

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“DISEÑO DE UN SOPORTE MOVIL PARA EL MOTOR PT-6 EXISTENTE EN EL TALLER “BLOQUE 42” DE MECANCA AERONÁUTICA DEL ITSA”.

POR:

ROMERO SILVA SANTIAGO FRANCISCO

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

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. Romero Silva Santiago Francisco, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Juan Yanchapaxi.

Director de Tesis

Latacunga Octubre - 06 – 2011

DEDICATORIA

- A Dios por haberme iluminado y guiado en el camino sin desviación ni titubeo hacia la formación como Tecnólogo en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- A mis padres por haberme sabido guiar por el camino del bien y siempre encaminarme hacia adelante y darme su apoyo incondicional en mis días como estudiante para forjar mi futuro.
- A mis amigos y amigas quienes me respaldaron en los momentos duros y difíciles de mi vida de estudiante, que fueron de gran ayuda en esta etapa de mi vida tan importante.

Romero Silva Santiago Francisco

AGRADECIMIENTO

- A mis padres por haber estado siempre a mi lado cuando lo requerí, dándome lo mejor de ellos y permitiéndome cumplir un sueño que tuve del cual estoy orgulloso y con la certeza que mis padres también están.
- Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico "ITSA", lugar que me abrió sus puertas sin dudarlo, donde adquirí todo el conocimiento y enseñanzas que hoy llevo en mi mente, los cuales me servirán, para un mejor desempeño en la vida y enaltecer el nombre del Instituto.
- Los más sinceros agradecimientos hacia todos los docentes del Instituto que a lo largo de mi carrera supieron inculcarme con paciencia y seguridad los mejores conocimientos y valores humanos para lograr mi formación profesional, que hoy practico en mi vida diaria con mucho orgullo.

Romero Silva Santiago Francisco

Índice de Contenidos

Portada.....	I
Certificación.....	..II
Dedicatoria.....	..III
Agradecimiento.....	IV
Índice de Contenidos.....	V
Resumen.....	1
Summary.....	2

CAPITULO I

DESARROLLO FACTIBILIDAD

1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Alcance.....	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN.....	6
2.1.2. El Acto Intuitivo de Diseñar.....	6

2.1.3. El Verbo “Diseñar”	6
2.1.4. Diseñar es una Tarea Compleja, Dinámica e Intrincada.....	7
2.1.5. Definición de Diseño.....	7
2.2 Fundamentación teórica.....	8
2.2.1. Análisis y Diseño.....	8
2.2.2. Análisis y Diseño de Vigas para Flexión.....	8
2.2.3. Unidades.....	9
2.3. Materiales.....	10
2.3.1. Metales de aportación y fundentes para soldadura.....	11
2.3.2. Tipos de estructuras y métodos de análisis.....	14
2.4. Propiedades Geométricas.....	16
2.4.1. Áreas de las secciones transversales.....	16
2.4.1.1. Generalidades.....	16
2.4.1.2. Conexiones soldadas.....	16
2.4.2. Relaciones ancho/grueso.....	16
2.5. Resistencia.....	17
2.5.1. Miembros en tensión.....	17
2.5.1.2. Miembros en compresión.....	18
2.5.1.3. Estados límite.....	18
2.5.2. Miembros en flexión (vigas y trabes armadas).....	18

2.5.3. Determinación de los momentos de diseño.....	19
2.6. Miembros comprimidos.....	19
2.6.1. Resistencia de diseño en cortante.....	19
2.6.2. Bases para el diseño.....	19
2.6.2.1. Flexión local de los patines.....	20
2.6.2.2. Flujo plástico local del alma.....	20
2.7. Requisitos Adicionales para Diseño.....	20
2.7.1. Miembros en flexión formados por dos o más vigas.....	20
2.7.1.1. Miembros en compresión compuestos por varios perfiles (miembros armados en compresión)	20
2.7.2. Bases de Viga.....	21
2.7.3. Vigas laminadas.....	21
2.7.3.1. Dimensionamiento.....	21
2.8. Conexiones.....	21
2.8.1. Generalidades.....	21
2.8.1.1. Excentricidades.....	22
2.8.1.2. Juntas cepilladas.....	23
2.8.2. Soldaduras.....	23
2.8.2.1. Generalidades.....	23
2.8.2.2. Metal de aportación.....	23

2.9. Tipos de soldaduras.....	24
2.9.1. Dimensiones efectivas de las soldaduras.....	24
2.9.1.1. Tamaño mínimo de soldaduras de penetración parcial.....	24
2.9.1.2. Soldaduras de filete.....	24
2.9.2. Elementos de conexión.....	25
2.9.2.1 Empalmes.....	25
2.9.2.2. Definiciones.....	25
2.9.2.3. Condiciones de carga de diseño.....	26
2.10. Corrosión.....	26
2.10.1. Fuego y explosiones.....	26
2.11. Planos y dibujos.....	27
2.12. Fabricación.....	29
2.12.1. Enderezado.....	29
2.12.2. Cortes.....	29
2.12.3. Estructuras soldadas.....	29
2.13. Armado.....	30
2.13.1. Soldaduras de penetración completa.....	31
2.13.2. Pre calentamiento.....	31
2.14. Inspección.....	32
2.14.1. Tolerancias en las dimensiones.....	32

2.14.2. Pintura.....	33
----------------------	----

CAPITULO III

3. Descripción.....	34
3.1. Preliminares.....	34
3.2. Planteamiento y estudio de alternativas.....	34
3.2.1. Primera alternativa.....	35
3.2.2. Segunda alternativa.....	35
3.2.3. Ventajas y desventajas de las dos alternativas.....	36
3.2.4 Análisis cuantitativo de la factibilidad de construcción de alternativas.....	38
3.2.5 Análisis de parámetros.....	39
3.2.6. Análisis cualitativo.....	41
3.2.7. Alternativa uno: Soporte estático.....	41
3.2.8 Alternativa dos: Soporte móvil.....	41
3.2.9 Selección de alternativa.....	42
3.2.10. Análisis Económico.....	42
3.3. Diseño del Soporte Móvil con un Grado de Libertad para el desmontaje y montaje de los diversos accesorios del motor PT-6.....	46
3.3.1 Descripción del Soporte Móvil.....	46

3.3.2 Diseño.....	46
3.3.3 Orden de Diseño.....	46
3.3.4. Diseño del Bosquejo.	47
3.3.4.1. Diseño del perfil derecho e izquierdo (Bosquejo).....	47
3.3.4.2. Diseño del perfil frontal y Superior (Bosquejo).....	48
3.4. Mecánica del Diseño.....	50
3.4.1. Extracción de medidas Del Motor.....	50
3.4.2. Puntos de Apoyo del Motor PT-6.....	50
3.4.3. Medidas de los Puntos de Apoyo del Motor PT-6.....	51
3.5. Cálculos Estáticos y Mecánicos del Soporte.....	52
3.5.1. Datos Técnico y Especificaciones perfil Frontal.....	52
3.6. Factor de Carga.....	53
3.6.1 Reacciones del Perfil Frontal.....	54
3.6.2. Reacciones del Perfil Lateral.....	62
3.7. Partes que componen el Diseño del soporte móvil con un grado de Libertad.....	79
3.7.1. Longitud del Soporte.....	79
3.7.2. Ancho del Soporte.....	80
3.7.3. Unidad Curva en forma de U.....	82
3.7.4. Puntos de Fijación Soporte U y al Motor.....	83

3.8. Accesorios adicionales del soporte.....	84
3.9. Medidas Finales, Parte Frontal del Soporte.....	88
3.9.1. Medidas Finales, Parte Lateral del Soporte.....	89
3.10. Planos y dibujos.....	90

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.	91
4.2.Recomendaciones.	92
Glosario.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1: ventajas y desventajas alternativa 1.....	36
Tabla N° 3.2: Ventajas y desventajas alternativa 2.....	37
Tabla N° 3.3: Evaluación cuantitativa de de factores.....	40
Tabla N° 3.4: Costo primario.....	43
Tabla N° 3.5: Maquinaria, Herramienta y Equipos.....	44
Tabla N° 3.6: Mano de obra.....	44
Tabla N° 3.7: Costos secundarios.....	45

Tabla N° 3.8: Costos total del proyecto.....	45
Tabla N° 3.9 Unidad Curva en forma de U.....	82
Tabla N° 3.10. Puntos de Fijación Soporte a la U y al Motor.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Soporte Motor PT-6.....	7
Figura 2.2: Ultimo dígito del Electrodo.....	12
Figura 3.3: Ejemplos de Soportes.....	42
Figura 3.4: Bosquejo Motor PT-6.....	47
Figura 3.5: Bosquejo Perfil Derecho e Izquierdo.....	47
Figura 3.6: Bosquejo Perfil Frontal posterior.....	48
Figura 3.7: Bosquejo Perfil Frontal.....	48
Figura 3.8: Perfil Superior.....	49
Figura 3.9: Motor PT-6 Puntos A, B, C.....	50
Figura 3.10: Motor PT-6 Puntos A, B, C medidas.....	51
Figura 3.11. Punto A y B del Motor PT-6.....	52
Figura 3.12: Perfil lateral medidas superiores.....	79
Figura 3.13. Motor PT-6 Ancho.....	80
Figura 3.14. Motor PT-6 Medidas Superiores.....	81
Figura 3.15. Unidad Curva en forma de U.....	82
Figura 3.16. Puntos de Fijación Soporte a la U y al Motor.....	83
Figura 3.17. Rodamientos y correderas guías.....	84

Figura 3.18. Rodamientos de fijación de la unidad curva (U).....	85
Figura 3.19. Trinche.....	85
Figura 3.20. Freno.....	86
Figura 3.21. Placa.....	86
Figura 3.22. Ruedas de Fijación.....	86
Figura 3.23. Rueda o Garrucha.....	87
Figura 3.24. Cadenas para los frenos.....	88
Figura 3.25. Perfil Frontal Medidas Superiores.....	89
Figura 3.26. Perfil Lateral Medidas Superiores.....	89

ANEXOS

ANEXO A Anteproyecto

ANEXO A1 Entrevista

ANEXO B Planos

ANEXO C Tabla Resistencia Acero A36

ANEXO D Datos técnicos del motor PT-6

Resumen

El presente trabajo contiene el proceso según el cual se desarrolló el diseño, del soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6 existente en el taller de mecánica Aeronáutica del ITSA.

Además consta de un análisis económico del costo total e individual de cada uno de los elementos y materiales utilizados en el desarrollo del proyecto, así como los fundamentos teóricos para su propia sustentación e ítems que fueron necesarios para el desarrollo del proyecto.

Este proyecto es creado con el afán de que todos los estudiantes del Instituto Puedan tener una herramienta segura y fácil de control, de ese modo facilitar la compresión de los motores a reacción, lo que les brindara mucha seguridad al momento de desempeñarse en las diversas compañías de aviación.

Summary

The present work contains the process according to which the design was developed, of the mobile support with a degree of freedom for the engine existent PT-6 in the shop of Aeronautical mechanics of the ITSA

It also consists of an economic analysis of the all cost and singular of each one of the elements and materials used in the development of the project, as well as the theoretical foundations for their own sustentation and articles that were necessary for the development of the project.

This project is created with the desire that all the students of the Institute can have a sure and easy tool of control, in that way to facilitate the compression from the motors to reaction, what offered a lot of security to the moment to act in the diverse aviation companies.

CAPITULO I

DESARROLLO FACTIBILIDAD

1.1 Antecedentes

ANTECEDENTES

Se usa como antecedente de esta investigación a al motor de aviación PT- 6 con el que cuenta el ITSA, el cual no posee un banco de prueba adecuado para poder trabajar en él y sus accesorios.

Mediante experiencias propias, se puede verificar, que los estudiantes se desenvuelven de mejor manera al contar con equipos de apoyo idóneos, con los cuales puedan brindar las comodidades necesarias para trabajar en ellos, como son movilidad rotativa y transporte, lo que no ocurre con el motor PT-6 el cual está asentado en una mesa común y corriente a la intemperie en el laboratorio, por consiguiente no es adecuada para sostener o soportar a este motor, causando daños en los distintos dispositivos con los que este cuenta, además de que no presenta las facilidades necesarias para poder manipular al motor de esa manera no se puede visualizar ni tener acceso a las distintas partes y accesorios del motor PT-6.

1.2 Justificación

Con la necesidad de mejorar las condiciones del laboratorio de motores aeronáuticos “Bloque 42” para los estudiantes de quinto y sexto nivel de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), se lleva a cabo esta investigación en busca de alternativas que sean factibles, para ayudar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En este proyecto se busca beneficiar a docentes y estudiantes ya que así se podrá asimilar de mejor manera la teoría aprendida con las prácticas que se realizan en el taller, así los estudiantes aprovecharan al máximo los recursos que

les ofrece la institución, obtendrán conocimientos sólidos y provechosos, lo que conllevará a un mejor desenvolvimiento en el campo laboral. A su vez se busca beneficiar al Instituto mediante la implementación de accesorios faltantes en el taller.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el tipo de material a usar en un soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6 existente en el taller de motores del bloque 42.

1.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el material idóneo mediante la investigación de los elementos que intervienen en un soporte para el motor PT- 6
- Investigar cuales son los equipos y herramientas básicas que se debe usar al realizar tareas de mantenimiento en los motores aeronáuticos.
- Mejorar las prácticas de los estudiantes de mecánica aeronáutica.

1.4 Alcance

Al determinar el tipo de material idóneo de un soporte móvil para el motor PT-6, este ayudará al desmontaje y montaje de todos los accesorios del motor lo cual dará un aporte significativo en el proceso de enseñanza – aprendizaje de alumnos y maestros de la institución. Además brindará la seguridad suficiente ya que el material con el que contara el soporte será el de las mejores características específicamente para el motor pt-6, sin correr riesgos por falla en la estructura, de manera que este podrá afianzar el elemento al soporte.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene toda la información introductoria y complementaria para un correcto manejo y comprensión del soporte móvil para el motor PT-6 con el fin de facilitar el montaje y el desmontaje de parte y accesorias de dicho motor además incluye nociones rápidas de temas útiles para el desarrollo de este proyecto.

2.1.2. El Acto Intuitivo de Diseñar ¹

El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como una creación o innovación si el objeto no existe, o es una modificación de lo existente inspiración abstracción, síntesis, ordenación y transformación.

Referente al signo, significación, designar es diseñar el hecho estético de la solución encontrada. Es el resultado de la economía de recursos materiales, la forma y el significado implícito en la obra dada su ambigua apreciación no puede determinarse si un diseño es un proceso estético cuando lo accesorio o superfluo se antepone a la función o solución. El acto humano de diseñar no es un hecho artístico en sí mismo aunque puede valerse de los mismos procesos y los mismos medios de expresión, al diseñar un objeto, o signo de comunicación visual en función de la búsqueda de una aplicación práctica.

2.1.3. El Verbo “Diseñar” ¹

El verbo “diseñar” se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano. El sustantivo “diseño” se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar (dibujo, proyecto, maqueta, plano o descripción técnica) o, más popularmente, al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen o el objeto producido).

Esto necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y Adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Además comprende

¹ <http://es.verdis.org/disacto>

Multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas.

2.1.4. Diseñar es una Tarea Compleja, Dinámica e Intrincada

Diseñar es una tarea compleja, dinámica e intrincada. Es la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos, necesidades biológicas, con efectos psicológicos y materiales, forma, color, volúmen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente que rodea a la humanidad. De esto último se puede desprender la alta responsabilidad ética del diseño y los diseñadores a nivel mundial.

2.1.5. Definición de Diseño

Diseño se define como el proceso previo de configuración mental, “pre-figuración”, en la búsqueda de una solución en cualquier campo. Habitualmente es utilizado en el contexto de las artes aplicadas, ingeniería, arquitectura, diseño industrial, diseño web, diseño gráfico entre otras. Etimológicamente derivado del término italiano disegno dibujo, designio, el porvenir visión representada gráficamente del futuro, lo hecho es la obra, lo por hacer es el proyecto, el acto de diseñar como prefiguración es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmar el pensamiento de la solución mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación.

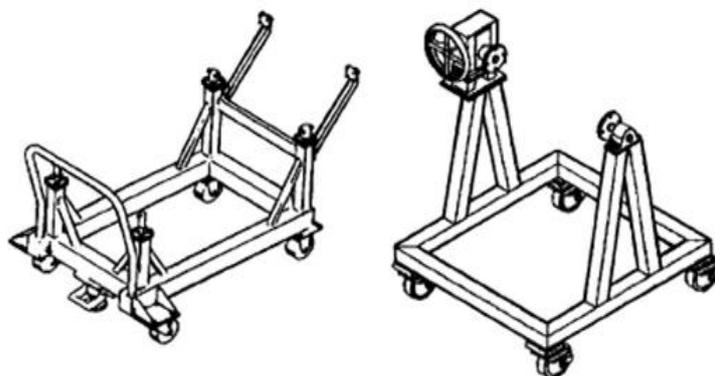


Figura 2.1: Soporte Motor PT-6

Fuente: Investigación Bibliográfica

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1. Análisis y Diseño ¹

El papel de los ingenieros no se restringe al análisis de las estructuras y a máquinas existentes sometidas a condiciones dadas de carga, un asunto de mayor importancia que interesa a los ingenieros es el diseño de estructuras de máquinas nuevas, es decir, la selección de los componentes apropiados para desempeñar una tarea dada.

2.2.2. Análisis y Diseño de Vigas para Flexión

El análisis y diseño de vigas expuestas a torsión y a cargas aplicadas en varios puntos a lo largo del elemento. Las vigas son comúnmente elementos prismáticos largos y rectos, las vigas de acero y de aluminio, juegan un papel importante tanto en la ingeniería estructural como en la mecánica. Las vigas de madera se emplean, sobre todo, en la construcción residencial, en la mayor parte de los casos, las cargas son perpendiculares al eje de la viga, cuando las cargas no se encuentran en ángulo recto con la viga, también producen cargas axiales en ella.

¹ Mecánica de materiales " Beer 3ED " pág. 6

2.2.3. Unidades ¹

En las ecuaciones y expresiones que aparecen en este proyecto deben utilizarse las siguientes unidades, que corresponden al sistema internacional (SI):

Fuerza N (newtons)

Longitud mm (milímetros)

Momento N-mm

Esfuerzo MPa (megapascuales)

Siempre que sea posible, las ecuaciones están escritas en forma dimensional; cuando no lo es, junto a las expresiones en sistema internacional se escriben, entre paréntesis las expresiones equivalentes en sistema métrico decimal usual; en ese caso, las unidades son:

Fuerza kg (kilogramos)

Longitud cm (centímetros)

Momento kg-cm

Esfuerzo kg/cm²

Los valores correspondientes a los dos sistemas no son exactamente equivalentes, por lo que cada sistema debe utilizarse con independencia del otro, sin hacer combinaciones entre los dos.

Las unidades que se mencionan aquí son las básicas de los dos sistemas; sin embargo, no se pretende prohibir el uso de otras unidades empleadas correctamente, que en ocasiones pueden ser más convenientes.

¹ <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas>

2.3. Materiales

Acero ASTM A 36

La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Propiedades

El acero estructural A36 se produce bajo la especificación ASTM A36. Abridando los perfiles moldeados en acero al carbono, placas y barras de calidad estructural para clavados, atornillados, o soldados de la construcción de puentes, edificios, y estructuras de diferente propósitos.

El acero estructural A36 o acero estructural con carbono, es hasta hace poco tiempo, el acero estructural básico utilizado más comúnmente en construcciones de edificios, puentes y demás estructuras sencillas denominadas armaduras.

Composición Química del acero A36:

Tiene un contenido máximo de carbono que varía entre 0.25% y 0.29%, dependiendo del espesor. Según la norma de la ASTM A36. (Características mecánicas ver anexo C).

Aplicaciones del Acero A36:

Las aplicaciones comunes del acero estructural A36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales, cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado, varillas y mallas electro soldada para el concreto reforzado, láminas plegadas usadas para techos, pisos y una amplia gama de estructuras o armaduras sencillas.

Soldabilidad:

Según la norma ASTM A36/A36M-8, cuando el acero vaya a ser soldado, tiene que ser utilizado un procedimiento de soldado adecuado para el grado de acero y el uso o servicio previsto, con el fin de evitar un desgaste prematuro del material. No obstante el acero A36 es conocido como un acero de fácil soldabilidad, por lo que se recomienda utilizar las siguientes tipos de soldaduras por arco eléctrico: 6010, 6011, 6013, 7018, 7024.

Requerimientos de tensión.

El acero A36 tiene como esfuerzo de fluencia mínimo de 36ksi (250Mpa). Normalmente, el material de conexión se especifica como A36, sin importar el grado de sus propios componentes primarios. El esfuerzo último de tensión de este acero varía de 58ksi a 80 ksi; para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.

Los aceros y demás metales que se pueden utilizarse en estructuras diseñadas, así como los remaches, tornillos, conectores, metales de aportación y fundentes para soldadura, son los que se indican más adelante en el proyecto.

Pueden utilizarse otros materiales y productos, diferentes de los indicados, si son aprobados por el diseñador, la aprobación puede basarse en especificaciones publicadas que establezcan las propiedades y características del material o producto, que lo hacen adecuado para el uso que se le pretende dar, o en ensayos realizados en un laboratorio acreditado.

Perfiles y placas es la de mayor interés en el diseño de las estructuras metálicas, que concierne a esfuerzo de fluencia, determinado por medio de ensayos estándar de tensión o tablas refrendadas.

Sin embargo, otras propiedades mecánicas, tales como ductilidad, tenacidad, facilidad de formado en frío, resistencia a la corrosión, pueden ser también importantes para el comportamiento correcto de algunas estructuras, cuando éste sea el caso, habrá que remitirse a la literatura especializada para obtener la información que permita escoger el material más adecuado. (Ver Anexo C)

2.3.1. Metales de aportación y fundentes para soldadura ¹

E 6011. Para los electrodos de acero dulce y los aceros de baja aleación.

Electrodo = varilla con un núcleo de acero y con un revestimiento concéntrico que cumple una serie de funciones en el proceso de soldadura.

¹ http://www.solfumex.com/spanish/products/electrodos_convencionales/aceros_carbon.asp

E = Electrodo para soldadura por arco eléctrico.

60 = Que son los primeros números multiplicados por mil indican la resistencia en tracción en miles de libras por pulgada cuadrada, 60,000 libras por pulgada cuadrada (42,2 kg./mm²).

1 = El numero uno indica que este electrodo se puede soldar en toda posición ya sea horizontal o plana, 2 = significa posición horizontal o plana, 3 = significa posición plana solamente.

1 Este otro numero indica el tipo de revestimiento que tiene el electrodo, en este caso es un celulósico potásico para corriente alterna y corriente continua polaridad invertida. Todo esto según la norma AWS (American Welding Society).

Ultimo digito	CARACTERISTICAS ULTIMO DIGITO		
	Tipo de revestimiento	Corriente Eléctrica	Polaridad
0	Celulósico Sódico	CC	PI
1	Celulósico Potásico	CA - CC	PI
2	Rutilico Sódico	CA - CC	PD
3	Rutilico Potásico	CA - CC	PD – PI
4	Rutilico + Hierro en Polvo	CA - CC	PD – PI
5	Bajo Hidrogeno Sódico	CC	PI
6	Bajo Hidrogeno Potásico	CA - CC	PI
7	Mineral + Hierro en Polvo	CA - CC	PD – PI
8	Bajo Hidrogeno + Hierro en Polvo	CA - CC	PI

Figura 2.2: Ultimo digito del Electrodo

Fuente: Investigación Bibliográfica

CC : Corriente continua

CA : Corriente alterna

PD : Polaridad Directa (Electrodo negativo)

PI : Polaridad invertida (Electrodo positivo)

CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS

Debido a la gran cantidad de electrodos que se fabrican para efectuar trabajos específicos, es necesario saber qué métodos de identificación existe, como se clasifican y para qué trabajo específico fueron diseñados. Hay muchas maneras de clasificar los electrodos, entre ellas tenemos:

Clasificación numérica según normas internacionales.

Clasificación de los electrodos según su revestimiento: Se distinguen básicamente los siguientes tipos de revestimientos:

CELULOSICOS

RUTILICOS

MINERALES

CLASIFICACIÓN CELULOSICOS: Son llamados así por el alto contenido de celulosa que llevan en el revestimiento, siendo sus principales características:

Máxima penetración

Solidificación rápida

Buenas características de resistencia

Elasticidad y ductilidad

Presentación regular

CLASIFICACIÓN RUTILICOS: Se denominan así por el alto contenido de rutilo (óxido de titanio) en el revestimiento, y sus principales características son:

Penetración mediana a baja

Arco suave

Buena presentación

Buena resistencia

CLASIFICACIÓN MINERALES: Los principales componentes del revestimiento de estos electrodos son óxidos de hierro y manganeso siendo sus cualidades más relevantes:

Buena penetración

Buena apariencia del depósito

Buenas propiedades mecánicas

Alta velocidad de deposición

PUNTOS QUE SE DEBEN RECORDAR

Hay seis factores que considerar al elegir un electrodo adecuado

A los electrodos hay que protegerlos de la humedad

Los electrodos se fabrican en largos de 350 y 450mm

El uso de una polaridad incorrecta ocasiona una penetración incorrecta

Las propiedades mecánicas de los electrodos se determinan al efectuar ensayos de tracción a una probeta soldada.

Los electrodos se fabrican en diámetros de 3/32", 1/8", 5/32", 3/16" y 1/4"

Los electrodos se clasifican por medio de un sistema numérico establecido por la AWS.

2.3.2. Tipos de estructuras y métodos de análisis

Toda construcción debe contar con una estructura que tenga características adecuadas para asegurar su estabilidad bajo cargas verticales y que le proporcione resistencia y rigidez suficientes para resistir los efectos combinados de las cargas verticales y de las horizontales, que actúen en cualquier dirección.

Pueden utilizarse estructuras de alguno de los dos tipos básicos que se describen a continuación.

En cada caso particular el análisis, diseño, fabricación y montaje deben hacerse de manera que se obtenga una estructura cuyo comportamiento corresponda al del tipo elegido. Debe prestarse particular atención al diseño y construcción de las conexiones.

a) Las estructuras tipo 1:

Comúnmente designadas marcos rígidos o estructuras continuas, se caracterizan porque los miembros que las componen están unidos entre sí por medio de conexiones rígidas, capaces de reducir a un mínimo las rotaciones relativas entre los extremos de las vigas que concurren en cada nudo, de manera que el análisis puede basarse en la suposición de que los ángulos originales entre esos extremos se conservan sin cambio al deformarse la estructura. Las conexiones deben satisfacer todos los requisitos aplicables.

B) Las estructuras tipo 2:

Son las que están formadas por miembros unidos entre sí por medio de conexiones que permiten rotaciones relativas, y que son capaces de transmitir la totalidad de las fuerzas normales y cortantes, así como momentos no mayores del 20 por ciento de los momentos resistentes de diseño de los miembros considerados.

En el análisis se ignoran las restricciones a las rotaciones. Las estructuras tipo 1 pueden analizarse y diseñarse utilizando métodos elásticos o plásticos; estos últimos son aplicables cuando se satisfacen los requisitos siguientes:

1) El valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero, F_y , (valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del metal) no sea mayor que el 80 por ciento de su esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión, F_u , (esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión).

2) La curva carga – deformación del metal tiene las características necesarias para que pueda presentarse la redistribución de momentos requerida para la formación del mecanismo de colapso, para ello, debe tener una zona de cadencia, de deformación creciente bajo esfuerzo prácticamente constante, correspondiente a un alargamiento máximo no menor de uno por ciento, seguida de una zona de endurecimiento por deformación, y el alargamiento correspondiente a la ruptura no debe ser menor de 20 por ciento.

3) Se colocan atiesadores dobles, en los dos lados del alma, en las secciones de los miembros que reciben cargas concentradas en las que aparezcan articulaciones plásticas en el eventual mecanismo de colapso.

4) Ninguno de los miembros de la estructura que interviene en el mecanismo de colapso está sometido a cargas que puedan producir fallas por fatiga, ni son posibles fallas de tipo frágil ocasionado por cargas de impacto, bajas temperaturas u otros factores.

En las estructuras tipo 1.- Analizadas elásticamente se admite redistribuir los momentos obtenidos del análisis, satisfaciendo las condiciones de equilibrio de fuerzas y momentos en vigas, nudos y entrepisos, y de manera que ningún momento se reduzca en valor absoluto en más de 30 por ciento en vigas y cuyo patín comprimido esté soportado lateralmente en forma continua.

Las estructuras tipo 2.- Pueden usarse en elementos secundarios, y se aceptan en la estructura principal si se utilizan muros, contravientos, marcos rígidos, o una combinación de ellos que junto con las losas u otros diafragmas horizontales

proporcionen a la construcción en conjunto rigidez lateral adecuada y capacidad para resistir las fuerzas horizontales que puedan obrar sobre ella.

Las características de las conexiones parcialmente restringidas deben estar documentadas en la literatura; en caso contrario, se establecerán con métodos analíticos o experimentales.

2.4. Propiedades Geométricas

2.4.1. Áreas de las secciones transversales

2.4.1.1. Generalidades

El área total de un miembro, A_t (área total de la sección transversal de un miembro; área total de la sección transversal del elemento), es el área completa de su sección transversal, y las áreas netas, A_n (área neta de la sección transversal de un miembro), y neta efectiva, A_e (área neta efectiva de la sección transversal de un miembro).

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 longitudinal del miembro.

2.4.1.2. Conexiones soldadas

Cuando la fuerza de tensión o compresión se transmite por medio de soldaduras transversales colocadas en algunas de las partes que componen la sección, pero no en todas.

2.4.2. Relaciones ancho/grueso

Clasificación de las secciones.- Las secciones estructurales se clasifican en cuatro tipos en función de las relaciones ancho/grueso máximas de sus elementos planos que trabajan en compresión axial, en compresión debida a flexión, en flexión o en flexo compresión, y de acuerdo con las condiciones que se especifican más adelante.

Las secciones tipo 1 (secciones para diseño plástico y para diseño con factores Q) pueden alcanzar el momento plástico en vigas, y el momento plástico reducido por compresión en barras flexo comprimidas, y conservarlo durante las rotaciones inelásticas necesarias para la redistribución de momentos en la estructura.

Las secciones tipo 2 (secciones compactas, para diseño plástico y para diseño con factores Q) pueden alcanzar el momento plástico como las secciones tipo 1, pero tienen una capacidad de rotación inelástica limitada, aunque suficiente para ser utilizadas en estructuras diseñadas plásticamente, bajo cargas predominantemente estáticas.

Las secciones tipo 3 (secciones no compactas) pueden alcanzar el momento correspondiente a la iniciación del flujo plástico en vigas, o ese momento reducido por compresión en barras flexo comprimidas, pero no tienen capacidad de rotación inelástica.

Para que una sección sea clasificada como tipo 1 ó 2, sus patines deben estar conectados al alma o almas en forma continua; además, las secciones tipo 1 sometidas a flexión deben tener un eje de simetría en el plano del alma, y si trabajan en compresión axial o en flexo compresión han de tener dos ejes de simetría. Las tipo 2 en flexión deben tener un eje de simetría en el plano de la carga, a menos que en el análisis se incluyan los efectos producidos por la asimetría.

2.5. Resistencia

En este capítulo se proporcionan recomendaciones para determinar la resistencia de miembros de acero estructural y de miembros compuestos, formados por perfiles de metal, sometidos a las solicitaciones más comunes en las estructuras.

2.5.1. Miembros en tensión

Esta sección se refiere a miembros prismáticos sujetos a tensión axial producida por fuerzas que actúan a lo largo de su eje centroidal. Cuando haya excentricidades importantes en las conexiones, sus efectos deben tenerse en cuenta en el diseño del miembro.

Cuando se espere que el elemento estructural en estudio vaya a quedar sometido durante su vida útil a un número muy elevado de ciclos de carga, en el cálculo de su resistencia se tendrá en cuenta la posibilidad de una falla por fatiga en caso contrario no es necesario.

2.5.1.2. Miembros en compresión

Esta sección se refiere a miembros prismáticos sometidos a compresión axial producida por fuerzas que actúan a lo largo de sus ejes centroidales.

2.5.1.3. Estados límite

En el diseño de miembros comprimidos hechos con secciones tipo 1, 2 con dos ejes de simetría, en cajón, o de cualquier otra forma, para los que pueda demostrarse que no es crítico el pandeo por torsión o flexotorsión, se considera el estado límite de inestabilidad por flexión. En vigas de sección transversal con uno o ningún eje de simetría, como ángulos o térs, o con dos ejes de simetría, pero baja rigidez torsional, como las secciones en forma de cruz o formadas por placas de pequeño espesor, se tendrán en cuenta, además, los estados límite de pandeo por torsión y por flexotorsión.

2.5.2. Miembros en flexión (vigas y trabes armadas)

Esta sección es aplicable a vigas laminadas, vigas formadas con lámina delgada y trabes hechas con placas soldadas, de sección I o en cajón, con dos ejes de simetría, cargadas en uno de los planos de simetría, y a canales con las cargas situadas en un plano paralelo al alma que pasa por el centro de torsión o restringidas contra la rotación alrededor del eje longitudinal en las secciones en las que están aplicadas las cargas y en los apoyos. También es aplicable a barras de sección transversal maciza, circular, cuadrada o rectangular, estas últimas flexionadas alrededor de su eje de menor momento de inercia, y a barras de sección transversal circular hueca. Todos los elementos mencionados trabajan principalmente en flexión, producida por cargas transversales o por momentos aplicados en sus extremos; la flexión se presenta, casi siempre, acompañada por fuerzas cortantes.

2.5.3. Determinación de los momentos de diseño

En todos los casos que se describen a continuación ya sea que el diseño quede regido exclusivamente por cargas verticales, o por su combinación con acciones horizontales, las estructuras, sean regulares o irregulares, deben analizarse bajo la acción combinada de las fuerzas reales que actúan sobre ellas y de fuerzas ficticias horizontales que se aplican en la misma dirección y sentido que las fuerzas, o en estructuras asimétricas bajo carga vertical, en el sentido en que sus efectos se sumen con los debidos a la asimetría, de manera que los momentos de diseño.

2.6. Miembros comprimidos

Son columnas compuestas, las que están formadas por un perfil de acero, laminado, o por un elemento de acero u otro metal, de sección transversal hueca, circular o rectangular.

2.6.1. Resistencia de diseño en cortante

La resistencia de diseño en cortante de las vigas compuestas es la del alma de la viga de acero, o del sistema de alma de la armadura o larguero. Por consiguiente, el alma y las conexiones de los extremos de la viga de acero deben diseñarse para soportar la reacción total.

2.6.2. Bases para el diseño

Las almas de los miembros de sección transversal H o I sobre los que actúan cargas concentradas aplicadas en un solo patín que producen compresiones en el alma, que corresponden, respectivamente, a resistencia a la iniciación del flujo plástico, al aplastamiento, y pandeo con desplazamiento lateral. Cuando las cargas están aplicadas en los dos patines de una misma sección transversal, referentes a resistencias y a pandeo.

Cuando actúen cargas concentradas aplicadas en uno o en los dos patines, que traten de que éstos se deformen flexionándose localmente hacia afuera, y producen tensiones en el alma.

2.6.2.1. Flexión local de los patines

Esta sección se refiere a la flexión local de los patines producida por una carga lineal, normal al eje del alma, que trata de deformarlos flexionándolos hacia afuera. Un ejemplo de este tipo de carga es la producida, en el patín de una columna, por el patín en tensión de una viga conectada rígidamente a ella.

2.6.2.2. Flujo plástico local del alma

La región crítica del alma es la que corresponde, en secciones laminadas, a la iniciación de las curvas de unión con los patines, y en secciones soldadas, a los bordes de las soldaduras de unión entre alma y patines.

2.7. Requisitos Adicionales para Diseño

En este capítulo se incluyen requisitos que deben satisfacerse al diseñar diversos tipos de elementos estructurales.

2.7.1. Miembros en flexión formados por dos o más vigas

Cuando un miembro en flexión está formado por dos o más vigas o canales colocadas lado a lado, éstas deben conectarse entre sí. Los separadores utilizados para unir vigas o más tendrán, como mínimo, dos remaches, tornillos o soldaduras en cada extremo. Cuando haya cargas concentradas que deban transmitirse de una viga a otra, o distribuirse entre varias, se colocarán entre ellas diafragmas de rigidez suficiente; si la torsión es significativa, se tendrá en cuenta en el diseño. Las vigas expuestas a la intemperie se sellarán para evitar la corrosión de las superficies interiores, o se espaciarán lo suficiente para poderlas limpiar y pintar.

2.7.1.1. Miembros en compresión compuestos por varios perfiles (miembros armados en compresión)

Los miembros comprimidos completos, y todas las partes que los constituyen, deben satisfacer los requisitos especificados por el diseñador. Los elementos componentes de miembros deben estar unidos entre sí, en sus extremos, de una

manera que asegure el trabajo de conjunto; si están en contacto, se colocará entre ellos una soldadura.

2.7.2. Bases de Viga

Se tomarán todas las medidas necesarias para lograr una transmisión correcta de las fuerzas y momentos que soporta una columna a los elementos sobre los que se apoya, mediante el empleo de placas de base perfectamente asentadas sobre ellos y de anclas diseñadas para resistir todas las tensiones y fuerzas cortantes que puedan presentarse, tanto durante el montaje como en la estructura terminada. Pueden utilizarse también anclas combinadas con llaves de cortante, u otros dispositivos.

2.7.3. Vigas laminadas

2.7.3.1. Dimensionamiento

Las dimensiones de travesaños armados remachados, atornillados o soldados, de vigas con cubre placas y de vigas laminadas o soldados, se determinan, en general, tomando como base el momento de inercia de su sección transversal total.

Cuando alguno de los patines tiene agujeros para remaches o tornillos, no se hace reducción en su área si la reducción, no excede de 15 por ciento del área total del patín; en caso contrario, se reduce únicamente el área de agujeros que pase del 15 por ciento mencionado.

2.8. Conexiones

2.8.1. Generalidades

Las conexiones deben ser capaces de transmitir los elementos mecánicos calculados en los miembros que ligan, satisfaciendo, al mismo tiempo, las condiciones de restricción y continuidad supuestas en el análisis de la estructura. Las conexiones están formadas por las partes afectadas de los miembros conectados (por ejemplo, almas de vigas), por elementos de unión (atiesadores, placas, ángulos, ménsulas), y por conectores (soldaduras, tornillos y remaches). Los elementos componentes se dimensionan de manera que su resistencia de

diseño sea igual o mayor que la sollicitación de diseño correspondiente, determinada:

- a) Por medio de un análisis de la estructura bajo cargas de diseño.
- b) Como un porcentaje especificado de la resistencia de diseño de los miembros conectados.

Cuando una conexión se considere flexible se diseñará, en general, para transmitir únicamente fuerza cortante. En ese caso se utilizarán elementos de unión que puedan aceptar las rotaciones que se presentarán en el extremo del miembro conectado, para lo que se permiten deformaciones inelásticas auto controladas en los elementos de unión, y se dejarán holguras en los bordes, con la misma finalidad. Cuando sea el caso, se tendrán en cuenta las flexiones ocasionadas por excentricidades en los apoyos.

Las conexiones en los extremos de vigas, traveses o armaduras que forman parte de estructuras continuas se diseñarán para el efecto combinado de las fuerzas y momentos originados por la rigidez de las uniones.

2.8.1.1. Excentricidades

Deben tenerse en cuenta en el diseño las excentricidades que se generen en las conexiones, incluso cuando provengan que los ejes de los miembros no concurren en un punto.

El centro de gravedad del grupo de remaches, tornillos o soldaduras colocados en el extremo de un miembro sometido a la acción de una fuerza axial debe coincidir con el eje de gravedad del miembro, cuando esto no suceda, debe tomarse en cuenta el efecto de las excentricidades resultantes, excepto en conexiones de ángulos sencillos, ángulos dobles y otros elementos similares cargados estáticamente, en las que no es necesario balancear las soldaduras para lograr la coincidencia indicada arriba, ni tener en cuenta la excentricidad entre el eje del miembro y las líneas de remaches o tornillos.

2.8.1.2. Juntas cepilladas

Pueden usarse juntas cepilladas en miembros en compresión, que transmitan la fuerza de compresión por contacto directo, siempre que se coloquen los elementos de unión necesarios para transmitir cualquier otro tipo de sollicitación que pueda aparecer durante el montaje de la estructura o durante su operación posterior.

Además, se colocarán los elementos de unión necesarios para asegurar que las distintas partes que forman la junta se conservarán en posición correcta, esos elementos serán capaces de transmitir, como mínimo, 50 por ciento de la fuerza de compresión de diseño que obre en el miembro.

2.8.2. Soldaduras

2.8.2.1. Generalidades

El tipo de soldadura aplicable en la construcción metálica es el de arco eléctrico con electrodo metálico, aplicado manual, semiautomática o automáticamente. Los procesos aprobados en las Normas son la soldadura manual con electrodo recubierto, la soldadura automática de arco sumergido, la protegida con gases y la soldadura con electrodo con corazón de fundente. Pueden utilizarse otros procesos si se califican adecuadamente para los casos en que se vayan a usar.

2.8.2.2. Metal de aportación

Se usará el electrodo, o la combinación de electrodo y fundente, adecuados al material base que se esté soldando, teniendo especial cuidado en aceros con altos contenidos de carbón u otros elementos aleados, y de acuerdo con la posición en que se deposite la soldadura. Se seguirán las instrucciones del fabricante respecto a los parámetros que controlan el proceso de soldadura, como son voltaje, amperaje, polaridad y tipo de corriente. La resistencia del material depositado con el electrodo será compatible con la del metal base.

Soldadura compatible con el metal base.- Para que una soldadura sea compatible con el metal base, tanto el esfuerzo de fluencia mínimo como el esfuerzo mínimo de ruptura en tensión del metal de aportación depositado, sin mezclar con el metal

base, deben ser iguales o ligeramente mayores que los correspondientes del metal base.

2.9. Tipos de soldaduras

En estas Normas se consideran cuatro tipos de soldaduras:

a) Soldaduras de filete. Se obtienen depositando un cordón de metal de aportación en el ángulo diedro formado por dos piezas. Su sección transversal es aproximadamente triangular.

2.9.1. Dimensiones efectivas de las soldaduras

a) El área efectiva de una soldadura de penetración o de filete es el producto de su longitud efectiva por el tamaño efectivo de su garganta.

Soldadura de filete es curva, la longitud es igual a la del eje del cordón, trazado por el centroide del plano que pasa por la garganta.

e) El tamaño efectivo de la garganta de una soldadura de filete es la distancia más corta de la raíz a la cara de la soldadura diagramática, sin incluir el refuerzo de la misma. En soldaduras de filete depositadas por el proceso de arco sumergido, el tamaño efectivo de la garganta puede tomarse igual a la pierna del cordón cuando ésta no excede de 10 mm (3/8 pulg.), e igual a la garganta teórica más 2.5 mm para filetes mayores de 10 mm.

2.9.1.1. Tamaño mínimo de soldaduras de penetración parcial

El tamaño de la soldadura queda determinado por la más gruesa de las partes unidas, pero no es necesario que exceda el grueso de la parte más delgada.

2.9.1.2. Soldaduras de filete

El tamaño de la soldadura queda determinado por la más gruesa de las partes unidas, pero no es necesario que exceda el grueso de la parte más delgada. El objeto de este requisito es evitar cambios perjudiciales en la estructura cristalina

del material base, producidos por el rápido enfriamiento de las soldaduras pequeñas depositadas en material grueso.

Tamaño máximo.- El tamaño máximo de las soldaduras de filete colocadas a lo largo de los bordes de placas o perfiles es:

En los bordes de material de grueso menor que 6.3 mm. (1/4 pulg.), el grueso del material.

En los bordes de material de grueso igual o mayor que 6.3 mm (1/4 pulg.), el grueso del material menos 1.5 mm (1/16 pulg.), excepto cuando se indique en los dibujos de fabricación que la soldadura deberá depositarse tomando las medidas necesarias para obtener un tamaño igual al grueso del material. La distancia entre el borde de la soldadura depositada y el de la placa puede ser menor que 1.5 mm, pero el tamaño de la soldadura debe poderse verificar sin dificultad.

Longitud.- La longitud mínima efectiva de una soldadura de filete utilizada para transmitir fuerzas será no menor que cuatro veces su tamaño nominal. En caso contrario, se considerará que el tamaño de la soldadura no excede de un cuarto de su longitud efectiva.

2.9.2. Elementos de conexión

Esta sección se aplica al diseño de elementos de conexión, como placas de nudo en armaduras, ángulos, y la zona común a los dos miembros en conexiones viga, columna.

2.9.2.1 Empalmes

Las uniones entre tramos de vigas y trabes armadas realizadas por medio de soldaduras de penetración deben desarrollar la resistencia completa de la menor de las secciones empalmadas. Si se usan otros elementos de unión, las conexiones deberán desarrollar, cuando menos, la resistencia requerida para transmitir las fuerzas existentes en la sección donde se haga el empalme.

2.9.2.2. Definiciones

Se da el nombre de conexión al conjunto de elementos que unen cada miembro a la junta: placas o ángulos por patines o alma, soldaduras, tornillos.

Junta es la zona completa de intersección de los miembros; en la mayoría de los casos, esta zona es la parte de la columna, incluyendo atiesadores y placas de refuerzo del alma, cuando los haya, que queda comprendida entre los planos horizontales que pasan por los bordes superior e inferior de la viga de mayor peralte.

Las placas de refuerzo del alma de la columna pueden estar en contacto con ella o separadas; en el primer caso pueden ser sencillas, en un solo lado del alma, o dobles, en los dos lados; en el segundo caso deben ser dobles, colocadas a distancias iguales del alma.

2.9.2.3. Condiciones de carga de diseño

Debe tenerse en cuenta si el diseño de las conexiones queda regido por cargas muertas y vivas únicamente.

2.10. Corrosión

Los elementos acero estructural se protegerán contra la corrosión, para evitar que ésta ocasione disminuciones de resistencia o perjudique su comportamiento en condiciones de servicio. Cuando sea imposible protegerlos después de la fabricación de la estructura, en su diseño se tendrán en cuenta los efectos perjudiciales de la corrosión.

Antes del montaje, todos los elementos se protegerán adecuadamente, con pinturas u otros productos que retrasen el proceso de corrosión, excepto cuando en los dibujos de fabricación o montaje se indique que algunas partes de la estructura no deben pintarse.

Se tomarán precauciones especiales cuando las estructuras estén expuestas a humedades, humos, vapores industriales u otros agentes altamente corrosivos.

2.10.1. Fuego y explosiones

Las estructuras deberán protegerse contra el fuego, para evitar pérdidas de resistencia ocasionadas por las altas temperaturas. El tipo y las propiedades de la protección utilizada dependerán de las características de la estructura, de su uso y del contenido de material combustible. En casos especiales se tomarán precauciones contra los efectos de explosiones, buscando restringirlos a zonas que no pongan en peligro la estabilidad de la estructura.

2.11. Planos y dibujos

En el campo de las actividades técnicas, para la representación de los objetos se utilizan varios métodos de proyección, todos los cuales tienen sus propias características, méritos y desventajas.

El dibujo técnico corriente consiste en una proyección ortogonal, en la cual se utilizan representaciones relacionadas de una o varias vistas del objeto, cuidadosamente elegidas, con las cuales es posible definir completamente su forma y características.

No obstante, para la ejecución de estas representaciones bidimensionales es necesario el conocimiento del método de proyección, de modo tal que, cualquier observador sea capaz de deducir de las vistas la forma tridimensional del objeto.

En los numerosos campos técnicos y sus etapas de desarrollo, a menudo es necesario proporcionar dibujos de fácil lectura. Estos dibujos denominados representaciones pictóricas, entregan una vista tridimensional de un objeto, tal como éste aparecería ante los ojos de un observador. Para leer estas representaciones no es necesaria una formación técnica profunda sobre la materia.

Las representaciones pictóricas pueden presentarse por sí solas o complementarse con dibujos ortogonales.

Existen diversos métodos de representación pictórica, pero sus especificaciones difieren considerablemente y a menudo se utilizan en forma contradictoria.

El constante aumento de la comunicación técnica a nivel mundial, como también la evolución de los métodos de diseño y dibujo asistidos por computador con sus diversos tipos de representaciones tridimensionales, derivan en la necesidad de una clarificación de estos problemas, mediante la formulación de normas técnicas sobre la materia.

La palabra “gráfico” significa “referente a la expresión de ideas por medio de líneas o marcas impresas en una superficie”. Entonces, un dibujo (plano) es una

representación gráfica de algo real. El dibujo, por tanto, es un lenguaje gráfico porque usa *figuras* para comunicar pensamientos e ideas.

Como un dibujo es un conjunto de instrucciones que tiene que cumplir el operario, debe ser claro, correcto, exacto y completo. Los campos especializados son tan distintos como las ramas de la industria. Algunas de las áreas principales del dibujo son: Mecánico, arquitectónico, estructural y eléctrico.

El término “dibujo técnico” se aplica a cualquier dibujo que se utilice para expresar ideas técnicas.

Se elaborarán planos de anclas, de fabricación y de montaje.

En los planos de anclas se indicarán todos los elementos de la estructura metálica, y que son necesarios para transmitir las acciones que cada una de ellas ejerce sobre la otra.

En los planos de fabricación (también conocidos como planos de taller o de detalle) se proporcionará toda la información necesaria para la ejecución de la estructura en el taller, y en los de montaje se indicará la posición de los diversos elementos que componen la estructura y se señalarán las juntas de campo entre ellos, con indicaciones precisas para su elaboración. Los planos de fabricación se prepararán antes de iniciar la fabricación de la estructura.

Tanto en los planos de fabricación y de montaje como en los dibujos y esquemas de las memorias de cálculo deben indicarse las soldaduras por medio de símbolos que representen claramente, y sin ambigüedades, su posición, dimensiones, características, preparaciones en el metal base, etc.

Cuando sea necesario, esos símbolos se complementarán con notas en el plano. En todos los casos deben indicarse, con toda claridad, los remaches, tornillos o soldaduras que se colocarán en el taller y aquellos que deben instalarse en la obra.

Los dibujos de taller se hacen siguiendo la práctica más moderna y en su elaboración se tendrá en cuenta los factores de rapidez y economía en fabricación y montaje que sean significativos en cada caso.

2.12. Fabricación

2.12.1. Enderezado

Todo el material que se utilice en estructuras deben enderezarse previamente, excepto en los casos en que por las condiciones del proyecto tenga forma curva. El enderezado se hace de preferencia en frío, por medios mecánicos, pero puede aplicarse también calor, en zonas locales. La temperatura de las zonas calentadas, medida por medio de procedimientos adecuados, no debe sobrepasar 923 K (650 °C).

2.12.2. Cortes

Los cortes pueden hacerse con cizalla, cierra o soplete; estos últimos se hacen, de preferencia, a máquina. Los cortes con soplete requieren un acabado correcto, libre de rebabas. Se admiten muescas o depresiones ocasionales de no más de 5 mm de profundidad, pero todas las que tengan profundidades mayores deben eliminarse con esmeril o repararse con soldadura. Los cortes en ángulo se hacen con el mayor radio posible, nunca menor de 25 mm, para proporcionar una transición continua y suave, si se requiere un contorno específico, se indican en los planos de fabricación.

Las preparaciones de los bordes de piezas en los que se vayan a depositar soldadura pueden efectuarse con soplete, los extremos de piezas que transmiten compresión por contacto directo tienen que prepararse adecuadamente por medio de cortes muy cuidadosos, cepillado u otros medios que proporcionen un acabado semejante.

2.12.3. Estructuras soldadas

Preparación del material.- Las superficies en que se van a depositar la soldadura estarán libres de costras, escoria, óxido, grasa, pintura o cualquier otro material extraño, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que puedan disminuir la eficiencia de la

junta soldada; se permite que haya costras de laminado que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre, un recubrimiento anticorrosivo delgado, o un compuesto para evitar las salpicaduras de soldadura. Siempre que sea posible, la preparación de bordes por medio de soplete oxiacetilénico se efectúa con sopletes guiados mecánicamente.

2.13. Armado

Las piezas entre las que se van a colocar soldaduras de filete deben ponerse en contacto; cuando este no sea posible, su separación no excederá de 5 mm. Si la separación es de 1.5 mm, o mayor, el tamaño de la soldadura de filete se aumentará en una cantidad igual a la separación. La separación entre las superficies en contacto de juntas traslapadas, así como entre las placas de juntas a tope y la placa de respaldo, no excederá de 1.5 mm.

En zonas de la estructura expuestas a la intemperie, que no puedan pintarse por el interior, el ajuste de las juntas que no estén selladas por soldaduras en toda su longitud será tal que, una vez pintadas, no pueda introducirse el agua.

Las partes que se vayan a soldar a tope, deben alinearse cuidadosamente, corrigiendo faltas, en los alineamientos mayores que $1/10$ del grueso, de la parte más delgada, y también las mayores de 3 mm, siempre que sea posible, las piezas por soldar se colocan de manera que la soldadura se deposite en posición plana.

Las partes por soldar se mantendrán en su posición correcta hasta terminar el proceso de soldadura, mediante el empleo de pernos, prensas, cuñas, tirantes, puntales u otros dispositivos adecuados, o por medio de puntos provisionales de soldadura. En todos los casos se tendrán en cuenta las deformaciones producidas por la soldadura durante su colocación.

Los puntos provisionales de soldadura deben cumplir los mismos requisitos de las soldaduras finales; si se incorporan en éstas, se hacen con los mismos electrodos que ellas, y se limpian cuidadosamente; en caso contrario, se removerán con un esmeril hasta emparejar la superficie original del metal base.

Al armar y unir partes de una estructura o de miembros compuestos se seguirán procedimientos y secuencias en la colocación de las soldaduras que eliminen distorsiones innecesarias y minimicen los esfuerzos de contracción. Cuando no sea posible evitar esfuerzos residuales altos al cerrar soldaduras en conjuntos rígidos, el cierre se hacen en elementos que trabajen en compresión.

2.13.1. Soldaduras de penetración completa

Deben biselarse los extremos de las placas entre las que van a colocarse la soldadura para permitir el acceso del electrodo, y utilizarse placa de respaldo o, de no ser así, debe quitarse con un cincel o con otro medio adecuado la capa inicial de la raíz de la soldadura, hasta descubrir material sano y antes de colocar la soldadura por el segundo lado, para lograr fusión completa en toda la sección transversal. En placas delgadas a tope el bisel puede no ser necesario.

Cuando se usa la placa de respaldo de material igual al metal base, debe quedar fundida con la primera capa de metal de aportación. Excepto en los casos en que se indique lo contrario en los planos de fabricación o montaje, no es necesario quitar la placa de respaldo, pero puede hacerse si se desea, tomando las precauciones necesarias para no dañar ni el metal base ni el depositado.

Los extremos de las soldaduras de penetración completa deben terminarse de una manera que asegure su sanidad; para ello se usan, siempre que sea posible, placas de extensión, las que se quitan después de terminar la soldadura, dejando los extremos de ésta lisos y alineados con las partes unidas.

En soldaduras depositadas en varios pasos se deben quitar la escoria de cada uno de ellos antes de colocar el siguiente.

2.13.2. Pre calentamiento

Antes de depositar la soldadura, el metal base debe precalentarse a una temperatura suficiente para evitar la formación de grietas, esa temperatura debe conservarse durante todo el proceso de colocación de la soldadura, en una distancia cuando menos igual al espesor de la parte soldada más gruesa, pero no menor de 75 mm, en todas las direcciones, alrededor del punto en el que se está depositando el metal de aportación.

Se exceptúan los puntos de soldadura colocados durante el armado de la estructura que se vuelven a fundir y quedan incorporados en soldaduras continuas realizadas por el proceso de arco sumergido.

2.14. Inspección

Todas las soldaduras, incluyendo los puntos provisionales, será realizada por personal calificado. Antes de depositar la soldadura, deben revisarse los bordes de las piezas, en los que se colocan, para cerciorarse de que los biseles, holguras, entre otros., son correctos y están de acuerdo con los planos.

Una vez realizadas, las uniones soldadas deben inspeccionarse ocularmente, y se reparan todas las que presenten defectos aparentes de importancia, tales como tamaño insuficiente, cráteres o socavaciones del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse.

Cuando haya dudas, y en juntas importantes de penetración completa, la revisión se complementan por medio de ensayos no destructivos. En cada caso se hacen un número de pruebas no destructivas de soldaduras de taller suficiente para abarcar los diferentes tipos que haya en la estructura y poderse formar una idea general de su calidad. En soldaduras de campo se aumentan el número de pruebas, y en éstas se efectúan en todas las soldaduras de penetración en material de más de 20 mm de grueso y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabeza.

2.14.1. Tolerancias en las dimensiones

Las piezas terminadas en taller deben estar libres de torceduras y dobleces locales, y sus juntas deben quedar acabadas correctamente. En miembros que trabajarán en compresión en la estructura terminada no se permiten desviaciones, con respecto a la línea recta que une sus extremos, mayores de un milésimo de la distancia entre puntos que están soportados lateralmente en la estructura terminada.

La distancia máxima, con respecto a la longitud teórica, que se permite en miembros que tengan sus dos extremos cepillados para trabajar por contacto directo, es un milímetro.

2.14.2. Pintura

Después de inspeccionadas y aprobadas, y antes de salir del taller, todas las piezas que deben pintarse se limpian cepillándolas vigorosamente, a mano, con cepillo de alambre, para eliminar escamas de laminado, óxido, escoria de soldadura, basura y, en general, toda materia extraña. Los depósitos de aceite y grasa se quitan por medio de solventes.

Las piezas que no requieran pintura de taller se deben limpiar también, siguiendo procedimientos análogos a los indicados en el párrafo anterior. A menos que se especifique otra cosa, las piezas de metal que vayan a quedar cubiertas por otros acabados no necesitan pintarse.

Todo el material restante recibirá en el taller una mano de pintura anticorrosivo, aplicada cuidadosa y uniformemente sobre superficies secas y limpias, por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o por inmersión.

El objeto de la pintura de taller es proteger el metal durante un período de tiempo corto, y puede servir como base para la pintura final, que se efectúa en la construcción.

Las superficies que sean inaccesibles después del armado de las piezas deben pintarse antes.

Cuando un elemento estructural esté expuesto a los agentes atmosféricos, todas las partes que lo componen deben ser accesibles de manera que puedan limpiarse y pintarse.

El color recomendado para equipo de apoyo es un tono amarillo referente a las normas de los colores de quipos de apoyo en las industrias.

CAPITULO III

3. Descripción

En este capítulo se hace referencia al proceso que se siguió para el diseño de un soporte móvil para el motor PT-6 existente en el taller del Bloque 42 del I.T.S.A en este proyecto describe de una manera secuencial y describiendo cada uno de los pasos.

3.1. Preliminares

El diseño de un soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6 que ayudará a un correcto desmontaje y montaje de los diversos accesorios y partes del motor, responde a una necesidad observada en el taller de motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico durante el proceso de investigación.

Actualmente no existe el diseño del soporte para poder operar correctamente en este motor en el Instituto que brinde la posibilidad de observar de una manera directa las características y accesorios de la mayoría del motor PT-6 de esa manera corroborar los conocimientos impartidos en el aula por los docentes.

De esta manera el implementar este diseño del soporte móvil se logrará preparar a los futuros Tecnólogos, principales responsables del mantenimiento aeronáutico, para comprender y realizar los procesos de trabajo encargados con gran precisión y calidad, que es lo que busca la Industria Aeronáutica moderna.

3.2. Planteamiento y estudio de alternativas

Estudio de alternativas

Basándonos en el estudio de la R-DAC 145, la cual indica que un taller aeronáutico, debe contar con todo el equipo necesario para facilitar los trabajos, se plantean alternativas para el diseño y posterior construcción de un soporte para el motor PT-6, tomando en cuenta algunos factores tales como: funcionalidad, ergonomía, dificultad, costos, etc. que serán determinantes a la hora de elegir una de las alternativas.

Primera Alternativa

Se presenta como primera alternativa, el diseño y la posterior construcción de un soporte que mantenga al motor estático y que solo sirva para trasladar dicho motor de un lugar a otro.

Segunda alternativa

Se propone como segunda alternativa, el diseño y la posterior construcción de un soporte para el motor PT-6, que permita al operador mover al motor sobre su eje transversal, permitiéndole así manipular, observar el motor y sus accesorios en su totalidad.

El tipo de soporte que se diseñara y la posteriormente se construirá será elegido tomando en cuenta los siguientes factores:

- Factor Técnico
- Factor seguridad
- Factor económico
- Otros

3.2.1. Primera alternativa

Soporte estático.

Este tipo de soporte se usa en compañías de aviación que hacen mantenimientos menores en los motores y en las estructuras, se usa cuando el motor va a ser desmontado para realizar inspecciones en el resto de la aeronave, solo para que el motor no esté asentado en el suelo más no para realizar operaciones de mantenimiento en el, ya que este no presta la facilidad de mover el motor a gusto del operario, es sencillo de construir y diseñar y no presenta mayores ventajas funcionales.

3.2.2. Segunda alternativa

Soporte móvil.

Este tipo de soporte se usa en el centro de mantenimiento y reparación aeronáutica, en donde se realizan mantenimientos mayores a una aeronave, este

tipo de soporte presenta la facilidad de mover el motor a gusto del operario, pudiendo así hacer tareas de mantenimiento y reparación del motor. Su diseño y construcción presentan complejidad pero presenta grandes ventajas funcionales.

3.2.3. Ventajas y desventajas de las dos alternativas

Tomando en cuenta las dificultades, falencias y necesidades que tienen los estudiantes al realizar las prácticas en el motor PT-6 obtenidas en la investigación previa a este proyecto, se hace un análisis completo y minucioso de las ventajas y desventajas que presentan ambas alternativas en cuanto a factores técnicos, de seguridad, y económicos, con el fin de construir el adecuado, y que satisfaga las necesidades que tienen los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores del I.T.S.A.

Tabla N°3.1: ventajas y desventajas alternativa 1

Ventajas y desventajas del soporte estático	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil diseño y construcción • Fácil uso • Poco mantenimiento • Se puede trasladar el motor de un lugar a otro 	<ul style="list-style-type: none"> • No es manipulable • No brinda comodidad al trabajar • No se puede observar el motor en su totalidad • No presenta mayor funcionalidad • No es apto para uso en centros de reparaciones

Tabla N° 3.2: Ventajas y desventajas alternativa 2

Ventajas y desventajas del soporte móvil	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Es manipulable y dócil.• Brinda un máximo de ergonomía al operario.• Permite la total observación del motor.• Permite realizar prácticas de mantenimiento mientras el motor está montado en el soporte.• Presenta gran funcionalidad dentro del taller.• Es de fácil uso.• Es de fácil operación.• No presenta dificultad en el mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none">• Diseño y construcción complejos.• Alto costo de construcción.• Presenta costos de mantenimiento.

3.2.4 Análisis cuantitativo de la factibilidad de construcción de alternativas

Para realizar una evaluación sobre la construcción de una de las dos alternativas antes mencionadas, se toma en cuenta los siguientes factores: Técnico, de seguridad, económico, otros. Estos factores son tomados de acuerdo al análisis de ventajas y desventajas que ofrece cada alternativa presentado en la sección anterior.

Cada factor tiene asignado un valor X el cual representa el valor que tiene dicho factor, para determinar cuál de las dos alternativas será diseñada y construida.

A su vez cada factor tiene varios parámetros los cuales serán calificados cuantitativamente, asignándole un valor numérico los cuales sumados darán como resultado el valor del factor. Se suman los totales de cada factor, y la alternativa que sume el mayor puntaje será la más idónea para su diseño y construcción.

Factor	Valor x
• Factor técnico	5
• Factor Seguridad	3
• Factor Económico	2

Cabe recalcar que el factor económico es el menos determinante.

3.2.5 Análisis de parámetros

A continuación se explica que parámetros y cuáles son las características que debe tener cada alternativa para cumplir con dichos parámetros.

Factor técnico

- **Materiales**

Se refiere al tipo y cantidad de material que se usará en la construcción del soporte, si este es fácil de conseguir y si es fácil de trabajar con este material.

- **Construcción**

Indica la dificultad o facilidad con que puede llevarse a cabo la ejecución de este proyecto, si el proceso de construcción es sencillo o si por el contrario este se presenta muy dificultoso.

- **Aplicabilidad**

Nos indica si este es o no aplicable en el taller del bloque 42 para satisfacer las necesidades de los estudiantes.

- **Funcionalidad.**

Indica si este será útil o no, si presentara las características necesarias para ser manipulable y poder usarlo como una ayuda en las prácticas.

Factor seguridad

En este caso se mide la estabilidad del soporte, si este es capaz o no de sostener al motor estable mientras se realizan prácticas en él.

Factor Económico

Costo de construcción

Se refiere a la cantidad de dinero que se usara en la compra de materiales, uso de herramientas, horas/hombre, costos varios.

Costos de mantenimiento

Se refiere al costo que representara mantener en buen estado el soporte y alargar la vida útil de este.

Tabla N° 3.3: Evaluación cuantitativa de de factores

Factor	Calificación parámetros		Total Factor	
	Alt 1	Alt 2	Alt 1	Alt 2
Parámetro	Soporte estático	Soporte Móvil	Soporte estático	Soporte Móvil
Factor Técnico			3	4.3
Materiales	1	1		
Construcción	1	0.9		
Aplicabilidad	0.5	1.2		
Funcionalidad	0.5	1.2		
Factor Seguridad			2.5	3

Factor económico			1.8	1.6
Costo de construcción	1	0.8		
Costo de mantenimiento	0.8	0.8		
Total de los factores			7.3	8.9

3.2.6. Análisis cualitativo

Para obtener una decisión más contundente se hace un análisis cualitativo de ambas alternativas basado lo siguiente: cuadro de ventajas y desventajas, tabla de evaluación cuantitativa de los factores y además en las experiencias obtenidas sobre las practicas realizadas en el motor PT-6.

3.2.7. Alternativa uno: Soporte estático

Pese a que esta alternativa presenta más facilidad en el diseño y menor costo de construcción, no presenta la funcionalidad y aplicabilidad que requiere el taller del bloque 42, y por ende los alumnos que en el realizan las practicas.

Esto se debe a que no presenta las facilidades necesarias para realizar prácticas de mantenimiento en el motor PT-6, cuando está sujeto a este tipo de soporte.

3.2.8 Alternativa dos: Soporte móvil

Esta alternativa cumple con los requerimientos del taller del bloque 42, además de que esta alternativa es muy funcional ya que presenta la facilidad de mover el motor a gusto del operario que esté realizando la práctica. Además evita que la

persona o personas que estén realizando la práctica hagan esfuerzo físico para mover el motor, evitando así lesiones y accidentes laborales.

Pese a que es más costoso y de difícil construcción este es un soporte novedoso y que realmente va a satisfacer las necesidades de los estudiantes de la carrera de mecánica - motores del I.T.S.A.

3.2.9 Selección de alternativa

Se selecciona la segunda alternativa, ya que esta es la que más se apega a las necesidades del taller del bloque 42 y a la de los estudiantes del I.T.S.A.

Este soporte será diseñado y posteriormente construido con las dimensiones necesarias y con la capacidad de sostener el motor y a su vez las cargas adicionales que se presentan cuando se realizan las prácticas, dando así seguridad a los estudiantes y resto de personal del taller.

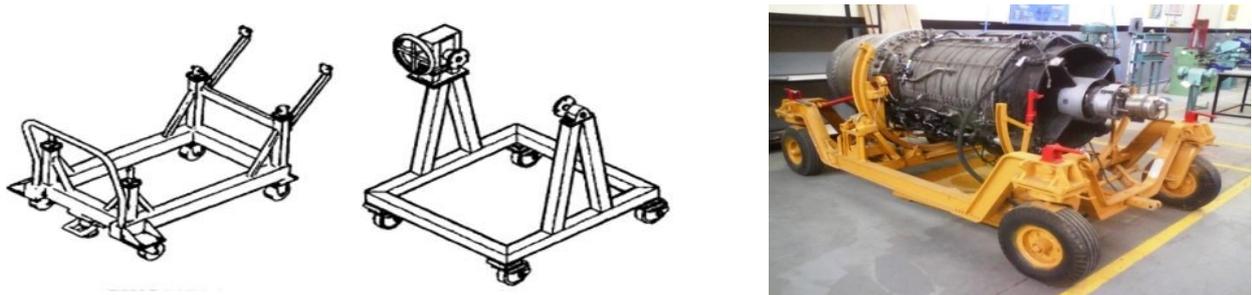


Figura 3.3: Ejemplos de Soportes

Fuente: Campo

Fuente: Investigación de Bibliográfica Manual AMM

Con la ayuda de las imágenes anteriores el diseñador será capaz de realizar un bosquejo ideal para el diseño del soporte móvil para el motor PT-6 ajustándose a sus medidas y necesidades.

3.2.10. Análisis Económico

En esta parte se detalla los gastos realizados directa e indirectamente en la investigación del soporte móvil para el motor PT-6. Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se deberá tomar en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Material).
- Maquinaria, herramienta y equipo.
- Mano de obra.
- Costo secundario (Material de Oficina)

Costo primario

Comprende el costo detallado de los materiales y accesorios utilizados.

Tabla N° 3.4: Costo primario.

N.	MATERIALES	ESPECIFICACIÓN	CANT.	P. UNITARIO	COSTO
1	Perfil del Acero	Tubo cuadrado	2	50.00 USD	100.00 USD
2	Ruedas	Fijas y giratorias	4	15.00 USD	60.00USD
3	Unidad Curva (U)	Correa en forma de U	1	15.00 USD	30.00USD
4	Cadenas	Reforzada	4	5.00 USD	5.00USD
5	Rodamientos	Conjunto de Acero	6	8.00 USD	32.00USD
6	Freno Manual para (U)	Conjunto de Acero	1	30.00 USD	30.00USD
7	Conjunto de Fijación Motor Soporte	Placa de Acero	4	30.00 USD	30.00 USD
TOTAL					287.00USD

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Sr. Santiago Romero

Tabla N° 3.5: Maquinaria, Herramienta y Equipos.

N°	MAQUINARIA	TIEMPO (h)	COSTO
1	Cortadora	1	5.00 USD
2	Suelda eléctrica	4	20.00 USD
3	Esmeriladora	2	10.00 USD
4	Dobladora	1	5.00 USD
5	Equipo de pintura	3	15.00 USD
TOTAL			55.00 USD

Fuente: Investigación Campo

Elaborado por: Sr. Santiago Romero

Tabla N° 3.6: Mano de obra.

N°	DETALLE	COSTO
1	Técnico Soldador	30.00 USD
2	Técnico Cortador	15.00 USD
2	Pintor	20.00 USD
TOTAL		65.00 USD

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Sr. Santiago Romero

Costo Secundario

Comprende los costos secundarios que se usaron en la elaboración e investigación de este proyecto en su totalidad como son: Pago aranceles de graduación, suministros de oficina, alimentación, transporte, copias e impresiones de trabajo, empastados, anillados y Cd del proyecto y varios.

Tabla N° 3.7: Costos secundarios.

N.	MATERIAL	COSTO
1	Pago Aranceles de Graduación.	120.00 USD
2	Suministros de oficina.	20.00 USD
3	Alimentación.	30.00 USD
4	Transporte.	40.00 USD
5	Copias e impresiones de trabajo.	20.00 USD
6	Empastados, Anillados y CD del proyecto.	20.00 USD
7	Varios	10.00 USD
TOTAL		260.00 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Sr. Santiago Romero

Costo total del Proyecto

Tabla N° 3.8: Costos total del proyecto.

N°.	DESIGNACIÓN	COSTO
1	Costo Primario	287.00 USD
2	Maquinaria, Herramienta y Equipos	55.00 USD
3	Mano de obra.	65.00 USD
4	Costo Secundario	260.00 USD
TOTAL		667.00 USD

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Sr. Santiago Romero

3.3. Diseño del Soporte Móvil con un Grado de Libertad para el desmontaje y montaje de los diversos accesorios del motor PT-6

3.3.1 Descripción del Soporte Móvil.

El Soporte Móvil está constituido principalmente por una serie de perfiles metálicos entrelazados para constituir un pedestal para el motor PT-6, pero no se trata de un soporte móvil común se trata de un soporte móvil diseñado a la medida exacta para que el motor se sujete de un forma segura, cómoda y fácil de manejar.

Además cuenta con un trinche metálico de sujeción hecho a las necesidades requeridas para su transporte de un lugar a otro, cuenta con cuatro ruedas capaces de resistir el peso del motor con su respectivo freno en las cuatro ruedas y con un grado de libertad, usando dos dispositivos metálicos curvos, para su rotación, en su propio eje de 45 grados de longitud, con su freno respectivo, para conservar la posición en grados requerida.

Todos los elementos requeridos, para el soporte móvil, ingeniosamente hechos a la medida exacta del motor y el lugar donde se alojara en el taller de mecánica aeronáutica del Instituto fueron diseñados para este fin.

El soporte móvil no requiere de energía eléctrica ni otro tipo de alimentación para su operación normal.

3.3.2 Diseño

El objetivo de este tema es determinar los procesos de diseño de las diferentes partes que componen el soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6.

3.3.3 Orden de Diseño.

El proceso de diseñado se realizó en las fases que se describen a continuación.

3.3.4. Diseño del Bosquejo.

Tomando en cuenta las medidas del motor PT-6 y la necesidad de diseñar un soporte móvil con un grado de libertad para poder trabajar con comodidad y seguridad se realizó el primer el primer bosquejo del soporte basándose en los puntos de apoyo o sujeción del motor.

Datos del motor:

Peso: 324Lbs.

Longitud: 1700 mm.

Diámetro: 700 mm.

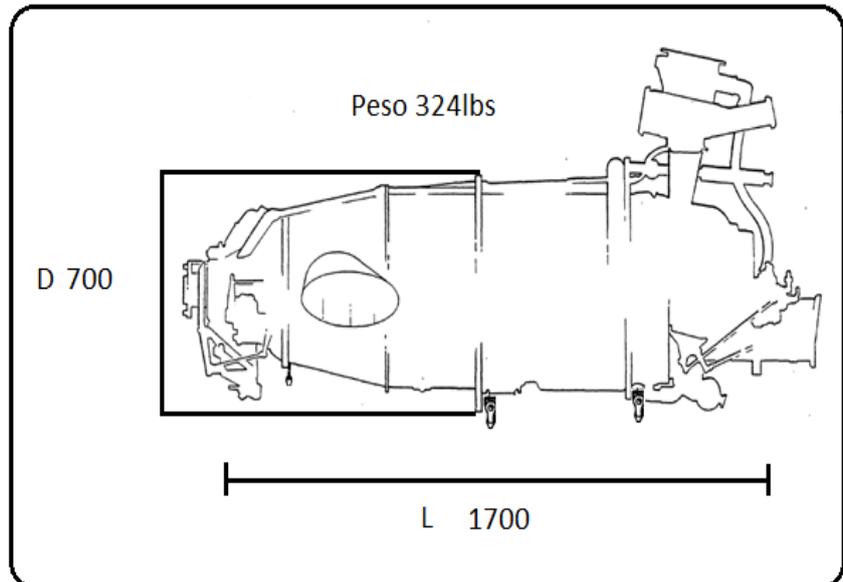


Figura 3.4: Bosquejo Motor PT-6

Fuente: Investigación de Bibliográfica Manual AMM

3.3.4.1. Diseño del perfil derecho e izquierdo (Bosquejo)

Debido a que el motor en estudio consta con tres puntos de fijación se realizó el siguiente bosquejo del soporte móvil con un grado de libertad, fijando los puntos de sujeción ya mencionados.

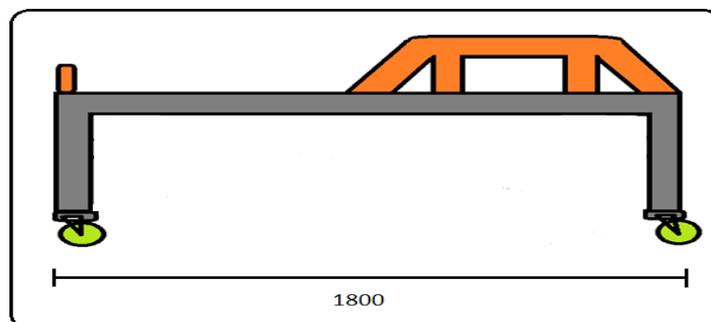


Figura 3.5: Bosquejo Perfil Derecho e Izquierdo

Fuente: Investigación de Campo

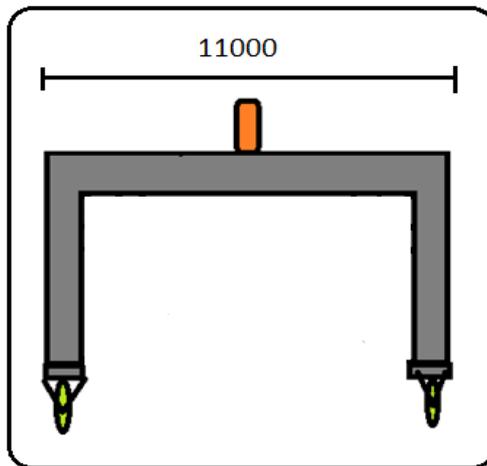


Figura 3.6: Bosquejo Perfil Frontal posterior

Fuente: Investigación de Campo

3.3.4.2. Diseño del perfil frontal y Superior (Bosquejo)

Tomando en cuenta los puntos de apoyo necesarios para la sujeción del motor y en vista de la necesidad de comodidad de trabajo, se procede a diseñar el grado de libertad, para que el motor pueda rotar en un ángulo de 45 grados en su propio eje debido a su forma cilíndrica.

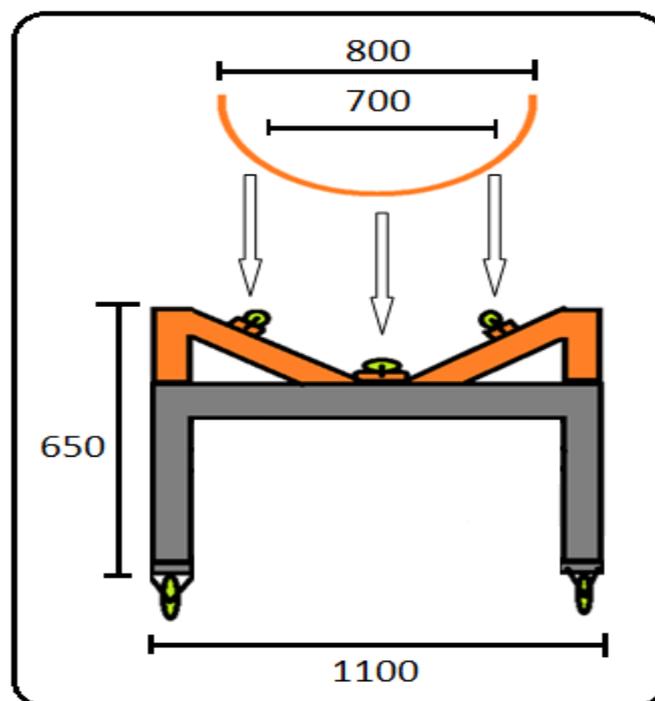


Figura 3.7: Bosquejo Perfil Frontal

Fuente: Investigación de Campo

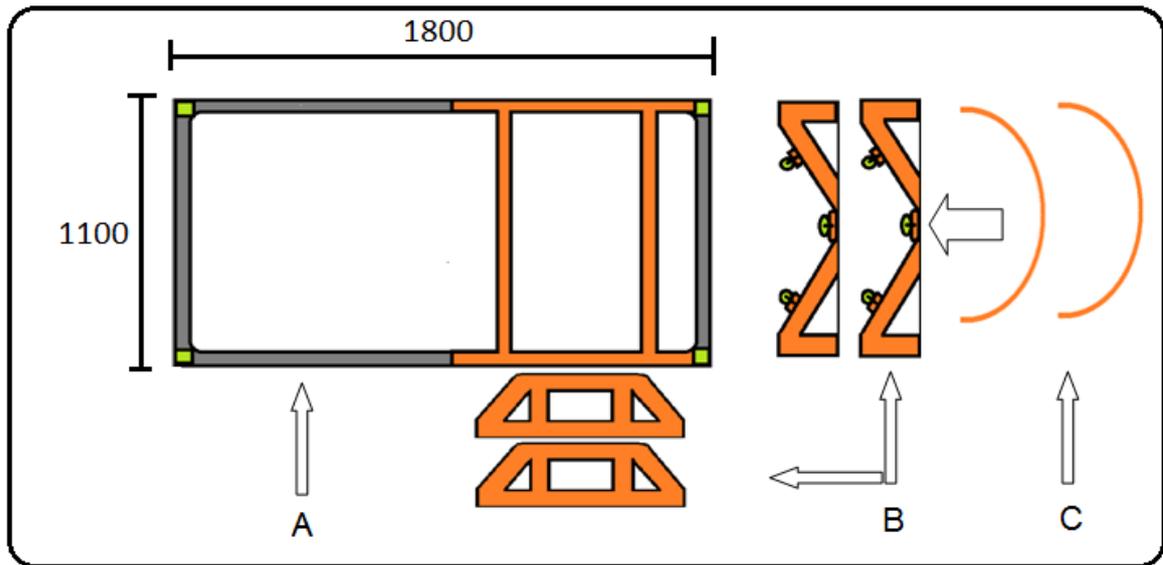


Figura 3.8: Perfil Superior

Fuente: Investigación de Campo

A

Soporte Secundario o Base (Inferior).

B

Parte principal de Soporte del Motor PT-6 (Superior).

C

Unidad en forma de U soporte del Motor.

3.4. Mecánica del Diseño

Diseño por Esfuerzos Permisibles

El diseño aplicado en este proyecto se basa en la forma básica de la mecánica de materiales guiados a los esfuerzos permisibles otorgados por el material a usar el Acero estructural ASTM A36 debido a que es un material idóneo para las necesidades de diseño y resistencia necesarios para el soporte móvil con un grado de libertad ya que esta estructura se la denomina armadura.

Generalidades:

Todas las medidas y diseño de la forma definitiva del soporte móvil se ilustran con una imagen de esta forma facilitando la comprensión del diseño.

3.4.1. Extracción de medidas Del Motor

Tomando como referencia el prebosquejo realizado por el diseñador se procede a la extracción de las medidas e identificación de los puntos de apoyo del motor con el fin de obtener medidas preliminares que nos van a servir para poder diseñar el soporte o castillo del motor PT-6 existente en el taller de mecánica aeronáutica del ITSA.

3.4.2. Puntos de Apoyo del Motor PT-6

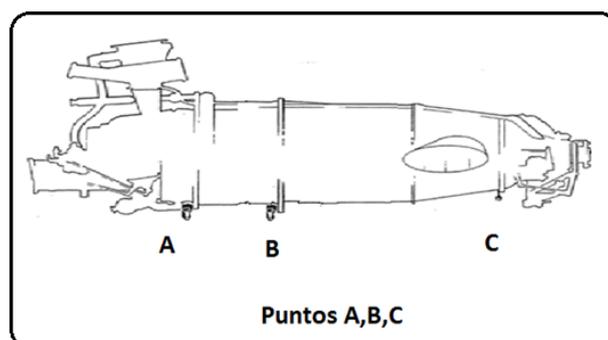


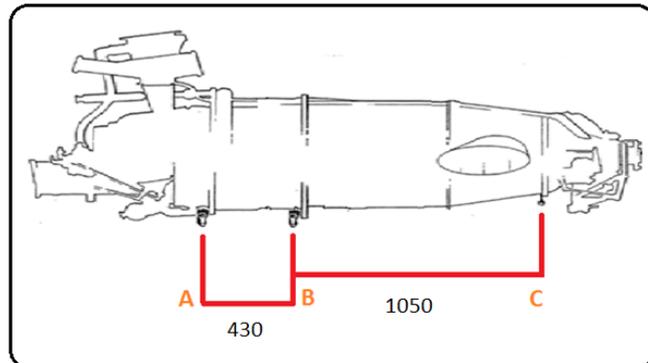
Figura 3.9: Motor PT-6 Puntos A, B, C

Fuente: Investigación de Bibliográfica Manual AMM

Con la referencia de los tres principales puntos de apoyo del motor PT-6

A, B y C son el soporte principal de apoyo para la fijación del soporte móvil hacia el motor.

3.4.3. Medidas de los Puntos de Apoyo del Motor PT-6.



Medidas:

A, B = 430 mm

B, C = 1050 mm

Figura: 3.10: Motor PT-6 Puntos A, B, C medidas

Fuente: Investigación de Campo

Dándonos un total 148cm, los cuales nos va ayudar para calcular el largo total del soporte.

Datos técnicos Del Motor PT-6.¹

- Longitud motor (1.7m)
- Altura (0.7m)
- Peso seco ² 324 lbs

Para más datos técnicos del motor PT-6 y especificaciones ver anexo D más adelante.

¹ Curse PT-6 Pratt Whitney Canada PT6 reference pág. 21

² AMM Approximate Weight of components /table 1 pág. 22

3.5. Cálculos Estáticos y Mecánicos del Soporte.

El soporte es totalmente simétrico, con el fin, de reducir esfuerzos innecesarios y costos, el diseño del soporte móvil con un grado de libertad, se creó de esta manera por el diseñador para facilitar los cálculos estructurales del soporte.

Cumpliendo a cabalidad la labor de diseñador los materiales y accesorios que fueron usados para la creación de este diseño son los más económicos posibles con afán de abaratar costos al constructor pero sin poner en duda la resistencia del soporte o su desgaste prematuro.

El tipo de cálculo a seguir en este proyecto, se guiara a esfuerzos permisibles ya que este tipo de diseño, es el idóneo para el diseño del soporte móvil, debido a su simetría ya mencionada y al tipo de material el Acero ASTM A36 por su accesibilidad a datos técnicos y por su muy buen rendimiento como perfil metálico cuadrado, mas especificaciones del material y cálculos a seguir se irán explicando a lo largo de este capítulo.

3.5.1. Datos Técnico y Especificaciones perfil Frontal.

Centro de gravedad del motor PT-6, el cg se encuentra en el punto B a 43cm del punto A como muestra la siguiente ilustración.

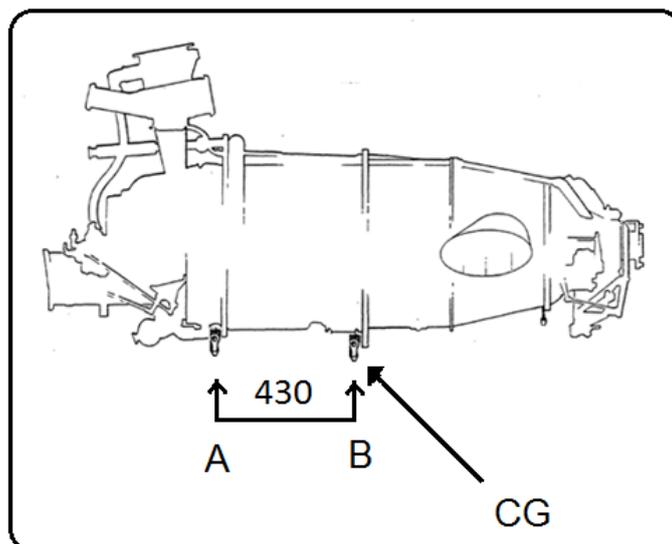


Figura 3.11. Punto A y B del Motor PT-6

Fuente: Investigación de Campo

Cálculos Estáticos

3.6. Factor de Carga.¹

Las cargas nominales se multiplican por factores de carga antes de hacer el análisis estructural. Dichos factores son números con los que se incrementan las cargas nominales máximas o se reducen las mínimas, de tal manera que con ellos se aumenta o se disminuye, respectivamente, la probabilidad de que las cargas sean excedidas o no sean alcanzadas.

Los factores de carga toman en cuenta la posibilidad de que se presenten sobrecargas y las imprecisiones en los métodos de análisis estructural. Para considerar que la probabilidad de que varias acciones existan simultáneamente con su máxima intensidad es pequeña, generalmente se especifican factores de carga menores para acciones combinadas.

En estructuras metálicas que contengan equipo sumamente valioso, en cuyo caso el factor de carga será de 1.5.

Consideraciones de Carga

Carga muerta Peso seco del motor PT-6 324 lbs. x F 1.5 = 487.5 lbs.

Carga viva Estudiantes en práctica 80kg X 2 = 160kg = 352 Lbs.

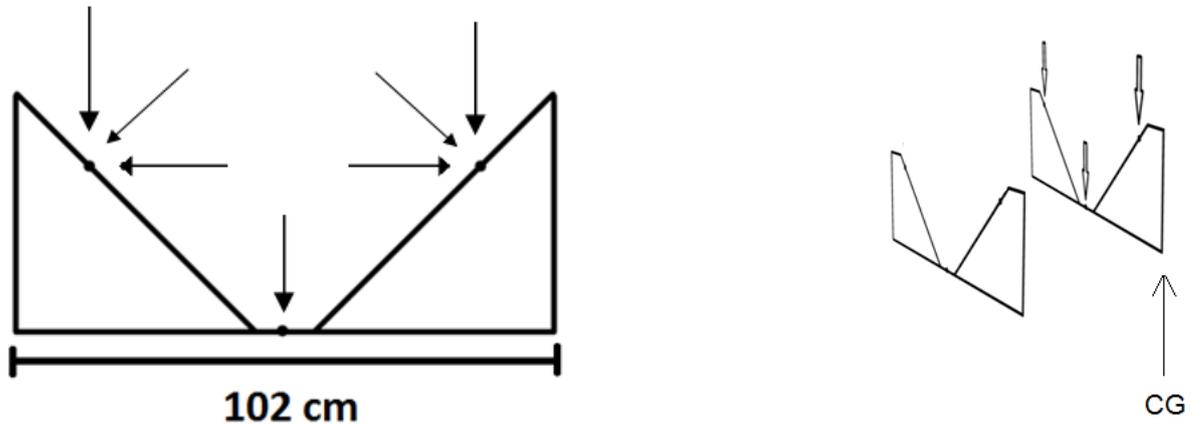
487.5 lbs. + 352 Lbs. = 839.5 lbs.

Carga de Diseño = 839.5 lbs.

¹ <http://www.arqhys.com/construccion/carga-factores.html>

3.6.1 Reacciones Del perfil Frontal

Con la previa identificación de los puntos de apoyo del soporte, el cg del motor y el peso, al que se va a someter, la estructura es tal como se muestra en la siguiente imagen.

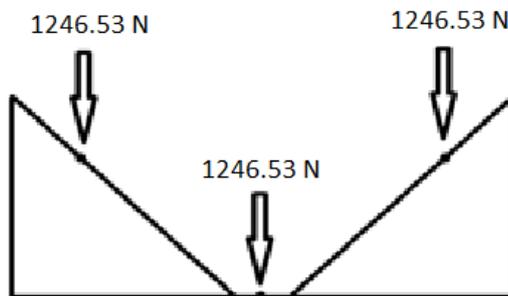


Para el cálculo de las cargas puntuales el peso del motor se distribuirá a los tres principales puntos de apoyo del soporte y este peso mencionado transformarlo a unidades de fuerza.

$$\frac{839.5 \text{ lbs.}}{3} = 279.83 \text{ lbs.}$$

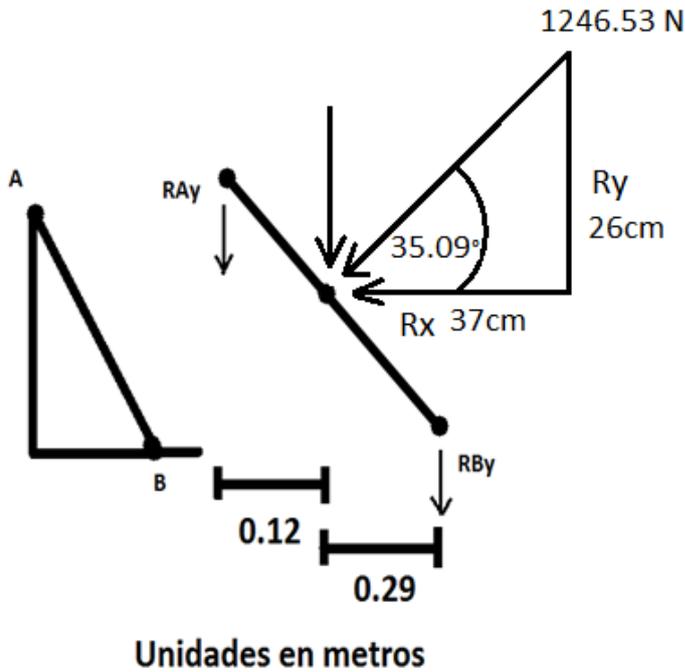
279.83 lbs.	1 kg	127.19 kg	9.8 m/s ²	1246.53 m/s ² = 1246.53 N
	2.2 lbs.			

1246.53 N (Newton) referente a la carga puntual que actuara en los siguientes puntos



Se toma como referencia a una sola carga de 1246.53 N para poder especificar las distancias necesarias para poder calcular las reacciones necesarias como se muestra a continuación.

Todas las medidas expresadas en las ilustraciones deberán ser transformadas a metros para facilitar la coherencia de los cálculos eso quiere decir que a las unidades de cm. para transformarlas a metros y se dividan para 100 cm. y se obtendrá unidades en metros (m).



$$\text{ArcTan}^{-1} 26\text{cm}/37\text{cm} = 35.09^\circ$$

$$\text{Tan } 35.09^\circ = \frac{Y}{1246.53 \text{ N}}$$

$$R_y = 875.75 \text{ N}$$

$$R_x = 875.75 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$- R_{Ay} - R_{By} - 875.75 \text{ N} = 0$$

$$\curvearrowleft \sum M_A = 0$$

$$- 875.75 \text{ N} \times (0.12\text{m}) - R_{By} \times (0.41\text{m}) = 0$$

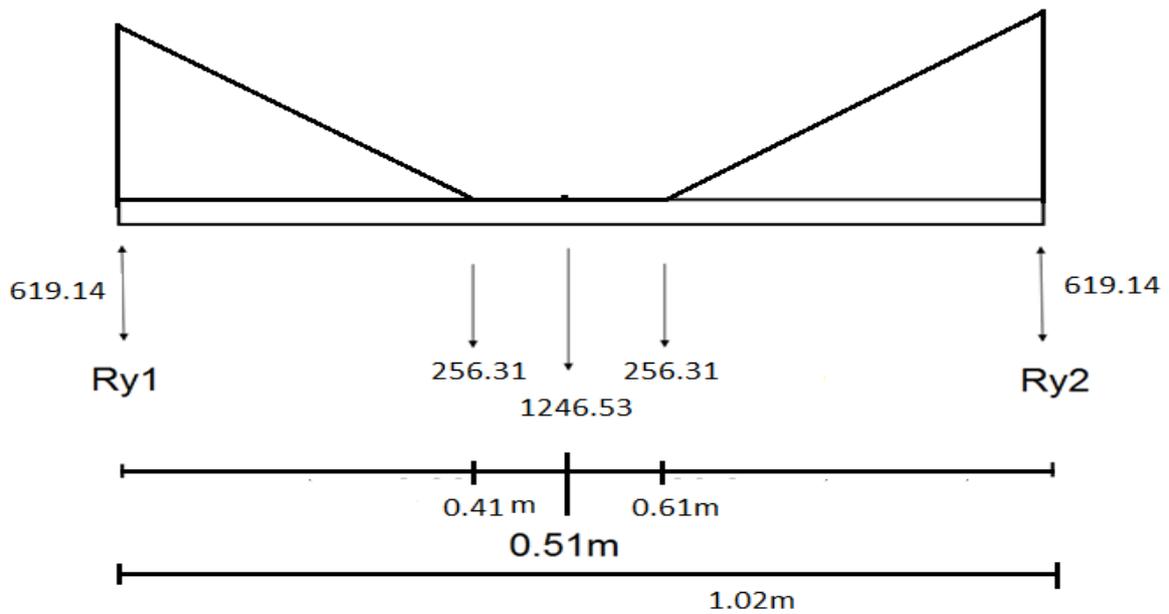
$$R_{By} = \frac{- 105.09 \times (0.12\text{m})}{0.41 \text{ m}}$$

$$R_{By} = - 256.31 \text{ (N)} \uparrow$$

$$R_{Ay} = - 875.75 \text{ N} - R_{By}$$

$$R_{Ay} = - 875.75 \text{ N} + 256.31 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = - 619.43 \text{ (N)} \uparrow$$



Unidades en N (Newton)

$$-619.14 \text{ N} + R_{y1} - 256.31 \text{ N} - 1246.53 \text{ N} - 256.31 \text{ N} - 619.14 \text{ N} + R_{y2} = 0$$

$$R_{y1} + R_{y2} = 2997.43 \text{ (N)}$$

$$\curvearrowleft \Sigma M_A = 0$$

$$- 256.31 \text{ N} \times (0.41 \text{ m}) - 1246.53 \text{ N} \times (0.51 \text{ m}) - 256.31 \times (0.61 \text{ m}) + R_{y2} \times (1.02 \text{ m}) - 619.14 \times (1.02 \text{ m}) = 0$$

$$- 105.08 \text{ Nm} - 635.73 \text{ Nm} - 156.34 \text{ Nm} + R_{y2} \times (1.02 \text{ m}) - 631.52 = 0$$

$$R_{y2} = \frac{1528.87 \text{ Nm}}{1.02 \text{ m}}$$

$$1.02 \text{ m}$$

$$R_{y2} = 1498.69 \text{ (N)}$$

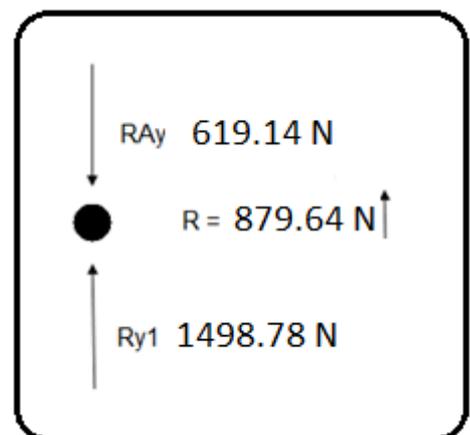
$$R_{y1} = 2997.43 \text{ N} - R_{y2}$$

$$R_{y1} = 2997.43 \text{ N} - 1498.69 \text{ N}$$

$$R_{y1} = 1498.78 \text{ (N)}$$

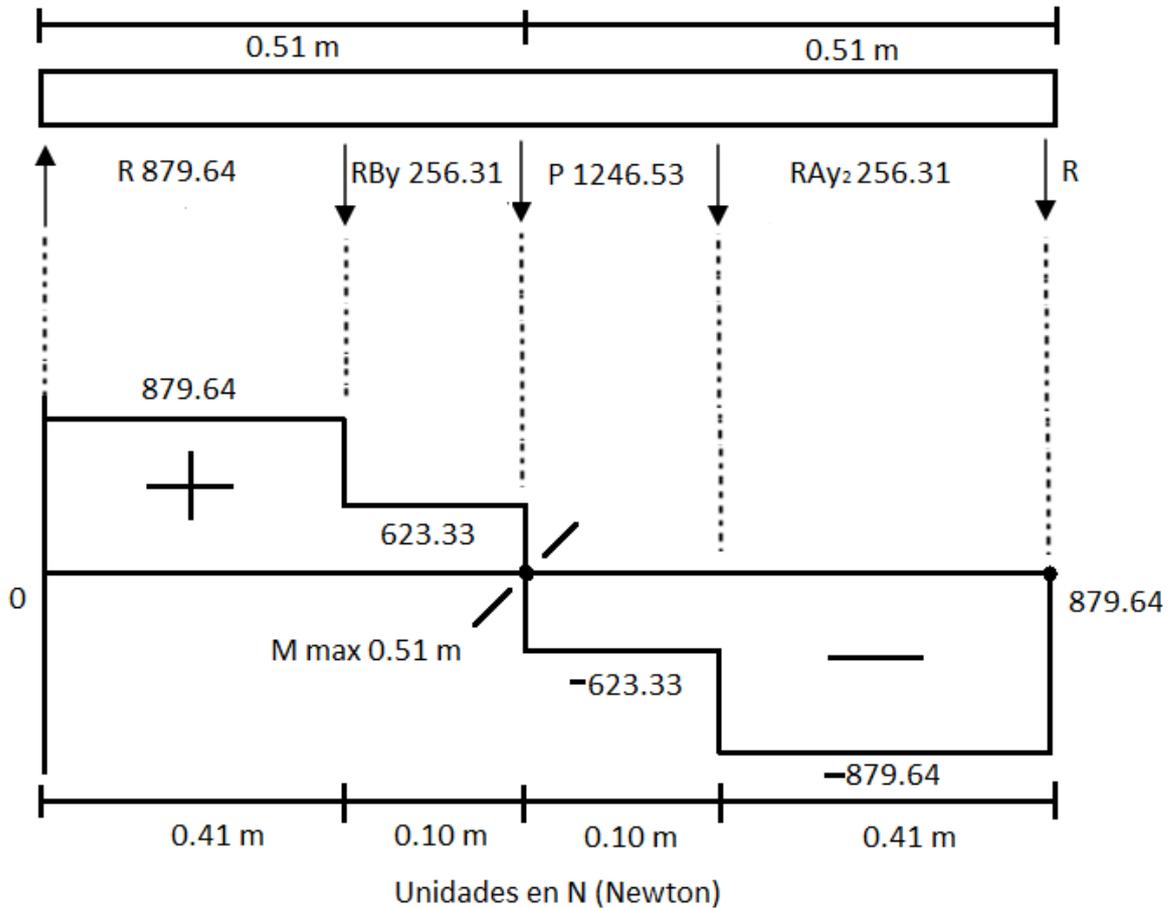
$$R_{y1} 1498.78 \text{ N} - R_{Ay} 619.14 \text{ N} = 879.64 \text{ N}$$

$$R_{y2} 1498.78 \text{ N} - R_{By2} 619.14 \text{ N} = 879.64 \text{ N}$$



Con la resolución de todas las cargas y reacciones que inciden en la viga principal y la parte frontal del soporte se procede a determinar el diagrama de Fuerza Cortante y el diagrama Momento Flexionante, en los cuales podremos determinar la fuerza cortante y el momento flector máximo, datos sumamente necesarios para poder diseñar la viga principal de la parte frontal.

Diagrama de la Fuerza Cortante



Formula $V \pm V \quad \updownarrow$

$V =$ Fuerza cortante

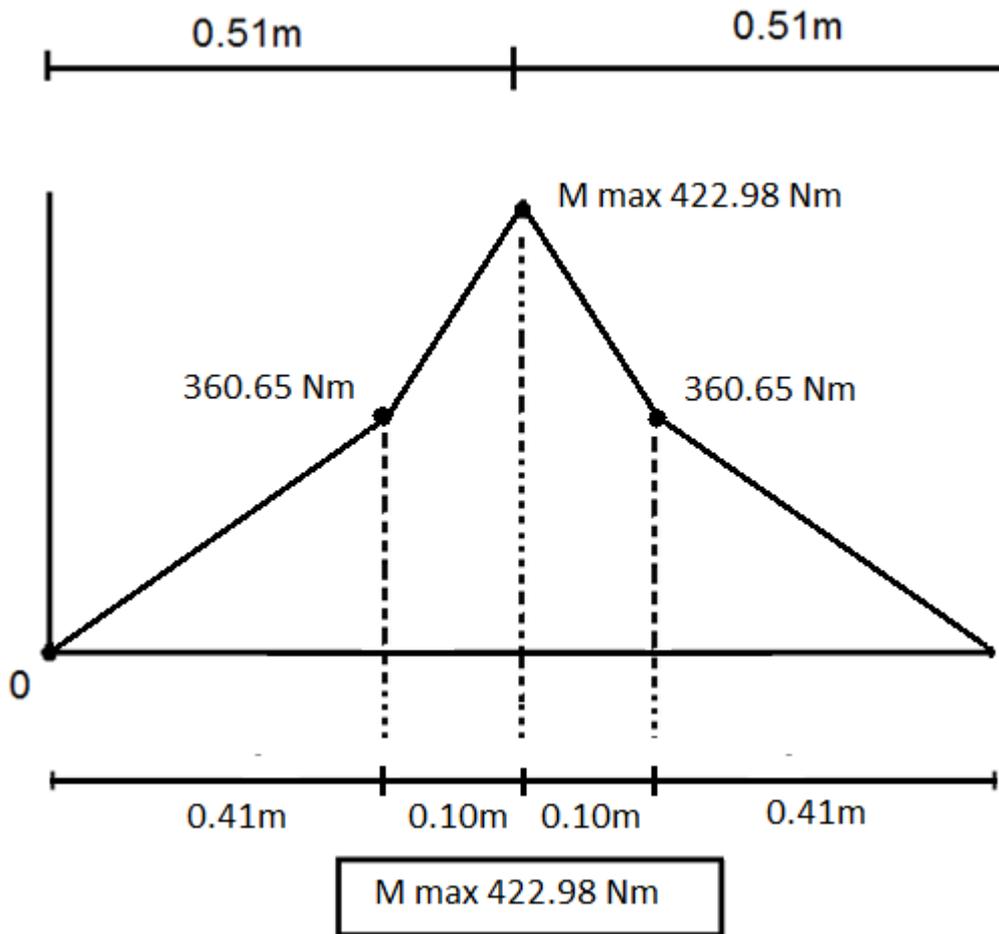
$$R \ 879.64\text{N} - R_{By} \ 256.51.47\text{N} = 623.33\text{N}$$

$$623.33\text{N} - P \ 1246.53 = -623.2\text{N}$$

$$-623.2\text{N} - R_{Ay2} \ 256.31\text{N} = -879.54\text{N}$$

$$-879.54\text{N} + R \ 879.54\text{N} = 0$$

Diagrama del Momento Flexionante



Formula $V \times X$

V = Fuerza Cortante

X = Distancia

$$R \ 879.64\text{N} \times 0.41\text{m} = 360.65 \text{ N.m}$$

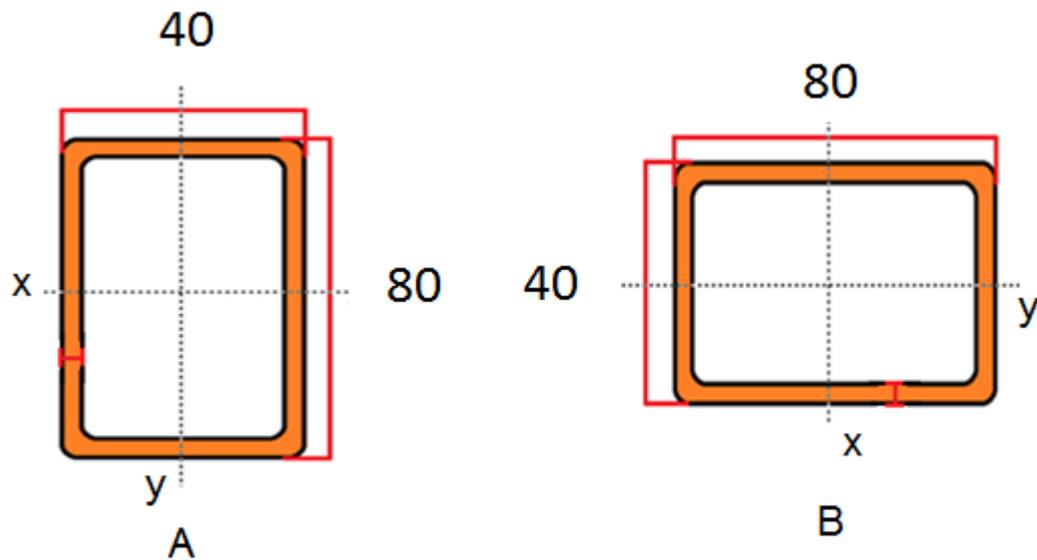
$$623.33\text{N} \times 0.10\text{m} = 62.33 \text{ N.m} + 360.65 \text{ N.m} = 422.98 \text{ N.m}$$

$$-623.33\text{N} \times 0.10\text{m} = - 62.33 \text{ N.m} + 422.93\text{N.m} = 360.65 \text{ N.m}$$

$$- 879.64\text{N} \times 0.41\text{m} = - 360.65 \text{ N.m} + 360.65 \text{ N.m} = 0$$

Diseño de la viga principal parte frontal

Perfil a usar: Perfil de Acero ASTM A36 de 80 x 40 de 2mm de espesor. ¹



La posición en la que se usa el perfil es la que se ilustra en la imagen B debido a que nos proporciona más área para facilitar la labor de diseño.

Datos necesarios para el diseño de la viga:

S_y = Modulo

M_{max} = Momento Máximo

σ_y = Esfuerzo de Fluencia

$S_y = 6.36 \text{ cm}^3$

$M_{max} = 422.98 \text{ N.m}$

$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$

¹ James. M. Gere 5ta Edición /Propiedades de los Materiales Pág. 900

Utilizando la fórmula que nos ayuda a obtener el módulo de sección para vigas simétricas.¹

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{per}}} = \frac{M_{\max}}{s}$$

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{422.98 \text{ N.m}}{6.36 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{\text{per}} = 66506289.31 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{per}} = 66.50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$$

Al comparar el esfuerzo impuesto y el esfuerzo de fluencia por la serie de cálculos anteriores, podemos deducir que el $\sigma_{\text{per}} = 66.50 \text{ MPa}$ es menor al,

$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ pudiendo concluir que la viga resistirá las cargas impuestas anteriormente.

$$\sigma_y 250 \text{ MPa} > \sigma_{\text{per}} 66.50 \text{ Mpa}$$

¹ James. M. Gere Quinta Edición /Diseño de vigas en flexión pág. 332

Factor de Seguridad ¹

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{n}$$

σ_{adm} = Esfuerzo Admisible

σ_y = Esfuerzo Fluencia

n = Factor de Seguridad

$$n = \sigma_y / \sigma_{per} = 250 \text{ Mpa} / 66.50 \text{ MPa}$$

$$n = 3.75$$

$$\sigma_{adm} = \frac{250 \text{ Mpa}}{3.75}$$

$$\sigma_{adm} = 67.56 \text{ Mpa}$$

$$S_{Diseño} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{Diseño} = \frac{422.98 \text{ N.m}}{67.56 \text{ Mpa}}$$

$$S_{Diseño} = \frac{422.98 \text{ Nm}}{66506289.31 \text{ Nm}^2}$$

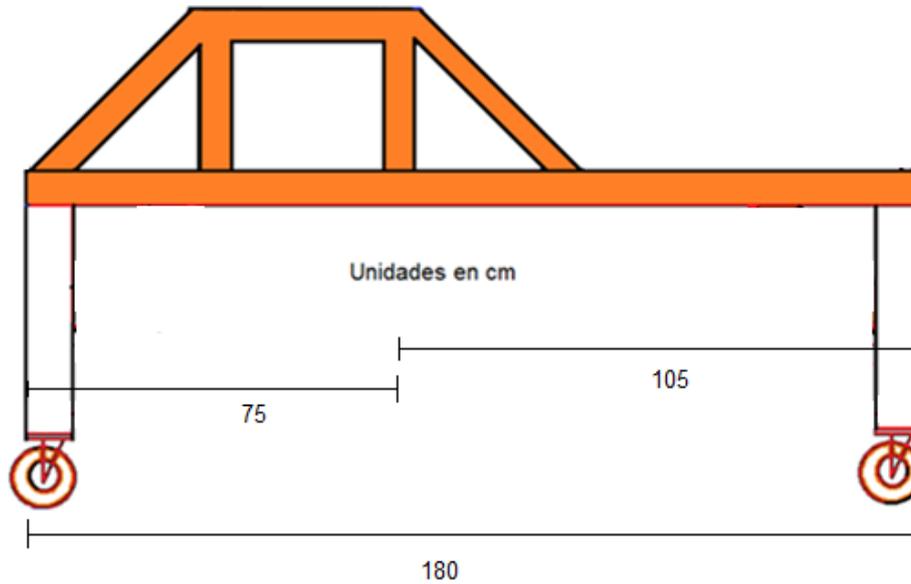
$$S_y \geq S_{Diseño}$$

$$6.36 \text{ cm}^3 \geq 6.36 \text{ cm}^3$$

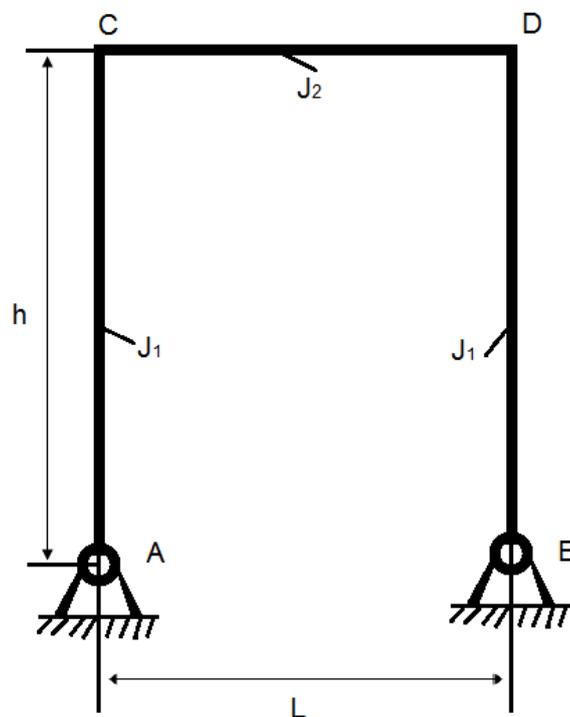
$$S_{Diseño} = 6.36 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

3.6.2. Reacciones del Perfil Lateral.

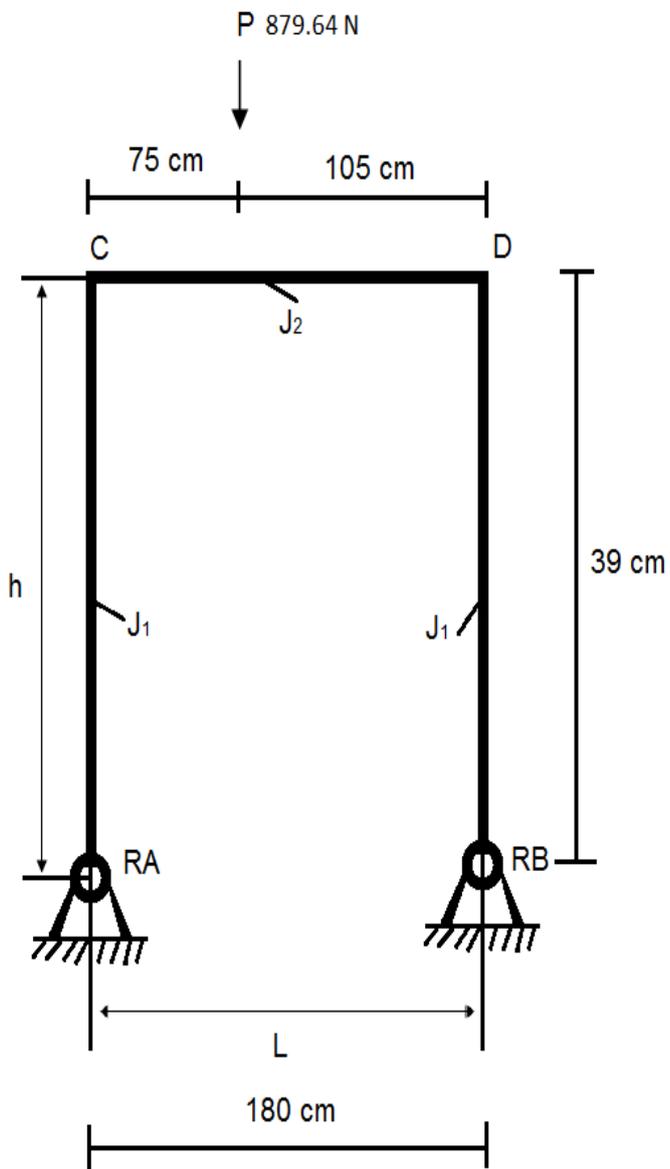
Para deducir las reacciones del perfil o viga lateral del soporte móvil para el motor PT-6 se lo considera un pórtico de carga como se muestra a continuación.



Pórtico de Carga



Aplicando las medidas reales al pórtico y demás los datos necesarios



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B = 879.64 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-879.64 \text{ N} \times (0.75 \text{ m}) + R_B \times (1.8 \text{ m})$$

$$-659.73 \text{ Nm} + R_B \times (1.8 \text{ m})$$

$$R_B = \frac{659.73 \text{ Nm}}{1.8 \text{ m}}$$

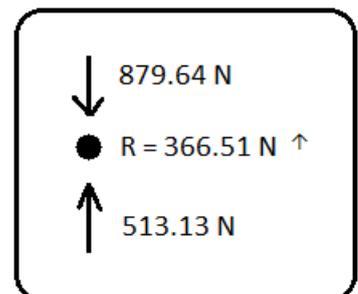
$$R_B = 366.51 \text{ N}$$

$$R_B = 366.51 \text{ N}$$

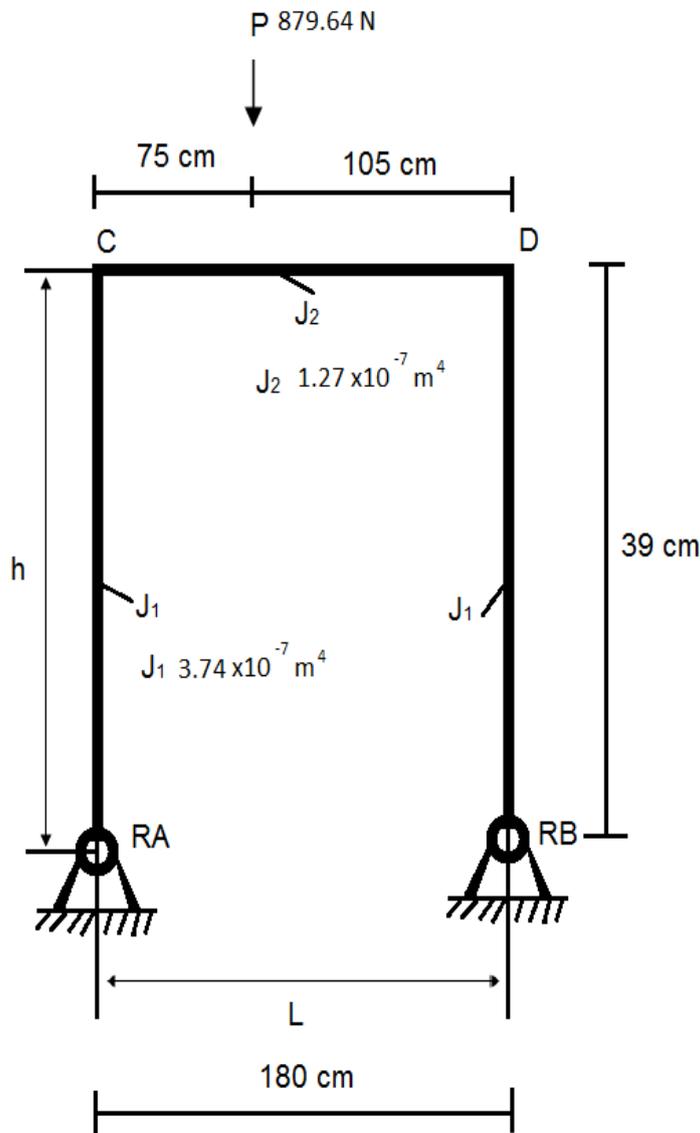
$$R_A + 366.51 \text{ N} = 879.64 \text{ N}$$

$$R_A = 879.64 \text{ N} - 366.51 \text{ N}$$

$$R_A = 513.13 \text{ N}$$



Concepto de pórtico de carga para obtener el momento flector y el momento Máximo o carga aplicada.



$$M_B = M_C = \frac{3ab}{2nl} \times P$$

$$n = 3 + 2k$$

$$k = \frac{J_2 \times h}{J_1 \times l}$$

$$J_2 = 1.27 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$J_1 = 3.74 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$k = \frac{J_2 \times h}{J_1 \times l}$$

$$k = 0.073$$

$$n = 3 + 2 \times k$$

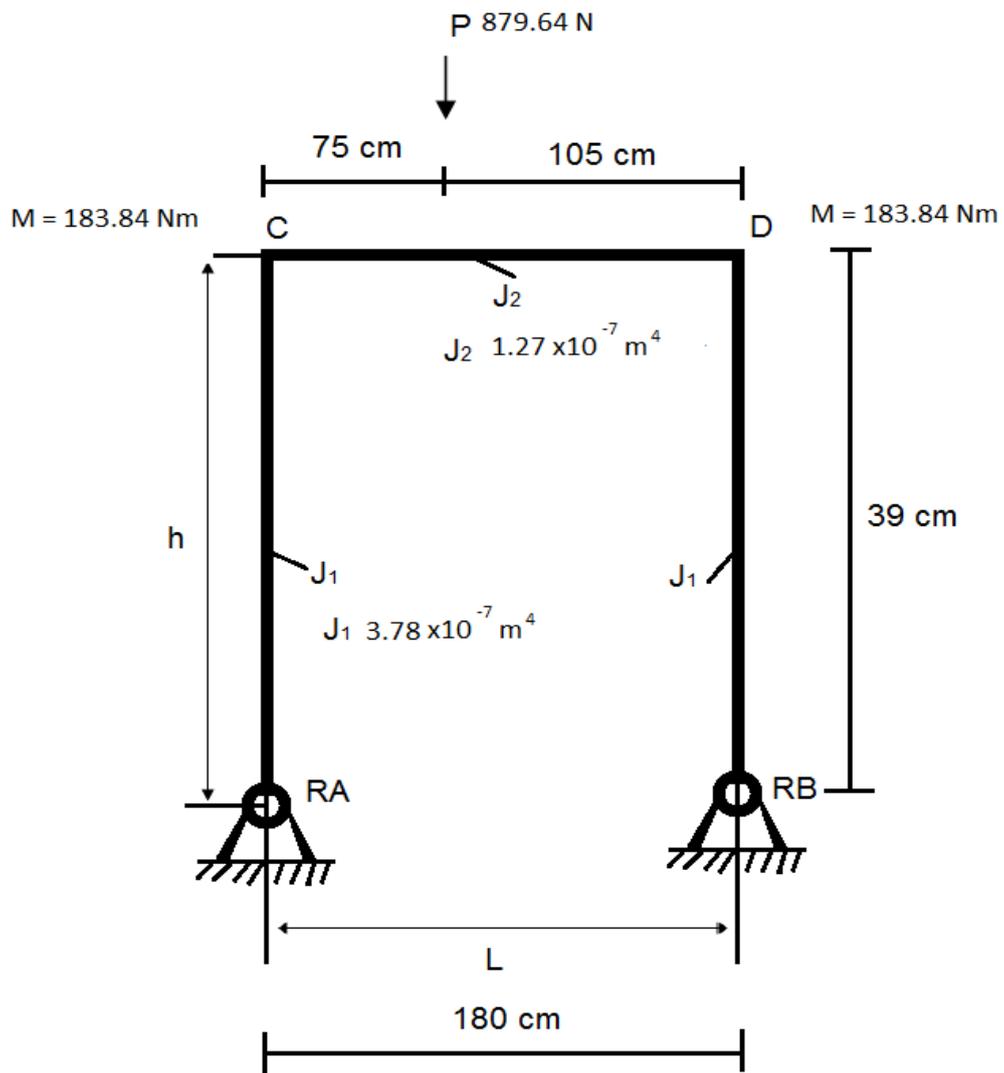
$$n = 3 + 2 \times 0.073$$

$$n = 3.14$$

$$M_B = M_C = \frac{3ab}{2nl} \times P$$

$$M_B = M_C = \frac{3 \times (0.75\text{m} \times 1.05\text{m})}{2 \times (3.14) \times (1.8 \text{ m})} \times 879.64 \text{ N}$$

$$M_B = M_C = 183.84 \text{ Nm}$$



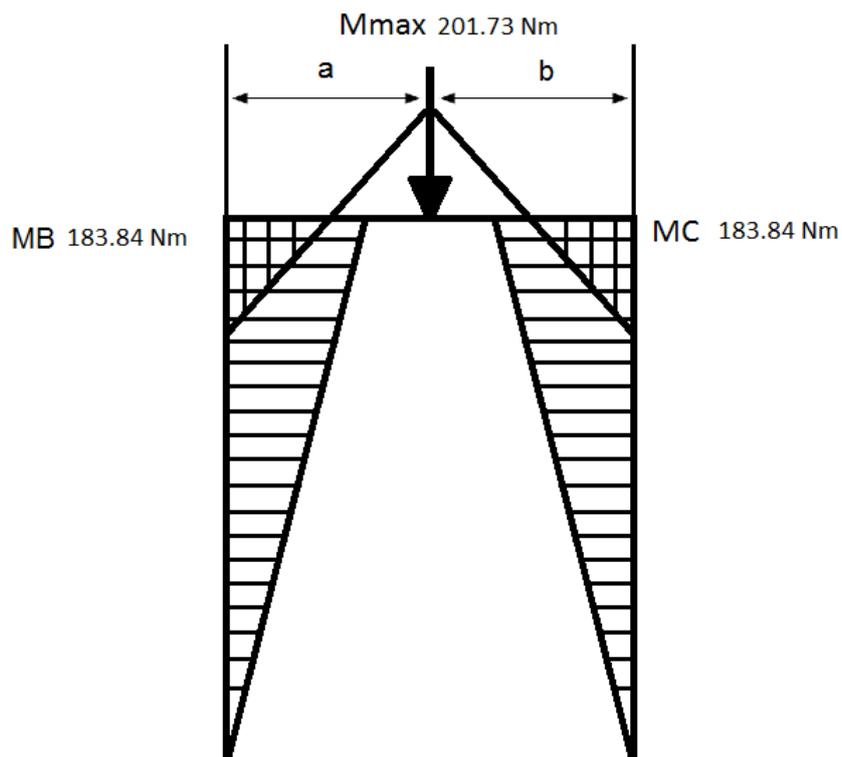
$M_p = \text{Carga aplicada}$

$$M_p = \frac{(3+4k) ab}{2nl} p$$

$$M_p = \frac{(3 + 4 \times 0.073) \times (0.75\text{m} \times 1.05 \text{ m})}{2 (3.14) \times (1.8\text{m})} \times 879.97 \text{ N}$$

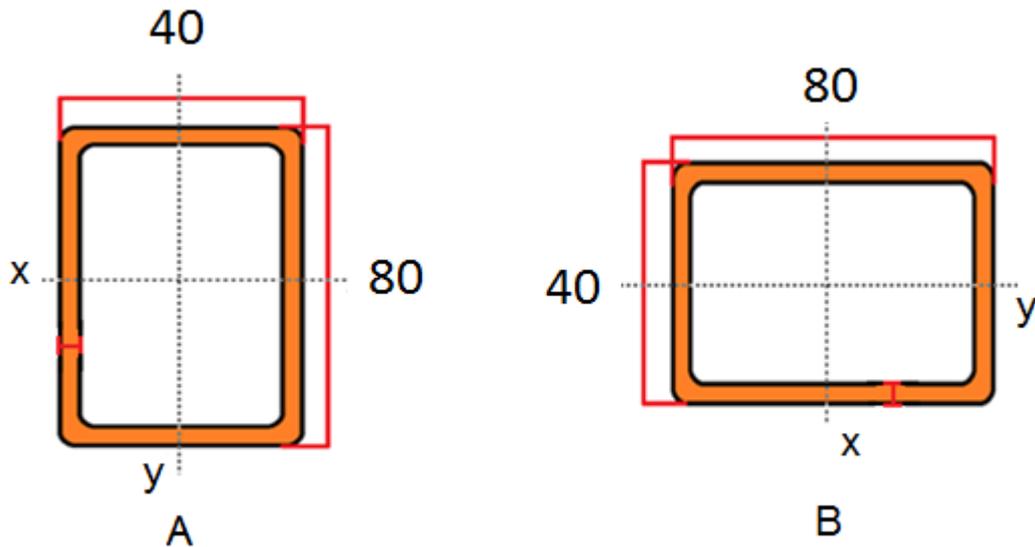
$$M_p = 201.73 \text{ Nm}$$

$$\text{Momento máximo} = 201.73 \text{ Nm}$$



Diseño de la viga principal parte frontal

Perfil a usar: Perfil de Acero ASTM A36 de 80 x 40 de 2mm espesor.¹



La posición en la que se usa el perfil es la que se ilustra en la imagen B debido a que nos proporciona, un por más de área, para facilitar la labor de diseño y de la construcción.

Datos Necesarios para el diseño de la viga:

S_y = modulo

M_{max} = Momento Máximo

σ_y = Esfuerzo de Fluencia

$S_y = 6.36 \text{ cm}^3$

$M_{max} = 201.73 \text{ Nm}$

$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$

¹ James. M. Gere Quinta Edición /Propiedades de los Materiales Pág. 900

Utilizando la Formula que nos ayuda a obtener el modulo de sección para vigas simétricas. ¹

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{per}}} = \frac{M_{\max}}{s}$$

$$\sigma_{\text{per}} = \frac{201.73 \text{ Nm}}{6.36 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{\text{per}} = 31718553.46 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{per}} = 31.71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{per}} = 31.71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$$

Al comparar el esfuerzo impuesto y el esfuerzo de fluencia por la serie de cálculos anteriores, podemos deducir que el $\sigma_{\text{per}} = 31.71 \text{ MPa}$ es menor al

$\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ pudiendo concluir que la viga resistirá las cargas impuestas anteriormente.

¹ James. M. Gere Quinta Edición /Diseño de vigas en flexión pág. 332

Factor de Seguridad ¹

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{n}$$

σ_{adm} = Esfuerzo Admisible

σ_y = Fluencia

n = Factor de Seguridad

$$n = \sigma_y / \sigma_{per} = 250 \text{ Mpa} / 66.50 \text{ MPa}$$

$$n = 3.75$$

$$\sigma_{adm} = \frac{250 \text{ Mpa}}{3.7}$$

$$\sigma_{adm} = 67.56 \text{ Mpa}$$

$$S_{\text{Diseño}} = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{\text{Diseño}} = \frac{201.73 \text{ Nm}}{67.56 \text{ Mpa}}$$

$$S_{\text{Diseño}} = \frac{201.73 \text{ Nm}}{66506289.31 \text{ Nm}^2}$$

$$S_{\text{Diseño}} = 3.03 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$S_y \geq S_{\text{Diseño}}$$

$$6.36 \text{ cm}^3 \geq 3.03 \text{ cm}^3$$

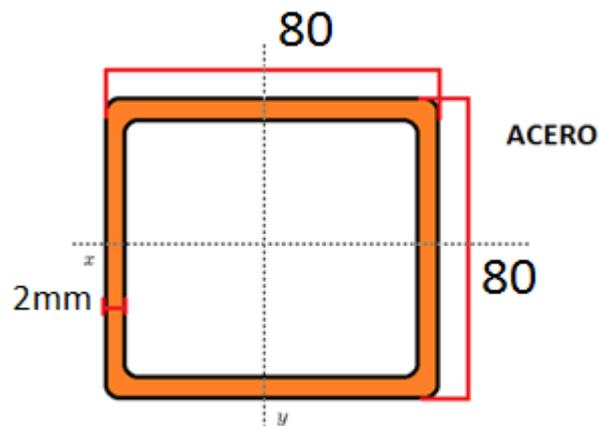
¹ Mecánica de materiales Fundamento Robert P. Juvilan Pag 210

Diseño del soporte principal de las vigas (Pata)

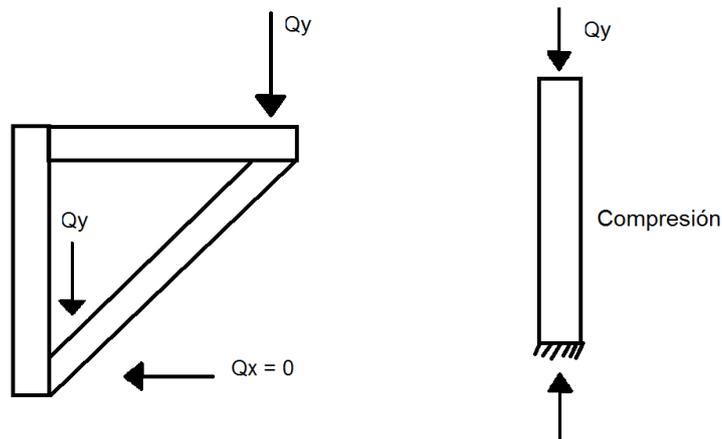
Perfil a usar: Perfil de Acero ASTM A36 de 80 x 80 de 2mm espesor.

El perfil a uso será de Acero debido a sus altas características de resistencia, confiabilidad y además de ser sumamente accesible, referente a los datos técnicos.

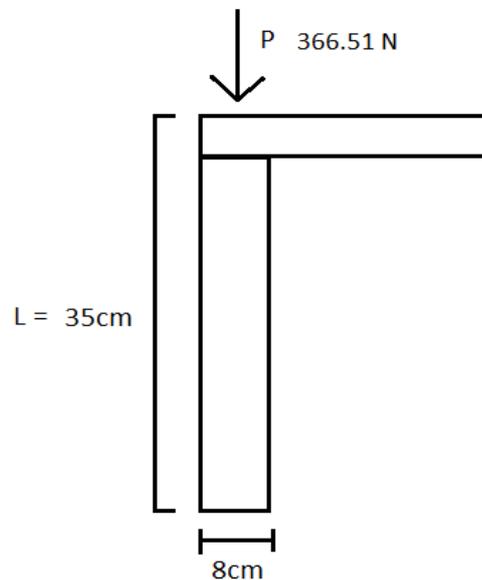
Se escogió el perfil de acero con las dimensiones 80 x 80 de 2mm espesor, debido a que es necesario una resistencia especial en este punto de apoyo, ya que en este perfil sobre caerá el peso total del motor PT-6, por aquella razón se escogió un perfil ya mencionado a diferencia del perfil superior de 40 x 80 de 2mm espesor que es un po



A este perfil se la categoriza como columna por su posición, configuración y sus dimensiones, esta columna está expuesta a compresión como se ilustra en la siguiente imagen.



En la siguiente ilustración se puede apreciar la columna a estudio y las dimensiones que la involucran.



En el diseño no se toma en cuenta a las ruedas, debido que su resistencia y dimensiones ya vienen especificas por el fabricante. (Las especificaciones de las ruedas se encuentran en los planos de detalle más adelante).

Diseño:

Con el material ya especificado procedemos a la obtención de los siguientes datos necesarios.¹

Acero ASTM A36 80 x 80

$e = 2\text{ mm}$ de espesor

$I = 3.78 \times 10^{-7}\text{ m}^4$

$L = 35\text{ cm} = 0.35\text{ m}$

$E = 30 \times 10^3\text{ ksi}$

¹ Manual Del AISC Structural tubing Rectangular dimensions and properties 1-90

E= Coeficiente de Elasticidad

$$E = 30 \times 10^3 \text{ ksi}$$

$$36 \text{ Ksi} = 250 \text{ Mpa}$$

$$\begin{array}{l} 36 \text{ Ksi} \longrightarrow 250 \text{ Mpa} \\ \longleftarrow \\ 30 \times 10^3 \text{ Ksi} \end{array} \quad X = \frac{(30 \times 10^3 \text{ pa}) \times 250 \text{ Mpa}}{36 \times 10^3 \text{ pa}} = 208 \text{ Mpa}$$

$$E = 208 \text{ Mpa}$$

Con las siguientes aclaraciones podemos comenzar a deducir la resistencia de la viga denominada columna.

$Q < Q_{er}$ la estructura es estable

$Q > Q_{er}$ La estructura es inestable

Q = La carga impuesta en la columna ya antes calculada = 366.51 N

Q_{er} = Carga critica

$Q_{er} = P_{er}$ = columna empotrada articulada (Referencia en carga critica)

Carga Crítica ¹

$$P_{cr} = \frac{2.046 \pi^2 E I}{L^2}$$

$$I = 3.74 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$L = 0.35 \text{ m}$$

$$E = 208 \text{ Mpa}$$

$$P_{cr} = \frac{(2.046) \times (\pi^2) \times (208 \times 10^6 \text{ pa}) \times (3.74 \times 10^{-7} \text{ m}^4)}{(0.35 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = 12823.43 \text{ N}$$

Al compararlo $P_{cr} = P_{cr} = 12823.43 \text{ N}$ con la carga que es impuesta $P = 366.51 \text{ N}$ por la serie de cálculos posteriormente realizados, podemos deducir que la columna nunca tendrá el efecto de pandeo u ondulación, posteriormente a eso nunca llegará al punto de deformación, la siguiente figura lo ilustra.

$$P_{cr} = 12823.43 \text{ N} > P = 366.51 \text{ N}$$

Nunca Pandeara

¹ James. M. Gere Quinta Edición /Propiedades mecánicas pág. 763

TEORIA DE VON – MISES ¹

Teoría de la Energía de Distorsión

Esta teoría de falla también se llama *teoría de la energía de cortante* o *teoría de von Mises – Hencky*. Aplicarla es solo un poco más difícil que aplicar la del esfuerzo cortante máximo, y es la más conveniente para el caso de materiales dúctiles. Como la del esfuerzo cortante máximo, esta se emplea solo para definir el principio de fluencia.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Criterios de Fractura

Los diferentes criterios se han desarrollado para predecir el punto de fractura basado en propiedades del material como el esfuerzo de fluencia, al máximo esfuerzo tensionante o el factor de intensidad de esfuerzo. Estas propiedades se pueden obtener por medio de pruebas mecánicas simples y estandarizadas.

Los criterios se aplican dependiendo de cómo se espera que falle el material, es decir frágil o dúctil. Para los materiales dúctiles se aplica el criterio de von Mises mientras que para materiales frágiles podemos apelar a la teoría de Mohr-Coulomb. Para estimar la influencia de las microfracturas en materiales frágiles se usa este criterio (microfracturas).

¹ [www./criterio de von Mises.htm](http://www./criterio_de_von_Mises.htm)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

σ_x^2 = Esfuerzo normal

τ_{xy}^2 = Esfuerzo Cortante

$$\sigma_x = 66506289.32 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_{xy} = \frac{F}{A}$$

A Base x Altura

$$A = 8\text{cm} \times 4\text{cm} = 32\text{cm} = 0.32\text{m}^2$$

$$\tau_{xy} = \frac{1246.53 \text{ N}}{0.32\text{m}^2}$$

$$\tau_{xy} = 3895.40 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{von}} = \sqrt{(66506289.32 \text{ N/m}^2)^2 + 3(3895.40 \text{ N/m}^2)^2}$$
$$\sigma_{\text{von}} = 112028712.8 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{von}} = 112.02 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_y = 250 \text{ MPa} > \sigma_{\text{von}} = 112.02 \text{ Mpa}$$

El coeficiente de seguridad, de acuerdo con el criterio de von Mises se obtiene de:

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_{\text{von}}}$$

$$\sigma_y = 250 \text{ Mpa} / \sigma_{\text{von}} = 112.02 \text{ Mpa}$$

$$n_{\text{von}} = 2.23$$

Diseño de Juntas

Se busca comparar la resistencia de la unión soldada con la resistencia a la tracción del tipo de electrodo usado que es 60 Ksi tomando en cuenta el uso del electrodo E 6011.

Se determina los esfuerzos generados en el cordón de soldadura, a través de la siguiente relación.

$$r = \frac{F}{A}$$

Donde:

r = Esfuerzo Cortante

F = Fuerza

A = Área

$$r = \frac{F}{h \times L}$$

h = cateto de la soldadura (Pierna)

L = Longitud del cordón de la soldadura

$$r = \frac{839 \text{ lbs}}{3/16\text{in} \times 3.14 \text{ in}}$$

$$r = 1425.90 \text{ lbs/in}^2$$

Se compara la resistencia del tipo del electrodo con la carga a la que encuentra sometida la soldadura realizada teniendo.

$$1425.90 \text{ lbs/in}^2 < 60000 \text{ lbs/in}^2$$

Factor de Seguridad ¹

El acero por lo general tiene un alto límite de fluencia, es decir, tiene un alto valor del esfuerzo máximo permisible, por lo que, aunque el factor de seguridad depende de los requerimientos del diseño, y del diseño del producto en sí, sería recomendable un 2, o sea, que el esfuerzo de trabajo sea la mitad del esfuerzo máximo permisible del acero usado. Entre más alto el factor de seguridad, más seguro es el diseño.

Coeficiente Admisible de Seguridad según Pugsley

Este método ha sido propuesto A.G. Pugsley luego de un sistemático estudio de las incertidumbres más frecuentes declaradas por los diseñadores de estructuras metálicas y permite evaluar el coeficiente admisible de seguridad como el producto de dos factores aquellos aspectos determinaste en su valoración.

$$[n] = n_x \cdot n_y$$

Donde:

n_x = Factor por seguridad que involucra aspectos de control y calidad.

n_y = Factor por seguridad que involucra aspectos de seguridad y economía.

En las siguientes tablas se proporcionan los valores de n_x y n_y para varias condiciones de control, calidad, seguridad y economía y se estima para cada condición en particular una valoración de Muy Buena (MB), Buena (B), Regular (R) o Mala (M), o se evalúa como Muy Seria (MS), Seria (S), o NO Seria (NS).

En esta tabla se evalúa el factor por seguridad que involucra aspectos de seguridad y economía (n_y).

Impacto económico	Peligro para el personal		
	NS	S	MS
NS	1,0	1,2	1,4
S	1,0	1,3	1,5
MS	1,2	1,4	1,6

¹ www./Coeficiente Admisible de Seguridad según Pugsley.htm

Factor de seguridad que involucran aspectos de control y calidad (nx)

Calidad de los materiales, mano de obra, mantenimiento e inspección	Exactitud del análisis de esfuerzos, de la información experimental o experiencias en diseños similares	Control sobre la carga aplicada			
		MB	B	R	M
MB	MB	1,1	1,3	1,5	1,7
	B	1,2	1,45	1,7	1,95
	R	1,3	1,6	1,9	2,2
	M	1,4	1,75	2,1	2,45
B	MB	1,3	1,55	1,8	2,05
	B	1,45	1,75	2,05	2,35
	R	1,6	1,95	2,3	2,65
	M	1,75	2,15	2,55	2,95
R	MB	1,5	1,8	2,1	2,4
	B	1,7	2,15	2,4	2,75
	R	1,9	2,3	2,7	3,1
	M	2,1	2,55	3,0	3,45
M	MB	1,7	2,15	2,4	2,75
	B	1,95	2,35	2,75	3,15
	R	2,2	2,65	3,1	3,55
	M	2,45	2,95	3,45	3,95

Es importante reconocer que los métodos de Pugsley son solamente orientaciones y no son especialmente conservadores; en los diseños mecánicos la mayoría de los coeficientes de seguridad admisibles son mayores que los resultados de los procedimientos antes expuestos en general muchos parámetros, como la resistencia de los materiales y las cargas aplicadas, puede que no sean bien conocidos y la confianza en el análisis de ingeniería puede ser muy variable. Por consiguiente mayormente se prefiere coeficientes de seguridad superiores a los derivados de los métodos de Pugsley de esta forma siendo el diseño más seguro y confiable.

3.7. Partes que componen el Diseño del soporte móvil con un grado de libertad

1. Dos perfiles metálico denominados tubo cuadrado negro de Acero.
2. Seis rodamientos y el accesorio metálico curvo para la rotación.
3. Cuatro llantas lisas (Garruchas).
4. Cadena para los frenos de las ruedas.
5. Trinche metálico (Remolque).
6. Accesorios adicionales del soporte

3.7.1. Longitud del Soporte

Con las medidas de los puntos de apoyo ya estriadas, podemos avanzar con el cálculo del tamaño final soporte haciendo referencia a su longitud.

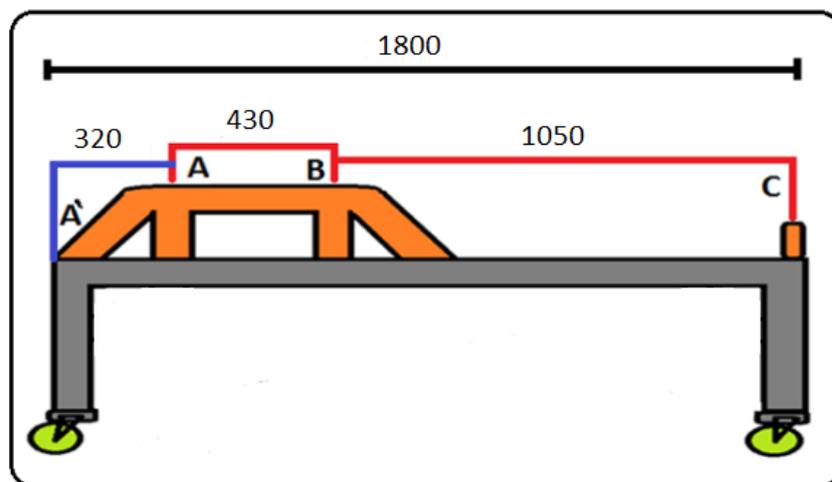


Figura 3.12: Perfil lateral medidas superiores.

Fuente: Investigación de Campo

El largo final del soporte móvil lo el diseñador teniendo las medidas de los puntos de apoyo A, B y C se creó el punto A' con el afán de poder acoger en su totalidad al motor PT-6 con referencia a su longitud, la sumatoria total de las medidas nos una longitud de 1800 mm finales.

Medidas:

A', A = 320mm.

A, B = 430mm.

B, C = 1050mm.

Longitud 1800 mm.

3.7.2. Ancho del Soporte

El ancho del soporte móvil se diseño cuidadosamente siguiendo los puntos de apoyo del motor haciendo referencia a su ancho.

Estratégicamente se tomo las medidas del ancho y de la forma que obtendrá el soporte pala optimizar la fijación del motor hacia el soporte como lo muestra la siguiente ilustración basándose en los puntos de sujeción y ancho del motor.

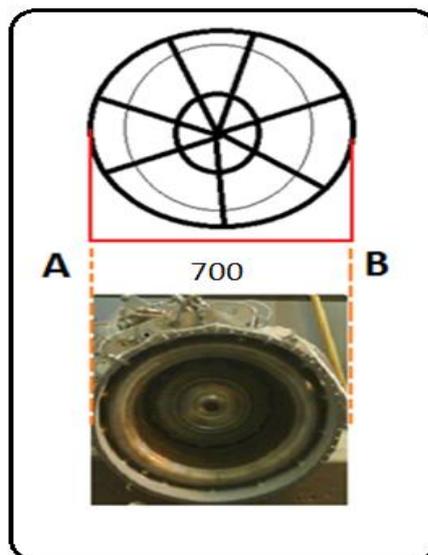


Figura 3.13. Motor PT-6 Ancho

Fuente: Investigación de Campo

Ancho del motor sin accesorios 700mm

Guiándonos por las medidas obtenidas del ancho del motor se pudo definir los puntos de apoyo del soporte al motor.

Por la necesidad de comodidad de trabajo, en el motor y por la cual este proyecto está en proceso de diseño, le sumamos la facilidad de poder rotar en su propio eje 45 grado, con esta especificación el diseño de la forma y medidas de fijación motor soporte se las muestra en la siguiente ilustración.

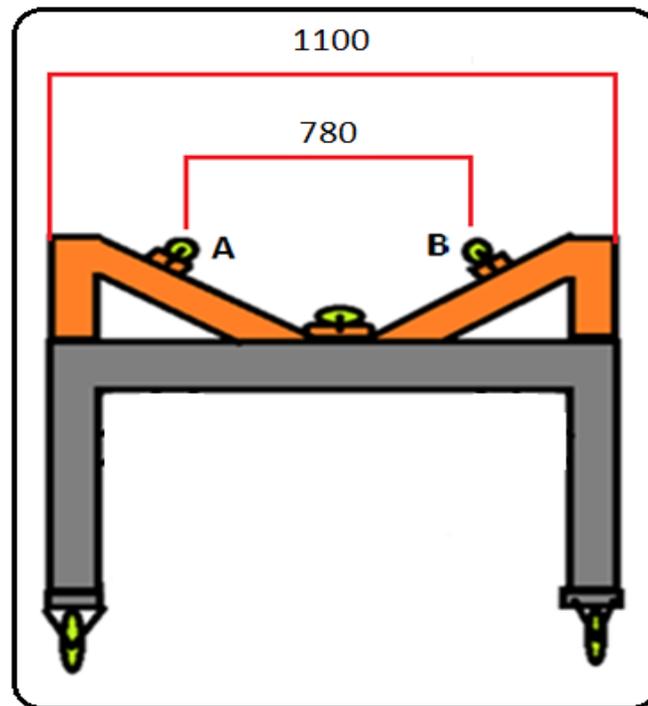


Figura 3.14. Motor PT-6 Medidas Superiores

Fuente: Investigación de Campo

Ancho del soporte = 110cm

La forma del soporte, fue definido por el diseñador, debido a la necesidad de rotación, otorgada al soporte y a la forma cilíndrica del motor, la medida final del ancho fue definida de la misma manera por el diseñador, tomando como referencia el ancho del motor y obteniendo como medida final, el ancho del soporte 110cm. cuya medida abarca al motor en su totalidad y guiándose en el pre bosquejó ya anteriormente diseñado.

3.7.3. Unidad Curva en forma de U

Unidad curva en forma U es la encargada de brindar la capacidad de rotar 45° grados en su eje y por consiguiente la rotación del motor.

Esta unidad fue diseñada con el afán de facilitar la fijación del motor al soporte de esta manera quedan en el siguiente orden, como muestra la ilustración.

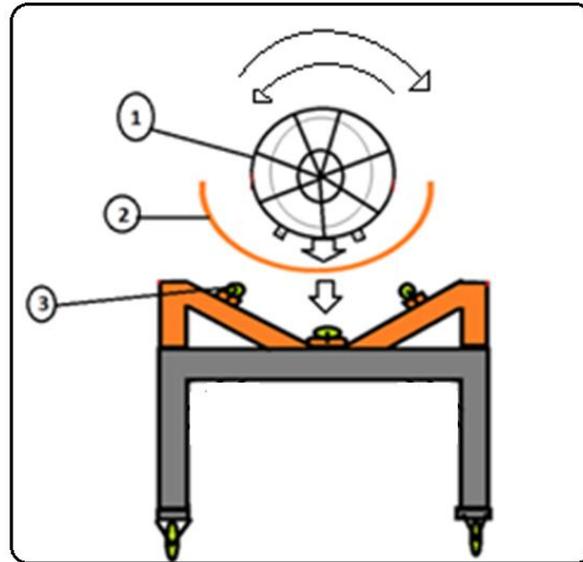


Figura 3.15. Unidad Curva en forma de U

Fuente: Investigación de Campo

Tabla N° 3.9. Unidad Curva en forma de U

Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones
1	1	Motor PT-6
2	2	Unida curva en forma de U
3	6	Puntos de apoyo y rotación (Rodamientos)

3.7.4. Puntos de Fijación Soporte U y al Motor.

Los puntos principales de sujeción soporte U: Se constituyen de seis puntos principales y uno de equilibrio, los seis principales puntos de sujeción se transmiten por la unida curva en forma de U previamente diseñada para la facilitación de la sujeción desde los puntos de sujeción del motor hacia los puntos de sujeción del soporte como lo demuestra la siguiente ilustración incluyendo las medidas de los puntos de apoyo de rotación (Rodamientos).

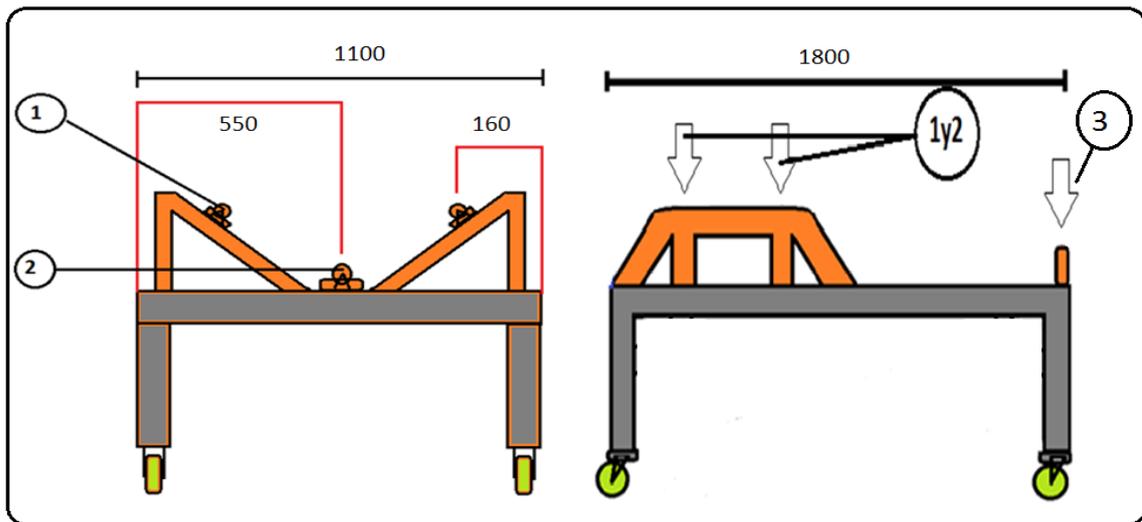


Figura 3.16. Puntos de Fijación Soporte a la U y al Motor

Fuente: Investigación de Campo

Tabla N° 3.10. Puntos de Fijación Soporte a la U y al Motor

Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones
1	4	Punto de Fijación soporte U
2	2	Punto de Fijación soporte U
3	1	Punto de Equilibrio (Turbina del motor PT-6)

Los puntos de sujeción del soporte hacia la U y de la U hacia el motor son fijados con una serie de seguros y chavetas para afianzarlos entre si y asegurar su buen funcionamiento el detalle de dichos seguros se especifica en los planos de detalle más adelante.

3.8. Accesorios adicionales del soporte

Los accesorios adicionales del soporte son:

Rodamientos de fijación de la unidad curva (U).

Trinche remolque para facilitar el desplazamiento del soporte.

Freno de la unidad curva (U).

Placa de fijación de la U al Motor.

Ruedas de fijación en cada pata.

Cadenas para los frenos de las cuatro ruedas.

Todos los accesorios adicionales previamente diseñados se los expresan en las siguientes ilustraciones.

Rodamientos y correderas guías.

Rodamiento con canal en V y soporte para soldar o atornillar



Figura 3.17. Rodamientos y correderas guías.

Fuente: Investigación Bibliográfica

Se usa como guía para rieles, especialmente el perfil angular colocado en forma invertida. Esta facilita el desplazamiento de cargas que estén unidas a un riel. Su canal en forma de encaja perfectamente con el perfil angular lo que evita que este se salga de su curso de recorrido.

Consta de dos rodamientos y eje de acero. El soporte permite que esta se suelde o se atornille a una base.

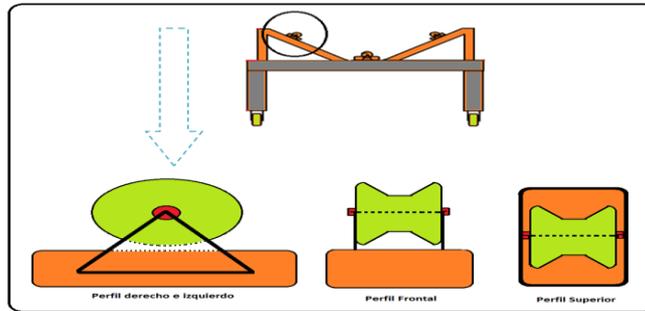


Figura 3.18. Rodamientos de fijación de la unidad curva (U)

Fuente: Investigación de Campo

Trinche remolque para facilitar el desplazamiento del soporte

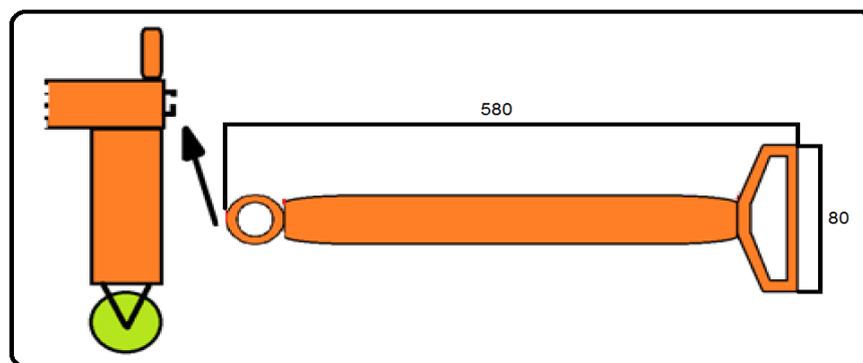


Figura 3.19. Trinche

Fuente: Investigación de Campo

El trinche sirve de remolque y para que facilite el transporte del soporte y el motor de un lado al otro, de una forma segura, de este modo se asegura la integridad del operador, se tomaron las medidas del trinche tomando en cuenta la altura del soporte hasta la viga central lateral de 54cm, dando paso a diseñar la longitud del trinche de 58cm con la longitud ideal para poder acoplarse con facilidad a la altura de cualquier operador sumándole a estas medidas el mango de agarre con un promedio de 8cm referenciales a un puño promedio, para más datos técnicos y especificaciones ver anexo B.

Freno Tipo Perilla.-

El freno tipo perilla sirve para frenar la unidad curva en forma de U la cual se encarga de fijar al motor PT-6 en su lugar.

El freno tiene un funcionamiento sencillo similar a la acción de un tornillo ajustando de izquierda a derecha o para aflojar, con esta acción puede frenarse en el ángulo requerido por el operador. Para más datos técnicos, dimensiones y especificaciones ver anexo B.

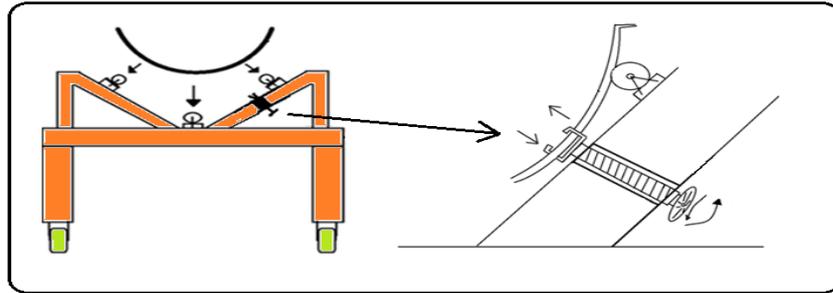


Figura 3.20.Freno

Fuente: Investigación de Campo

Placa de Fijación de la U al Motor

Esta placa fue diseñada a medida exacta para acoplarse sin problemas al punto natural de sujeción del motor, esta placa va directamente soldada a la unidad curva en forma de U para asegurar la fijación del motor PT- 6 con el soporte, para mas detalles y especificaciones de su ubicación ver anexo B.

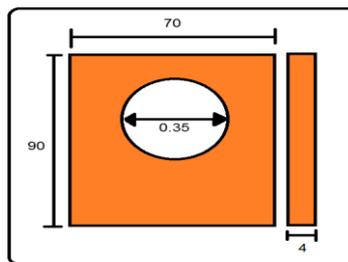


Figura 3.21.Placa

Fuente: Investigación de Campo

Ruedas de fijación en cada pata

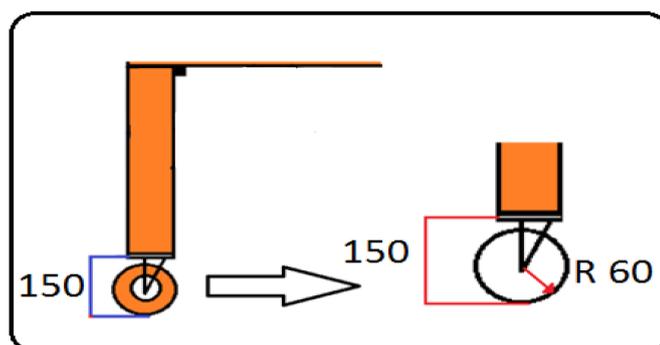


Figura 3.22. Ruedas de Fijación

Fuente: Investigación de Campo

Ruedas o garruchas

La rueda es una pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje. Puede ser considerada una máquina simple, y forma parte del conjunto denominado elementos de máquinas.

Es uno de los inventos fundamentales en la Historia de la humanidad, por su gran utilidad en la elaboración de alfarería, en el transporte terrestre, y como componente fundamental de diversas máquinas. El conocimiento de su origen se pierde en el tiempo, y sus múltiples usos han sido esenciales en el desarrollo del progreso humano.

Rueda con neumático de poliuretano de doble dureza



Figura 3.23. Rueda o Garrucha

Fuente: Investigación Bibliográfica

Ruedas de poliuretano TR-ROLL, dureza 75 Shore A. El soporte está fabricado con acero soldado hasta 8 m/m de espesor acabado pintado negro. Combinación de cojinetes de bolas y cónicos en el soporte: el superior para esfuerzos axiales, y el inferior para esfuerzos radiales. Este tipo de rueda se puede utilizar en ambientes industriales para el transporte de cargas medianas y pesadas; también para uso mixto en exteriores e interiores. Puede utilizarse a una velocidad de hasta 16 km/h; posibilidad de uso para arrastre mecanizado.

Las ruedas del soporte son cuatro, una para cada pata, las dimensiones se escogerán en el mercado local ya que existen ruedas idóneas, estas deben tener las dimensiones especificadas y una resistencia al levantamiento de un peso

mayor a 324 libras referentes al peso del motor más el peso de la estructura de 210 Lbs.

Cadenas para los frenos

Las cadenas a usar en este diseño serán usadas como freno en las cuatro llantas.

La cadena será de no más de 4cm de ancho, para poderse acoplar sin problemas al diámetro de las ruedas el punto (PIN) designado a fijarse en el soporte no debe estorbar ni tampoco permitir que la cadena se arrastre al momento de transportar el soporte de un lado al otro.

En la siguiente ilustración podemos visualizar el punto (PIN) de fijación de la cadena y el trabajo que realiza adjuntándose las dimensiones necesarias.

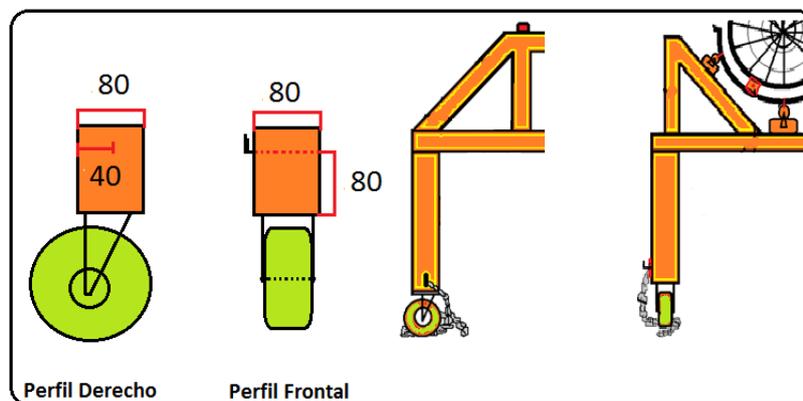


Figura 3.24. Cadenas para los frenos

Fuente: Investigación de Campo

3.9. Medidas Finales, Parte Frontal del Soporte

Las siguientes medidas ilustradas, se logran obtener siguiendo el bosquejo realizado por el diseñador y tomando muy en cuenta las medidas del motor, puntos de sujeción de los rodamientos y los perfiles a usar dichos ya de Acero ASTM A36 40 X 80 para la parte superior y 80 X 80 para la parte inferior, también se puede incluir las medidas finales de la altura que obtendrá el soporte con las ruedas en su lugar como lo muestra la siguiente imagen.

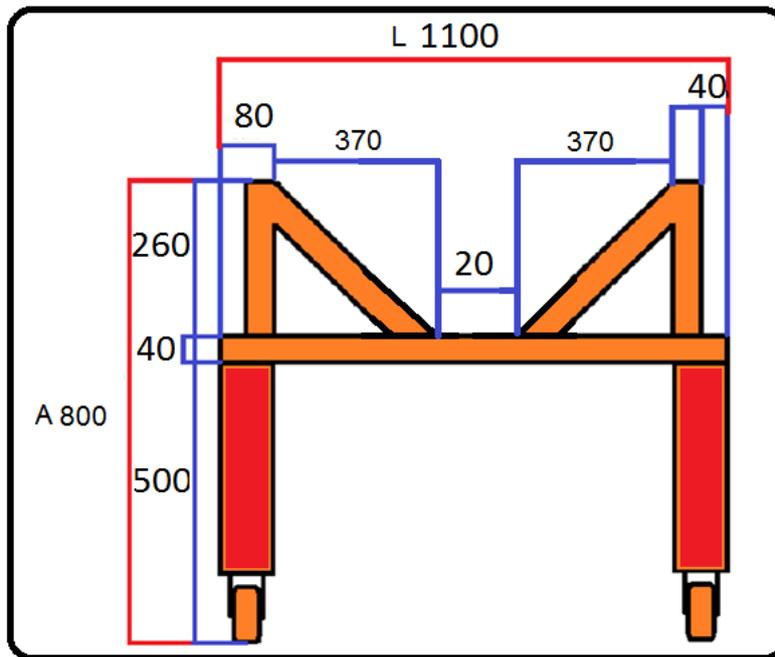


Figura 3.25. Perfil Frontal Medidas Superiores

Fuente: Investigación de Campo

La parte superior de Tono tomate se usara el perfil de Acero ASTM A36 de dimensiones 40 X 80 2mm de espesor.

La parte superior de Tono rojo se usa el perfil de Acero ASTM A36 de dimensiones 80 X 80 2mm de espesor.

Para más detalles y especificaciones ver anexo B.

3.9.1. Medidas Finales, Parte Lateral del Soporte.

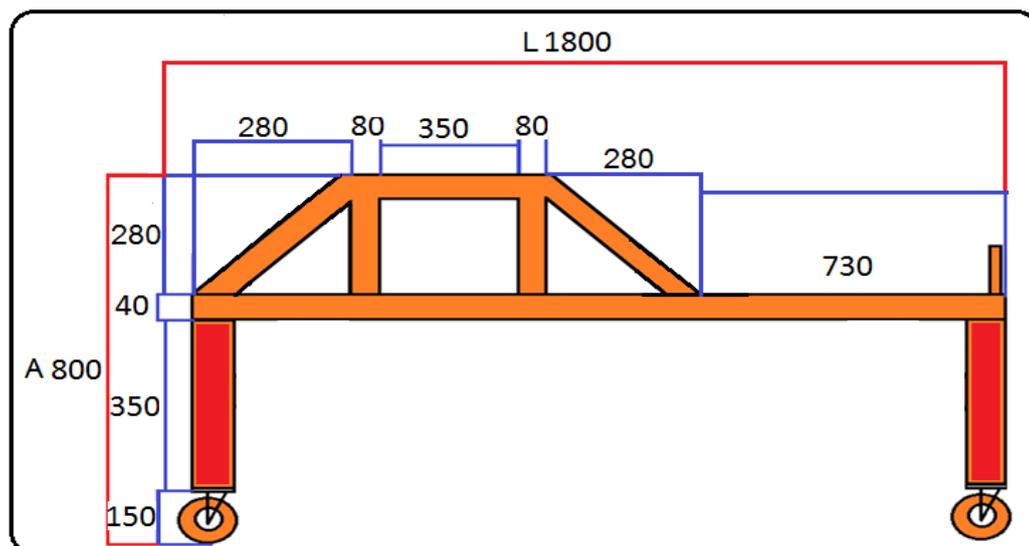


Figura 3.26. Perfil Lateral Medidas Superiores

Fuente: Investigación de Campo

Es el perfil de la parte lateral del soporte tanto de derecha como izquierda ya que las dimensiones son simétricas.

En este perfil se resaltan todas las medidas finales del soporte con respecto a las dimensiones de altura, longitud y demás medidas obtenidas estratégicamente desde el motor y todos los puntos de apoyo referentes al soporte y al motor, se siguió al pie de la letra bosquejo creado por el diseñador para la obtención de las medidas finales y de la forma del soporte móvil.

Para más detalles y especificaciones ver anexo B.

3.10. Planos y dibujos

Isometría, general y conjunto. (Ver Anexo B)

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el presente capítulo se resumen las observaciones finales, una vez que todo el trabajo ha sido terminado y se ha comprobado las características del mismo sin ninguna falla o desperfecto.

Analizados todos los procedimientos, procesos, problemas y beneficios que brinda el soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6 existente en el taller de mecánica del ITSA.

4.1 Conclusiones.

- Se seleccionó el material adecuado mediante la investigación de los elementos que intervinieron en el soporte para el motor PT- 6
- Se investigó sobre los equipos y herramientas básicas que se deben usar al momento de realizar las tareas de mantenimiento en los motores aeronáuticos
- Con respecto al material el A36 es un material idóneo por sus características mecánicas y accesibilidad.
- El soporte del Motor PT-6 ayudará a mejorar en las prácticas de montaje y desmontaje de accesorios en el taller.

4.3 Recomendaciones.

- Se recomienda escoger el material con las características ideales, de fácil adquisición y de precio moderado, con la ayuda de un experto.
- Se recomienda poner especial atención, a los procesos de trabajo, operación, traslado y las medidas de seguridad, durante el desarrollo de la práctica, para prevenir cualquier daño, a los elementos del motor PT-6 y en especial a las personas, que se encuentren trabajando con el soporte.
- Se recomienda elaborar, varias órdenes de trabajo, para las distintas tareas que se realicen en el Taller de motores, ya que esto va ayudar a los estudiantes, a familiarizarse con esta forma de trabajo y prevenir cualquier percance, que este puede provocar, al no conocerlo.
- Se recomienda tener una buena fuente de consulta mediante libros, revistas, internet y personas que manejen el tema.

Glosario

Alabe.- Cada una de las paletas curvas de una rueda hidráulica o de una turbina.

Corrosión.-La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Energía Mecánica.-La energía mecánica es la parte de la física que estudia el equilibrio y el movimiento de los cuerpos sometidos a la acción de fuerzas.

Esmeril.-Roca negruzca formada por corindón granoso, mica y hierro oxidado que, por su extrema dureza, se utiliza para pulimentar metales, labrar piedras preciosas, etc.

Estirado.-Este es esencialmente un proceso para la producción de formas en hojas de metal. Las hojas se estiran sobre hormas conformadas en donde se deforman plásticamente hasta asumir los perfiles requeridos.

Extrusión.- En el caso de los metales, tales como aluminio o acero, se vacían en moldes de distintas formas; pueden laminarse entre rodillos, o efectuar el conformado de piezas, o por empuje, ejerciendo presión y haciendo pasar la materia prima a través de dados para que adquieran la forma deseada

Formado.- La deformación es únicamente uno de los diversos procesos que pueden usarse para obtener formas intermedias o finales en el metal.

Laminado.-Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios.

Overhaul: Inspección mayor, y reparación según sea necesario, de acuerdo a lo especificado por el programa de mantenimiento del fabricante.

Rodete.-es el corazón de toda turbo máquina y el lugar donde avviene el intercambio energético con el fluido. Está constituido por un disco que funciona como soporte a palas, también llamadas alabes.

Temple.-Es un proceso de calentamiento seguido de un enfriamiento, generalmente rápido con una velocidad mínima llamada "crítica".

Un Grado de libertad.- La libertad de rotar en su propio eje de forma axial.

Shp.- (Shaft horse power) Caballos de potencia en el eje

MTBO.- (Maintenance time between operation) Tiempo de mantenimiento entre operación

N1 o N2.- Asignación a las fases de alta y baja presión de un motor a reacción respectivamente.

NDI.- (Non destructive inspections) Inspecciones no destructivas.

ADP.- (Advanced Duct Propellers) Ducto de Avance de la hélice

C.S.D.- Dispositivo de control de velocidad

F.C.U.- Unidad de control de velocidad.

AWS.- (American Welding Society) Sociedad de Soldadura de americana

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Propiedades de los Materiales / James. M. Gere Quinta Edición.

Mecánica de materiales Beer Tercera Edición.

Manual Del AISC Structural tubing Rectangular dimensions and properties 1-90.

Mecánica de materiales Fundamento Robert P. Juvilan.

Curse PT-6 Pratt Whitney Canada PT6 reference.

AMM Approximate Weight of components /table 1.

Curse PT-6 Pratt Whitney Canada PT6 reference.

Página Web

http://www.solfumex.com/spanish/products/electrodos_convencionales/aceros_carbon.asp

http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36

[www.sonitron.com/Enlaces patrocinados](http://www.sonitron.com/Enlaces_patrocinados)

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas/DFNOR>

www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/pratt_%26_whitney_canada_pt6

http://www.solfumex.com/spanish/electrodos_convencionales/aceros_carbon.sp

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DISTRITO%20FEDERAL/Normas>

ANEXOS

Anexo A

ANTEPROYECTO DE GRADO

EL PROBLEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), ubicado en la ciudad de Latacunga, con carreras únicas a nivel Nacional en el campo aeronáutico, y un alto grado de preparación de los docentes y personal administrativo, dentro de su amplia oferta académica, se puede cursar la Carrera de Mecánica Aeronáutica “Mención Motores”.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), dentro de sus instalaciones cuenta con varios laboratorios y talleres, uno de los más importantes que utilizamos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, práctico de docentes y estudiantes es el laboratorio de mecánica aeronáutica “mención motores” (Bloque 42”), el cual cuenta con varios motores de aviación, tales como el J-33, J-65 y PT6 los mismos que son básicos y necesarios para el aprendizaje de motores de aviación en general. A partir de diálogos y observaciones con los instructores, estudiantes y personal a cargo del taller se pudo constatar que al momento de realizar las prácticas en estos motores como montaje y desmontaje de accesorios, estas actividades se vuelven dificultosas y de poco provechosa ya que falta el equipo de apoyo necesario para un óptimo desarrollo de aprendizaje, lo que hace difícil manipular los motores y sus respectivas partes, además de que estas prácticas se las hace sin seguir las normas de seguridad necesarias para la protección de los practicantes.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿De qué manera se pueden mejorar las prácticas de montaje y desmontaje de partes y accesorios de los motores con los que cuenta el ITSA?

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Con la necesidad de mejorar las condiciones del laboratorio de motores aeronáuticos “Bloque 42” para los estudiantes de quinto y sexto nivel de la carrera de mecánica aeronáutica mención motores del Instituto

Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), se lleva a cabo una investigación en busca de alternativas que sean factibles, para ayudar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En este presente proyecto se busca beneficiar a docentes y estudiantes ya que así se podrá asimilar de mejor manera la teoría aprehendida, con las prácticas que se realizan en el taller, así los estudiantes aprovecharán al máximo los recursos que les ofrece el Instituto, obtendrán conocimientos sólidos y provechosos, lo que conllevará a un mejor desenvolvimiento en el campo laboral. A su vez se busca beneficiar al instituto mediante la implementación de accesorios faltantes en el taller.

De no realizar este proyecto se perjudicaría a los estudiantes del plantel ya que no obtendrían los conocimientos prácticos necesarios que se necesitan al momento de ocupar un puesto laboral en la industria aeronáutica.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar las prácticas de montaje y desmontaje de partes y accesorios de los motores con los que cuenta el ITSA

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar en qué condiciones se encuentra el taller de motores aeronáuticos ubicado en el bloque 42.
- Investigar cuáles son los equipos y herramientas básicas que se debe usar al realizar tareas de mantenimiento en los motores aeronáuticos.
- Proponer alternativas para mejorar las clases prácticas y los conocimientos sobre los motores existentes en el taller bloque 42.

1.5. ALCANCE

ESPACIAL:

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, Ecuador.

TEMPORAL:

Durante el Semestre Académico septiembre 2010 a febrero 2011.

DE CONTENIDO:

Área de mantenimiento aeronáutico.

ASPECTO:

Utilización de herramientas especiales y equipos de apoyo

PLAN METODOLÓGICO**2.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN:**

La modalidad básica de la investigación será no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables.

2.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Se aplicaran los siguientes tipos:

- **INVESTIGACIÓN DE CAMPO:** Se va recopilar la información en los mismos talleres del ITSA
- **INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA:** buscar y recopilar la información en libros y manuales de aviación.

2.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN

EXPLORATORIO: Porqué se usa bibliografía que nos ayuda a explorar el fenómeno en investigación.

DESCRIPTIVO: Porqué se realiza una investigación de campo que permite al investigador describir lo que sucede con el fenómeno.

2.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

UNIVERSO: Los estudiantes y docentes del ITSA.

POBLACIÓN: Los docentes de la materia Prácticas Tutoradas de Motores Turbina (PTMT) uno y dos.

2.5. RECOLECCIÓN DE DATOS

¿Para qué?

Para determinar el nivel de conocimientos y habilidades prácticas que tienen los estudiantes de quinto a sexto nivel de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores al realizar las prácticas de mantenimiento en el motor PT6 existente en el taller de motores aeronáuticos bloque 42 del ITSA

¿De qué personas?

De los estudiantes de quinto a sexto nivel de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores del ITSA

¿Sobre qué aspecto?

Sobre las prácticas de mantenimiento en el motor PT6 existente en el bloque 42 del ITSA

¿Quiénes?

El investigador.

¿Cuándo?

En el mes de octubre del 2010

¿Dónde?

En las aulas del ITSA

¿Cuántas veces?

Una sola vez

¿Qué técnicas de recolección?

La entrevista personal

¿Con qué instrumentos?

Cuestionario para la entrevista

¿En qué situación?

En horas de clase

2.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez que se ha recolectado la información se la procesara en la hoja electrónica Excel que me permitirá luego realizar los gráficos y tablas estadísticas para realizar el análisis.

2.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis e interpretación se realizará a través de la presentación de los resultados en base de datos de tablas estadísticas y gráficas de pastel.

2.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber analizado e interpretado la información recolectada se procederá a determinar las respectivas conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. ANTECEDENTES

Se usa como antecedentes de esta investigación a los motores de aviación J-33 y J-65 con los que cuenta el ITSA los cuales cuentan con el equipo de apoyo necesario para realizar cualquier práctica en ellos.

Mediante experiencias propias, se puede verificar que los estudiantes se desenvuelven de mejor manera en los motores antes mencionados, ya que estos cuentan con el equipo de apoyo necesario el cual brinda las comodidades necesarias para trabajar en ellos, como son, movilidad rotativa y transporte, lo que no ocurre con el motor PT-6 el cual está asentado en una mesa común y corriente a la intemperie en el laboratorio la cual no es adecuada para sostener o soportar a este motor, ya que causa daños en los distintos dispositivos con los que este cuenta, además de que no presenta las facilidades necesarias para poder manipular al motor PT-6 y así no se puede visualizar ni tener acceso a las distintas partes y accesorios del motor PT-6.

3.1.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1.2.1. Motores de aviación.

En la actualidad de la joven aviación se puede prever que la tecnología y los avances en el performance de las aeronaves cada día se han ido perfeccionándose en habilidades y diseños más seguros para tener vuelos más tranquilos y rápidos pero debido a esta investigación en proceso, nos basaremos en modelos aeronáuticos un poco más antiguos pero de igual importancia llamados avionetas o ultraligeros que sigue usando los motores de explosión o a reacción.

Los tres tipos de Motores Aeronáuticos.- Los motores aeronáuticos se dividen en tres grandes categorías:

- Motores a reacción.
- Motores alternativos.
- Motores cohete.

Los motores a reacción.- Los motores a reacción son usados principalmente en aviación deportiva y en pequeños aviones o avionetas con necesidad de poca potencia y reducido peso.

Componentes básicos del motor de reacción

Se puede decir que un motor de reacción básicamente está constituido de los siguientes componentes: Difusor de entrada, compresor, difusor precámara, cámara de combustión y tobera de escape, esta última se considera como el elemento propulsor.

Funcionamiento básico del motor de reacción.

El aire de impacto que ingresa en el motor se comprime en el difusor de entrada, este aire se divide en dos flujos: primario y secundario. El secundario sirve para el sistema de enfriamiento del motor, mientras que el primario pasa al compresor, en donde la masa de aire aumenta su presión. El aire comprimido pasa por el difusor precámara reduciendo su velocidad hacia las cámaras de combustión donde esta masa se expande y se acelera. Los gases calientes y acelerados que salen de las cámaras pasan a través de la turbina donde decrece su velocidad y temperatura debido a que esta energía es extraída por la turbina para girar los compresores y operar la caja de accesorios. Finalmente en la tobera de escape, la energía no aprovechada se transforma en energía cinética, al acelerar la corriente de los gases de escape



Figura A.- Ilustración de un motor a reacción

Los motores alternativos.- Tienen un peso demasiado elevado para potencias superiores, lo cual, les hace inviables para aviones grandes y de gran velocidad de crucero.

Los motores cohetes.- Se usan en la industria de misiles, lanzadores y vehículos espaciales y serán estudiados en los Capítulos de este informe que se dedican en exclusiva a estos vehículos.

Parece que los motores cohete cada día tienen más protagonismo, como prueba de ello se podría destacar la incipiente industria turística espacial, que ya ha dejado de ser un sueño inalcanzable para convertirse en una realidad, cuyo futuro comercial se está valorando y que ha llevado a todos aquellos que se han interesado, y se lo han podido permitir, a sobrevolar

las capas más externas de la atmósfera. También se están desarrollando motores cohete que emplean aire atmosférico, además de pro pulsante convencional, para llevar material científico a la Estación Espacial Internacional. Por último, podemos señalar los cohetes que usan los transportes militares que necesitan mayor potencia al despegue, sobre todo en pistas muy cortas y mal acondicionadas.

Los combustibles a usar no son los mismos en todos los motores: en los alternativos se utilizan aeronaftas, en aerorreactores se usa un queroseno refinado, tipo JP-1 y en motores cohete se emplean gran variedad de pro pulsante, desde hidracina pasando por hidrógeno líquido, hasta incluso queroseno en misiles.

Tipos básicos de motores a reacción:

- El turbo reactor.
- El turbohélice (dentro de este grupo incluimos al turbo eje, que es el motor empleado en helicópteros y que no genera prácticamente empuje por chorro, sólo genera tracción).
- El turbo fan

El turbo reactor.- Los ingenieros y fabricantes enfocan su atención en dos aspectos al diseñar un turbo reactor:

La relación que hay entre el empuje y el peso, y el consumo específico de combustible.

El turbo reactor es el motor más popular de la mayoría de los aviones de alta velocidad, a pesar de un consumo de combustible más elevado.

Los aviones militares de combate y los veloces aviones reactores de negocios utilizan turbo reactores.

Estos motores son de tipo endotérmico, esto quiere decir que tanto el órgano que realiza la combustión como el encargado de realizar el trabajo se encuentran en el interior del motor.

En estos motores la energía liberada de la combustión se transforma en energía cinética de la corriente de gas que sale del motor. La fuerza de reacción que se obtiene de dicha corriente sirve para impulsarla.

El turbohélice.- Produce dos tipos de empuje, uno con la hélice tractora y el otro a través del escape. Se emplean turbohélices en aviones de no muy altas velocidades, como transporte militar o regional civil, no se pueden alcanzar velocidades muy elevadas de vuelo porque en la punta de la hélice se puede llegar a la velocidad de desprendimiento del aire.

El turbofan.- Incluye una gran hélice interna (fan) y dos corrientes de aire que fluyen a través del motor. La corriente principal viaja a través de todos los componentes como sucede en un turboreactor, es decir, pasa por la cámara de combustión, mientras que la corriente secundaria generalmente es impulsada a través de una tobera de eyección para mezclarse después, o no, con la corriente primaria de escape.

El turbofan es utilizado por la mayoría de los aviones comerciales de transporte de pasajeros que vuelan a velocidades transónicas y alcanzan números de Mach 0.8. La tendencia que se sigue desde los años ochenta es aumentar lo más posible la relación de derivación en los turbofans por medio de fanes con el mayor diámetro posible. A estos motores más modernos, con relaciones de derivación que van desde 12 a 25, se les denomina motores ADP (Advanced Duct Propellers). En el futuro se llegará a eliminar el carenado del fan para conseguir mayores eficiencias. Los motores con fan no carenado se conocen como propfans y su desarrollo está ligado irremisiblemente a la evolución de los materiales empleados en motores ya que, en la actualidad, los esfuerzos en punta de pala no son soportados con garantías por las aleaciones comerciales actuales.

Esto quiere decir que la evolución de las plantas propulsoras en aviación pasa por un salto tecnológico ya que no parece que el camino a seguir sea aumentar indefinidamente el diámetro de los motores, tema que, por cierto, está empezando a ser un quebradero de cabeza para los diseñadores y fabricantes.

Tipos de Combustibles usados por aerorreactores

Para cada tipo de aerorreactor existen distintos combustibles en función de la composición y de los aditivos utilizados:

- JP-4, que es de los más antiguos y es una mezcla de gasolina y queroseno.
- JP-5, que es similar al JP-4 pero con distinto punto de congelación; JP-7 que dan diferentes capacidades y propiedades: mayor capacidad antiincendio, menor temperatura de vaporización, menor peso.

3.1.2.2. Motor estudiado

Motor PT6



Figura B. Vista del motor PT6

Es fabricado por Pratt & Whitney Canada, es el motor turbohélice más popular de la historia.

Se produce en una variedad amplia de modelos, cubriendo la gama de la energía entre el shp 580 y 920 en la serie original, y el shp hasta 1940 en la línea "grande".

La familia PT6 es particularmente bien conocida por su confiabilidad extremadamente alta, con MTBO's "Tiempo de Mantenimiento entre Recorridas" en el orden de 9000 horas en algunos modelos.

El desarrollo de la familia PT6 empezó en los 50s, al parecer como un reemplazo moderno para el motor radial Pratt & Whitney que estaban produciendo en ese momento.

Voló el primero el 30-5-61, montado en un avión Beech 18 de la De Havilland Canadá, en la planta de Ontario.

La producción máxima empezó en 1963 y entra en servicio en el próximo año.

Para su 40° aniversario en 2001, más de 36000 PT6A habían sido entregados, no están incluidas las otras versiones de este motor. Esta turbina se usa en más de 100 aplicaciones diferentes.

Operación general del turbohélice PT6

El PT6 es un ligero motor de turbina que impulsa una hélice mediante una caja de reducción de dos etapas. Dos principales conjuntos rotativos componen el núcleo del motor.

El primero es el compresor y el compresor turbina (sección compresora) y el segundo se compone de dos turbinas de poder y el eje de turbina de poder (sección de poder).

Los dos rotores no están conectados y giran en dirección opuesta, este diseño tiene algunas ventajas como:

- N1 independiente de N2
- Starter de bajo torque
- Concepto de diseño modular
- Mantenimiento sobre las alas (inspección de la sección caliente)

El compresor del PT6 consta de tres o cuatro etapas axiales y una etapa centrífuga.

La cámara de combustión es de tipo anular y de flujo invertido lo que acorta al motor.

El compresor turbina es de una sola etapa y este obtiene la energía para operar el compresor. Las turbinas de poder son de 2 etapas, estas son independientes del compresor turbina y se encargan de impulsar las hélices.

La caja de reducción es de tipo planetario de dos etapas, consta de un sistema hidromecánico de medición de torque, esta reduce la velocidad de giro de la turbina de poder a una velocidad aceptable para la operación de la hélice

Datos técnicos

- Rango de potencia 700 a 1650 shp
- Flujo másico de aire máximo 10.22 a 11.21 lbs./sec
- Radio de compresión del compresor 10:1 a 12:1
- Consumo específico de combustible 509 a 680 lbs./hrs
- Velocidad de la turbina de poder 30000 rpm.
- Velocidad máxima de operación de la hélice 1700 a 2000 rpm

- **Caja de accesorios de un motor a reacción**

La caja de accesorios de un motor a reacción es un conjunto de dispositivos que usan el movimiento de la turbina generalmente de alta presión para moverse. El movimiento de la turbina de alta se transmite mediante engranajes conectados hacia la caja de accesorios. Los principales accesorios que se encuentran aquí son:

- Generador de corriente alterna
- C.S.D. (dispositivo de control de velocidad)
- F.C.U. (Unidad de control de velocidad)
- Bomba de aceite
- Generador tacómetro

3.1.2.3. Mantenimiento

Se define como mantenimiento al conjunto de acciones destinadas a prevenir o corregir daños o errores en una maquinaria, sistema o accesorio para mantener su correcta operación y buen aspecto. De esta manera la empresa se asegura de que dichos elementos sigan cumpliendo las funciones para las cuales se crearon y a su vez se alarga su vida útil.

Tipos de mantenimiento que se realizan comúnmente en aviación

Preventivo.- Se aplica con el fin de anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos.

Con este fin se aplican inspecciones periódicas que ayuden a determinar las condiciones de partes y sistemas completos y a su vez determinar desgaste de dichos objetos.

Correctivo.- Se lo realiza para reparar o corregir las fallas y averías que ya se han presentado.

Se puede dividir al mantenimiento correctivo en dos tipos: programado y no programado. La diferencia entre ambos radica, en que el no programado se lo realiza inmediatamente después que ha sucedido la avería, sin importar lugar, cantidad de personal y herramientas necesarias, esto se da cuando la parte equipo, o sistema averiado es de suma importancia para el funcionamiento de la nave. El mantenimiento programado se lo realiza cuando el desperfecto suscitado no supone un peligro inminente en la operación de la nave y se lo puede aplazar hasta que se cuente con el personal, necesario y se tenga las herramientas necesarias.

Predictivo.- Este se realiza mediante un análisis estadístico del funcionamiento de determinadas partes o componentes para así determinar un punto en el tiempo de su funcionamiento en el que deben ser cambiados o reparados.

Tipos de inspecciones

- **Visual.-** Se la realiza únicamente con la vista para revisar las condiciones superficiales de la aeronave o un componente.
- **Detallada.-** Sigue siendo una inspección visual, pero, usando herramientas como linternas y espejos. En el caso de la inspección visual y la detallada se confía en el criterio del aerotécnico que realiza la inspección

- **Especial detallada.-** Se usan herramientas especiales, en este tipo entran las NDI (inspecciones no destructivas). Para este tipo de inspección se debe desmontar el componente.
- **De oportunidad.-** Son aquellas que no están programadas, se las realiza cuando al tener que desmontar una sección otra ha quedado expuesta y libre para inspeccionar.

Inspección por horas y días a diversos accesorios

- Inspección Zona Caliente (HSI) cada 24 Horas
- Recorrida Zona Potencia por 14 Días
- Recorrida Completa por 30-45 Días
- Recorrida y Testeo Válvula Bleed cada 48 Horas
- Limpieza y Recambio Inyector de Combustible cada 48 Horas

Reparación y reacondicionamiento PT6:

- Caja de engranajes accesorio
- Combinar La Caja de engranajes
- Válvula De Purga PT6
- Surtidores de gasolina PT6
- Generador del gas PT6
- Sección caliente PT6
- Sección de la energía PT6

Pruebas al equipo y accesorios internos usando bancos de prueba.

- **Banco de prueba de la bomba del aceite.-** Para probar las bombas del aceite sobre la terminación o repararlas o reacondicionarlas.
- **Banco de prueba del flujo del Aceite.-** Comprobaban todas las piezas aceite-mojadas para saber si hay caudales y patrones de aerosol apropiados. Asegura la lubricación apropiada durante la operación.
- **Banco de Prueba del Combustible.-** Comprobar que el Manifold/Component Fluye en el Banco de prueba, Asegurando el caudal

del combustible y los patrones de aerosol están dentro de lo especificado.

- **Banco Eléctrico.**- Para la prueba funcional de accesorios eléctricos.
- **Máquina Automatizada del Balance.**- Para balancear de la precisión de componentes que rotan.
- **Inspección No destructiva.**- Las capacidades de la inspección de tienda incluyen la inspección de la partícula magnética y la inspección penetrante de tinte.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

No experimental: debido a que no se manipuló ninguna de las variables y la investigación se sustenta en la experiencia práctica de docentes y estudiante de la institución.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA: La información se obtuvo de libros, manuales técnicos y el internet, además se ha usado los aportes teóricos de los docentes del ITSA, y apoyo de apuntes y documentos reunidos en el ciclo académico.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO: Se recopiló la información en el lugar donde se suscitaron los hechos.

3.4 NIVELES DE INVESTIGACIÓN

NIVEL EXPLORATORIA: Fue una revisión bibliográfica que ayudó al investigador a explorar el fenómeno de una manera profunda y más precisa.

NIVEL DESCRIPTIVA: Fue una investigación de campo la cual permitió describir de forma clara y concisa lo que sucedió con el fenómeno de la investigación.

3.5 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

UNIVERSO: El universo usado en la investigación han sido los 540 alumnos del ITSA y los docentes del mismo.

POBLACIÓN: La población son los docentes de la materia de Practicas Tutoradas de Motores Turbina (PTMT) uno y dos.

3.6 RECOLECCION DE DATOS

La entrevista se realizó el día lunes primero de noviembre del 2010 al Tecnólogo Andrés Paredes docente de la carrera de Mecánica Aeronáutica del ITSA.

3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la información se lo realizará mediante un análisis del investigador según las respuestas del entrevistado

3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Análisis e interpretación de la entrevista realizada al Tecnólogo Andrés Paredes el día lunes 1 de noviembre del 2010

En las respuestas obtenidas del tecnólogo, este señala la especial importancia de enseñar sobre motores turbohélice y de especial manera sobre el motor PT-6 existente en los talleres del ITSA ya que este es un motor sencillo, completo y muy eficiente, lo que lo convierte en un motor útil para el aprendizaje de los estudiantes.

El entrevistado hace énfasis en la falta de equipos de apoyo que son necesarios para realizar las prácticas en el motor antes mencionado ya que el, de manera personal se ha visto afectado al no poder realizar las prácticas que él desearía en dicho motor y menciona que los estudiantes han tenido dificultades incluso en prácticas sencillas al no poder manipular de una forma fácil al motor PT-6

Además en la entrevista se pone en claro la importancia que existe en que los estudiantes estén en permanente contacto con los motores y sus partes ya que solo las diapositivas presentadas en un proyector o material didáctico no bastan para que al momento de estar en un motor real, reconozcan los distintos componentes y accesorios de un motor.

Según lo contestado por el tecnólogo entrevistado, puedo interpretar que es necesario y urgente implementar los equipos de apoyo que se requieran para realizar las prácticas en el motor PT-6 ya que como antes se menciona, este es un motor muy importante por su sencillez y eficiencia, lo que obliga a que los estudiantes aprendan sobre todo lo que sea posible, de esa forma se verifica la urgencia de la implementación de este equipo de apoyo para el motor PT-6 existente en el taller de mecánica aeronáutica mención motores en el bloque 42.

3.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se ha podido determinar que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no cuenta con la cantidad suficiente de herramientas y equipos especiales, para que el estudiante realice prácticas de montaje y desmontajes, de accesorios en los motores existentes en el taller y obtenga un mejor conocimiento de los motores de aviación.
- Se determinó que el motor PT-6 es realmente necesario en el proceso de aprendizaje práctico de los alumnos de la carrera de mecánica aeronáutica mención Motores.
- Se ha podido identificar algunas de las herramientas especiales y equipos de apoyo que son necesarios para realizar un trabajo y desempeño en el motor

PT-6, tales como:

- Un soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6.
- Teste de inyectores.

- Tecele que ayude a levantar la sección de turbina y el motor en su totalidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar más herramientas necesarias para los estudiantes de la carrera de mecánica del ITSA para poder realizar las prácticas de una manera ágil, rápida y poder seguir todas las normas de seguridad que los manuales aeronáuticos lo exigen.
- Se recomienda habilitar el motor PT-6 para que pueda ser usado en las clases prácticas y demostrativas ya que este es importante para que los estudiantes desarrollen habilidades y buenos hábitos para un mejor desempeño de los estudiantes.
- Se recomienda construir un soporte móvil para el motor PT-6 el mismo que facilite los trabajos prácticos que realizan los estudiantes en este motor facilitando su transporte a cualquier lugar del taller.

FACTIBILIDAD DEL TEMA

4.3 TÉCNICA

Situación Actual	Propuesta
<ul style="list-style-type: none"> • Motor PT-6 asentado en el suelo (Ver anexo B) • Carcasa y tobera de escape del motor PT-6 en mal estado lo que dificulta su armado 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir un soporte para el motor PT-6 que brinde las facilidades para trabajar en el • Reparación de la carcasa de la turbina y tobera de escape del motor PT-6 para armarlo completamente

4.4 OPERACIONAL

El soporte para el motor PT-6 va a ser de fácil uso ya que contará con un manual de operación y de mantenimiento, además este soporte facilitará las clases prácticas que impartan los docentes del ITSA. Y agilizará los trabajos que los estudiantes realicen en el motor.

4.5 ECONÓMICO Y FINANCIERO

Gasto	Directo	Indirecto
Tubo rectangular de hierro de 8*4	300	
Angulo de 1 plg * 1/16	22	
Rodamientos para rieles	70	
Electrodos	30	
Uso de maquinaria especial	80	
Pernos de diferentes diámetros	15	
Ruedas para el soporte	70	
Transporte del material	50	
Reparación de la carcasa de la turbina y tobera de escape del motor PT6	150	
Transporte personal		30
Impresiones		30
Gastos varios		30
Total	787	90
	Presupuesto	877

Costo de este proyecto entre gastos directos e indirectos asciende a 887 dólares cantidad que puede ser costeadada por el investigador lo que convierte a este proyecto en algo tangible y posible de realizar, y además

se cuenta con la capacitación y el área de trabajo adecuadas para la realización de este proyecto.

5 DENUNCIA DEL TEMA

Diseñar un soporte móvil con un grado de libertad para el motor PT-6 existente en el taller (bloque 42) de mecánica aeronáutica mención Motores del

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

ANEXO A1

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS PARA LA ENTREVISTA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

Yo, Santiago Romero, egresado del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Carrera Mecánica Aeronáutica Mención Motores, realiza esta entrevista con el fin de determinar los equipos de apoyo que hacen falta en el taller del bloque 42 del área de mecánica, para realizar correctamente las prácticas en el motor PT6 y de esta manera mejorar los conocimientos de los estudiantes.

Entrevista realizada al Ing. Henry Iza.

- 1. ¿Cree importante que los estudiantes realicen prácticas en un motor turbohélice y por qué?**

Si. El conocimiento que adquieren al realizar una práctica es muy importante para el desarrollo profesional en las diversas fuentes de trabajo a futuro.

- 2. ¿Según experiencias personales de los estudiantes y de usted que consecuencias traería si los estudiantes no tienen conocimientos de un motor básico de un motor turbohélice (PT-6)?**

Provocaría que los estudiantes tengan vacíos de conocimientos con respecto a motores básicos generándose inconvenientes en trabajos futuros como en empresas fumificadoras en donde los estudiantes realizan sus prácticas y vida profesional.

- 3. ¿Cree Ud. que los estudiantes asimilarían de mejor manera la información de motores aeronáuticos si se puede contar con un motor en forma física y no solo en manuales o fotografías?**

Si, Asimilarían de una mejor manera los conocimientos ya que para poder tener una elevada comprensión es necesario tenerlo en forma física para realizar las prácticas en forma directa y en vivo.

- 4. ¿Cuáles serían los motivos principales por los cuales no se puede realizar prácticas en el motor PT-6 actualmente?**

Uno de los motivos sería que no existe la seguridad necesaria ni la comodidad ideal para realizar las prácticas en el motor PT-6.

- 5. ¿Cree Ud. qué los estudiantes del ITSA deben tener buenas bases en un motor turbohélice (PT-6) para que en el futuro puedan acceder a un empleo?**

Si, porque es necesario llegar a obtener un buen nivel en conocimientos de motores básicos para asegurar un buen desempeño en la comprensión de motores actuales de esta forma tener mejores oportunidades de empleo.

- 6. ¿Creé Ud. qué sea necesario implementar un soporte móvil que facilite su traslado en el taller del Bloque 42 para el motor PT6? ¿Por qué?**

Si, es necesario para obtener un mejor desempeño en las prácticas.

Por qué, se debe tener seguridad y comodidad al momento de realizar las prácticas reforzando los conocimientos adquiridos en el laboratorio del "Bloque 42"

Ing. Henry Iza.

Entrevistado

Anexo B

Planos

Anexo C

Tabla Resistencia Acero A36

Anexo C

Tabla de resistencias Acero ASTM A36

Esfuerzos F_y y F_u de aceros estructurales

Nomenclatura		F_y ⁽³⁾		F_u ⁽⁴⁾	
NMX ¹	ASTM ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
B-254	A36	250	2 530	400 a	4 080 a
				550	5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a	4 220 a
				585	5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
				320	4 710
				345	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
				345	4 570

Diámetro exterior		Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada	
H x B	T	M	A	I_{xx}	I_{yy}	i_{xx}	i_{yy}	W_{elxx}	W_{elyy}	W_{plxx}	W_{plyy}	I_t	C_t	A_s	m		
mm x mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m			
40	20	2.0	1.68	2.14	4.05	1.34	1.38	0.793	2.02	1.34	2.61	1.60	3.45	2.36	0.113	596	
		2.5	2.03	2.59	4.69	1.54	1.35	0.770	2.35	1.54	3.09	1.88	4.06	2.72	0.111	492	
		3.0	2.36	3.01	5.21	1.68	1.32	0.748	2.60	1.68	3.50	2.12	4.57	3.00	0.110	423	
50	30	2.0	2.31	2.94	9.54	4.29	1.80	1.21	3.81	2.86	4.74	3.33	9.77	4.84	0.153	434	
		2.5	2.82	3.59	11.3	5.05	1.77	1.19	4.52	3.37	5.70	3.98	11.7	5.72	0.151	355	
		3.0	3.30	4.21	12.8	5.70	1.75	1.16	5.13	3.80	6.57	4.58	13.5	6.49	0.150	303	
60	40	4.0	4.20	5.35	15.3	6.69	1.69	1.12	6.10	4.46	8.05	5.58	16.5	7.71	0.146	238	
		2.0	2.93	3.74	18.4	9.83	2.22	1.62	6.14	4.92	7.47	5.65	20.7	8.12	0.193	341	
		2.5	3.60	4.59	22.1	11.7	2.19	1.60	7.36	5.87	9.06	6.84	25.1	9.72	0.191	278	
	3.0	4.25	5.41	25.4	13.4	2.17	1.58	8.46	6.72	10.5	7.94	29.3	11.2	0.190	236		
	4.0	5.45	6.95	31.0	16.3	2.11	1.53	10.3	8.14	13.2	9.89	36.7	13.7	0.186	183		
	5.0	6.56	8.36	35.3	18.4	2.06	1.48	11.8	9.21	15.4	11.5	42.8	15.6	0.183	152		
70	50	2.0	3.56	4.54	31.5	18.8	2.63	2.03	8.99	7.50	10.8	8.58	37.5	12.2	0.233	281	
		2.5	4.39	5.59	38.0	22.6	2.61	2.01	10.9	9.04	13.2	10.4	45.8	14.7	0.231	228	
		3.0	5.19	6.61	44.1	26.1	2.58	1.99	12.6	10.4	15.4	12.2	53.6	17.1	0.230	193	
		4.0	6.71	8.55	54.7	32.2	2.53	1.94	15.6	12.9	19.5	15.4	68.1	21.2	0.226	149	
		5.0	8.13	10.4	63.5	37.2	2.48	1.90	18.1	14.9	23.1	18.2	80.8	24.6	0.223	123	
80	40	2.0	3.56	4.54	37.4	12.7	2.87	1.67	9.34	6.36	11.6	7.17	30.9	11.0	0.233	281	
		2.5	4.39	5.59	45.1	15.3	2.84	1.65	11.3	7.63	14.1	8.72	37.6	13.2	0.231	228	
		3.0	5.19	6.61	52.3	17.6	2.81	1.63	13.1	8.78	16.5	10.2	43.9	15.3	0.230	193	
		4.0	6.71	8.55	64.8	21.5	2.75	1.59	16.2	10.7	20.9	12.8	55.2	18.8	0.226	149	
		5.0	8.13	10.4	75.1	24.6	2.69	1.54	18.8	12.3	24.7	15.0	65.0	21.7	0.223	123	
	60	2.0	4.19	5.34	49.5	31.9	3.05	2.44	12.4	10.6	14.7	12.1	61.2	17.1	0.273	239	
		2.5	5.19	6.59	60.1	38.6	3.02	2.42	15.0	12.9	18.0	14.8	75.1	20.7	0.271	193	
		3.0	6.13	7.81	70.0	44.9	3.00	2.40	17.5	15.0	21.2	17.4	88.3	24.1	0.270	163	
		4.0	7.97	10.1	87.9	56.1	2.94	2.35	22.0	18.7	27.0	22.1	113	30.3	0.266	126	
		5.0	9.70	12.4	103	65.7	2.89	2.31	25.8	21.9	32.2	26.4	136	35.7	0.263	103	
90	50	2.0	4.19	5.34	57.9	23.4	3.29	2.09	12.9	9.35	15.7	10.5	53.4	15.9	0.273	239	
		2.5	5.17	6.59	70.3	28.2	3.27	2.07	15.6	11.3	19.3	12.8	65.3	19.2	0.271	193	
		3.0	6.13	7.81	81.9	32.7	3.24	2.05	18.2	13.1	22.6	15.0	76.7	22.4	0.270	163	
		4.0	7.97	10.1	103	40.7	3.18	2.00	22.8	16.3	28.8	19.1	97.7	28.0	0.266	126	
		5.0	9.70	12.4	121	47.4	3.12	1.96	26.8	18.9	34.4	22.7	116	32.7	0.263	103	
100	40	2.5	5.17	6.59	79.3	18.8	3.47	1.69	15.9	9.39	20.2	10.6	50.5	16.8	0.271	193	
		3.0	6.13	7.81	92.3	21.7	3.44	1.67	18.5	10.8	23.7	12.4	59.0	19.4	0.270	163	
		4.0	7.97	10.1	116	26.7	3.38	1.62	23.1	13.3	30.3	15.7	74.5	24.0	0.266	126	
	50	5.0	9.70	12.4	136	30.8	3.31	1.58	27.1	15.4	36.1	18.5	87.9	27.9	0.263	103	
		2.5	5.56	7.09	91.2	31.1	3.59	2.09	18.2	12.4	22.7	14.0	75.4	21.5	0.291	180	
		3.0	6.60	8.41	106	36.1	3.56	2.07	21.3	14.4	26.7	16.4	88.6	25.0	0.290	152	
		4.0	8.59	10.9	134	44.9	3.50	2.03	26.8	18.0	34.1	20.9	113	31.3	0.286	116	
		5.0	10.5	13.4	158	52.5	3.44	1.98	31.6	21.0	40.8	25.0	135	36.8	0.283	95.4	
		6.0	12.3	15.6	179	58.7	3.38	1.94	35.8	23.5	46.9	28.5	154	41.4	0.279	81.5	
		6.3	12.5	15.9	176	58.2	3.32	1.91	35.1	23.3	46.9	28.6	158	42.1	0.273	79.9	
		60	2.5	5.96	7.59	103	46.9	3.69	2.49	20.6	15.6	25.1	17.7	103	26.2	0.311	168
			3.0	7.07	9.01	121	54.6	3.66	2.46	24.1	18.2	29.6	20.8	122	30.6	0.310	141
			4.0	9.22	11.7	153	68.7	3.60	2.42	30.5	22.9	37.9	26.6	156	38.7	0.306	108
100	80	5.0	11.3	14.4	181	80.8	6.55	2.37	36.2	26.9	45.6	31.9	188	45.8	0.303	88.7	
		6.0	163.2	16.8	205	91.2	3.49	2.33	41.1	30.4	52.5	36.8	216	51.9	0.299	75.7	
		6.3	13.5	17.2	203	90.9	3.44	2.30	40.7	30.3	52.8	36.9	223	53.0	0.293	74.0	
		2.5	6.74	8.59	127	90.2	3.84	3.24	25.4	22.5	30.0	25.8	166	35.7	0.351	148	
		3.0	8.01	10.2	149	106	3.82	3.22	29.8	26.4	35.4	30.4	196	41.9	0.350	125	
		4.0	10.5	13.3	189	134	3.77	3.17	37.9	33.5	45.6	39.2	254	53.4	0.346	95.4	
		5.0	12.8	16.4	226	160	3.72	3.12	45.2	39.9	55.1	47.2	308	63.7	0.343	77.9	
		6.0	15.1	19.2	258	182	3.67	3.08	51.7	45.5	63.8	54.7	357	73.0	0.339	66.2	
120	60	6.3	15.5	19.7	259	183	3.62	3.04	51.8	45.7	64.6	55.4	371	75.0	0.333	64.6	
		2.5	6.74	8.59	161	55.2	4.33	2.53	26.9	18.4	33.2	20.6	133	31.7	0.351	148	
		3.0	8.01	10.2	189	64.4	4.30	2.51	31.5	21.5	39.2	24.2	156	37.1	0.350	125	
		4.0	10.5	13.3	241	81.2	4.25	2.47	40.1	27.1	50.5	31.1	201	47.0	0.346	95.4	
		5.0	12.8	16.4	287	96.0	4.19	2.42	47.8	32.0	60.9	37.4	242	55.8	0.343	77.9	
		6.0	15.1	19.2	328	109	4.13	2.38	54.7	36.3	70.6	43.1	280	63.6	0.339	66.2	
		6.3	15.5	19.7	327	109	4.07	2.35	54.4	36.4	71.2	43.7	289	65.1	0.333	64.6	
		8.0	18.9	24.0	375	124	3.95	2.27	62.6	41.3	84.1	51.3	340	75.0	0.326	53.0	
		3.0	8.96	11.4	230	123	4.49	3.29	38.4	30.9	46.2	35.0	255	50.8	0.390	112	
		4.0	11.7	14.9	295	157	4.44	3.24	49.1	39.3	59.8	45.2	331	64.9	0.386	85.2	
		5.0	14.4	18.4	353	188	4.39	3.20	58.9	46.9	72.4	54.7	402	77.8	0.383	69.4	
		6.0	17.0	21.6	406	215	4.33	3.15	67.6	53.8	84.3	63.5	469	89.4	0.379	58.9	
		140	80	6.3	17.5	22.2	408	217	4.28	3.12	68.1	54.3	85.6	64.7	488	92.1	0.373
8.0	21.4			27.2	476	252	4.18	3.04	79.3	62.9	102	76.9	584	108	0.366	46.8	
4.0	13.0			16.5	430	180	5.10	3.30	61.4	45.1	75.5	51.3	412	76.5	0.426	77.0	
5.0	16.0			20.4	517	216	5.04	3.26	73.9	54.0	91.8	62.2	501	91.8	0.423	62.6	
6.0	18.9			24.0	597	248	4.98	3.21	85.3	62.0	107	72.4	584	106	0.419	53.0	
6.3	19.4			24.8	603	251	4.93	3.19	86.1	62.9	109	74.0	609	109	0.413	51.4	
8.0	23.9	30.4	708	293	4.82	3.10	101	73.3	131	88.4	731	129	0.406	41.8			

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H

Anexo D

Datos técnicos del motor PT-6

Datos en General del Motor a Estudio PT-6



Figura 1: Motor PT-6

Es fabricado por Pratt & Whitney Canada, es el motor turbopropulsor más popular de la historia.

Se produce en una variedad amplia de modelos, cubriendo la gama de la energía entre el 580 y 920 shp en la serie original.

La familia PT6 es particularmente bien conocida por su confiabilidad extremadamente alta, con MTBO's (Tiempo de Mantenimiento entre Recorridas) en el orden de 9000 horas en algunos modelos.

¹ www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Pratt_%26_Whitney_Canada_PT6

El desarrollo de la familia PT6 empezó en los 50s, al parecer como un reemplazo moderno para el motor radial Pratt & Whitney que estaban produciendo en ese momento.

La producción máxima empezó en 1963 y entra en servicio en el próximo año. Para su 40° aniversario en 2001, más de 36000 PT6A habían sido entregados, no están incluidas las otras versiones de este motor. Esta turbina se usa en más de 100 aplicaciones diferentes.

Operación general del turbohélice PT - 6

El PT6 es un ligero motor de turbina que impulsa una hélice mediante una caja de reducción de dos etapas. Dos principales conjuntos rotativos componen el núcleo del motor.

El primero es el compresor y el compresor turbina (sección compresora) y el segundo se compone de dos turbinas de poder y el eje de turbina de poder (sección de poder).

Los dos rotores no están conectados y giran en dirección opuesta, este diseño tiene algunas ventajas como:

- N1 independiente de N2
- Starter de bajo torque
- Concepto de diseño modular
- Mantenimiento sobre las alas (inspección de la sección caliente)

El compresor del PT6 consta de tres o cuatro etapas axiales y una etapa centrífuga.

La cámara de combustión es de tipo anular y de flujo invertido lo que acorta al motor.

El compresor turbina es de una sola etapa y este obtiene la energía para operar el compresor. Las turbinas de poder son de 2 etapas, estas son independientes del compresor turbina y se encargan de impulsar las hélices.

La caja de reducción es de tipo planetario de dos etapas, consta de un sistema hidromecánico de medición de torque, esta reduce la velocidad de giro de la turbina de poder a una velocidad aceptable para la operación de la hélice

Caja de accesorios de un motor a reacción

La caja de accesorios de un motor a reacción es un conjunto de dispositivos que usan el movimiento de la turbina generalmente de alta presión para moverse. El movimiento de la turbina de alta se transmite mediante engranajes conectados hacia la caja de accesorios. Los principales accesorios que se encuentran aquí son:

- Generador de corriente alterna
- C.S.D. (dispositivo de control de velocidad)
- F.C.U. (Unidad de control de velocidad)
- Bomba de aceite
- Generador tacómetro

Mantenimiento

Se define como mantenimiento al conjunto de acciones destinadas a prevenir o corregir daños o errores en una maquinaria, sistema o accesorio para mantener su correcta operación y buen aspecto. De esta manera la empresa se asegura de que dichos elementos sigan cumpliendo las funciones para las cuales se crearon y a su vez se alarga su vida útil.

Objetivos del Mantenimiento.

- Disminuir la gravedad de las fallas para que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas o equipos.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente beneficio.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Tipos de inspecciones que se realizan comúnmente en aviación

Tipos de inspecciones:

- Inspección inicial.
- Inspección de daños ocultos.
- Inspección progresiva.
- Inspección programada.
- Inspección final.

Inspección inicial.

Es una inspección visual, y es aquella que se realiza para determinar daños externos superficiales en la estructura de las aeronaves y sus sistemas, como son rajaduras, golpes, fugas de aceite, corrosión, etc.

Inspección de daños ocultos.

Son inspecciones que se realizan a elementos específicos, aplicando ensayos no destructivos (NDI), a fin de determinar daños internos, que no son apreciables en una inspección visual.

Inspección progresiva (programada).

Las inspecciones que se realizan en base a los manuales de operación y mantenimiento al cumplir la aeronave una determinada cantidad de horas de operación.

Inspección final.

La inspección final es la verificación documentada de los distintos trabajos de mantenimiento realizados previa a la autorización de operaciones de las aeronaves en mantenimiento.

Otros Tipos de Inspección Preventiva, Correctivo, Predictivo

Preventivo

Se aplica con el fin de anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos.

Con este fin se aplican inspecciones periódicas que ayuden a determinar las condiciones de partes y sistemas completos y a su vez determinar desgaste de dichos objetos.

Correctivo

Se lo realiza para reparar o corregir las fallas y averías que ya se han presentado.

Se puede dividir al mantenimiento correctivo en dos tipos: programado y no programado. La diferencia entre ambos radica, en que el no programado se lo realiza inmediatamente después que ha sucedido la avería, sin importar lugar, cantidad de personal y herramientas necesarias, esto se da cuando la parte equipo, o sistema averiado es de suma importancia para el funcionamiento de la nave. El mantenimiento programado se lo realiza cuando el desperfecto suscitado no supone un peligro inminente en la operación de la nave y se lo puede aplazar hasta que se cuente con el personal, necesario y se tenga las herramientas necesarias.

Predictivo

Este se realiza mediante un análisis estadístico del funcionamiento de determinadas partes o componentes para así determinar un punto en el tiempo de su funcionamiento en el que deben ser cambiados o reparados.

Inspecciones Según los Manuales Aeronáuticos

- **Visual.-** Se la realiza únicamente con la vista para revisar las condiciones superficiales de la aeronave o un componente.

- **Detallada.-** Sigue siendo una inspección visual, pero, usando herramientas como linternas y espejos. En el caso de la inspección visual y la detallada se confía en el criterio del aerotécnico que realiza la inspección
- **Especial detallada.-** Se usan herramientas especiales, en este tipo entran las NDI (inspecciones no destructivas). Para este tipo de inspección se debe desmontar el componente.
- **De oportunidad.-** Son aquellas que no están programadas, se las realiza cuando al tener que desmontar una sección otra ha quedado expuesta y libre para inspeccionar.

Inspección por horas y días a diversos accesorios

- Inspección Zona Caliente (HSI) cada 24 Horas
- Recorrida Zona Potencia por 14 Días
- Recorrida Completa por 30-45 Días
- Recorrida y Testeo Válvula Bleed cada 48 Horas
- Limpieza y Recambio Inyector de Combustible cada 48 Horas

Reparación y Reacondicionamiento PT6:

- Caja de engranajes accesorio
- Combinar La Caja de engranajes
- Válvula De Purga PT6
- Surtidores de gasolina PT6
- Generador del gas PT6
- Sección caliente PT6
- Sección de la energía PT6

Pruebas al equipo y accesorios internos usando bancos de prueba.

- **Banco de prueba De la Bomba Del Aceite.-** Para probar las bombas del aceite sobre la terminación o repararlas o reacondicionarlas.

- **Banco de prueba Del Flujo Del Aceite.-** Comprobaban todas las piezas aceite-mojadas para saber si hay caudales y patrones de aerosol apropiados. Asegura la lubricación apropiada durante la operación.
- **Banco de Prueba del Combustible.-** Comprobar que el Manifold/Component Fluye en el Banco de prueba, Asegurando el caudal del combustible y los patrones de aerosol están dentro de lo especificado.
- **Banco Eléctrico.-** Para la prueba funcional de accesorios eléctricos.
- **Máquina Automatizada Del Balance.-** Para balancear de la precisión de componentes que rotan.
- **Inspección No destructiva.-** Las capacidades de la inspección de tienda incluyen la inspección de la partícula magnética y la inspección penetrante de tinte.

Datos técnicos ¹

- | | |
|--|------------------------|
| • Rango de potencia (SHP) | 700 a 1650 shp |
| • Flujo másico de aire máximo | 10.22 a 11.21 lbs./sec |
| • Radio de compresión del compresor | 10:1 a 12:1 |
| • Consumo específico de combustible | 509 a 680 lbs./hrs |
| • Velocidad de la turbina de poder | 30000 rpm. |
| • Velocidad máxima de operación de la hélice | 1700 a 2000 rpm |
| • Longitud motor | 66 in (1.7m) |
| • Ancho | 44 in (1.13m) |
| • Altura | 33 in (0.85m) |
| • Peso seco | ² 324 lbs |
| • 100% N1 velocidad | 38,100 rpm |
| • 100% N2 velocidad | 33,000 rpm |
| • Velocidad del Árbol de Rendimiento (Ns) | 6,600 rpm |

¹ Curse PT-6 Pratt Whitney Canada PT6 reference pag 21

² AMM Approximate Weight of components /table 1 pag 22

Medios de Sujeción o Base del Motor PT-6

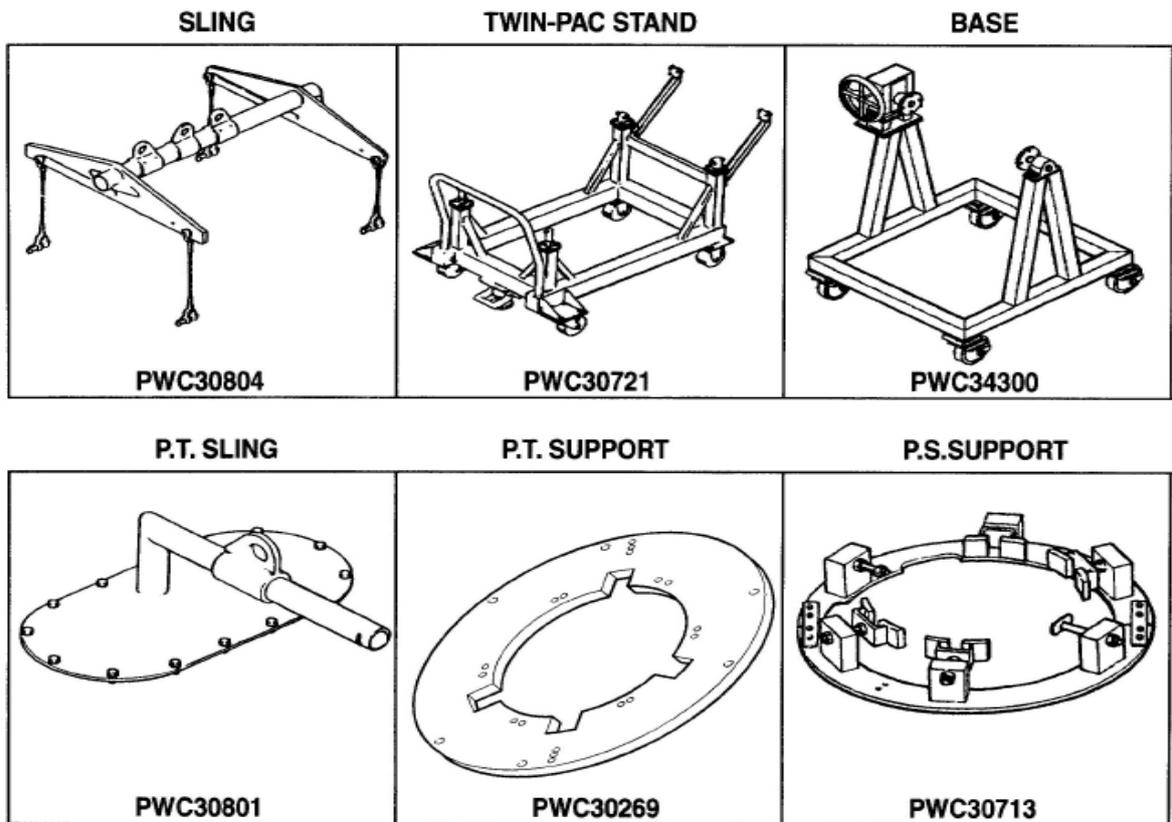
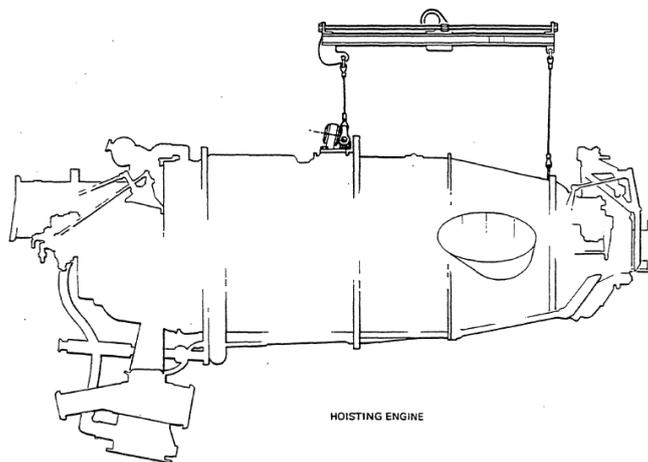


Figura 2: Sujeción por Eslinga



¹ Curse PT-6 Pratt Whitney Canada PT6 reference pag 224

Manual

Es un documento o folleto donde se encuentran de forma definible, invariable y ordenada las obligaciones, tácticas y herramientas de un trabajo determinado.

- Manual de Mantenimiento
- Manual de Overhaul
- Manual de Herramientas y Equipos

Manual de mantenimiento.

Es la recopilación de procedimientos escritos para ejecutar una tarea, seguida de orden, proceso y control para el desarmado, limpieza, inspección, cambio, etc.

Manual de overhaul.

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo, es revisar los equipos, a intervalos programados antes que aparezcan algún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva, dicha revisión consiste en dejar el equipo en condiciones estándar de operación, ejecutando tareas como: desarmado total o parcial, limpieza, inspección, reparación, pruebas funcionales y operacionales, ensamble y, terminado final, de acuerdo al ATA 100.

Manual de herramientas y equipos.

Es la recopilación codificada de herramientas, máquinas y equipos que se deben utilizar en las distintas operaciones, bajo estricto cumplimiento de los manuales de mantenimiento y overhaul.

Hoja de Vida

Datos Personales:

Nombres: Santiago Francisco

Apellidos: Romero Silva

Estado Civil: Soltero

Edad: 23

C.I: 172164183-3

Lugar de Nacimiento: Quito - Pichincha

Fecha de Nacimiento: 23 – 04- 1988

Lugar de Residencia: Quito

Teléfonos: 022034771 – 084967103

Datos Académicos:

Educación Básica:

Jardín de Infantes Saulo.

Educación Primaria:

Centro Educativo Integral Antonio Flores (C.E.I.A.F).

Educación Secundaria:

Colegio Adventista Ciudad de Quito.

Educación Superior:

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.



Experiencia Laboral:

Pasantías, Aeropolicial (200H).

Pasantías, COTRAN Ala de Combate N° 11 (200H).

Pasantías, Aeropolicial (160H).

Pasantías, COTRAN Ala de Combate N° 11 (160H).

Pasantías, Aéreo Regional (200H).

Otros Estudios y Proyectos:

Curso de inglés ITSA, Suficiencia en el Idioma Inglés.

Curso de especialización de Informática y ensamblaje de ordenadores

Curso de especialización de manejo y programación de sistemas informáticos

Referencias Personales.-

Ing. Henry Iza, ITSA Instructor de la cátedra de Materiales y Procesos 087241684.

Ing. Juan Yanchapaxi Instructor de la cátedra de Calculo Diferencial 091491898.

FIRMA:

Romero Silva Santiago Romero

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

ROMERO SILVA SANTIAGO FRANCISCO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. HEBERT ATENCIO

Latacunga, Octubre 06 del 2011

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **ROMERO SILVA SANTIAGO FRANCISCO**, Egresado de la carrera de **MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**, en el año 2011, con Cédula de Ciudadanía N°172164183-3, autor del Trabajo de Graduación.

DISEÑO DE UN SOPORTE MOVIL PARA EL MOTOR PT-6 EXISTENTE EN EL TALLER “BLOQUE 42” DE MECANCA AERONÁUTICA DEL ITSA

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

ROMERO SILVA SANTIAGO FRANCISCO

Latacunga, Octubre 06 del 2011