Manager) como su kernel de modelaje geométrico, el cual pertenece a Autodesk y fue derivado del kernel de modelaje [ACIS](#).

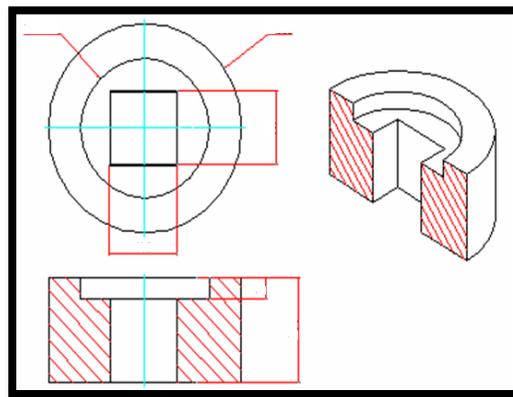


Figura 2.14. Planos

Fuente: Diseño asistido por computadora de Osvaldo Rojas y Luis Rojas

2.2.21.3. Ingeniería asistida por computador (CAE)

CAE simula bajo condiciones aparentemente reales el efecto de variables sobre el elemento diseñado, con el fin de llegar a una forma geométrica optimizada para ciertas condiciones. Es un modelado interactivo tridimensional en tiempo real con análisis mediante pruebas no destructivas.

Diseñadores, ingenieros, industriales, arquitectos, etc. utilizan los programas CAE para verificar la factibilidad de distintas alternativas de diseño. Cuando el CAE se utiliza correctamente, se pueden obtener en poco tiempo soluciones eficientes con un alto grado de confianza.

La repercusión más importante es que posibilita el diseño mediante ciclos de prueba ya que las primeras informaciones obtenidas por el CAE es sólo la base para la discusión de factibilidad en la que intervendrán la experiencia y la evolución futura.

El análisis por elementos finitos (FEA) ha ayudado a disminuir la cantidad de prototipos necesarios, fijar ciertos valores referenciales de coeficientes de seguridad y analizar distintas opciones de diseño cambiando la geometría o el material en un tiempo reducido; permitiendo que los productos no lleguen tarde al mercado lo que implicaría una pérdida considerable de su ciclo de vida (tiempo en que es rentable su producción).

El FEA está considerado como una de las herramientas más potentes y probadas para la solución de problemas de ingeniería y ciencia aplicada. En muchas ocasiones es de uso indispensable. Los errores del análisis de los sistemas CAE ocurren comúnmente en la definición del problema y en el uso inapropiado de las condiciones de frontera. Los resultados obtenidos en CAE son aproximados y dependen de cómo se divida la estructura en elementos finitos (el tiempo de resolución del problema se incrementa geométricamente con la cantidad de elementos).

También los materiales presentan imperfecciones (fisuras, incrustaciones, rugosidad superficial) y sus propiedades pueden variar por zonas (variaciones de densidad, dureza, distintas orientaciones de los granos en la misma pieza, tensiones remanentes de temple, etc.) lo que puede conllevar a errores no definidos. Dentro del trabajo CAD, los dibujos asistidos por computador, básicamente son utilizados en la creación de la geometría paramétrica, en la exhibición del sólido y en la generación de los planos ortogonales.

2.2.22. Perfiles estructurales

En 1986, la Association of American Steel Manufacturers (Asociación Americana de Fabricantes de Acero; actualmente llamada Instituto Americano del Hierro y el Acero, AISI) hizo los primeros esfuerzos para estandarizar los perfiles. En la actualidad casi todos los perfiles estructurales se encuentran estandarizados, aunque sus dimensiones exactas pueden variar un poco de laminadora a laminadora.

El acero estructural puede laminarse en forma económica en una gran variedad de formas y tamaños sin cambios apreciables en sus propiedades físicas. Generalmente los miembros estructurales más convenientes son aquellos con grandes momentos de inercia en relación con sus áreas. Los perfiles I, T y [tienen esta propiedad.

Por lo general los perfiles de acero se designan por la forma de sus secciones transversales. Por ejemplo, se tienen perfiles en ángulo, tes, zetas y placas. Sin embargo, es necesario hacer una clara distinción entre las vigas estándar americanas (llamadas vigas S) y las vigas de patín ancho (llamadas vigas W) ya que ambas tienen la forma de I. La superficie interna del patín de una sección W es paralela a la superficie externa o bien, casi paralela con una pendiente máxima de 1 a 20 en el interior, dependiendo del fabricante.

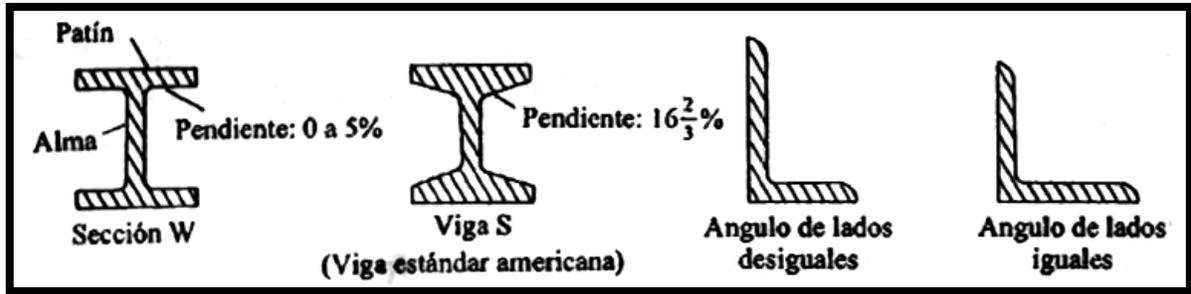


Figura 2.15 Perfiles laminados de acero 1

Fuente: Diseño de estructura de acero de McCormac

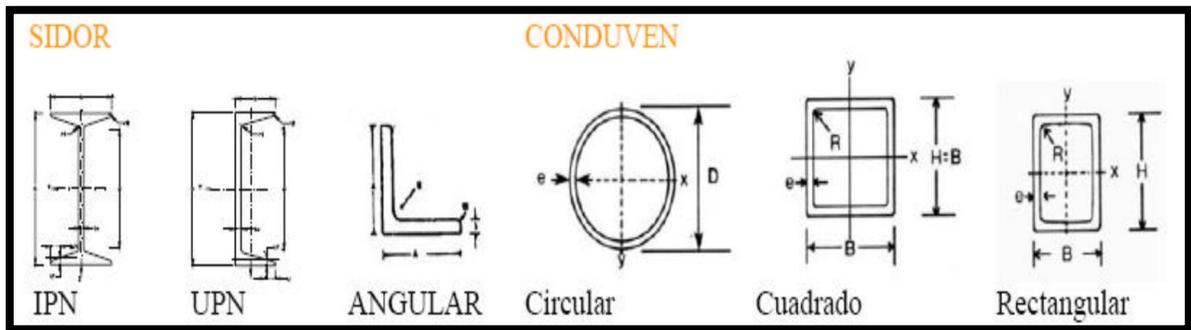


Figura 2.16. Perfiles laminados de acero 2

Fuente: materiales estructurales. Jorge

Debe notarse que los espesores constantes o casi constantes de los patines de los patines de las vigas W, a diferencia de los patines ahusados de las vigas S, facilitan conexiones. Las vigas de patín ancho representan hoy en día casi el 50% de todos los perfiles estructurales laminados.

Perfiles de lamina delgada de acero doblados en frio

Además de los perfiles de acero laminados en caliente mencionados anteriormente existen algunos perfiles de acero rolados en frio. Estos se fabrican doblando laminas delgadas de acero de bajo carbono o baja aleación en prácticamente cualquier sección transversal deseada, como las mostradas en la figura.

Si bien el trabajo en frío reduce algo la ductilidad, también incrementa en alguna manera la resistencia.

En ciertos casos, las especificaciones permitirán el uso de tales resistencias superiores.

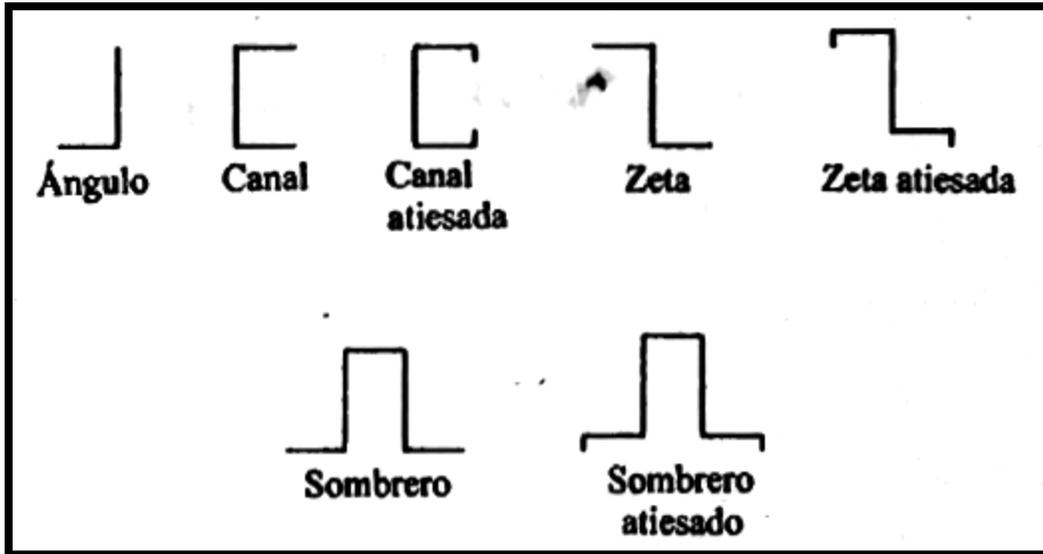


Figura 2.17. Perfiles doblados al frío

Fuente: Diseño de estructura de acero de McCormac

2.2.23. Estructuras metálicas

Definición de estructura.

Es el conjunto de elementos dispuestos de tal forma que permiten soportar (ayuda a sostener en posición correcta), o transportar carga sin derrumbarse.

Columnas y puntales

El término columna se aplica en general a miembros verticales relativamente pesados, mientras que a los miembros verticales más ligeros e inclinados, como las riostras y los miembros a compresión de armaduras de techo, se denominan puntales. Por definición, las columnas y los puntales con miembros lineales a

compresión con una longitud sustancialmente mayor que su dimensión lateral menor.

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

Estabilidad de la Estructura

Toda estructura debe tener garantizada su estabilidad lateral. Debe tener además suficiente rigidez lateral que limite los desplazamientos laterales. Ello puede ser provisto por:

(a) La rigidez lateral propia del plano, la que puede ser provista por alguna de las siguientes posibilidades:

- ❖ Triangulaciones, diagonalizaciones, arriostramientos en K, X, Y, u otros sistemas de arriostramiento para pórticos arriostrados en el plano.
- ❖ Rigidez de las uniones entre las barras.
- ❖ Columnas en voladizo empotradas en la base.

(b) La rigidez lateral de planos paralelos al considerado, vinculados al mismo por un sistema horizontal de arriostramiento o un diafragma de acero rígido en su plano.

Dichos planos pueden ser:

- ❖ Pórticos arriostrados en su plano.
- ❖ Pórticos de nudos rígidos.
- ❖ Muros de corte de hormigón armado o mampostería, núcleos, diafragmas de acero o similares.

2.2.24. El acero estructural.

Tabla 2.4. Acero estructural de alta y media resistencia

B-254 (ASTM A36)	Acero estructural.
B-99 (ASTM A529)	Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 290 Mpa (2 950 kg/cm ²).
B-282 (ASTM A242)	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.
B-284 (ASTM A572)	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso–vanadio.
(ASTM A588)	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de hasta 100
(ASTM A913)	Perfiles de acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural, producidos por un proceso de tratamiento térmico especial.
(ASTM A992)	Acero estructural para perfiles H laminados para uso en edificios.
B-177 (ASTM A53, grado B)	Tubos de acero, con o sin costura.
B-199 (ASTM A500)	Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas.
B-200 (ASTM A501)	Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.

Fuente: ASTM

Elaborado por: Investigador

Es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie.

Es un material usado para la construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable.

A pesar de la susceptibilidad al fuego y a la intemperie es el material estructural más usado, por su abundancia, facilidad de ensamblaje y costo razonable

2.3. Normas de seguridad

Cuando se trabaja en un taller mecánico siempre se está expuesto a que existan condiciones subestandar debido a instalaciones defectuosas y que el personal que allí trabaja pueda cometer acciones subestandar, las que pueden ocasionar daños a las personas, las que se deben evitar para que no se produzcan accidentes.

Las condiciones subestandar pueden ser entre otras:

- ❖ Instalaciones eléctricas defectuosas.
- ❖ Herramientas o equipos en mal estado.
- ❖ Ambiente de trabajo inadecuado (Falta de aireación, luminosidad, etc.)
- ❖ Falta de elementos de protección

2.3.1. Talleres mecánicos y riesgos de accidentes

Tal vez usted pueda pensar que la experiencia que tiene en el taller mecánico le da cierta seguridad para llevar a cabo sus tareas. Sin embargo, existe la probabilidad de que ocurra un accidente si no se siguen los procedimientos de trabajo y si no se corrigen las acciones inseguras, así como también si no se eliminan las condiciones inseguras del ambiente laboral.

2.3.2. Máquinas y herramientas que se utilizan comúnmente en los talleres mecánicos

Siempre que utilice las máquinas y herramientas en las labores propias de los talleres mecánicos, debe ser riguroso y seguir los procedimientos adecuados. No trabaje sobre la base de conductas incorrectas, aunque éstas le parezcan cómodas y más rápidas para su desempeño. Entre las máquinas y herramientas que se utilizan comúnmente en los talleres mecánicos encontramos:

- Equipos de oxicorte y soldadura.
- Esmeriles angulares.
- Tornos.
- Compresores.
- Taladros.
- Herramientas menores (destornilladores, martillos, alicates, llaves, limas, etc.).

2.3.3. Seguridad en la Soldadura de Arco

Las soldadoras de arco usan un potente arco eléctrico para efectuar soldaduras y hacer reparaciones en artículos de metal simple, revestido o tratado. Las soldadoras pueden ser estacionarias, alimentadas por la red eléctrica, o portátiles, alimentadas por motores diesel o de gasolina.

Instale las soldadoras alimentadas por electricidad según los códigos aplicables. El equipo deberá estar conectado a tierra y alimentado por un circuito independiente con un fusible o disyuntor del tamaño correcto. La sobrecarga del circuito o una instalación incorrecta puede ocasionar un incendio, un corto circuito a tierra o una falla en el equipo. Instale un interruptor de seguridad para desconexión cerca del área de trabajo del usuario. Opere las soldadoras de arco alimentadas por motores diesel o de gasolina en áreas bien ventiladas para controlar los gases producto de la combustión. Nunca reabastezca el depósito de combustible mientras el motor

está en marcha, ni cerca de llamas abiertas. Detenga el motor y bloquee el sistema de encendido antes de efectuar mantenimiento o reparaciones.



Figura 2.18. Equipo de protección personal para soldar

Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=equipo+de+proteccion+personal+para+soldar+por+arco+guantes,+zapatos&um>

Para protegerse el cuerpo contra quemaduras debidas al calor del arco, la luz ultravioleta (UV), el metal fundido, o las chispas, use overoles de color oscuro con mangas y pantalones largos. Los overoles deberán ser de material resistente al fuego, con pantalones sin dobladillo, sin bolsillos y sin agujeros, rasgaduras o áreas desgastadas. Un casquete le protege la cabeza y el pelo.

Guantes largos de cuero y botas de seguridad le protegen las manos y los pies.



Figura 2.19. Guantes de cuero para soldar

Fuente: http://safe-img02.olx.com.mx/ui/13/22/96/1300388135_58531696_12-TAIS-EQUIPO-DE-PROTECCION-INDUSTRIAL-PERSONAL-.jpg

Use protección para los oídos en ambientes ruidosos y para evitar que le entren chispas a los oídos.



Figura 2.20. Protectores de oído

Fuente: <http://www.gtp.com.ve/auditivos.jpg>

Gafas o lentes de seguridad y cascos de soldador o caretas le protegen los ojos contra las chispas que salten, esquirlas de escoria y luz ultravioleta.



Figura 2.21. Protector de cara para soldar

Fuente: <http://www.logisticacr.com/wp-content/uploads/2011/10/Careta-para-Soldar-Electr%C3%B3nica1.png>

Los cascos de soldador o caretas no deben producir reflejos y deben estar libres de rajaduras, grietas y aberturas. Use el ajuste correcto para el filtro según la potencia de la soldadora de arco. Siempre suelde dentro de un área rodeada por una mampara para proteger a los demás trabajadores. Se pueden usar también mamparas portátiles, resguardos y gafas contra la luz del arco para proteger a los visitantes y a los demás trabajadores.

Las soldadoras de arco pueden alcanzar temperaturas superiores a los 10,000 grados F, y presentan peligros de incendio y explosión. Nunca se debe soldar cerca de materiales inflamables o combustibles. Evite soldar, cortar con arco o efectuar trabajos en caliente en barriles o tanques usados que puedan contener vapores inflamables que se incendien o exploten. Efectúe las soldaduras sobre una superficie de ladrillos refractarios sobre concreto u otros pisos resistentes al fuego rodeado de cortinas resistentes a las chispas. Rellene las grietas en el piso para

evitar que las chispas o el metal caliente se alojen en ellas y sigan ardiendo lentamente. Siempre tenga disponible un extintor de incendio tipo ABC, una manta contra el fuego y un botiquín de primeros auxilios en todo momento. Puede ser necesario establecer una “vigilancia contra incendio” para asegurar que no ocurra un incendio.

Para evitar un choque eléctrico al efectuar soldaduras de arco, use un tapete aislante cuando suelde acero u otros materiales conductores. Si está soldando en un área mojada o húmeda, o si suda bastante, use guantes de hule debajo de los guantes de cuero. Mantenga los cables de la soldadora limpios e intactos, y colóquelos de manera que no les caigan chispas ni metal caliente.

Use las soldadoras de arco en áreas bien ventiladas. Los metales a soldar pueden ser nocivos o crear una atmósfera deficiente en oxígeno, y la mejor manera de manejarlos es en una campana de ventilación con extractores de gases al exterior. Si usted suelda o corta metales con revestimientos o tratamientos peligrosos, use un equipo de respiración con suministro de aire, o un equipo de respiración con un cartucho especial para filtrar gases de metales específicos. Use equipos de protección respiratoria para metales galvanizados, revestimientos y fundentes que contengan compuestos de flúor, zinc, plomo, berilio, cadmio o mercurio. Algunos compuestos para limpieza y desengrasado también pueden ser peligrosos.

2.4. Soldadura

La soldadura es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos. Es necesario suministrar calor hasta que el material de aportación funda y una ambas superficies, o bien lo haga el propio metal de las piezas.

Soldadura por arco eléctrico

En la actualidad, la soldadura eléctrica resulta indispensable para un gran número de industrias. Es un sistema de reducido coste, de fácil y rápida utilización, resultados perfectos y aplicables a toda clase de metales. Puede ser muy variado el proceso.

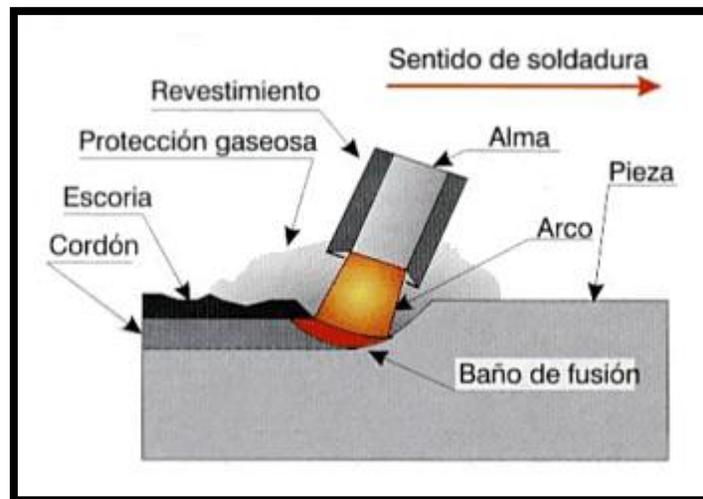


Figura 2.22. Soldadura por arco eléctrico

Fuente: <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>

El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico.

Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea. Al ponerse en contacto los polos opuestos de un generador se establece una corriente eléctrica de gran intensidad. Si se suministra la intensidad necesaria, la sección de contacto entre ambos polos -por ser la de mayor resistencia eléctrica- se pone incandescente. Esto puede provocar la ionización de la atmósfera que rodea a la zona de contacto y que el aire se vuelva conductor, de modo que al separar los polos el paso de corriente eléctrica se mantenga de uno a otro a través del aire.

El arco eléctrico genera un cráter en la pieza. Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa.

Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. El operario soldador ha de ser lo bastante hábil como para mantener el arco a la longitud adecuada.

Las temperaturas que se generan son del orden de 3 500 °C.

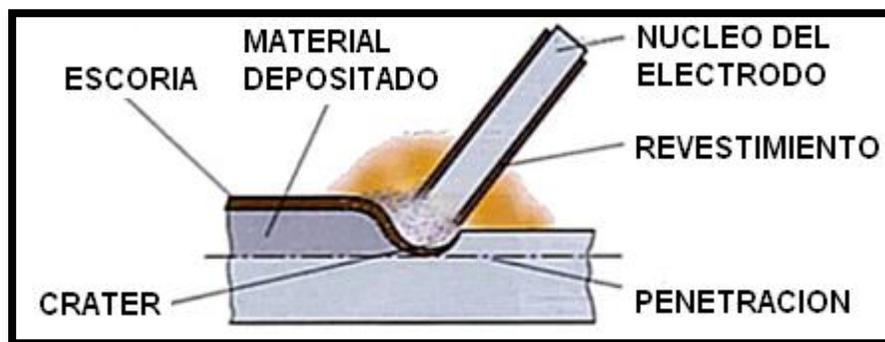


Figura 2.23. Arco eléctrico

Fuente: <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>

Elementos auxiliares

Los principales son los electrodos, la pinza portaelectrodos, la pinza de masa y los útiles.

- ❖ El **electrodo** es una varilla con un alma de carbón, hierro o metal de base para soldeo y de un revestimiento que lo rodea. Forma uno de los polos del arco que engendra el calor de fusión y que en el caso de ser metálico suministra asimismo el material de aporte.
- ❖ La **pinza portaelectrodos** sirve para fijar el electrodo al cable de conducción de la corriente de soldeo.
- ❖ La **pinza de masa** se utiliza para sujetar el cable de masa a la pieza a soldar facilitando un buen contacto entre ambos.
- ❖ Entre los **útiles**, además de los martillos, tenazas, escoplos, etc. el soldador utiliza cepillos de alambre de acero para limpieza de superficies y martillos de punta para romper la cubierta de las escorias o residuos.

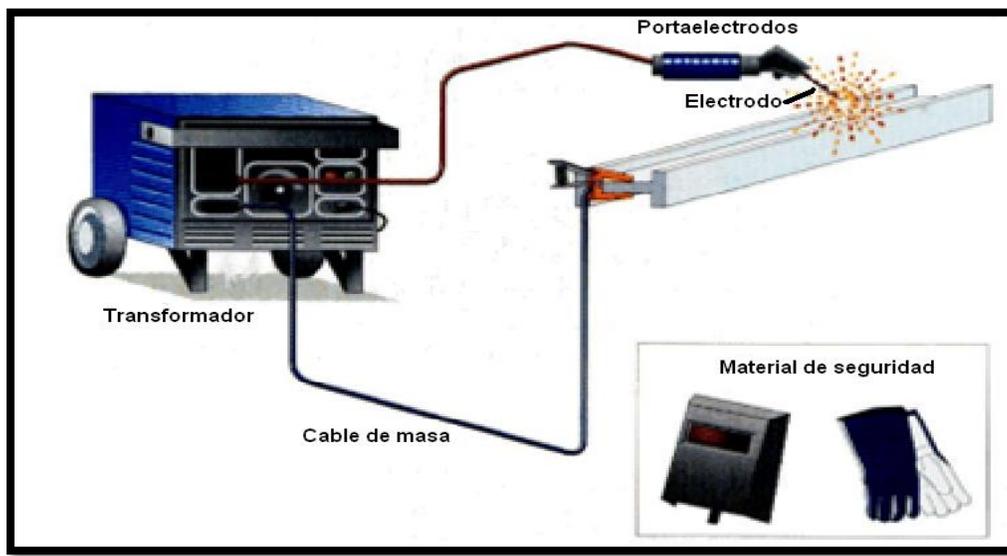


Figura 2.24. Partes del circuito de soldadura por Arco eléctrico

Fuente: <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>

Electrodo

Normas de longitud

La longitud normal a los electrodos para soldadura al arco metálico es normalmente de 35,56 cm o 14". Los electrodos de diámetro pequeño (hasta 1/16") pueden tener longitudes de 9" a 12". Los electrodos de diámetro grande (hasta 3/8") se consiguen en longitudes de hasta 18". Los diámetros comerciales son 3/32", 1/8", 5/32" y 3/16".

Normas de diámetro

Los electrodos para arco metálico se encuentran en diámetros desde 1/16" hasta 1/2"

Normas de etiquetado

Según la AWS el sistema de etiquetado o nomenclatura es

Tabla 2.5. Sistema de etiquetado de un electrodo

E – U X Y Z	Donde: E es una letra estandar y fija que va con todos los Electrodos. U: Primer dígito de la resistencia a tensión en miles de Psi X: Segundo dígito de la resistencia a tensión en miles de Psi. Y: Posición de soldadura Z: Tipo de revestimiento y corriente con borde de conexión a la fuente de soldadura.
-------------	---

VALORES DE Y	
1	Todas las posiciones
2	Filete plano y horizontal
3	Plana, horizontal y vertical descendente

VALOR DE Z	TIPO REVESTIMIENTO	TIPO CORRIENTE A EMPLEAR	POLARIDAD
0	CELULÓSICO CON SODIO	CD	+
1	CELULÓSICO CON POTASIO	CA o CD	+ 0 -
2	RUTILO CON SODIO	CA o CD	-
3	RUTILO CON POTASIO	CA o CD	-
4	RUTILO CON POLVO DE HIERRO	CA o CD	+ 0 -
5	BAJO HIDRÓGENO CON SODIO	CD	+
6	BAJO HIDROGENO CON POTASIO	CA o CD	+
7	HIERRO EN POLVO Y OXIDO DE HIERRO	CA o CD	+ 0 -
8	BAJO HIDROGENO CON POLVO DE HIERRO	CA o CD	+

Fuente: DIPAC

Elaborado por: Investigador

De acuerdo a lo anterior, hay varios tipos de electrodos:

- ❖ Celulósicos: tienen alta penetración, se emplean en todas las posiciones y la escoria es delgada.
- ❖ Rutilicos: para baja y media penetración, puede utilizar corriente alterna o continua, la escoria que dejan es densa.

- ❖ Bajo hidrógeno: bajo contenido de hidrogeno, de media penetración, acero suave, se emplean para todas las posiciones y para aceros de difícil soldabilidad.
- ❖ Otros: para soldadura especiales.

Ejemplo un electrodo E 7024, dice que:

- ❖ Resistencia a tensión de 70000 Psi
- ❖ Posición de soldadura: filete plano y horizontal.
- ❖ Tipo de revestimiento: rutilo con sodio
- ❖ Tipo de corriente: alterna o continúa (conectada a la terminal -)

Movimiento del electrodo

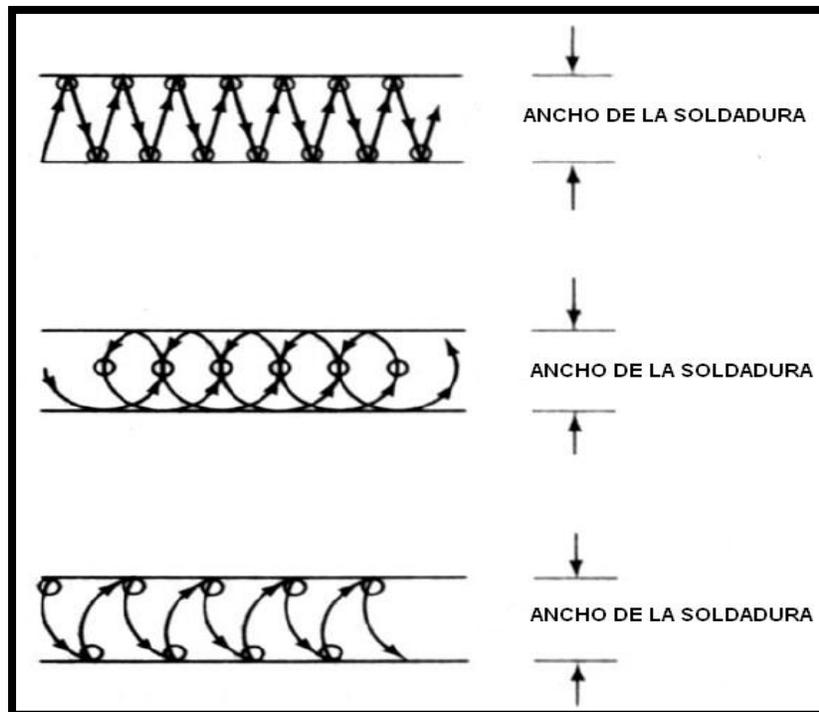


Figura 2.25. Movimiento del electrodo

Fuente: <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>

No existe un solo patrón que sea el mejor para todos los trabajos de soldadura. Tres movimientos de electrodos forman base para la mayoría de los trabajos de soldadura de posición plana: circular, zigzag y semicircular.

El tipo de movimiento circular y semicircular se emplea para presentación de seguridad; el tipo zigzags para relleno de soldadura. El movimiento circular se emplea también para soldadura horizontal pero el movimiento descendente es más rápido que el movimiento ascendente.

Tipos de uniones

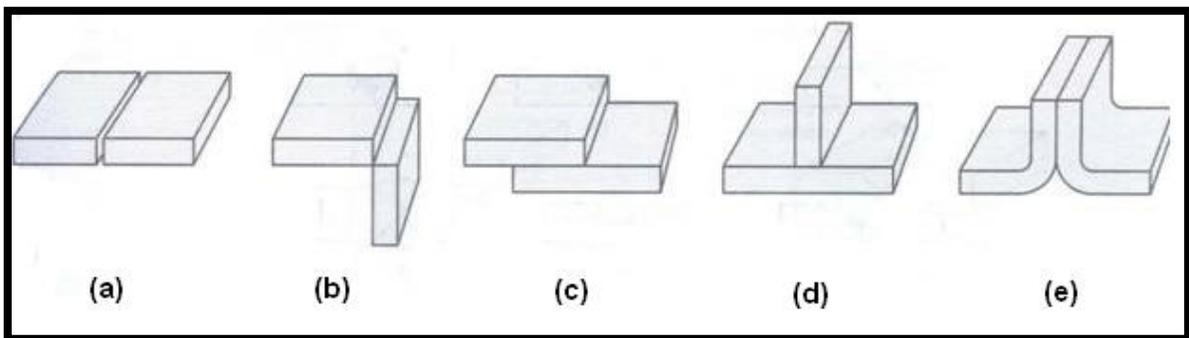


Figura 2.26. Tipos de uniones

Fuente: <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>

- (a) Unión empalmada – en esta unión, las partes se encuentran en el mismo plano y unen sus bordes.
- (b) Unión de esquina – Las partes en una unión de esquina forman un ángulo recto y se unen en la esquina del ángulo.
- (c) Unión superpuesta – Esta unión consiste de dos partes que se superponen

- (d) Unión T – Una parte es perpendicular a la otra cuando se unen

- (e) Unión de bordes – las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.

2.5. Pintado

La pintura anticorrosiva es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersion, (dependiendo del funcionamiento de la planta de trabajo y de la geometría de la estructura). Éste tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados, esmaltes y lustres coloridos. La pintura anticorrosiva generalmente se presenta de color rojo “ladrillo” o naranja rojizo, aunque también se encuentran en color gris y en negro.

El color rojizo, (encontrado comúnmente en vigas, por ejemplo) toma su pigmentación del óxido de fierro que es empleado como componente en su elaboración, aun que también existen pigmentos anticorrosivos de distintos colores, los cuales se mencionaran. En algunos lugares, a esta película anticorrosiva, se la ha llamado 'minio' cuando su función es, principalmente la de evitar la degradación del hierro.

Esta pintura tiene la primordial función de proteger el acero (y otros metales como el hierro), y para ello, no sólo se adhiere a la superficie, sino que procura reaccionar

químicamente con la superficie metálica con la que toma contacto para modificarla y compenetrarse químicamente.

Con los avances de la bioquímica, la susodicha pintura es cada vez es más sofisticada, de mejor calidad, con un secado más rápido y capaz de actuar sobre una mayor cantidad y variedad de metales, así como en general un proceso de pintado anticorrosivo más fiable y fácil de los componentes de acero

2.6. Ensamble mecánico

El ensamble mecánico implica el uso de diferentes métodos de sujeción para sostener juntas en forma mecánica.

2.6.1. Sujeción mecánica

En la mayoría de los casos, los métodos de sujeción implican el uso de componentes de equipo separados, llamados sujetadores, que se agregan a las partes durante el ensamblado. En otros casos, el mecanismo de sujeción implica el formado o reformado en uno de los componentes que se van a ensamblar y no se requieren sujetadores separados.

Muchos productos se ensamblan principalmente (si no es exclusivamente) mediante métodos de sujeción mecánica: automóviles, aparatos eléctricos, teléfonos, muebles, utensilios e incluso vestidos se ensamblan por medios mecánicos. Además de los productos industriales, que van desde aparatos electrónicos hasta equipos de construcción, casi siempre implican cierto ensamble mecánico.

Los métodos de sujeción mecánica se dividen en dos clases principales:

- ❖ Los que permiten un desensamble.
- ❖ Los que crean una unión permanente.

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.

2.6.2. Preparación del orificio

La preparación del orificio es un aspecto importante de la sujeción mecánica. Se puede producir un orificio en un cuerpo sólido con diversos procesos, como taladro, métodos químicos y eléctricos y haces de alta energía; la elección depende del tipo de material, sus propiedades y espesor.

2.6.3. Sujetadores roscados

Un sujetador es un dispositivo que sirve para sujetar o unir dos o más miembros.

La denominación que se da a los sujetadores roscados depende de la [función](#) para la que fueron hechos y no de cómo se emplean realmente en casos específicos. Si se recuerda este hecho básico, no será difícil distinguir entre un tornillo y un perno.

Si un elemento está diseñado de tal modo que su función primaria sea quedar instalado dentro de un agujero roscado, recibe el nombre de tornillo. Por tanto, un tornillo se aprieta aplicando un par torsor en su cabeza.

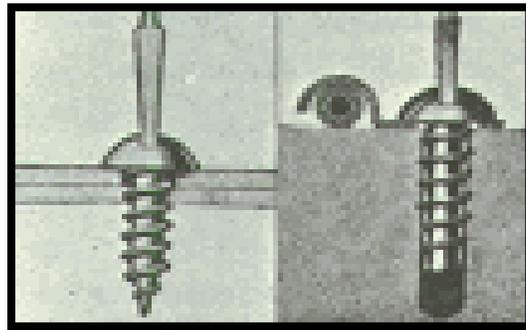


Figura 2.27. Sujetadores roscados

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/rosytor/rosytor.shtml#SUJETAD>

Si un elemento está diseñado para ser instalado con una tuerca, se denomina perno. Así, los pernos se aprietan aplicando una par torsor a la tuerca.

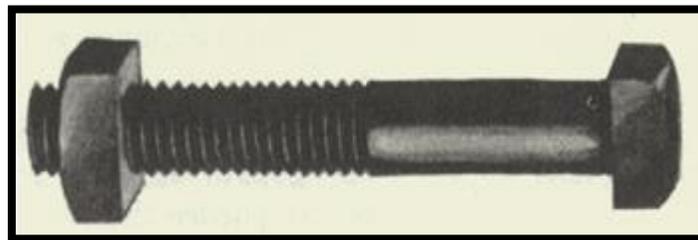


Figura 2.28. Perno de cabeza cuadrada para maquina. (Cortesía de Pheoll Mfg. Co., Chicago.)

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/rosytor/rosytor.shtml#SUJETAD>

Un esparrago (o perno con doble rosca, birlo) es una varilla con rosca en sus dos extremos; uno entra en un agujero roscado y el otro recibe una tuerca.

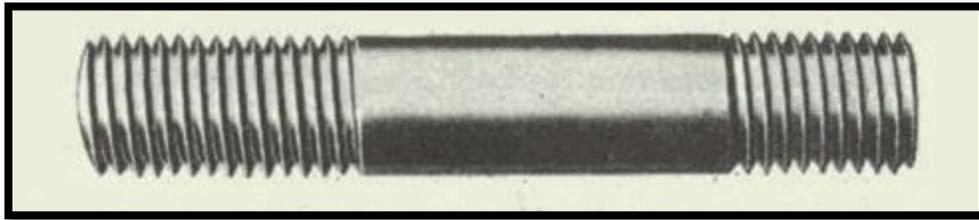


Figura 2.29. Esparrago-rosca basta. (Cortesía de The National Acme, Co., Cleveland)

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos12/rosytor/rosytor.shtml#SUJETAD>

Los sujetadores roscados incluyen pernos pasantes, tornillos de cabeza, tornillos de máquina, tornillos prisioneros y una variedad de implementos especiales que utilizan el principio del tornillo.

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 contratuerca 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.

2.6.4. 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.

2.6.5. Diseño para sujeción mecánica

El diseño de las uniones mecánicas requiere considerar el tipo de carga (por ejemplo, si es cortante o de tensión) a la que se someterá la estructura, y el tamaño y las distancias de los orificios.

Es importante la compatibilidad del elemento de sujeción con el que se van a unir los componentes. Si no hay compatibilidad, se puede producir corrosión galvánica, llamada también corrosión en hendiduras. Por ejemplo, en un sistema donde se use un tornillo o remache de acero para sujetar láminas de cobre, el tornillo es el ánodo y la placa de cobre el cátodo; esta combinación causa la rápida corrosión y pérdida de la resistencia de la unión. Los sujetadores de aluminio o de zinc, sobre productos de cobre, reaccionan de manera parecida.

CAPITULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Alternativas

Para la ejecución del presente proyecto, se planteo como opciones dos tipos de soportes:

Soporte de madera: con base cuadrada hecho de madera, con tres apoyos ubicado dos en la parte delantera y uno en la parte superior con correas de sujeción para su seguridad.



Figura 3.1. Soporte de madera para tren de aterrizaje

Fuente: CEMA

Soporte acero: hecho de acero ASTM-A36, con ruedas en sus extremos que ayudan en la movilidad en el momento que se coloque el tren de aterrizaje, con dos puntos de sujeción en la parte posterior y un punto de apoyo en la parte delantera.

Estructura realizada con perfil tipo cuadrado, laminas de acero y tubo de acero.

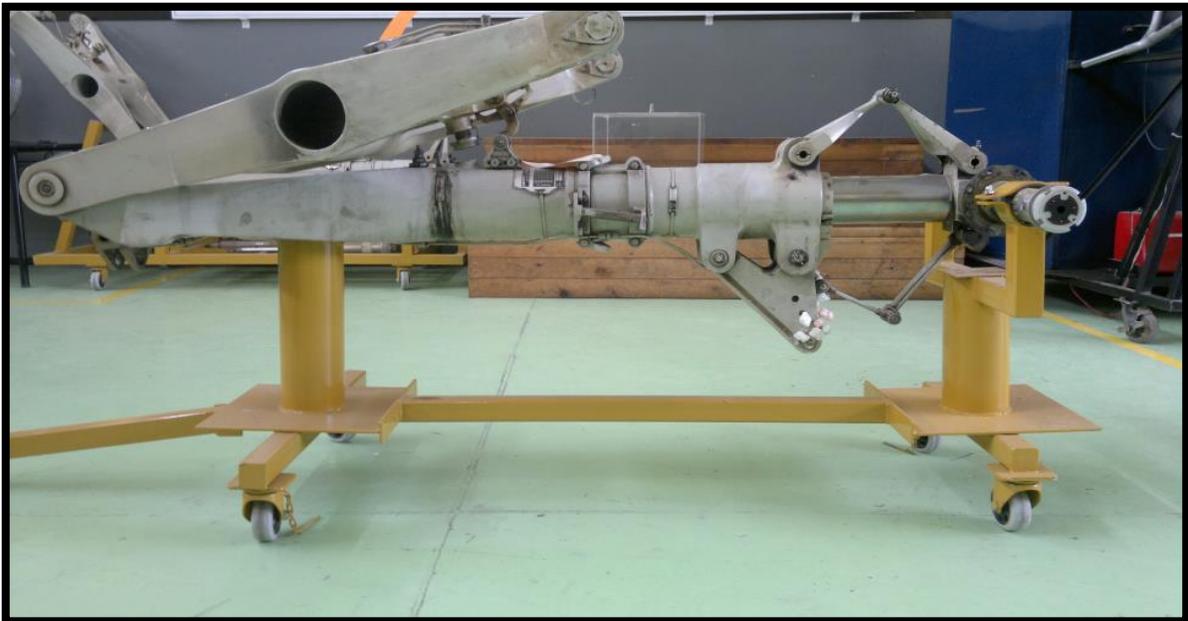


Figura 3.2. Soporte de acero para tren de aterrizaje

Fuente: Investigador de campo

Estas alternativas son analizadas para prestar seguridad y eficacia en el momento de colocar el tren de aterrizaje derecho del avión Fairchild FH-227 en el soporte, de tal forma que se realiza el desmontaje y colocación muy fácilmente.

3.2. Evaluación de las alternativas a seleccionar

Analizamos los factores que ambas alternativas tienen en mayor y menor grado

3.2.1. Tiempo

El soporte de acero no presenta una desventaja en tiempo de fabricación, puesto que esta alternativa se la puede construir rápidamente y eficientemente, para poder prestar sus funciones para lo cual fue diseñado.

El soporte de madera tiene una desventaja con el tiempo de fabricación el cual es su tamaño por lo que se o tiene que realizar más grande para que pueda prestar más resistencia.

3.2.2. Seguridad

En el soporte de madera, el grado de humedad influye decisivamente en la capacidad de resistencia; disminuyendo a medida que se incrementa, hasta alcanzar el punto de saturación de las fibras, y provocando un rompimiento en cualquier momento, ocasionando un posible accidente.

Mientras que el soporte de acero tiene una gran ventaja con el factor de seguridad, puesto que brinda una característica de resistencia, en su movilidad y en soporte del tren de aterrizaje.

3.2.3. Construcción

En el soporte de madera, la madera que fue un material tradicionalmente empleado en la construcción con funciones resistentes se ve desplazada, por el acero, material hecho por el hombre y sobre lo que este puede intervenir en su proceso de fabricación para mejorar sus características resistentes.

Con la explicación dada no queda más duda en que el soporte de acero es hecho de un material más adecuado para este tipo de proyectos.

3.2.4. Costos

El soporte de acero tiene una pequeña desventaja en el factor de costo por lo que tiene un valor más alto, eso es por motivo de sus prestaciones en resistencia, desgaste y factor de seguridad.

Puesto que la madera tiene un bajo costo no tiene ventaja en características de resistencia.

Al exponer varios factores de nuestras alternativas, y al haber considerado sus respectivas cualidades se procede a darles su calificación y sus respectivos resultados en la siguiente tabla.

En la siguiente matriz de ponderación, tenemos que en su parte superior se elige el factor de ponderación obteniendo que su sumatoria sea 1, mientras que las calificaciones que se da a cada alternativa según los parámetros a evaluarse van del 1 al 10.

Realizando la multiplicación entre el factor de ponderación y la calificación según el rango de importancia, obtendremos como resultado la mejor alternativa para el presente proyecto.

Tabla 3.1. Matriz de ponderación

	FACTORES				RANGO
	Tiempo	Seguridad	Construcción	Costos	
FACTOR DE PONDERACION	0.22	0.4	0.24	0.14	1
Soporte de madera	8 1.76	5 2.00	5 1.20	8 1.12	6.08
Soporte de acero	8 1.76	9 3.6	8 1.92	7 0.98	8.26

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Investigador.

Como se puede observar existe una gran diferencia de puntuación, el cual nos permite tomar como mejor alternativa idónea a la de mayor puntuación, por sus grandes prestaciones en seguridad y construcción, beneficiando así a la movilidad y eficacia en el momento de colocar el tren de aterrizaje, simplificando cualquier tipo de accidentes en el uso del mismo.

Como decisión final después de haber evaluado las dos alternativas se toma como mejor opción la propuesta del soporte de acero con una calificación de muy buena, eligiendo así la opción más adecuada para proceder a su construcción.

3.3. Análisis de la estructura seleccionada

Para corroborar que el soporte de acero es una buena alternativa para proceder a su construcción lo sometimos a un proceso de análisis en el programa conocido como autodesk inventor, el cual realizo un estudio minucioso de tensión, sus datos entregados se muestran a continuación.

3.3.1. Informe de análisis de tensión

Tabla 3.2. Propiedades físicas

Masa	5,43656 kg
Área	2439260 mm ²
Volumen	4173370 mm ³
Centro de gravedad	x=547,466 mm y=174,996 mm z=65,0288 mm

Fuente: autodesk inventor

Elaborado por: Investigador

Tabla 3.3. Materiales

Nombre	Acero aleado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 Mpa
	Resistencia máxima a tracción	0 Mpa
Tensión	Módulo de Young	205 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	0 GPa

Tensión térmica	Coeficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	44,5 W/(m K)
	Calor específico	475 J/(kg c)

Fuente: autodesk inventor

Elaborado por: Investigador

Condiciones de funcionamiento

Fuerza: 1

Tabla 3.4. Fuerza 1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	8.820 N
Vector X	-0.011 N
Vector Y	0.010 N
Vector Z	-8.820 N

Fuente: autodesk inventor
Elaborado por: Investigador

Cara(s) seleccionada(s)

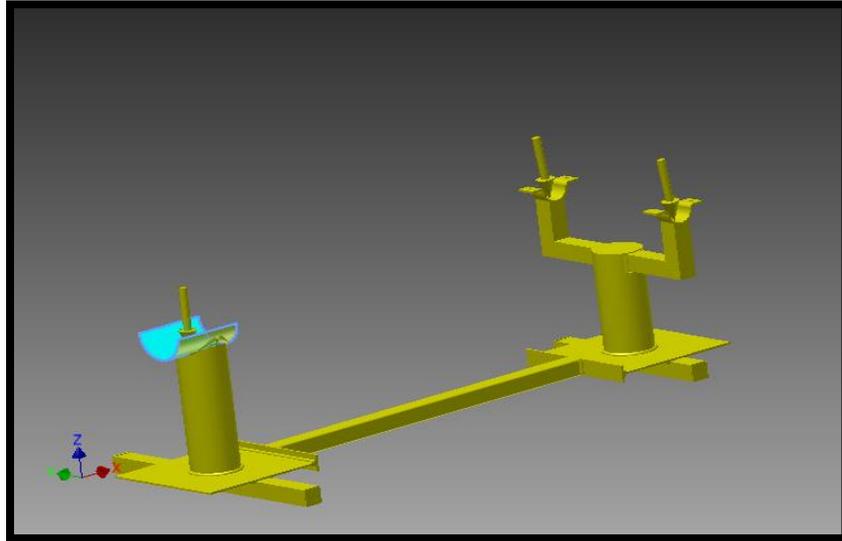


Figura 3.3. Cara seleccionada 1

Fuente: Autodesk inventor

Fuerza: 2

Tabla 3.5. Fuerza 2

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2.940 N
Vector X	0.315 N
Vector Y	-0.000 N
Vector Z	-2.923 N

Fuente: Autodesk inventor

Elaborado por: Investigador

Cara(s) seleccionada(s)

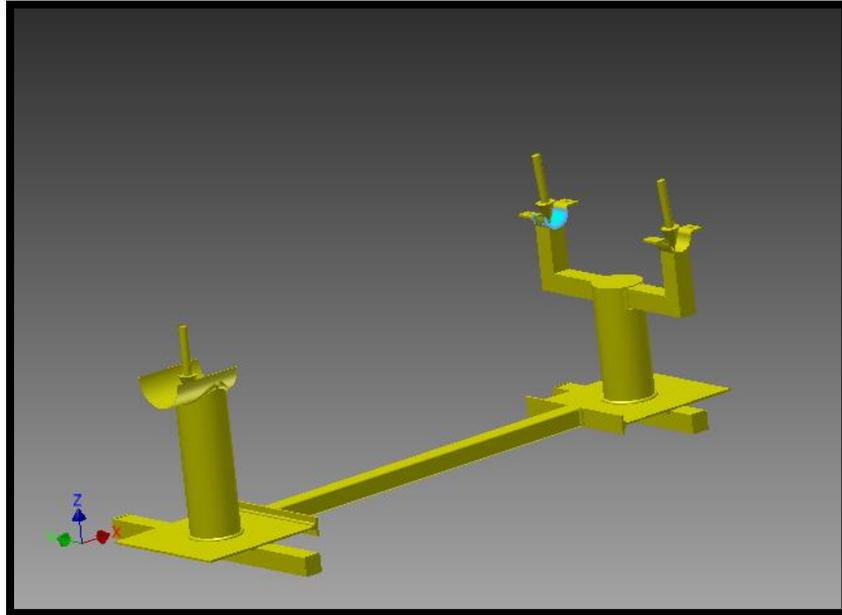


Figura 3.4. Cara seleccionada 2

Fuente: Autodesk inventor

Fuerza: 3

Tabla 3.6. Fuerza 3

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2.940 N
Vector X	0.315 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	-2.923 N

Fuente: Autodesk Inventor

Elaborado por: Investigador

Cara(s) seleccionada(s)

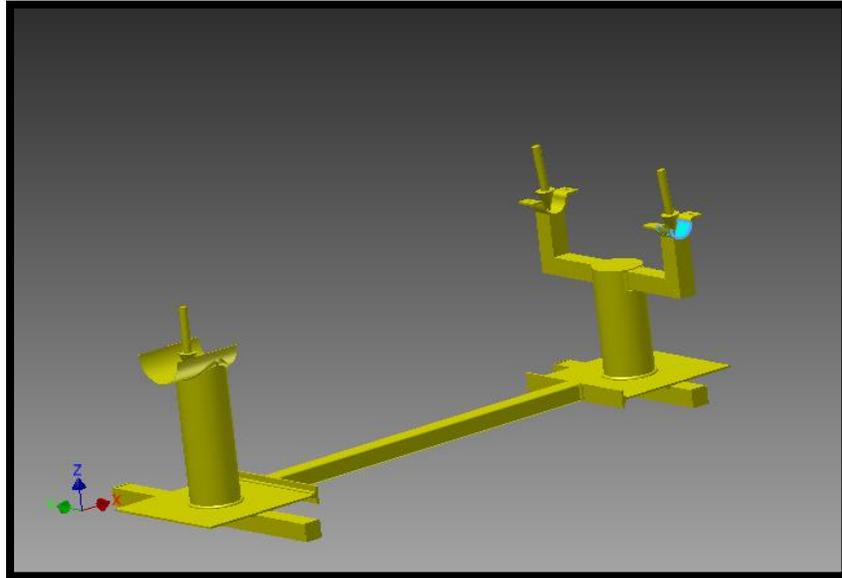


Figura 3.5. Cara seleccionada 3

Fuente: Autodesk inventor

Restricción fija:

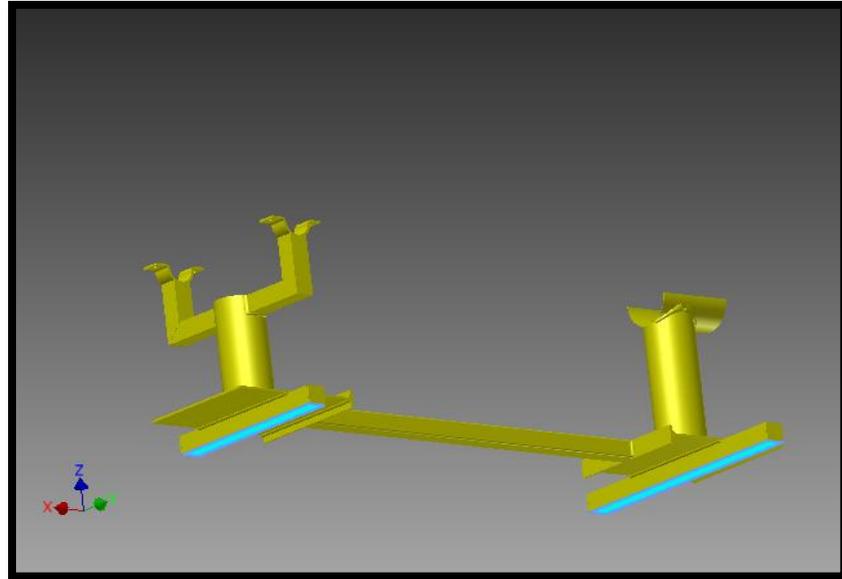


Figura 3.6. Restricción fija

Fuente: Autodesk inventor

Resultados

❖ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Tabla 3.7. Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	14,6793 N	-0,618619 N	0,336736 N m	0 N m
		-0,0100557 N		0,336736 N m
		14,6662 N		0 N m

Fuente: Autodesk inventor
 Elaborado por: Investigador

❖ Resumen de resultados

Tabla 3.8. Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4177850 mm ³	
Masa	32,7774 kg	
Tensión de Von Mises	0,00000222781 Mpa	0,219747 Mpa
Primera tensión principal	-0,0790463 Mpa	0,17894 Mpa
Tercera tensión principal	-0,28824 Mpa	0,0354561 Mpa
Desplazamiento	0 mm	0,00108689 mm
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,193806 Mpa	0,163041 Mpa
Tensión XY	-0,0424973 Mpa	0,0416312 Mpa
Tensión XZ	-0,0682606 Mpa	0,0692758 Mpa
Tensión YY	-0,0964093 Mpa	0,0816985 Mpa
Tensión YZ	-0,0776394 Mpa	0,0835709 Mpa
Tensión ZZ	-0,216879 Mpa	0,11585 Mpa
Desplazamiento X	-0,000288837 mm	0,000344111 mm
Desplazamiento Y	-0,000876539 mm	0,000855905 mm

Desplazamiento Z	-0,000577965 mm	0,000047703 mm
Deformación equivalente	0,000000000101783 su	0,000000990182 su
Primera deformación principal	-0,00000000814174 su	0,000000816562 su
Tercera deformación principal	-0,00000109622 su	0,0000000043715 su
Deformación XX	-0,000000520062 su	0,000000799688 su
Deformación XY	-0,000000261111 su	0,000000255789 su
Deformación XZ	-0,000000432872 su	0,00000043931 su
Deformación YY	-0,000000339606 su	0,000000389565 su
Deformación YZ	-0,000000492348 su	0,000000529962 su
Deformación ZZ	-0,00000068039 su	0,000000350326 su
Presión de contacto	0 Mpa	0,208066 Mpa
Presión de contacto X	-0,145966 Mpa	0,055955 Mpa
Presión de contacto Y	-0,117902 Mpa	0,128647 Mpa
Presión de contacto Z	-0,0878684 Mpa	0,0762086 Mpa

Fuente: Autodesk inventor

Elaborado por: Investigador

❖ Tensión de Von Mises

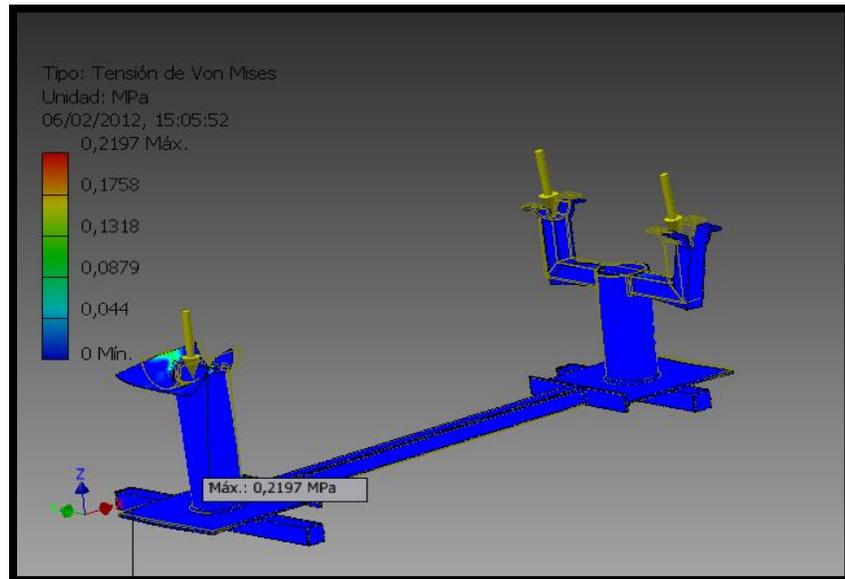


Figura 3.7. Tensión de von Mises

Fuente: Autodesk inventor

❖ Desplazamiento

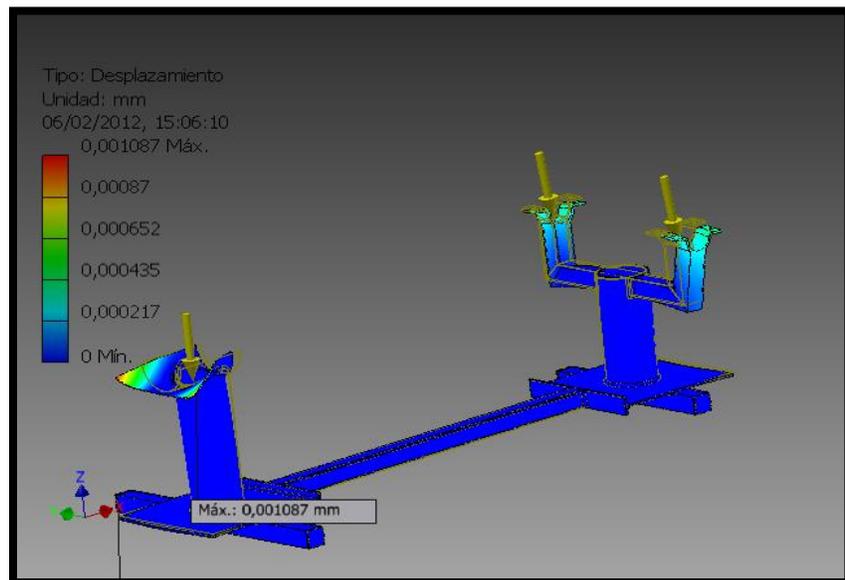


Figura 3.8. Desplazamiento

Fuente: Autodesk inventor

❖ Coeficiente de seguridad

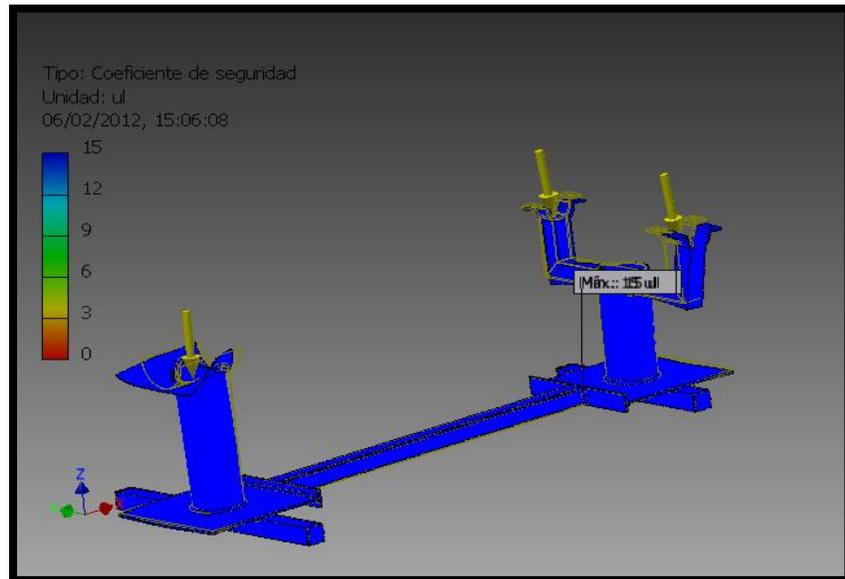


Figura 3.9. Coeficiente de seguridad

Fuente: Autodesk inventor

❖ Deformación equivalente

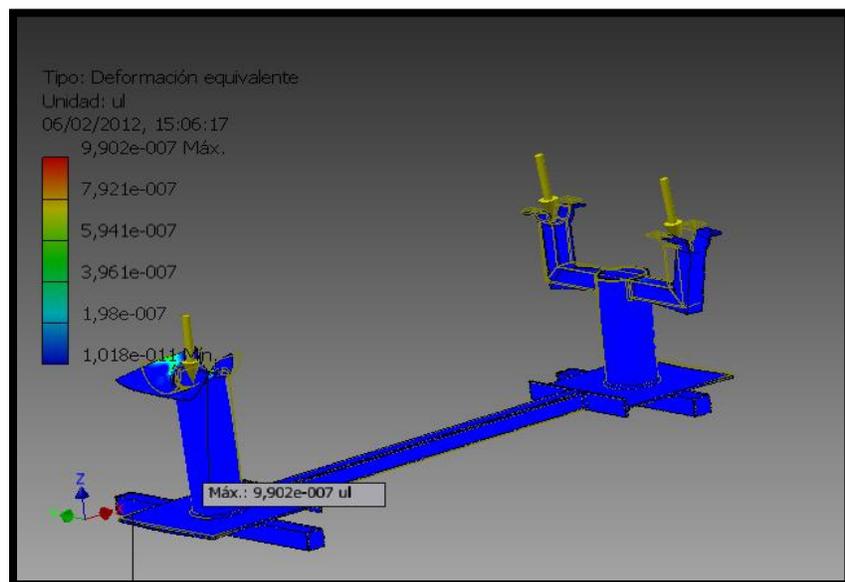


Figura 3.10. Deformación equivalente

Fuente: Autodesk inventor

❖ Presión de contacto Y

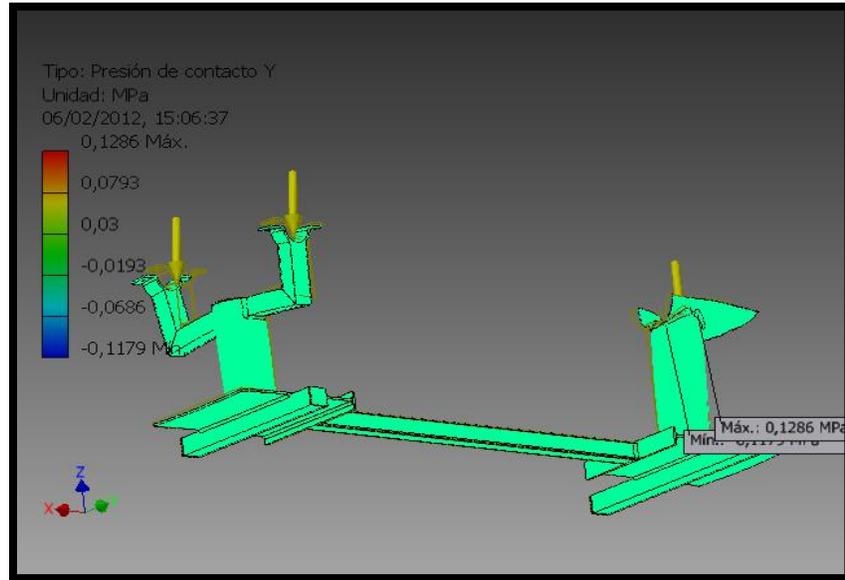


Figura 3.11. Presión de contacto Y

Fuente: Autodesk inventor

3.3.2. Cálculos aplicados en la estructura.

A continuación se procede a realizar los cálculos de momentos, esfuerzos y cargas a la estructura en la sección de las columnas y de las vigas en las caras 2 y 3, con sus respectivos diagramas realizados en el programa MDSolids. Ver figura de caras 3.4 y 3.5



Figura 3.12. Diagrama de cuerpo libre

Fuente: MDSolids

Calculo de momentos en la cara de la viga.

- Sección 1

$$F = 2,9 \text{ N}; d = 191,5 \text{ cm}$$

$$M = F \times d$$

$$M = -2,9 \text{ N} \times 0,1915 \text{ m}$$

$$M = -0,55535 \text{ Nm}$$

- Sección 2

$$F = 2,9 \text{ N}; d = 191,5 \text{ cm}$$

$$M = F \times d$$

$$M = -2,9 \text{ N} \times 0,1915 \text{ m}$$

$$M = -0,55535 \text{ Nm}$$

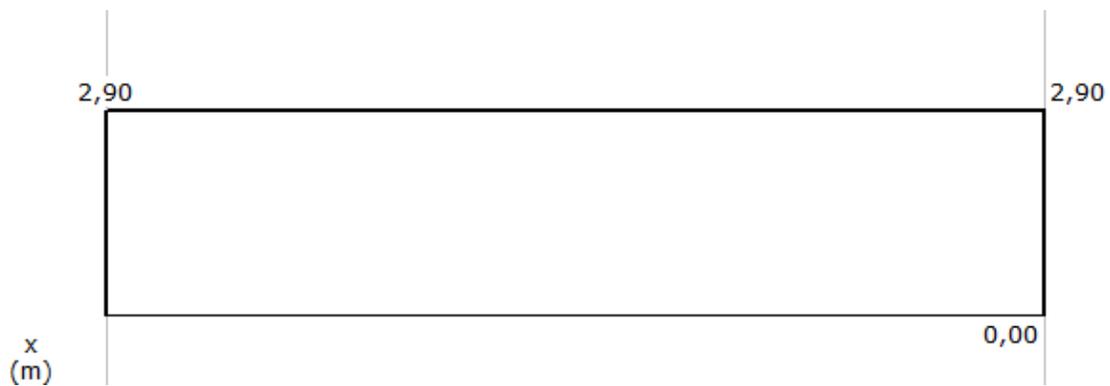


Figura 3.13. Diagrama de dirección de las fuerzas

Fuente: MDSolids

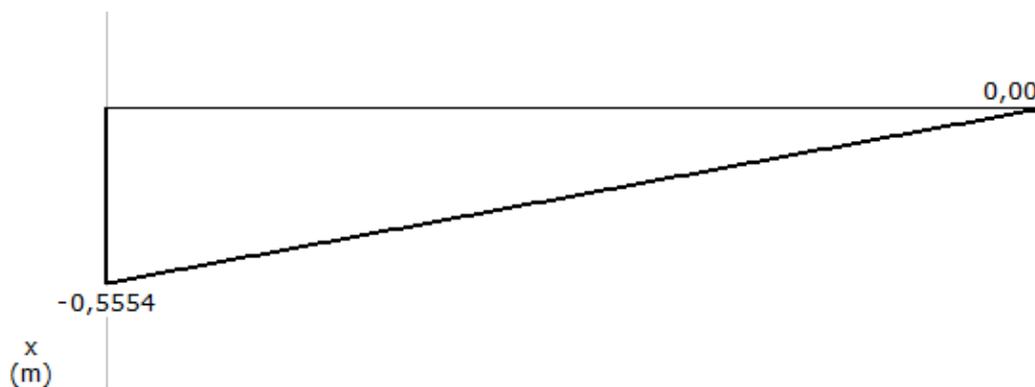


Figura 3.14. Diagrama de momentos

Fuente: MDSolids

Calculo de esfuerzo en la viga:

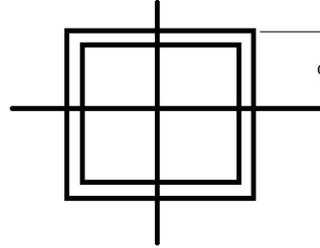
$$\sigma = \frac{M \times C}{I}$$

Donde:

$$M = 0,5554Nm$$

$$C = \frac{h}{2}; h = 5cm \rightarrow C = 2,5cm$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \rightarrow I = \frac{1}{12} \times 5 \times 5^3 \rightarrow I = 52cm$$



Entonces:

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

$$\sigma = \frac{0,5554Nm \times 0,025 m}{0,52m}$$

$$\sigma = 0,02670192 Nm$$

Calculo de carga crítica en las columnas:

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

- Sección 1

$$L = 30 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14159$$

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

$$I = 52cm$$

$$d = 12,7cm$$

Entonces:

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 200 \times 10^9 \times 0,52}{0,30}$$

$$P_{cr} = 3.421261047 \times 10^{12}$$

Al finalizar el estudio de análisis de tensión que nos entregó el programa Autodesk Inventor y los cálculos se pudo comprobar que el soporte de acero es el adecuado y está listo para su construcción, puesto que en el programa se realizó una simulación aplicándole fuerzas, estas fuerzas son las que tiene que soportar el soporte cuando esté completamente construido.

3.4. Proceso de construcción

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

Para la adquisición del material procedimos a adquirirlo en una ferretería de materiales en acero.

Además del material también tenemos el uso de herramientas adecuadas y sus accesorios cambiantes tales como son sierras de corte, discos de corte, de desgaste, electrodos entre otros. Como estos son accesorios de las herramientas y equipos que serán utilizados se hará una cotización en diferentes puntos de venta para economizar costos.

En el proceso de obtener el material para el soporte tenemos perfiles tipo cuadrado, tubo redondo, y plancha tol negro de 6mm, los cuales se debió cortar a la medida para que no exista un malgaste del material y evitar alguna pérdida

Por tanto del perfil cuadrado se compró una sola unidad, del tubo se hizo la adquisición de una sola unidad y de la plancha tol negra igualmente. Al perfil cuadrado estructural se procedió a marcar las diferentes distancias donde se realizaran los cortes necesarios como se muestra en la siguiente imagen y cuadro.



Figura 3.12. Trazo en un perfil cuadrado

Fuente: Investigador de campo

Tabla 3.9. Medición del perfil cuadrado estructural.

CANTIDAD	LONGITUD	TOTAL
1 Perfil cuadrado	100 cm	100 cm
1 Perfil cuadrado	70 cm	70 cm
1 Perfil cuadrado	50 cm	50 cm
1 Perfil cuadrado	51 cm	51 cm
2 Perfil cuadrado	17 cm	34 cm

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador

Una vez trazada las medidas en el perfil cuadrado, en el tubo y en la plancha se procede a realizar el corte con la ayuda de una sierra y una amoladora con su disco de corte el cual nos permita tener efectividad en cada corte y que no existan errores como descuadres en el momento de su unión.

Al haber finalizado con todos los cortes y verificando sus longitudes pasamos al paso de unión de sus partes cortadas.

Primero partimos desde la realización de su base colocando uno de sus extremos del perfil cuadrado con una de las planchas de tal forma que su estructura coincida con lo ya proyectado con respecto a sus distancias y forma. Lo mismo se realiza en el otro extremo del perfil.

Para la sujeción de cada parte a unir utilizaremos un playo a presión, este playo a presión es una herramienta especial que nos ayudara a mantener las partes unidas para proceder a soldar con el método punto de suelda y así ir formando la base de la estructura y posteriormente todo el soporte en su totalidad, pero soldando en sus puntos que quedaron a rellenar. Posteriormente colocamos el tubo en una de las planchas con su respectiva distancia para proceder a soldar y lo mismo se realiza en la otra plancha, estos dos tubos colocados sobre las planchas serán las dos columnas del soporte como se observa en la figura.



Figura 3.13. Una de las columnas del soporte soldada

Fuente: Investigación de campo

Una vez finalizada la unión de los tubos con las planchas procedemos a unir los 2 perfiles cuadrados de 17 cm, uno a cada extremo del perfil cuadrado de 51 cm formando una [] y luego a soldar. Luego de esto empezamos a realizar un corte en uno de los tubos con una abertura de 5 x 5 cm para ensamblar la estructura en forma de [] como se observa en la figura.



Figura 3.14. Puntos de apoyo del soporte

Fuente: Investigación de campo

Enseguida se corta por la mitad un tubo que mide 19 cm de longitud, se lo une y se lo suelda en el otro tubo como muestra la figura.



Figura 3.15. Punto de apoyo del soporte

Fuente: Investigación de campo

Posteriormente se colocan en la parte superior de las planchas los perfiles cuadrados de 70 y 50 cm, uno correspondiente a cada plancha y se procede a soldar, y en cada extremo de estos dos perfiles se procede a soldar unas láminas de 9 cm, en total 4, cada una para que después en estos se coloque las respectivas

llantas, como se puede observar en la siguiente figura muestra lo realizado y en la otra casi terminado.



Figura 3.16. Soporte

Fuente: Investigación de campo

Para probar que el soporte se encuentre bien estructurado se procede hacer pruebas necesarias para verificarlo y como pasos finales se coloca una jaladora para que mediante este el soporte pueda tener movilidad y se coloca en las partes de sujeción un caucho tipo moqueta gris.

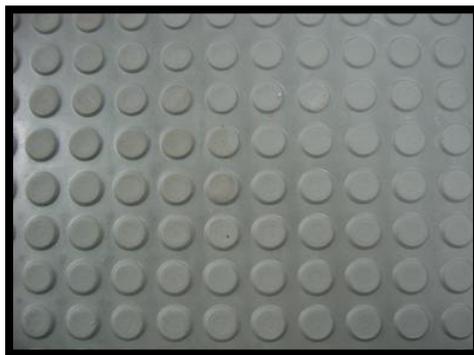


Figura 3.17. Caucho moqueta gris

Fuente: Investigación de campo

Finalmente se lo procede a pintarlo con un fondo anticorrosivo y luego con una pintura de color amarillo.

Para representar de mejor forma los procesos de fabricación y poder así obtener una mejor interpretación tenemos las siguientes tablas detalladas con las diferentes herramientas y maquinas que se utilizo para la construcción de nuestro soporte.

Tabla 3.10. Herramientas empleadas

NOMINACIÓN	HERRAMIENTA
1	Flexometro
2	Tiza industrial
3	Escuadra
4	Disco de corte
5	Disco de desbaste
6	Alicate de sujeción
7	Electrodos E 6011
8	Llaves # 14 y 15
9	Brocas para acero
10	Pistola de pintura
11	Anticorrosivo
12	Pintura amarilla
13	Pie de rey

Fuente: I.T.S.A.

Elaborado por: Investigador

Tabla 3.11. Máquinas empleadas.

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

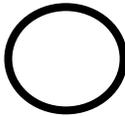
Fuente: I.T.S.A.

Elaborado por: Investigador

3.5. Diagramas del proceso de construcción

Para la construcción de la estructura del soporte, realizamos un diagrama que contiene los pasos a seguir en forma adecuada, en la siguiente tabla se muestra la simbología de nuestro diagrama.

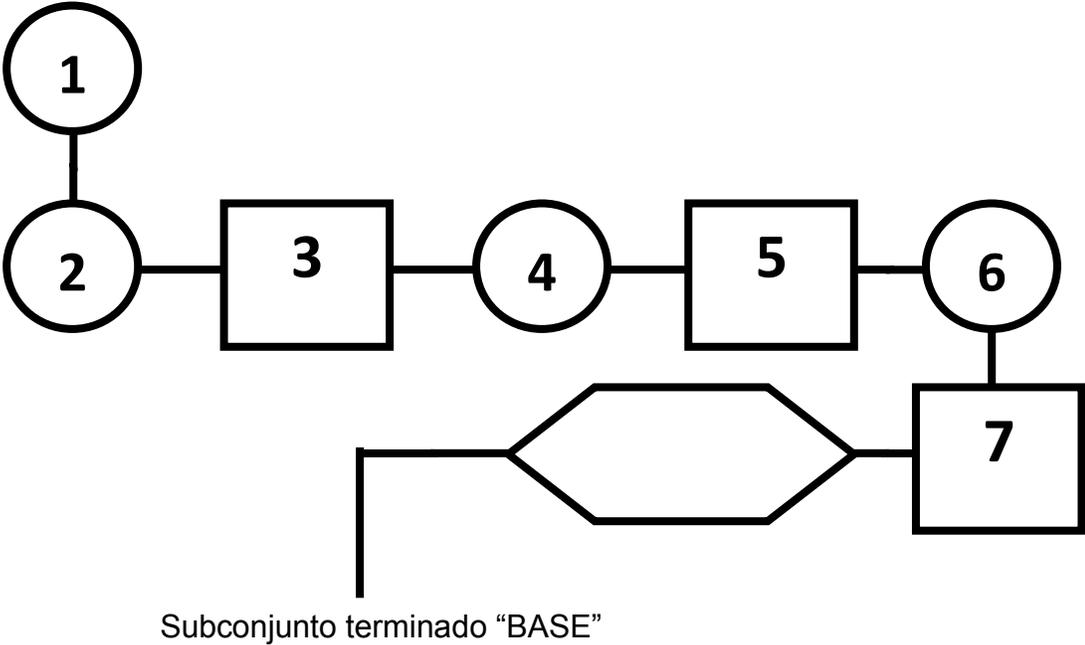
Tabla 3.12. Simbología

FIGURA	DESIGNACION
	OPERACIÓN
	INSPECCIÓN Y VERIFICACIÓN
	CONECTOR
	ENSAMBLE

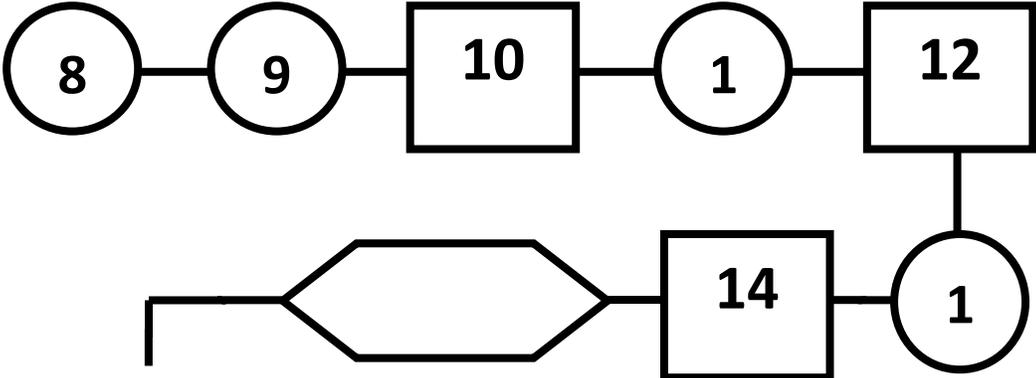
Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

3.5.1. Proceso de construcción de la base del soporte

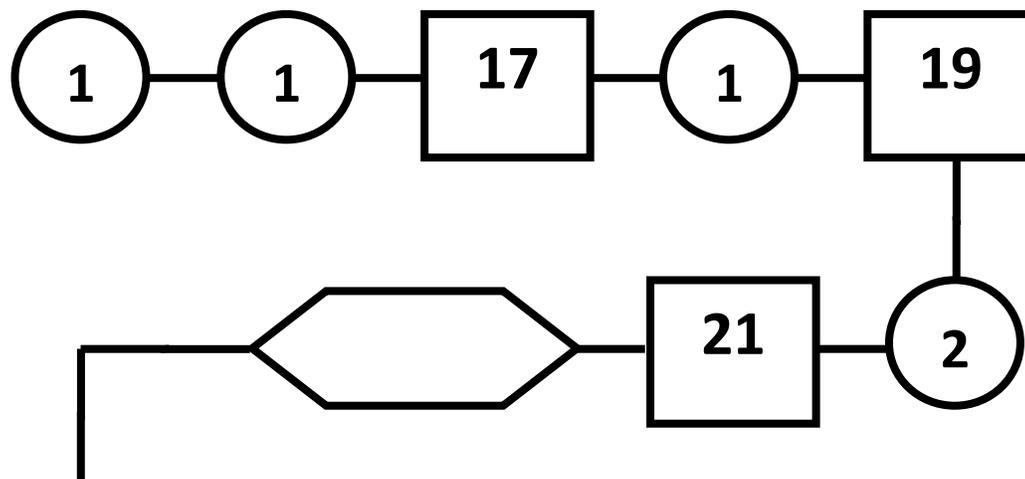


3.5.2. Proceso de construcción de las columnas del soporte



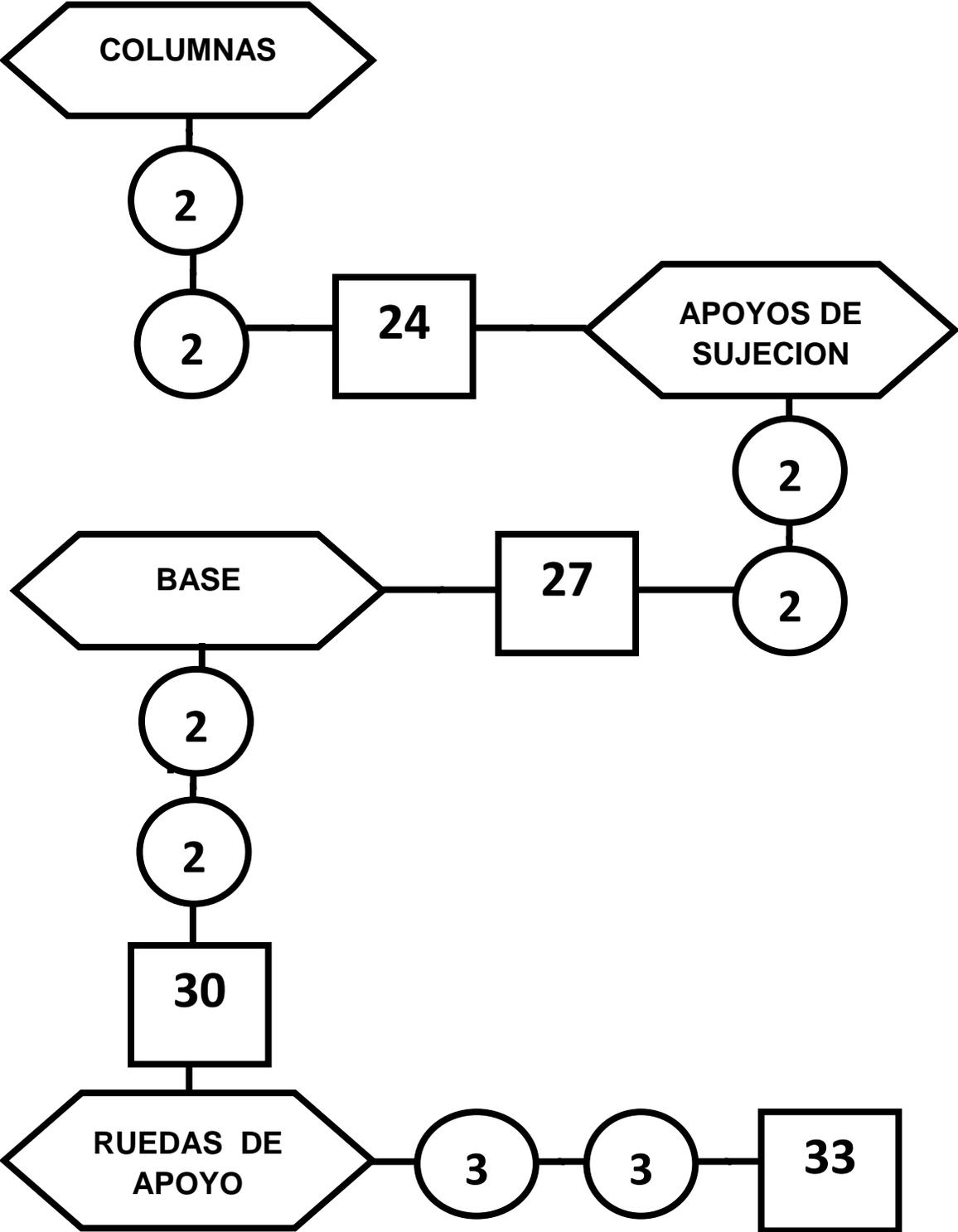
Subconjunto terminado "COLUMNAS"

3.5.3. Proceso de construcción de los apoyos de sujeción



Subconjunto terminado de los "APOYOS DE SUJECION"

3.5.4. Proceso de ensamblaje de la estructura



“ESTRUCTURA DEL SOPORTE TERMINADO”

Tabla 3.13. Proceso de construcción

N.	TRABAJO	HERRAMIENTAS	MAQUINAS	OBSERVACIONES
1	Medir	1-3	-	Ver tabla 3.10
2	Trazar	2-3	-	Ver tabla 3.10
3	Verificar	1-3	-	Ver tabla 3.10
4	Cortar	4-5	H-A	Ver tabla 3.10 y 3.11
5	Verificar	1	-	Ver tabla 3.10
6	Soldar	7	H-B	Ver tabla 3.10 y 3.11
7	Verificar	1-3	-	Ver tabla 3.10
8	Medir	1-3	-	Ver tabla 3.10
9	Trazar	2-3	-	Ver tabla 3.10
10	Verificar	1-4	-	Ver tabla 3.10
11	Cortar	4-5	H-A	Ver tabla 3.10 y 3.11
12	Verificar	1	-	Ver tabla 3.10
13	Soldar	7	H-B	Ver tabla 3.10 y 3.11
14	Verificar	1-4	-	Ver tabla 3.10
15	Medir	1-3	-	Ver tabla 3.10

16	Trazar	2-3	-	Ver tabla 3.10
17	Verificar	1	-	Ver tabla 3.10
18	Cortar	4-5	H-A	Ver tabla 3.10 y 3.11
19	Verificar	1-4	-	Ver tabla 3.10
20	Soldar	7	HB	Ver tabla 3.10
21	Verificar	1	-	Ver tabla 3.10
22	Sujeción de apoyo con columna	6	-	Ver tabla 3.10
23	Soldar	7	H-B	Ver tabla 3.10 y 3.11
24	Verificar	1-3	-	Ver tabla 3.10
25	Sujeción de apoyos con base	6	-	Ver tabla 3.10
26	Soldar	11	H-D	Ver tabla 3.10 y 3.11
27	Verificar	1-3	H-D	Ver tabla 3.10 y 3.11
28	Sujeción de base con ruedas apoyo	6	-	Ver tabla 3.10
29	Soldar	7	H-B	Ver tabla 3.10 y 3.11
30	Verificar	1-3-13	-	Ver tabla 3.10
31	Anticorrosivo	11	-	Ver tabla 3.10
32	Pintado	10-12	HD	Ver tabla 3.10 y 3.11

33	Verificar	-	-	-
----	-----------	---	---	---

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: INVESTIGADOR

3.6. Pruebas de Evaluación.

Al haber terminado la construcción del soporte con todos los procesos señalados se lo sometió a las cargas reales colocando el tren de aterrizaje del avión Fairchild FH-227 en el soporte, añadiendo un peso extra para ver el comportamiento del diseño.

Dando como conclusión de que el soporte de acero cumple las siguientes pruebas:

Tabla 3.14. Pruebas realizadas

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

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Investigador

Concluidas con las pruebas ya realizadas se procede a implementar manuales que nos ayudaran a mantener y a operar al soporte de una forma adecuada.

3.7. Manuales

A continuación se implementan manuales de mantenimiento, de operación, de seguridad y hojas de registro de datos de operación y de manteniendo con el objetivo de dar uso del soporte de una forma correcta y segura además de facilitar así su operación a desempeñar.

3.7.1. Manual de operación

El manual de operación de este proyecto guiara aquellas personas que deseen hacer uso del soporte, a que los procedimientos a seguir al momento de utilizarlo sean muy correctos y que no tengan ningún contratiempo o accidente durante el tiempo que se encuentren operándolo.

<p style="text-align: center;">ITSA</p> 	Manual de Operación		Revisión No: 01
	SOPORTE DE ACERO		
	Elaborado por: Ronald Prado.		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 15-03-2012	Fecha: 15-03-2012

Objetivo:

- ❖ Aplicar todos los procesos adecuados de operación al momento de colocar el tren de aterrizaje en el soporte.

Proceso del uso del soporte del tren de aterrizaje:

1. Verificar que el soporte se encuentre con sus partes de sujeción.
2. Asegurar los puntos de sujeción
3. Tener la herramienta adecuada para apretar las partes de sujeción
4. Adecuar el soporte en un sitio en donde sea fácil la colocación del tren y que no presente un obstáculo.
5. Quitar las partes que se desprenden del sitio de sujeción.
6. Colocar adecuadamente en tren de aterrizaje en los puntos de sujeción.
7. Colocar las partes que se quitaron nuevamente en el soporte para su sujeción.
8. Apretar con la herramienta los puntos de sujeción para que quede asegurado el tren al soporte y colocar los seguros de las llantas.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____



3.7.2. Manual de mantenimiento

De acuerdo como el soporte sea utilizado y con el pasar del tiempo, el soporte necesitara unos ciertos ajustes, para lo cual el manual de mantenimiento nos indicara los pasos necesarios para que el funcionamiento de este sea correcto y no tenga q hacerse posibles reparaciones mayores

ITSA 	Manual de Mantenimiento		Revisión No: 01
	SOPORTE DE ACERO		
	Elaborado por: Ronald Prado.		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 15-03-2012	Fecha: 15-03-2012

Objetivo:

- ❖ Tomar las precauciones necesarias para mantener en buen estado el soporte de acero, para preservar su vida útil.

Acciones de mantenimiento

1. Comprobar el correcto estado de los puntos de sujeción, que no se encuentren con corrosión, alguna rajadura o algún tipo de daño.
2. Verificar que en las uniones de la soldadura no exista cortes, rajaduras o algún desprendimiento.
3. Observar que los pernos de sujeción y otros se encuentren en un buen estado, tomando en cuenta los hilos del perno con su tuerca y evitar algún mal funcionamiento por el motivo de estar oxidados o aislados y en el caso de tener algún tipo de daño reemplazarlos por otros en buen estado.
4. Revisar la estabilidad del soporte con respecto al suelo, observando que no exista ningún tipo de pandeo.
5. Verificar que el soporte no presente algún tipo de oxidación.
6. Realizar un chequeo rápido antes y después de usarlo para mantener el soporte en óptimas condiciones.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

3.7.3. Manual de seguridad

En el momento que estamos utilizando el soporte tenemos que tener ciertas medidas de precaución para no tener ningún problema al movilizarlo, al colocar o retirar el tren de aterrizaje, para lo cual todas estas medidas de precaución están especificadas en el siguiente manual de seguridad, para reducir cualquier posible accidente y evitar cualquier problema que pueda llegar a tener la persona operaria y la misma estructura.

ITSA 	Manual de seguridad		Revisión No: 01
	SOPORTE DE ACERO		
	Elaborado por: Ronald Prado		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 15-03-2012	Fecha: 15-03-2012

Objetivo:

- ❖ Prevenir accidentes que pueden tener los operarios y daños físicos en la estructura del soporte.

Normas de seguridad

1. Utilizar el equipo de protección necesario tal como overol, guantes, orejeras y zapatos con punta de acero.
2. Verificar que el tren de aterrizaje se encuentra correctamente apoyado en soporte.
3. Revisar que los puntos de apoyo se encuentren ajustados para que el tren no se resbale en el momento de movilizarlo.
4. Verificar que la jaladora se encuentre bien ajustada para evitar que se salga del punto de unión en la estructura.
5. Cuando se vaya a colocar el tren en el soporte se debe asegurara la llantas de la estructura para que no exista un posible movimiento del soporte.

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

3.7.4. Hoja de registro de operación.

Tendrá que realizarse la hoja de registro de operación con el propósito de llevar un control del uso del soporte, ya que ayuda a observar el periodo con el que se desempeño y de manera que se detalle el uso realizado y si hubo contratiempos durante el uso del mismo.

También se detalla ítems importantes como:

- Fecha en el cual se realizó el uso del soporte y nombres de los responsables del mismo.
- Detalle del uso realizado en el soporte y las condiciones en las que esta se opero.
- Detalle de problemas que hay existido durante el uso del soporte para poder realizar un mantenimiento apropiado en el tiempo requerido.
- Firmas de responsabilidad de quienes realizaron el uso del soporte.

<p>ITSA</p> 	Hojas de registro		Revisión No: 01
	REGISTRO DE OPERACIÓN DEL SOPORTE		
	Elaborado por: Ronald Prado		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 15-03-2012	Fecha: 15-03-2012

HOJA DE REGISTRO DE OPERACIÓN

Solicitado por:

Horas de operación:

Realizado por:

Fecha de realización de la operación:

No.	Motivo	Prueba realizada	Observación

Detalles:.....			

3.7.4. Hoja de registro de mantenimiento

La hoja de registro de mantenimiento ayuda a llevar un control del mantenimiento que se ha realizado al soporte con la finalidad de preservar su vida útil y mantener en óptima condiciones la estructura.

En el cual se observa:

- Fecha en el que ha sido realizado el mantenimiento.
- Detalle del mantenimiento realizado al soporte y a las condiciones en las que está siendo utilizado.
- Firmas de responsabilidad de quienes han realizado el mantenimiento.

<p align="center">ITSA</p> 	Hojas de registro		Revisión No: 01
	REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL SOPORTE		
	Elaborado por: Ronald Prado		
	Aprobado por: Ing. Félix Manjarrés.	Fecha: 15-03-2012	Fecha: 15-03-2012

HOJA DE REGISTRO DE OPERACIÓN

Solicitado por: _____ Realizado por: _____

Fecha de realización del mantenimiento: _____

Fecha de culminación del mantenimiento: _____

Orden No. _____

No.	Motivo	Prueba realizada	Observación

Detalles:.....			

CAPÍTULO IV

4. PRESUPUESTO

4.1. Presupuesto

A continuación se detallan los costos requeridos para el desarrollo del proyecto, considerando el material que se va a utilizar en la construcción, las herramientas, las maquinas, la pintura, alimentación, transporte, estadía, etc.

4.1.1. Costos primarios

Muestra el costo de los materiales utilizados:

Tabla 4.1. Costos del material

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNI.	PRECIO TOTAL
-------------	----------	-------------	--------------

Perfil cuadrado estructural de 2 plg.	1	28.50	28.50
Tubo redondo estructural de 5 plg.	1	80.60	80.60
Plancha tol negra de 6mm	1	60.00	60.00
Ruedas Industriales	4	15.00	60.00
Disco de corte	4	2.50	10.00
Sierras	6	2.50	15.00
Perno varios	10	0.50	5.00
Arandelas varias	8	0.20	1.60
Broca de acero	1	2.00	2.00
Tiza industrial	4	0.40	1.60
Electrodos	10	2.00	20.00
Cepillo de acero	2	1.00	2.00
Liga de agua	5	0.75	3.70
Suelda autógena	1	30.00	30.00
Anticorrosivo	2 lts.	5.50	11.00
Pintura-Esmalte y tiñer	12 lts.	2.50	30.00
		TOTAL	\$ 361.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

4.1.2. Costos secundarios

Muestra el gasto realizado aparte de la construcción del soporte.

Tabla 4.2. Costos secundarios

No.	Descripción	Costo
1	Aranceles de graduación	\$120.00
2	Hospedaje	\$100.00
3	Transporte	\$200.00
4	Copias, anillados,	\$ 80.00
5	Internet e impresiones	\$ 90.00
6	Varios	\$ 70.00
	TOTAL	\$ 660.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

4.1.3. Costo total

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

Tabla 4.3. Costo total

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo primario	\$ 361.00
Costo secundario	\$ 660.00
TOTAL	\$ 1021.00

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Investigador.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se adquirió la información necesaria y clara para la realización del presente proyecto, recopilando lo más importante y útil para el mismo.
- Se planteo dos alternativas para la construcción del soporte, el cual nos permitió seleccionar la alternativa más adecuada y eficaz para su construcción mediante pruebas y análisis.
- Se selecciono los materiales adecuados que prestaron resistencia, economía y seguridad para la construcción del presente trabajo.

- Se construyó una estructura eficaz, segura y apta para soportar la carga que aplica el tren de aterrizaje, asegurando su movilidad y estabilidad.
- Se realizaron manuales de operación, seguridad y mantenimiento, con el objetivo de proteger la integridad del operador, la salud de los operarios y mantener en óptimas condiciones y funcionamiento del soporte.

5.2. Recomendaciones

- Observar los alrededores para que no existan rozamientos, golpes con obstáculos al momento de movilizar el soporte
- Verificar que el tren de aterrizaje colocado en el soporte encaje correctamente y este bien asegurado para evitar un accidente a sus operarios.
- Mantener los puntos de sujeción del soporte bien asegurados al tren de aterrizaje al momento que se requiera su movilidad.
- Revisar y tener en cuenta las indicaciones prescritas en los manuales de operación, seguridad y mantenimiento del soporte del tren de aterrizaje.
- Utilizar los respectivos equipos de protección al momento de operar el soporte para que se trabaje con protección y seguridad.
- Para preservar la vida del soporte se aconseja utilizarlo solo para el fin que se ha creado y para el tren de aterrizaje del cual nos hemos guiado.

Glosario

Envergadura alar: Distancia entre las dos puntas de las alas completamente extendidas de un ave o de un avión.

Feathered(Paso bandera): El paso bandera o feathering consiste en posicionar las palas de la hélice en el ángulo donde produzcan menor resistencia al viento en caso de un paro de motor.

Freno multidisco un freno multidisco comprende un primer disco giratorio solidario de un cubo que está unido a un órgano giratorio a ser frenado y al menos un segundo disco giratorio susceptible de deslizarse axialmente con relación al cubo del primer disco.

Materia: es todo aquello que ocupa un lugar en el [espacio](#), tiene una [energía](#) medible y está sujeto a [cambios en el tiempo](#) y a interacciones con aparatos de medida. Es decir es todo aquello que ocupa un sitio en el espacio, se puede tocar, se puede sentir, se puede medir, etc.

Momento: Se refiere al resultado de la multiplicación del peso de un objeto por su respectivo brazo el cual se expresa en libras por pulgada.

Peso Máximo al despegue (MTOW): El peso máximo al despegue, también conocido por sus siglas en [inglés](#) MTOW (Maximum Take-Off Weight), es el máximo [peso](#) de una [aeronave](#) con el cual el piloto tiene permiso para tratar de [despegar](#).

Peso Máximo al aterrizaje (MLW): Es el peso máximo de despegue menos el combustible quemado en ruta

Peso Vacío (ZFW): Incluye el peso de la aeronave estándar, equipo opcional, combustible no utilizable y aceite del motor

Bibliografía:

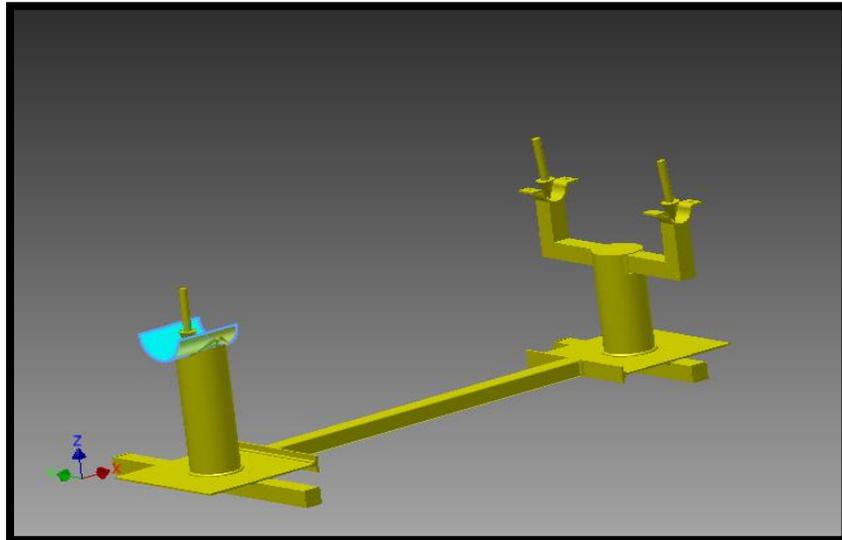
- Resistencia de materiales de SINGER 4ED
- Diseño en ingeniería mecánica de Shigley
- http://www.iesbahia.es/Tecnología/estructura/Tipos_de_estructura
- http://www.gig.etsii.upm.es/gigcom/temas_di2/dimensiones
- <http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/soldadura-por-arco-electrico.pdf>
- http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_MEC01.pdf
- <http://www.monografias.com/trabajos12/rosytor/rosytor.shtml#SUJETAD>
- Manual de Mantenimiento del FH-227
- <http://www.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=554>

ANEXOS

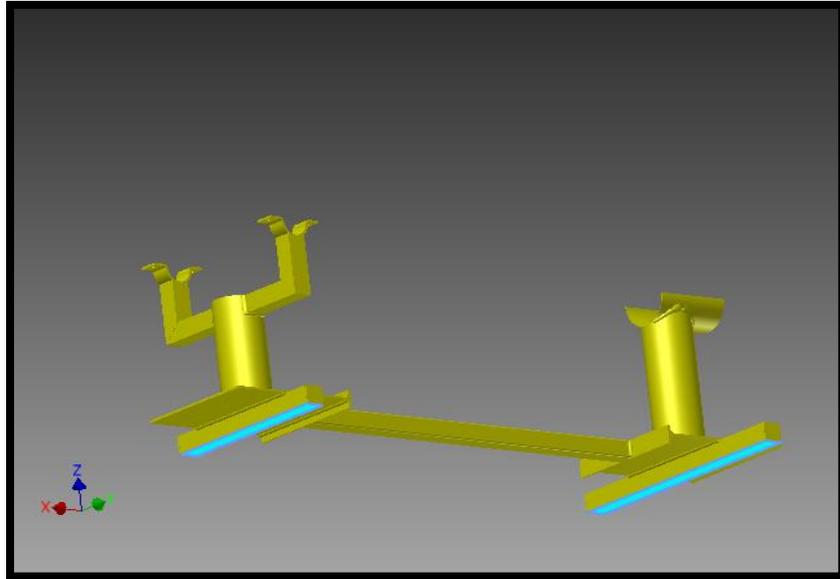
ANEXO A: PLANO DEL SOPORTE

**ANEXO B:
IMAGENES DEL
ANALISIS DEL SOPORTE**

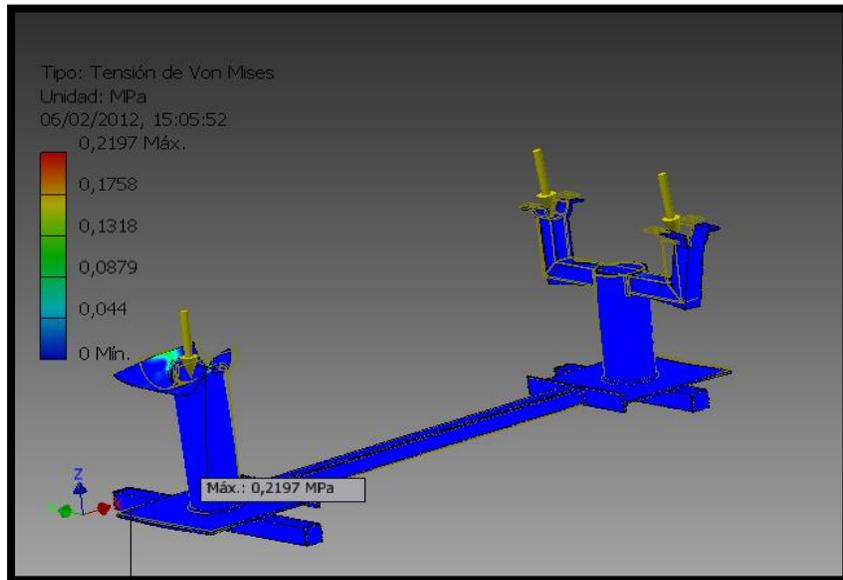
Cara(s) seleccionada(s)



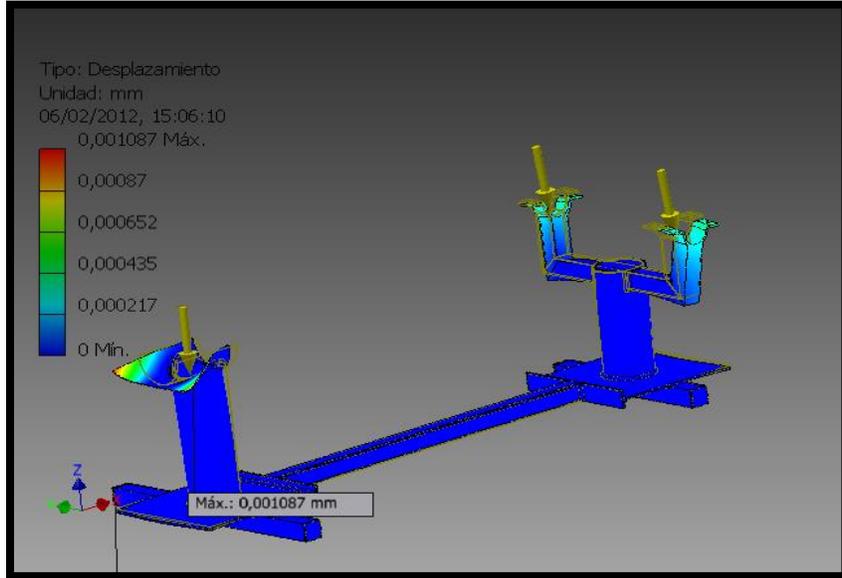
Restricción fija:



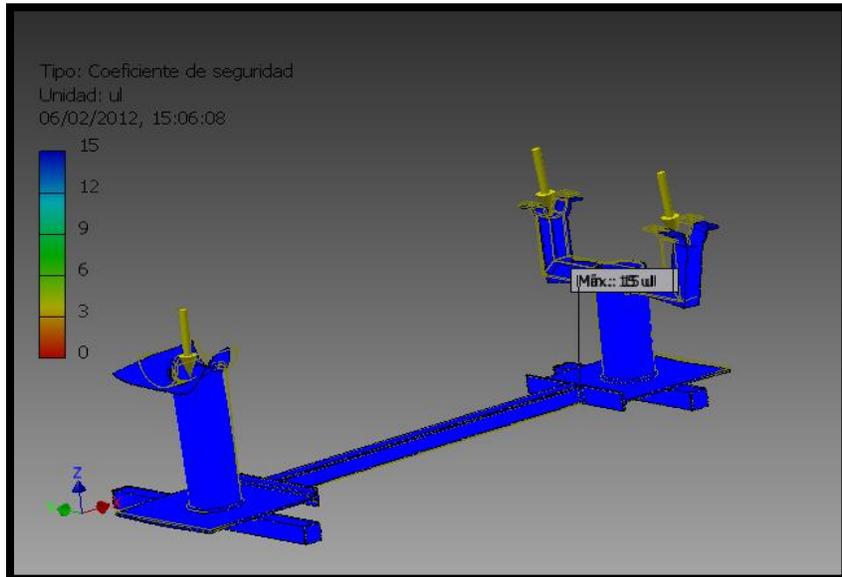
Tensión de Von Mises



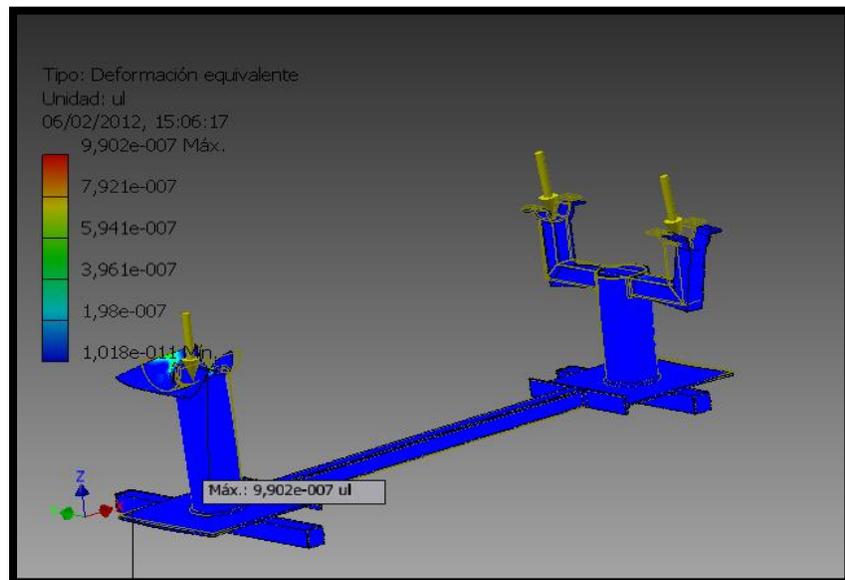
Desplazamiento



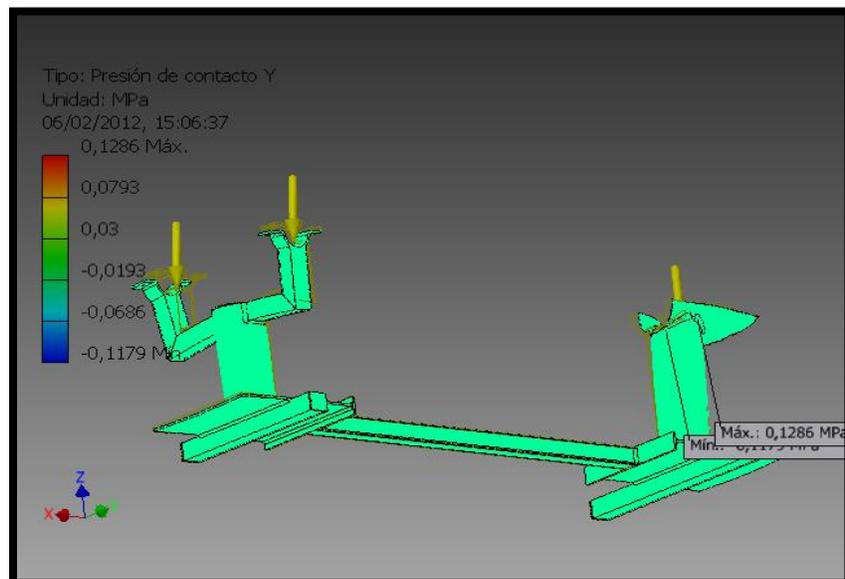
Coefficiente de seguridad



Deformación equivalente



Presión de contacto Y



ANEXO C:

FOTOS DE LA CONSTRUCCION DEL SOPORTE

Realizando un orificio en la jaladora para el soporte



Soldando una de las partes del soporte para la base



Realizando un corte en el tubo de la jaladora



Parte delantera de sujeción del soporte



Parte trasera de apoyo del soporte



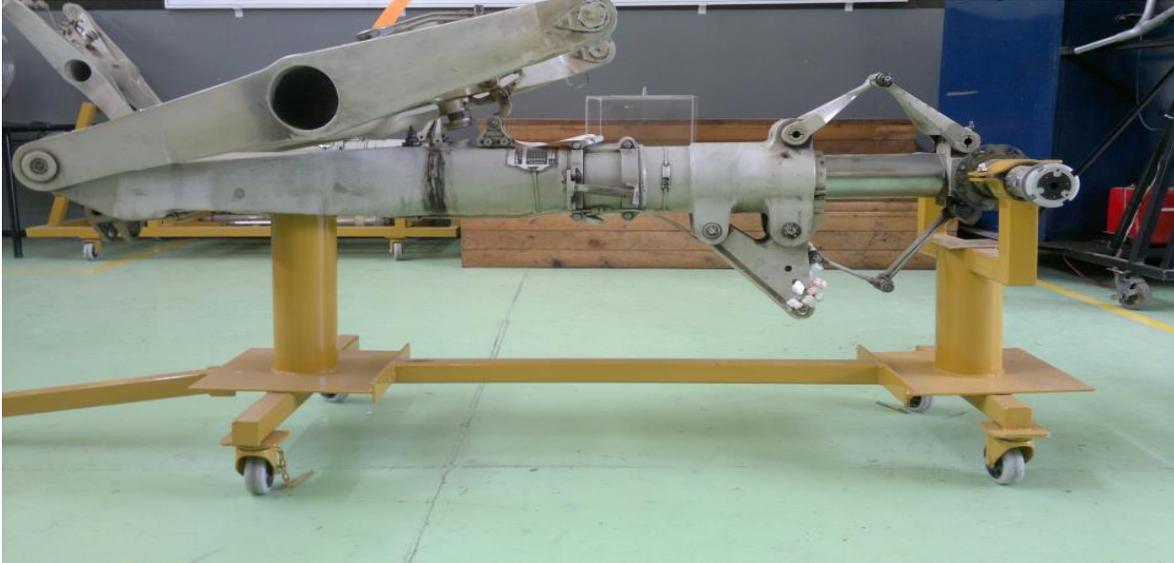
Garruchas utilizadas en el soporte



Soporte ensamblado y listo para realizar el paso de pintar



Soporte terminado y colocado el tren de aterrizaje



HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES:

NOMBRE: Ronald Carlos Prado Prado.

NACIONALIDAD: ecuatoriano.

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 1724350572.

LIBRETA MILITAR: 199017003400

FECHA DE NACIMIENTO: 21 de Noviembre de 1990.

LUGAR DE NACIMIENTO: Pichincha, Quito, Ecuador.

ESTADO CIVIL: Soltero

TELEFONOS: 023383411 – 095223538

CORREO ELECTRÓNICO: novi.-ronald21@hotmail.com

DIRECCION: Quito- Barrio Pisulli (José de la cuadra y 11 de noviembre).



FORMACIÓN ACADÉMICA:

Superiores:

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
Tecnología en Mecánica Aeronáutica-Motores
2008-2011.

Estudios Secundarios:

Colegio Técnico Superior Aeronáutico “Coronel Maya”
Bachiller Técnico en Mecánica Industrial
2001-2007.

Estudios Primarios:

Escuela “Eustaquio Monte murre”
1995-2001.

Idioma Extranjero:

Inglés.

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

CURSOS REALIZADOS:

- Relaciones humanas- Defensoría del pueblo
- Curso de línea Bell

EXPERIENCIA LABORAL:

- **Saereo S.A**

Base quito, practicas de mantenimiento en avión Embraer 120, Beechcraft 1900, Turbo comander 840.

- **“Servicio Aeropolicial” Santo Domingo**

Practicas de mantenimiento en avionetas CESNA 250 Y Helicóptero

Ronald Carlos Prado Prado

C.I.: 1724350572

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Ronald Carlos Prado Prado

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Subs.Téc.Avc.Ing. Hebert Atencio V.

Lugar y Fecha

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **RONALD CARLOS PRADO PRADO**, egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en el año 2011 con Cédula de Ciudadanía N° 1724350572, autor del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE PARA EL TREN DE ATERRIZAJE DERECHO DEL AVIÓN FAIRCHILD F-227 CON MATRICULA HC-BHD PARA SU TRASLADO DEL ALA DE TRANSPORTE No. 11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Ronald Carlos Prado Prado

Lugar y Fecha