



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PUESTA EN MARCHA Y CABINA DE OPERACIÓN PARA UN MOTOR RECÍPROCO TELEDYNE CONTINENTAL”

POR:

EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA

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

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el SR. EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

ING. PABLO RODRIGO ESPINEL TORRES
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Marzo 28 del 2014

DEDICATORIA

A Rubí.

Las rosas no se marchitan, solo se llenan de tiempo.

EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA

AGRADECIMIENTO

Cuando llegan momentos como éste en el camino de la vida, quedan cortas las palabras de agradecimiento con el sentimiento que se anhela expresar en una página.

De manera especial a mi padrino en nuestra confraternidad, Hernán Damian García, sin su apoyo hubiese desistido de esta gratificante experiencia.

A mi padre José Antonio Montenegro, a mi madre Susana Rivera Noguera su amor incondicional, su paciencia, gracias por existir.

A mis hermanos José Andrés y Edison Ramiro Montenegro Rivera son lo máximo.

Al resto de mi familia, mis cuñadas Susi, Paola, mis sobrinas, mi abuela con su particular forma de querer.

A mis profesores, mi tutor, compañeros, colaboradores del Instituto.

A todos los que de alguna forma directa o indirecta colaboraron para que se haga posible este proyecto.

A mi poder superior como lo estoy concibiendo.

GRACIAS.

EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xiii
RESUMEN	1
SUMMARY.....	2

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

EL TEMA

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

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Banco de pruebas.....	6
2.2 Simuladores de vuelo	7
2.3 Motores de combustión interna.....	8
2.4 Motores de cilindros en oposición	10
2.5 Motores recíprocos	11
2.6 Orden de encendido	12
2.7 Cartas de desempeño para motores recíprocos	13
2.8 Evolución	14
2.9 Mecánica de materiales	17
2.9.1 Cargas externas.....	17
2.9.1.1 Fuerza de superficie.....	18

2.9.1.2	Fuerza de cuerpo.....	19
2.9.1.3	Reacciones en los soportes	19
2.9.1.4	Fuerza normal (N).....	20
2.9.1.5	Fuerza cortante (V).....	20
2.9.1.6	Momento torsionante o torca (T)	21
2.9.1.7	Momento flexionante (M)	21
2.10.	Deformación	22
2.10.1.	Deformación unitaria	22
2.10.1.1	Deformación unitaria normal	22
2.10.1.2	Deformación unitaria cortante	23
2.10.2.	Pruebas de tensión y compresión	23
2.10.2.1	Diagrama de esfuerzo deformación unitaria	24
2.11.	Conceptos básicos de resistencia de materiales.....	25
2.11.1	Prevención de deformación excesiva.....	25
2.11.2	Estabilidad y pandeo.....	25
2.11.3	Resistencia a la tensión y a la cedencia.....	26
2.11.4	Resistencia a la compresión	27
2.11.5	Rigidez.....	27
2.11.6	Ductilidad	28
2.11.7	Dureza	29
2.11.8	Tenacidad y energía de impacto.....	29
2.11.9	Fluencia	30
2.11.10	Densidad.....	31
2.12.	Materiales de construcción	31
2.12.1	Clasificación de metales y aleaciones.....	31
2.12.2	Condiciones para aceros	34
2.12.3	Aceros inoxidable.....	35
2.12.4	Aceros estructurales	36
2.12.5.	Hierro fundido	37
2.12.5.1	Hierro gris	38
2.12.5.2	Hierro dúctil.....	38
2.12.5.3	Hierro dúctil con templado austenítico.....	38
2.12.5.4	Hierro blanco.....	39
2.12.5.5	Hierro maleable.....	39
2.12.6	Aluminio	40
2.13.	Procesos de suelda	42
2.13.1	Equipo eléctrico básico para soldadura por arco.....	43

2.13.2Equipo de seguridad mínimo.....	46
2.13.3.Electrodos.....	48
2.13.3.1Evolución de los revestimientos.....	48
2.13.3.2Funciones de los revestimientos de los electrodos.....	48
2.13.3.3Características de los materiales de los revestimientos.....	49
2.13.3.4.Clasificación de los electrodos.....	50
2.13.3.4.1El sistema AWS.....	50
2.13.3.4.2Dimensiones características.....	50
2.13.3.4.3Designaciones usuales de los electrodos.....	51

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1.Preámbulo.....	54
3.1.1Requerimientos del proyecto.....	54
3.1.2.Diseño en inventor.....	55
3.1.2.1Estructura de la cabina de operación.....	55
3.1.2.2Recubrimientos de la Cabina.....	55
3.1.2.3Estructura del banco de puesta en marcha.....	56
3.1.2.4Cabina de operación y banco de puesta en marcha.....	57
3.2.Selección de los materiales.....	58
3.2.1.Resultado de análisis en software "ANSYS" de resistencia de cargas.....	58
3.2.1.1Acero ASTM 36.....	59
3.2.1.2Aleación de aluminio.....	60
3.2.1.3Fundición gris de hierro.....	61
3.3.Construcción.....	63
3.3.1.Listado de materiales.....	63
3.3.2Procedimientos.....	64
3.3.3Banco depuesta en marcha.....	64
3.3.4Cabina de operación.....	67
3.3.5Complementación de la cabina de operación.....	72
3.3.6.Diagrama de flujo operacionales.....	76
3.3.6.1Proceso de construcción del banco de puesta en marcha.....	76
3.3.6.2Proceso de construcción de la cabina de operación.....	77
3.3.6.3Proceso de ensamblaje banco de puesta en marcha y cabina de operación.....	78
3.4Pruebas de funcionamiento.....	79
3.5.Estudio económico.....	80

3.5.1 Análisis económico	80
3.5.2 Presupuesto.....	80
3.5.3 Investigación de costo.....	81
3.6. Manuales	81
3.6.1 Manual de mantenimiento	81
3.6.2 Manual de seguridad	85

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	87
4.2 Recomendaciones	88
GLOSARIO	89
ABREVIATURAS	92
BIBLIOGRAFÍA	93
NET GRAFÍA	94
ANEXOS	95
ANEXO A Propiedades representativas de aceros alados y al carbón.....	96
ANEXO B Propiedades representativas de aceros inoxidables y metales no ferrosos...97	
ANEXO C Propiedades de aceros estructurales.....	98
ANEXO D Propiedades representativas del hierro colado	99
ANEXO E Propiedades representativas de aleaciones de aluminio.....	100
ANEXO F Fotos de un soporte aeronavegable para un motor continental serial-360...101	
ANEXO G Imagen: Manual de mantenimiento especificaciones motor TELEDYNE CONTINENTAL	102
ANEXO H Datos proporcionados por el software ANSYS referente al material acero ASTM 36.....	103
ANEXO I Datos proporcionados por el software ASYS referente al material aleación de aluminio	104
ANEXO J Datos proporcionados por el software ASYS referente al material fundición de hierro gris.....	105
ANEXO K RESPALDO DE LAS RDACS PARA EL DISEÑO DEL BANCO DE PUESTA EN MARCHA	106
ANEXO L PLANOS EN INVENTOR	108
ANEXO M PERFIL UPN	112
ANEXO N GARRUCHAS.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	113
ANEXO O HOJA DE REGISTRO DE USO	114

HOJA DE VIDA	116
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	117
CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Banco de pruebas para un motor de combustión interna.....	6
Figura 2.2 Simulador de movimiento TL39 3-Do	8
Figura 2.3 Motor de combustión interna de 4 cilindros opuestos.....	11
Figura 2.4 Numeración de cilindros y orden de encendido.....	12
Figura 2.5 Wright Whirlwind J-5, de los primeros motores radiales.....	16
Figura 2.6 Representación de fuerzas externas a un cuerpo	18
Figura 2.7 Representación de fuerzas de superficie a un cuerpo.....	18
Figura 2.8 Campo gravitacional de la tierra	19
Figura 2.9 Fuerza normal en un cuerpo	20
Figura 2.10 Fuerza cortante en un cuerpo.....	20
Figura 2.11 Fuerza momento torsionante en un cuerpo	21
Figura 2.12 Fuerza momento de flexión en un cuerpo	21
Figura 2.13 Fórmula deformación unitaria	22
Figura 2.14 Deformación unitaria cortante	23
Figura 2.15 Diagrama esfuerzo deformación unitaria	24
Figura 2.16 Dos flechas con engranajes acoplados	25
Figura 2.17 Una columna sometida a compresión que ilustra la inestabilidad elástica o pandeo	26
Figura 2.18 Módulo de elasticidad de diferentes materiales	28
Figura 2.19 Comportamiento de fluencia típico	30
Figura 2.20 Sistema de numeración unificado	32
Figura 2.21 Sistema de designación del acero	33
Figura 2.22 Principales elementos de aleación en aleaciones de acero	34
Figura 2.23 Aleaciones de acero comunes y usos típicos	35
Figura 2.24 Grados de aceros estructurales disponibles para perfiles típicos, placas y barras	37

Figura 2.25	Soldadura por arco eléctrico	43
Figura 2.26	Circuito básico para soldar por arco eléctrico	44
Figura 2.27	Equipo de protección personal para soldador	46
Figura 2.28	Significado de los dos últimos dígitos	53
Figura: 3.1	Esquema de la cabina de operación	55
Figura 3.2	Esquema de la cabina de operación con cubiertas de tol	56
Figura 3.3	Esquema del banco de puesta en marcha	57
Figura 3.4	Esquema completo de la cabina y banco unidos	57
Figura 3.5	Distribución de cargas para el banco de puesta en marcha	59
Figura 3.6	Resultado de la aplicación de cargas	60
Figura 3.7	Resultado de la aplicación de cargas	61
Figura 3.8	Resultado de la aplicación de cargas	61
Figura 3.9	Preparación tubos para el banco de puesta en marcha	64
Figura 3.10	Corte de tubos para el banco de puesta en marcha	65
Figura 3.11	Procedimiento de armado y suelda	65
Figura 3.12	Sujeción de los soportes directos del motor	66
Figura 3.13	Montaje de las ruedas para el banco de puesta en marcha	66
Figura 3.14	Montaje del motor y nivelación	67
Figura 3.15	Corte de tubos para la cabina de operación	67
Figura 3.16	Medición previa de tubos para la cabina de operación	68
Figura 3.17	Armado con suelda eléctrica la cabina de operación	68
Figura 3.18	Montaje de de llantas para la cabina de operación	69
Figura 3.19	Fijación de láminas de tol para la cabina de operación	69
Figura 3.20	Montaje del piso de la cabina de operación	70
Figura 3.21	Unión de la cabina de operación y el banco del motor	70
Figura 3.22	Base de la pintura anticorrosiva	71
Figura 3.23	Pintado final de la cabina y del banco de puesta en marcha	71
Figura 3.24	Implementación del asiento dentro de la cabina de operación	72
Figura 3.25	Fijación del asiento dentro de la cabina de operación	72
Figura 3.26	Acabados del asiento de la cabina de operación	73
Figura 3.27	Implementación de la alfombra y recubrimiento de las paredes dentro de la cabina de operación	74

Figura 3.28 Implementación del acrílico sobre la cabina de operación y luces de señalización visual	74
Figura 3.29 Implementación de señalización dentro de la cabina de operación	75
Figura 3.30 Implementación de señalización externa para la cabina de operación y banco de puesta en marcha	75
Figura 3.31 Pruebas operacionales del banco y la cabina	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de los motores de combustión interna	9
Tabla 2.2 Orden de encendido según el número de cilindros	13
Tabla 2.3 Significado del tercer dígito en cuanto a la posición de la soldadura...52	
Tabla 3.1 Consideraciones mecánicas para la elección de materiales.....	62
Tabla 3.2 Consideraciones de aspectos generales para la elección de materiales	62
Tabla 3.3 Lista de materiales	63
Tabla 3.4 Simbología	76
Tabla 3.5 Tabla de costos de materiales	81

ÍNDICE DE FÓRMULAS

(2.1) Fórmula de deformación unitaria	22
(2.2) Módulo de elasticidad	27

RESUMEN

En la Unidad de Gestión de Tecnologías de la ciudad de Latacunga, mediante la Carrera de Mecánica Aeronáutica en su mención Motores, capaces de brindar un alto nivel competitivo en el ejercicio de la profesión, mediante la dirección del conocimiento ilustrado y práctico, tanto de sistemas del avión como énfasis en el presente caso el estudio de motores recíprocos de aviación.

Con la investigación anterior realizada en el anteproyecto de investigación dentro del Instituto se proyectó el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PUESTA EN MARCHA Y CABINA DE OPERACIÓN PARA UN MOTOR RECIPROCO TELEDYNE CONTINENTAL” el cual permite la habituación del educando con mayor facilidad al ambiente laboral que le espera en el futuro.

Previa construcción del banco de puesta en marcha y cabina de operación, se recopiló información acorde a los mismos temas referentes a diseño de bancos de prueba de motores así como simuladores de vuelo con el objetivo de respaldar la investigación del tema, como uno de los puntos primordiales están los datos de un software que representan la simulación real de cargas que estará sometido principalmente el banco de puesta en marcha.

Como variables de construcción se considero tres materiales los mas opcionales para la construcción de estructuras, los mismos fueron investigados para llegar así a tomar la mejor opción para el desarrollo del proyecto y como respaldo de esta decisión están las conclusiones a las cuales se llevo mediante el software que permitió un estudio favorable para el desarrollo de la construcción. También se anexó al proyecto un manual de operación para procedimientos con el motor TELEDYNE CONTINENTAL a fin de que así sea más segura la maniobrabilidad del proyecto ya funcional, con el propósito de hacer que el estudiante esté en constante familiarización con la práctica.

SUMMARY

In the Unit of Administration of Technologies of the city of Latacunga, by means of the Ability of Aeronautical Mechanics in their mention Motors is commissioned in the education of professionals in the aeronautical maintenance and some variants, able to offer a high competitive level in the exercise of the profession, by means of the address of the cultured and practical knowledge, so much of systems of the airplane like emphasis presently case the study of aviation motors.

With the previous investigation carried out inside the Institute he/she was projected the "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BANK OF PUT IN MARCH AND BOOTH OF OPERATION FOR A MOTOR RECIPROCATES CONTINNENTAL TELEDYNE" which allows the adaptation of the educating with more easiness to the labor atmosphere that he/she waits him in the future.

Previous construction of the setting bank in march and operation booth, in agreement information was gathered to the same relating topics to design of banks of test of motors as well as flight pretenders with the objective of supporting the investigation of the topic, like one of the primordial points the data of a software that represent the real simulation of loads that will be subjected mainly the setting bank in march is.

As construction variables you considers three materials those but optional for the construction of structures, the same ones were investigated to end up this way taking the best option for the development of the project and like back of this decision is the conclusions to which you arrives by means of the software that allowed a favorable study for the development of the construction. It was also annexed to the project an operation manual for procedures with the motor TELEDYNE CONTINNENTAL so that it is this way safer the maneuverability of the project already functional, with the purpose of making the student to be in constant contact with the practice.

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

La experiencia vivencial que se aprecia en un proceso de aprendizaje para emprender una vida profesional es invaluable, un problema vigente en el campo de la enseñanza en el área técnica de cualquier rama de mecánica es el mencionado anteriormente.

El tiempo de vivir en las aulas aprendiendo mirando una pizarra, proyector, computador, se lo puede complementar con la enseñanza práctica que se puede aprender en un taller bien equipado con herramientas y material real y afín a la zona competitiva en la que vayamos a incursionar.

Cuando el estudiante abandona el aula de aprendizaje y vive sus primeros acercamientos con aeronaves la timidez y la no familiarización hace que pierda de pronto tiempo valioso de real experiencia con su profesión que está incursionando, es decir el pasante que empieza en el campo laboral, el vivir esta necesidad y compartir anécdotas con compañeros que palparon esta realidad promovió la imaginación para buscar y enfocarnos para dar una solución lo más realista posible para el futuro colega.

Teniendo en cuenta el nivel de competencia y el factor timidez en la gama de mecánicos aeronáuticos que existe en el medio que ejerce el quehacer se aporta un recurso considerable funcional en una previa investigación.

1.2 Justificación e importancia

El mantenimiento o servicio técnico que se realiza al aeronave que esté operativa es vital y depende únicamente del personal de mantenimiento ya sea intrínsecamente en la nación o fuera de la misma, que tenga sus credenciales, certificaciones al corriente, es así que sobra decir que para adquirir estos requerimientos es necesaria el hábito de operar con máquinas o similares a las aeronaves que se operan en línea de vuelo.

La república del Ecuador actualmente en constante progreso, con algunos sobresalientes en el aspecto aeronáutico, mucho más en el personal que esta operativo en el amplia gama de la aviación, demanda, personal nuevo con aptitudes y actitudes que sean óptimas para ejercer nuestra privilegiada profesión.

Existe en el presente un auge muy considerable en los aspectos de servicios de calidad, equipos de alta tecnología aplicable en todos los aspectos en todas las ramas técnicas, sin empujarse el valor empírico de los veteranos en la labor aeronáutica, es por eso que cabe resaltar que el servicio técnico que aprendemos constantemente en las aulas debe ser acompañada de la convivencia permanente con equipos y complementos afines a los motoristas de aviación.

El apogeo necesario de un banco de puesta en marcha y la cabina de operación tiene como única visión complementar el crecimiento profesional del estudiante, siendo así que la UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGÍAS emane técnicos de alta calidad sin falencias de eficiencia mucho menos de eficacia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un banco de puesta en marcha y una cabina de operación para el motor recíproco TELEDYNE CONTIENTAL existente en el bloque 42, con el objeto de mejorar la preparación de los estudiantes en el mantenimiento de motores recíprocos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información sustentable y congruente al tema para sustentar el propósito de la investigación.
- Diseñar de acuerdo a las necesidades y requerimientos existentes, un banco de puesta en marcha y una cabina de operación para el motor recíproco TELEDYNE CONTINENTAL.
- Aprender opciones de selección de materiales utilizables para bancos de puesta en marcha y cabinas de operación para el motor TELEDYNE CONTINENTAL.
- Construir el banco de puesta en marcha y la cabina de operación con el fin de ser operativo y seguro para la enseñanza de los estudiantes de la institución.
- Realizar pruebas de funcionamiento del banco de puesta en marcha y de la cabina de operación.

1.4 Alcance

La invención con nuevos equipos, máquinas, complementos de las mismas, materiales, de calidad, estimulará el adiestramiento de los estudiantes técnicos aeronáuticos en el perfil de mantenimiento en motores, con este enfoque se borrará la pared metafórica de miedo y retraimiento en el momento de salir a ejecutar trabajos en el mundo competitivo de ya ejercer la profesión, a la par que ayude al educador en la instrucción del estudiante fuera de la sala de aprendizaje.

El llevar a cabo la ejecución de la presente investigación con respecto a la creación previo su diseño de un banco de puesta en marcha y una cabina de operación para el motor TELEDYNE CONTINENTAL, existente en la unidad, surtirá de igual proporción tanto al Instituto como a la Carrera de Mecánica un equipamiento innovador que creará el apego del estudiante hacia la ejecución inicial de su vida laboral despertando sus habilidades técnicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Banco de pruebas

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase, o biblioteca) en forma aislada. Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad.¹[...]



Figura 2.1 Banco de pruebas para un motor de combustión interna.

Fuente: Investigación de campo.

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_de_pruebas

2.2. Simuladores de vuelo

Debido a que los vuelos reales son peligrosos para pilotos sin un entrenamiento previo, desde los primeros días de la aviación, diversos esquemas fueron usados para que los pilotos pudieran sentir la sensación de volar sin ser realmente aerotransportados.

Por ejemplo el "Sander Teacher" fue un aeroplano completo montado en una articulación universal que era orientado hacia el viento con capacidad de girar y de inclinarse libremente. Otro simulador de vuelo de los primeros días fue desarrollado en 1910 a partir de un barril montado en un marco.

Un buen número de dispositivos electromecánicos fueron probados durante la Primera Guerra Mundial y posteriormente. El más conocido es el "Link Trainer", el que en 1930 sólo simulaba movimientos mecánicos aunque posteriormente se le incluyeron Instrumentos de control (avión) y fue utilizado por algunos países durante la Segunda Guerra Mundial e incluso después.

[...] Los simuladores de vuelo fueron de los primeros tipos de programas a ser desarrollados para los tempranos ordenadores personales. Los simuladores Sublogic de Bruce Artwick's fueron famosos por las funcionalidades que proporcionaba en máquinas de 8 bits. [...]

Microsoft, mientras refutaba tales críticas, retrasaba el lanzamiento de su versión 2002 para borrar el World Trade Center de su escenario de Nueva York y proporcionar un parche para borrar las torres de las anteriores versiones del simulador. La afición a los simuladores de vuelo caseros ha hecho que muchos usuarios lleguen a ser diseñadores de aeronaves para estos sistemas. De esta forma ellos pueden crear tanto aeronaves militares como comerciales utilizando los nombres de aerolíneas reales, de forma que pueden sacar partido de sus diseños. Muchos otros usuarios crean su versión personal de su aerolínea favorita dando lugar a aerolíneas virtuales como Iberflight, Airhispania, Iberia virtual, Airandalus, Futura virtual y muchas otras que pueden encontrarse en Internet. Estas modificaciones del simulador (coloquialmente llamada "mods") generalmente añaden gran valor a la simulación y permiten expandir significativamente la experiencia del vuelo con nuevas situaciones y contenidos.

En algunos casos la simulación llega mucho más lejos de para lo que sus diseñadores originales crearon la aplicación.



Figura 2.2 Simulador de movimiento TL39 3-Do.

Fuente: Investigación de campo.

Además de volar en el simulador, muchos usuarios han descubierto el control de tráfico aéreo online. Esto es pilotos virtuales y ATC jugando juntos en tiempo real para simular la verdadera experiencia de tráfico aéreo. Hay multitud de redes, las más populares son VATSIM e IVAO.²

2.3. Motores de combustión interna.

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión³. Los motores de combustión interna tienen diversos criterios de clasificación:

² <http://airalandalus.wikispaces.com/SIMULADOR+DE+VUELO>

³ Motores de combustión interna [modo de compatibilidad] (2010) Respaldo del autor. Diapositivas 3-5.

Tabla 2.1 Clasificación de los motores de combustión interna.

Según el modo de operar	
Motores con mecanismo pistón-biela-cigüeñal	Son los motores más utilizados en los automóviles desde sus orígenes. Este esquema de trabajo es el más representativo del motor de combustión interna.
Motores rotatorios	Se usan casi exclusivamente por algunos fabricantes de automóviles, principalmente para los amantes de la velocidad
Motores a reacción	Los gases generados producto de la combustión interna del motor son los que proporcionan la propulsión del motor
Según el tipo de combustible	
Motores de gasolina	Motores que se alimentan con una mezcla de aire-gasolina que luego es encendida por una chispa eléctrica
Motores Diesel	Motores que se alimentan solo de aire que comprime y calienta. Luego se inyecta el combustible finamente pulverizado para que se auto-inflame.
Motores de gas	Lo mismo que los de gasolina, pero con una mezcla de gases combustibles y aire.
Motores poli-combustibles	Motores como los Diesel, pero que pueden funcionar con diferentes tipos de combustibles.
Según el sistema de alimentación	
Motores de aspiración	Son motores en los que el cilindro de trabajo se llena por la

natural	aspiración natural del pistón al hacer vacío.
Motores sobre- alimentados	Están dotados de un compresor que fuerza la mezcla de aire-combustible o aire solo, según el caso, en el cilindro de trabajo
Según los ciclos de trabajo	
Motores de dos tiempos	Motores donde todo el ciclo de trabajo se realiza en cada vuelta de cigüeñal.
Motores de cuatro tiempos	En este caso el ciclo de trabajo se realiza por cada dos vueltas del cigüeñal.
Según el modo de lubricación	
Motores de cárter húmedo	Motores donde existe un cárter que contiene aceite lubricante.
Motores de cárter seco	En este caso el cárter está vacío y el lubricante entra al motor mezclado con la gasolina.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

2.4. Motor de cilindros en oposición

Un motor en oposición tiene dos bancadas de cilindros ubicadas en los lados del cárter una en contraposición de la otra. Puede ser refrigerado por aire o por líquido, pero las refrigeradas por aire son las predominantes. Este tipo de motor es montado con el cárter en posición horizontal en aviones, pero puede ser montado con el cárter en vertical en helicópteros. Debido a la disposición de los cilindros, las fuerzas recíprocas tienden a cancelarse, resultando en un buen

funcionamiento del motor. A diferencia del motor radial, no padece ningún problema de bloqueo hidrostático.⁴



Figura 2.3 Motor de combustión interna de 4 cilindros opuestos.

Fuente: Imágenes google.com

Relativamente pequeños, livianos y económicos, los motores de cuatro o seis cilindros opuestos refrigerados por aire son de lejos los motores más comúnmente usados en pequeñas aeronaves de aviación general que requieren una potencia no superior a 400 HP (300 Kw) por motor. Las aeronaves que necesitan una potencia superior en cada motor tienden a ser propulsados por motores de turbina.⁵

2.5 Motores recíprocos

Los motores recíprocos o a pistón tienen gran aplicación en la industria aeronáutica, estos motores se utilizan en aviones pequeños los cuales no requieren un mayor uso de la potencia y son ideales para vuelos a alturas bajas. En este artículo se hablará de cómo es la sincronización y orden de encendido, de los factores de desempeño que afectan el funcionamiento del avión cuando posee este tipo de motor.

⁴ http://www.srh.noaa.gov/sju/satrad_spn.html

⁵ <http://elaviadorsv.911mb.com/historia.htm>

2.6. Orden de encendido

Como su nombre lo dice el orden de encendido de un motor, es el orden en el cual salta la chispa en los cilindros. El orden de encendido en motores en línea, en V y en motores opuestos es diseñado para proporcionar un balance y eliminación al máximo de las vibraciones que ocurren. El orden de encendido es determinado por las posiciones relativas de las muñequillas del cigüeñal y de las posiciones de las levas en este eje.

La figura siguiente, muestra la disposición de los cilindros y el orden de encendido para un motor Lycoming opuesto de 6 cilindros, el orden de encendido en el cilindro en motores opuestos puede usualmente enumerarse en parejas de cilindros, porque cada pareja enciende a través del rodamiento central principal.

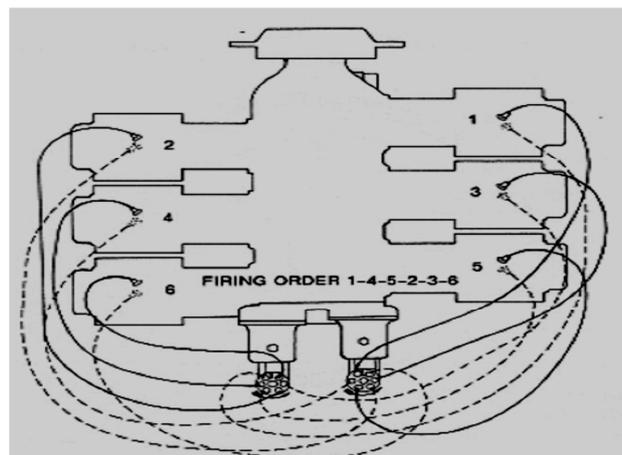


Figura 2.4 Numeración de cilindros y orden de encendido.

Fuente: Imágenes google.com

La numeración de los cilindros en los motores opuestos no es estándar, algunos fabricantes numeran sus cilindros desde atrás y otros desde delante del motor, siempre se refiere al manual del motor para determinar la numeración usada por el fabricante. A continuación se muestra el orden de encendido de algunos tipos de motores.

Tabla 2.2 Orden de encendido según el número de cilindros.

TIPO DE MOTOR	ORDEN DE ENCENDIDO
4 – Cilindros en Línea	1-3-4-2 ó 1-2-4-3
6 – Cilindros en Línea	1-5-3-6-2-4
8 – Cilindros en V (CW)	1R-4L-2R-3L-4R-1L-3R-2L
12 – Cilindros en V (CW)	1L-2R-5L-4R-3L-1R-6L-5R-2L-3R-4L-6R
4 – Cilindros Opuestos	1-3-2-4 ó 1-4-2-3
6 – Cilindros Opuestos	1-4-5-2-3-6
8 – Cilindros Opuestos	1-5-8-3-2-6-7-4
9 – Cilindros Radiales	1-3-5-7-9-2-4-6-8
14 – Cilindros Radiales	1-10-5-14-9-4-13-8-3-12-7-2-11-6
18 – Cilindros Radiales	1-12-5-16-9-2-13-6-17-10-3-14-7-18-11-4-15-8

Fuente: Imágenes google.com

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

2.7 Cartas de desempeño para motores recíprocos

El desempeño de los motores recíprocos puede ser mostrado en cartas especializadas donde se hallan datos de variables importantes para el funcionamiento del motor. En estas cartas la potencia al freno entregada al eje es graficada versus las rpm de motor, altitud y MAP (en pulgadas de mercurio).

Se debe asumir que la notación SHP usada hasta ahora y que la notación BHP son sinónimos. La potencia de salida de los motores recíprocos es clasificada en términos de rangos de potencia, los cuales son los siguientes:

- **Potencia al despegue:** La máxima potencia permitida durante el despegue.

- **Potencia militar:** La máxima potencia permitida para un limitado periodo de tiempo. Este rango es utilizado en aplicaciones militares solamente.⁶

2.8. Evolución

Gracias al ciclo Otto se inventó el motor de combustión interna, que sería aplicado a la incipiente aeronáutica de finales del siglo XIX. Estos motores, enfriados por agua, generaban potencia por medio de una hélice.

La hélice, debido a sus palas alabeadas, propulsaba la masa de aire circundante, arrastrando al aeroplano hacia adelante, produciendo el vuelo. En 1903, los hermanos Wright lograron realizar el sueño casi imposible de hacer volar un artefacto más denso que el aire.

Los motores se perfeccionaron con el tiempo, logrando aprovechar su potencia para luego ser montados en los primeros aviones de transporte y militares, como los de la Primera Guerra Mundial.

De los descubrimientos en la física y la mecánica de fluidos, se tomó el principio de Bernoulli, teorema en el que se fundarían las bases para la invención de los cohetes bélicos y de los motores de reacción, cuyo principio se basa en leyes físicas como el principio de acción y reacción.

Entre los años 1940 y 1942 se crearon los primeros motores a reacción a ser utilizados en los aviones de combate en la Segunda Guerra Mundial.

Los últimos aviones a gran escala de transporte comercial propulsados por hélices llegaron a emplear hasta cuatro motores radiales de 36 cilindros y de 3.500 caballos de fuerza; son ejemplos de ello fueron los Douglas DC-7 y los Lockheed Constellation.

La industria del motor de aviación ha dado un gran salto tecnológico; hoy se emplean los motores turbo fan en aviones comerciales.

⁶ Teoría motores recíprocos desempeño .pdf

Para los aviones de combate se ha mejorado su rendimiento, con motores turbo fan de baja derivación y postcombustión (postquemador), aumentando el empuje de los motores durante situaciones específicas mediante la aspersion de combustible al aire caliente entre la turbina y la tobera de escape.

Dentro de la aviación moderna se emplean básicamente dos tipos de motores, los de turbo fan y los de turbohélice.

Si bien, en la aeronáutica también se emplean motores con combustibles sólidos, los montados en aviones, tanto comerciales como militares, emplean combustibles líquidos.

En la aviación civil, dentro de la categoría de aviación general que abarca aviones que no superan ciertas dimensiones o configuraciones de potencia, son usuales los motores de combustión interna que no se basan en el principio de las turbinas de gas sino en el movimiento alternativo de pistones.

Que han tenido una evolución relativamente lenta desde que el motor a pistón perdió su protagonismo como sistema propulsor principal de todo tipo de aviones a comienzos de la década de 1960.

En la categoría de aviación privada y de negocios conviven aviones propulsados por turbohélice y turbo fan, que no llegan a las dimensiones de los aviones comerciales (con excepciones como el Boeing BBJ) y se ubican como intermedio entre la aviación general y la de grandes aviones de pasajeros.

En esta categoría se proyectan motores turbo fan cada vez más compactos que permitan mejorar el rendimiento aerodinámico y la eficiencia de combustible (para aumentar la velocidad y autonomía) mientras que los turbohélice se han diversificado en innumerables soluciones de aviones utilitarios e incluso de entrenamiento militar (por ej. mono motores de Embraer y Pilatus)



Figura 2.5 Wright Whirlwind J-5, de los primeros motores radiales.

Fuente: Imágenes Wiki pedía.

Muchos de los primeros aviones turbohélice de aviación general nacieron como un salto natural al sustituir el motor a pistón por el motor a reacción, así que no es extraño que existan métodos de conversión o que compañías como Cessna y Piper hayan ofrecido modelos con dicha evolución.

Sin embargo este cambio o aumento en sus prestaciones representa también un aumento en el costo operativo y uso de combustible, así que muchos de los aviones desarrollados con turbohélice para aviación general desde mediados de la década de 1970 hasta mediados de 1980 desaparecieron rápidamente.

Mientras que en aplicaciones comerciales de mayor tamaño el relativo menor costo operativo de un turbohélice frente a un turbo fan ha permitido el florecimiento de aviones utilitarios de pequeño y mediano tamaño (como la longeva familia de Beechcraft King Air, el exitoso Lockheed C-130 Hércules o el reciente transporte militar Airbus A400M).

Y de aerolíneas regionales que ofrecen vuelos cortos y de conexión a bajo costo, un mercado que cada vez se hace más grande y cuenta con mayores desarrollos de potencia y capacidad (como el reciente Bombardier Q series) en la que también compiten aviones derivados de la aviación privada que, con motores

turbo fan más potentes, han podido diseñarse para transportar una cantidad intermedia de pasajeros en jets relativamente pequeños y distancias cortas.⁷

2.9. Mecánica de materiales

La mecánica de materiales es una rama de la mecánica que estudia las relaciones entre las cargas externas aplicadas a un cuerpo deformable y la intensidad de las fuerzas internas que actúan dentro del cuerpo.

Esta disciplina de estudio implica también calcular las deformaciones del cuerpo y proveer un estudio de la estabilidad del mismo cuando está sometido a fuerzas externas.

En el diseño de cualquier estructura o máquina es necesario primero, usar los principios de la estática para determinar las fuerzas que actúan sobre y dentro de los diversos miembros.

El tamaño de los miembros, sus deflexiones y su estabilidad dependen no solo de las cargas internas, sino también del tipo del material de que están hechos.

En consecuencia una determinación precisa y una comprensión básica del comportamiento del material serán de importancia vital para desarrollar las ecuaciones necesarias usadas en la mecánica de materiales.⁸

2.9.1. Cargas externas

Un cuerpo puede estar sometido a diversos tipos de cargas externas; sin embargo cualquiera de estas puede clasificarse como fuerza de cuerpo o fuerza de superficie.

⁷ <file:///H:/Motor%20aeron%C3%A1utico%20-%20Wikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.htm>

⁸ MECANICA DE MATERIALES (2008). Capítulo 1, ESFUERZOS. Sexta edición. P 3

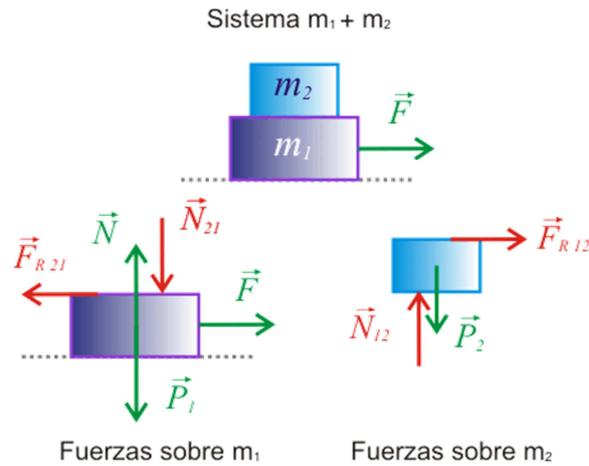


Figura 2.6 Representación de fuerzas externas a un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.1 Fuerza de superficie

Son causadas por el contacto directo de un cuerpo con la superficie de otro. En todos los casos, esas fuerzas están distribuidas sobre el área de contacto entre los cuerpos. En particular si ésta área es pequeña en comparación con el área total del cuerpo, entonces la fuerza superficial puede idealizarse como una sola fuerza concentrada, que es aplicada a un punto sobre el cuerpo.

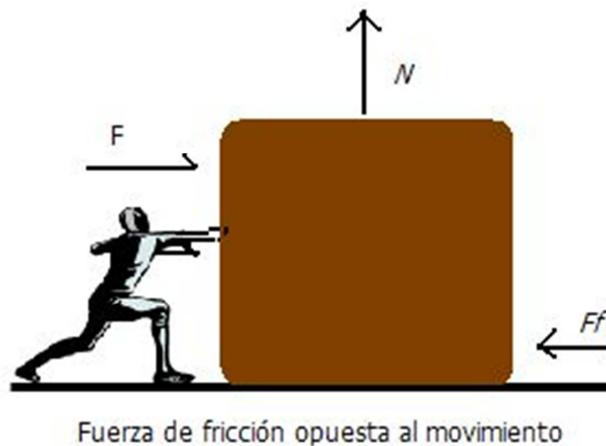


Figura 2.7 Representación de fuerzas de superficie a un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.2 Fuerza de cuerpo

Se desarrolla cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo sin contacto físico directo entre los cuerpos.

Ejemplos de estos incluyen los efectos causados por la gravitación sobre de la Tierra o por su campo electromagnético. Aunque las fuerzas de cuerpo afectan cada partícula que forma el cuerpo, esas fuerzas se representan normalmente por una sola fuerza concentrada actuando sobre el cuerpo.

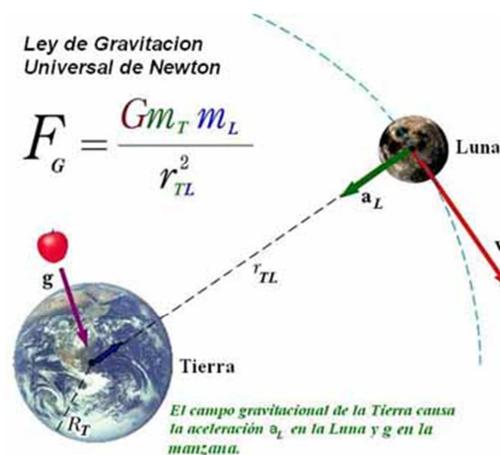


Figura 2.8 Campo gravitacional de la tierra.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.3 Reacciones en los soportes

Las fuerzas de superficie que se desarrollen en los soportes o puntos de contacto entre cuerpos se llaman “reacciones”.

En problemas bidimensionales, es decir, en cuerpos sometidos a sistemas de fuerzas coplanares, los soportes más comúnmente se encuentran sometidos hasta dos tipos de reacciones; fuerza y par.⁹

⁹ MECANICA DE MATERIALES (2008). Capitulo 1, ESFUERZOS. Sexta edición. P 4-5

2.9.1.4 Fuerza normal (N)

Esta fuerza actúa perpendicularmente al área. Esta se desarrolla siempre que las fuerzas externas tienden a empujar o jalar sobre los dos segmentos del cuerpo.

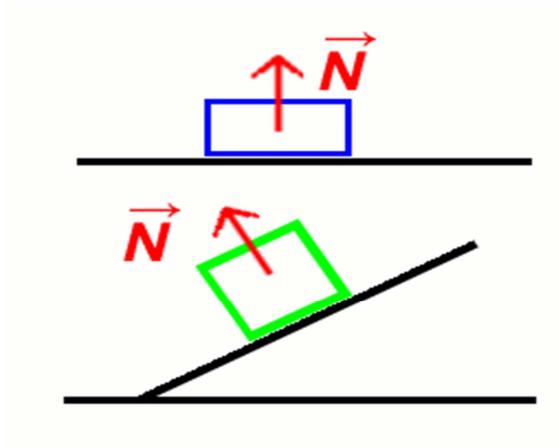


Figura 2.9 Fuerza normal en un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.5 Fuerza cortante (V)

La fuerza cortante reside en el plano del área y se desarrolla cuando las cargas externas tienden a ocasionar que los dos segmentos del cuerpo resbalen uno sobre el otro.

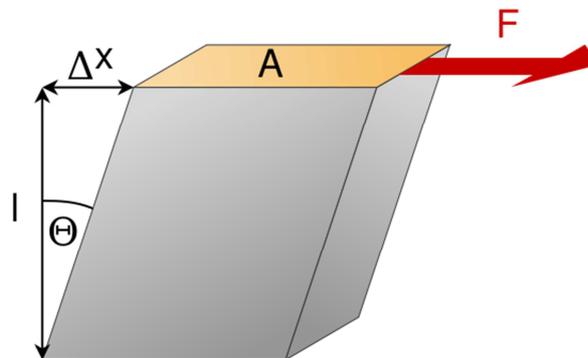


Figura 2.10 Fuerza cortante en un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.6 Momento torsionante o torca (T)

Este efecto se desarrolla cuando las cargas externas tienden a torcer un segmento del cuerpo con respecto al otro.

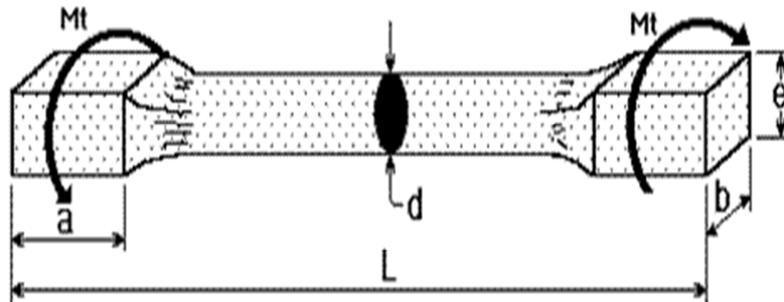


Figura 2.11 Fuerza momento torsionante en un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

2.9.1.7 Momento flexionante (M)

El momento flexionante es causado por las cargas externas que tienden a flexionar el cuerpo respecto a un eje que se encuentra dentro del plano del área.¹⁰

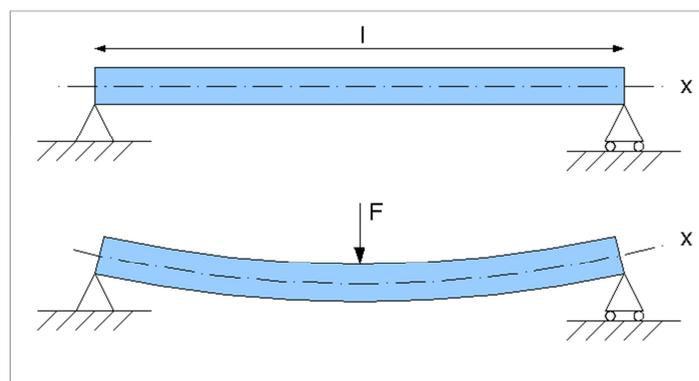


Figura 2.12 Fuerza momento de flexión en un cuerpo.

Fuente: Imágenes google.

¹⁰ MECANICA DE MATERIALES (2008). Capitulo 1, ESFUERZOS. Sexta edición. P 8

2.10. Deformación

Cuando se aplica una fuerza a un cuerpo, ésta tiende a cambiar la forma y tamaño del cuerpo. A esos cambios se les llama “deformación” y esta puede ser visible o prácticamente inadvertida si no se emplea el equipo apropiado para hacer mediciones precisas. Por ejemplo una banda de hule, experimentará una deformación muy grande cuando se estira. En cambio, en un edificio sólo ocurrirán deformaciones ligeras en sus miembros estructurales debido a las carga de sus ocupantes.

2.10.1. Deformación unitaria

Con objeto de describir la deformación por cambios en la longitud de segmentos de líneas y los cambios en los ángulos entre ellos, desarrollaremos el concepto de deformación unitaria. Las mediciones de deformación unitaria se hacen en realidad por medio de experimentos.

2.10.1.1 Deformación unitaria normal

El alargamiento o contracción de un segmento de línea por unidad de longitud se llama “deformación unitaria normal”.

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

ϵ : Deformación Unitaria

δ : Deformación Total

(2.1)

Figura 2.13 Fórmula deformación unitaria.

Fuente: Imágenes google.

2.10.1.2 Deformación unitaria cortante

El cambio en el ángulo que ocurre entre dos segmentos de línea inicialmente perpendiculares entre sí se llama “deformación unitaria cortante”. Este ángulo¹¹ se denomina “ γ ” (gamma) y se mide en radianes.¹²

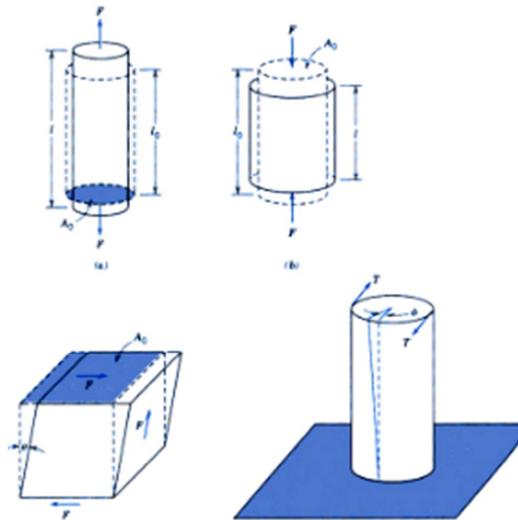


Figura 2.14 Deformación unitaria cortante.

Fuente: Imágenes google.

2.10.2. Pruebas de tensión y compresión

La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga sin deformación excesiva o falla. Esta propiedad es inherente al material mismo y debe determinarse por experimentación. Entre las pruebas más importantes están las pruebas de tensión o compresión.

Aunque con estas pruebas pueden determinarse muchas propiedades mecánicas importantes de un material, se utilizan principalmente para determinar la relación entre el esfuerzo normal promedio y la deformación normal unitaria en muchos materiales utilizados en ingeniería, sean de metal cerámica polímeros o compuestos.

¹² MECANICA DE MATERIALES (2008). Capítulo 2, DEFORMACIÓN. Sexta edición. P 70

Para llevar a cabo esta prueba se prepara un espécimen o probeta de forma y tamaño “estándar”. Antes de la prueba, se imprimen con un punzón a la probeta dos marcas pequeñas a lo largo de ésta.

Estas marcas se colocan lejos de los extremos del espécimen porque la distribución del esfuerzo en los extremos es un tanto compleja debido al agarre de las conexiones cuando se aplica una carga. Se toman mediciones tanto del área de la sección transversal inicial del espécimen como de la distancia de la longitud calibrada entre marcas del punzón.¹³

2.10.2.1 Diagrama de esfuerzo deformación unitaria

A partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión, es posible calcular varios valores de esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en el espécimen y luego graficar los resultados. La curva resultante se llama “diagrama de esfuerzo-deformación unitaria”¹⁴.

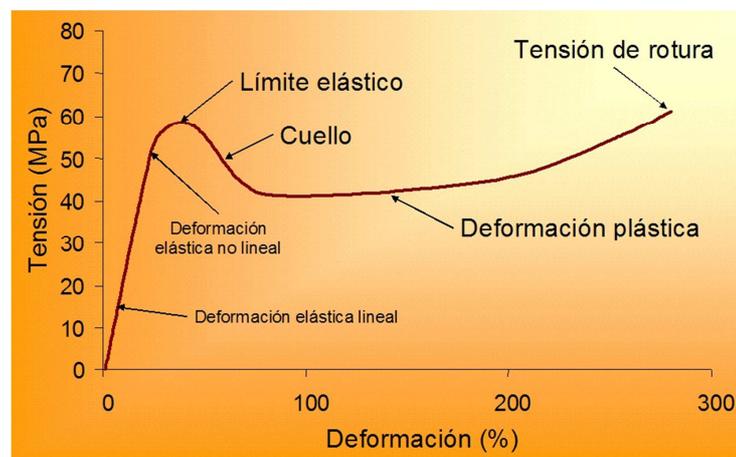


Figura 2.15 Diagrama esfuerzo deformación unitaria.

Fuente: Imágenes google.

¹³ MECANICA DE MATERIALES (2008). Capítulo 2, DEFORMACIÓN. Sexta edición. P 85-86.

¹⁴ MECANICA DE MATERIALES (2008). Capítulo 2, DEFORMACIÓN. Sexta edición. P 87.

2.11. Conceptos básicos de resistencia de materiales

2.11.1 Prevención de deformación excesiva

Se utiliza engranajes en dispositivos mecánicos para transmitir potencia en sistemas familiares como la transmisión de un camión, el sistema de conducción de una banda transportadora o el husillo de una máquina herramienta. Para una adecuada operación de los engranajes es esencial que estén apropiadamente alineados, de tal suerte que los dientes del eje motriz queden perfectamente engranados con los engranajes del eje conducido. Cuando los engranajes transmiten potencia, se generan fuerzas que tienden a separarlos. Estas fuerzas son soportadas por la flechas (árbol de transmisión del engranaje), la acción de las fuerzas perpendiculares a las flechas tienden a combarlas (torcerlas), lo que provoca desalineación de los dientes de los engranajes; por ello las flechas se diseñan para mantener deflexiones en los engranes a un nivel mínimo, aceptable.¹⁵

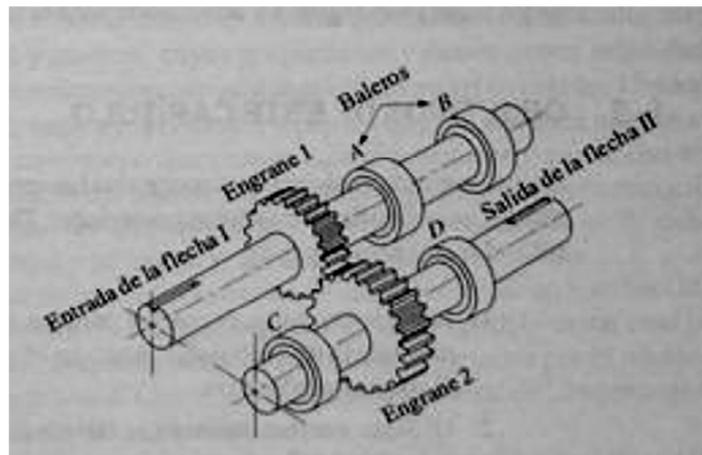


Figura 2.16 Dos flechas con engranajes acoplados.

Fuente: “RESISTENCIA DE MATERIALES” Robert L. Mott.

2.11.2 Estabilidad y pandeo.

Una estructura puede colapsarse si uno de sus elementos de soporte crítico es incapaz de mantener su forma bajo las cargas aplicadas, incluso si el material no

¹⁵ “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P6.

falla por fractura. Un ejemplo es una columna o poste largo y esbelto sometido a una carga de compresión dirigida hacia abajo. Con una cierta carga crítica, la carga se pandeará, es decir repentinamente se doblará, combará y perderá su forma recta original. Cuando esto sucede, si la carga permanece aplicada, la columna se colapsara por completo.¹⁶

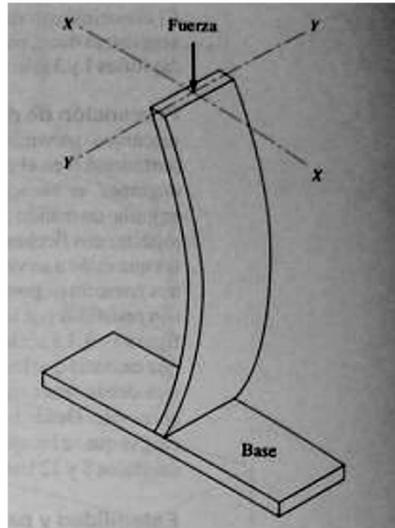


Figura 2.17 Una columna sometida a compresión que ilustra la inestabilidad elástica o pandeo.

Fuente: “RESISTENCIA DE MATERIALES” Robert L. Mott.

2.11.3 Resistencia a la tensión y a la cedencia

Los datos de referencia que contienen las propiedades mecánicas de materiales casi siempre incluyen la resistencia a la tensión y a la cedencia del metal.

La comparación de los esfuerzos reales en una pieza, con la resistencia a la tensión o a la cedencia del material del cual está hecha la pieza es el método usual de evaluar la conveniencia del material para soportar las cargas aplicadas con seguridad.¹⁷

¹⁶ “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P6.

¹⁷ “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P56.

2.11.4 Resistencia a la compresión

El comportamiento de esfuerzo-deformación de la mayoría de los metales forjados es casi el mismo que a compresión que a tensión. Esto se debe a que el material tiene una estructura casi uniforme y homogénea en su totalidad. Cuando un material se comporta de forma similar pese a la dirección de las cargas, se conoce como material isotrópico. Para materiales isotrópicos, entonces, en general no se realizan pruebas de compresión distintas y no se reportan datos distintos para resistencia a la compresión.

2.11.5 Rigidez

Con frecuencia es necesario determinar cuánto se deformará una parte bajo carga para garantizar que la deformación excesiva no inutilice la parte. Esto puede ocurrir con esfuerzos por debajo de la resistencia a la cedencia del material, sobre todo en miembros muy largos, o en dispositivos de alta precisión. La rigidez de un material es una función de su módulo de elasticidad, en ocasiones llamado módulo de “Young”.

“El módulo de elasticidad **E**, es una medida de la rigidez de un material determinado por la pendiente de la parte de línea recta de la curva esfuerzo-deformación. Es la relación del cambio del esfuerzo al cambio correspondiente de la deformación.”

Esto puede formularse matemáticamente como:

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación}} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.2)$$

Por consiguiente un material que tiene una pendiente más pronunciada en su curva de esfuerzo-deformación será más rígido y se deformará menos bajo carga que uno de pendiente menos pronunciada.

“Cuando el nivel de esfuerzo de un material bajo carga está por debajo del límite proporcional y existe una relación de línea recta entre esfuerzo y deformación se dice que la ley de Hooke es válida.”¹⁸

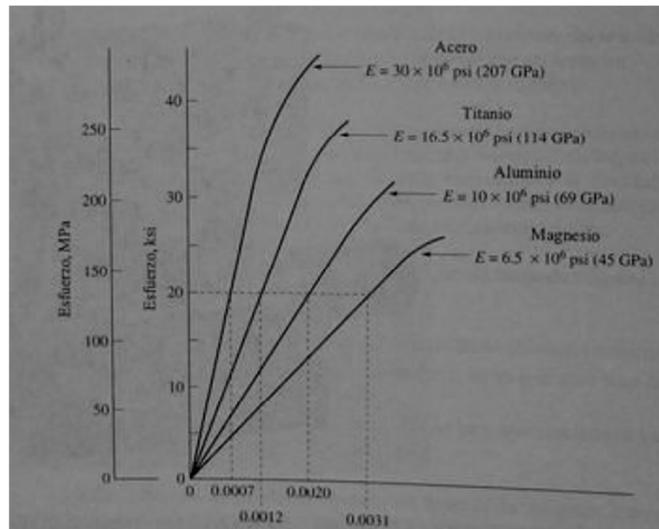


Figura 2.18 Módulo de elasticidad de diferentes materiales.

Fuente: “RESISTENCIA DE MATERIALES” Robert L. Mott.

2.11.6 Ductilidad

Cuando se rompen los metales, su fractura puede clasificarse como dúctil o como frágil. Un material dúctil se alargará y cederá antes de fracturarse y en la sección fracturada el área de la sección transversal se reducirá notablemente. A la inversa un material frágil se fracturará de repente con poco o ningún alargamiento en el área de la sección fracturada.

Los materiales dúctiles se prefieren para piezas que soportan cargas repetidas o que se someten a carga de impacto, porque en general son más resistentes a la falla por fatiga y porque absorben mejor la energía de impacto.¹⁹

¹⁸“RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P59.

¹⁹ “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P60.

2.11.7 Dureza

La resistencia de material, por la huella de un penetrador es una indicación de su dureza. Varios tipos de dispositivos, procedimientos y penetradores miden la dureza, el probador de dureza Rockwell se utilizan con mucha frecuencia para elementos de máquina. Para aceros, el probador de dureza Brinell utiliza una bola de acero endurecido de 10 mm de diámetro como penetrador bajo una carga de 3000kg de fuerza.

La carga produce una huella permanente en el material de prueba y el diámetro de la huella está relacionado con el número de dureza Brinell, el cual se abrevia HB. La cantidad que se está midiendo es la carga dividida entre el área de contacto de la huella. Para aceros, el valor de HB varia aproximadamente 100 para acero al bajo carbón recocido hasta más de 700 para aceros de alta aleación de alta resistencia en la condición temple por inmersión. En los valores altos, por encima de HB 500, el penetrador es en ocasiones es el carburo de tungsteno en lugar de acero. Para metales más blandos, se utiliza una carga de 500kg.²⁰

2.11.8 Tenacidad y energía de impacto

La tenacidad es la capacidad de un material de absorber energía aplicada sin falla. Las partes sometidas a cargas, choques o impactos repentinamente aplicados requieren un alto nivel de tenacidad. Se utilizan varios métodos para medir la cantidad de energía requerida para romper una probeta particular hecha de un material de interés.

El valor de absorción de energía obtenido con dichas pruebas a menudo se conoce como energía de impacto o resistencia al impacto. Sin embargo, es importante señalar que el valor real depende en gran medida de la naturaleza de la muestra de prueba, en particular de su geometría, no es posible utilizar los resultados de prueba de forma cuantitativa cuando se realicen cálculos de diseño. En su lugar, se puede comparar la energía de impacto de varios materiales candidatos a una aplicación particular como una indicación cualitativa de su tenacidad.

²⁰ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P64.

El diseño final deberá ser sometido a prueba en condiciones de servicio reales para verificar su capacidad de supervivencia segura durante su uso esperado.²¹

2.11.9 Fluencia

Cuando los materiales se someten a carga altas de forma continua, pueden experimentar un alargamiento progresivo con el tiempo. Este fenómeno, llamado fluencia, deberá ser considerado para la mayoría de los plásticos y metales que operan a grandes temperaturas.

Deberá realizar pruebas de fluencia cuando la temperatura de operación de un miembro de metal exceda aproximadamente de 0.3 (T_m) donde T_m es la temperatura de fusión expresada como una temperatura absoluta.²²

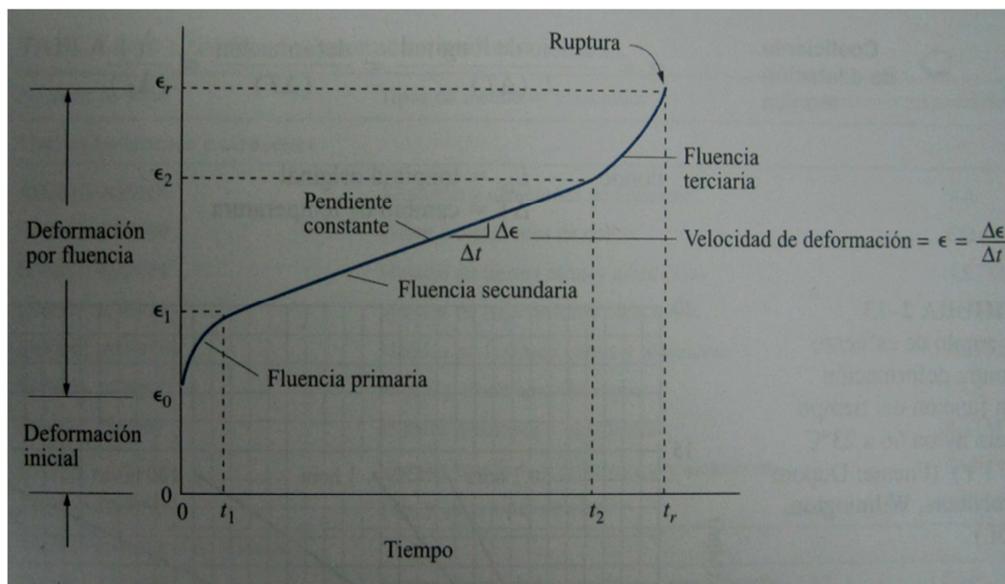


Figura 2.19 Comportamiento de fluencia típico.

Fuente: Investigación de campo.

²¹ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P66.

²² "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P68

2.11.10 Densidad

Densidad se define como la masa por unidad de volumen de un material. Sus unidades usuales son kg/m^3 en el sistema internacional y lb/in^3 en el sistema inglés, donde la unidad de libra se toma como libra-masa. La letra griega ρ (ρ) es el símbolo de densidad.

En algunas aplicaciones se utiliza el término peso específico o densidad de peso para indicar el peso por unidad de volumen de un material.

Unidades típicas son N/m^3 en el sistema internacional y lb/in^3 en el sistema inglés, donde la libra se toma como libra-fuerza. La letra griega γ (γ) es el símbolo de peso específico.²³

2.12. Materiales de construcción

2.12.1 Clasificación de metales y aleaciones

Varias asociaciones industriales son responsables de establecer estándares para la clasificación de metales y aleaciones. Cada una dispone de su propio sistema de numeración, conveniente para el metal particular amparado por el estándar.

Pero esto crea confusión en ocasiones, cuando existe un traslape entre dos o más estándares y se utilizan esquemas ampliamente diferentes para denotar los metales.

Se ha puesto orden en la clasificación de metales con el uso del Sistema Unificado de Numeración (UNS, por sus siglas en inglés) definido en el estándar E527-83(2003). "Standard Practice for Numbering metals and Alloys" (UNS), de la "American Society for Testing and Materials (ASTM)".

Además de registrar los materiales bajo el control de ASTM el UNS coordina las designaciones de:

- The Aluminum Association (AA).
- American Iron and Steel Institute (AISI).

²³ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P69

- Copper Developed Association (CDA).
- Society of Automotive Engineers (SAE).

La serie primaria de números del UNS aparece en la siguiente tabla junto con la organización responsable de asignar los números dentro de cada serie.

Muchas aleaciones dentro del UNS retienen los muy conocidos números de los sistemas utilizados por muchos años por la asociación individual.

Por ejemplo, la siguiente sección describe el sistema de designación de cuatro dígitos del AISI para aceros al carbón y aleados.

Ejemplos AISI 1020, un acero al carbón simple y AISI 4140, un acero aleado. Estos aceros portarían las designaciones UNS G10200 y G41400, respectivamente.

Número de serie	Tipos de metales y aleaciones	Organización responsable
Metales no ferrosos y aleaciones		
A00001–A99999	Aluminio y aleaciones de aluminio	AA
C00001–C99999	Cobre y aleaciones de cobre	CDA
E00001–E99999	Metales de tierras raras y aleaciones	ASTM
L00001–L99999	Metales de baja fusión y aleaciones	ASTM
M00001–M99999	Metales no ferrosos varios y aleaciones	ASTM
N00001–N99999	Níquel y aleaciones de níquel	SAE
P00001–P99999	Metales preciosos y aleaciones	ASTM
R00001–R99999	Metales reactivos y refractarios y aleaciones	SAE
Z00001–Z99999	Zinc y aleaciones de zinc	ASTM
Metales ferrosos y aleaciones		
D00001–D99999	Aceros, propiedades mecánicas especificadas	SAE
F00001–F99999	Hierros y aceros fundidos	ASTM
G00001–G99999	Aceros al carbón y de aleación (incluye los anteriores aceros al carbón y de aleación SAE)	AISI
H00001–H99999	Aceros H; templabilidad especificada	AISI
J00001–J99999	Aceros fundidos (excepto aceros para herramientas)	ASTM
K00001–K99999	Aceros varios y aleaciones no ferrosas	ASTM
S00001–S99999	Aceros (inoxidables) resistentes al calor y la corrosión	ASTM
T00001–T99999	Aceros para herramientas	AISI

Figura 2.20 Sistema de numeración unificado.

Fuente: Investigación de campo.

El término “acero” se refiere a aleaciones de hierro y carbón y, en muchos casos, a otros elementos. Debido al gran número de aceros disponibles, en esta sección se clasificarán como aceros al carbón, aceros aleados, aceros inoxidables, y aceros estructurales.

Para aceros al carbón y aceros aleados se utiliza un código de designación de cuatro dígitos para definir cada aleación.

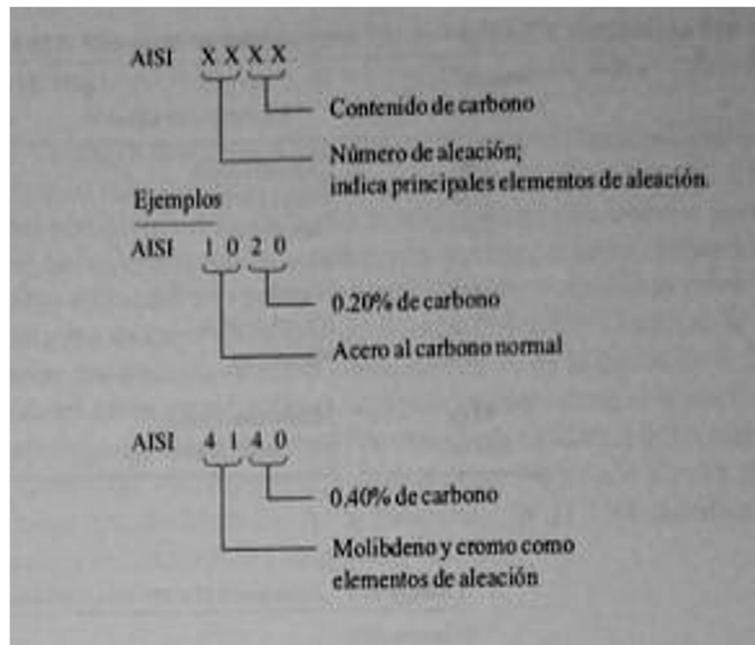


Figura 2.21 Sistema de designación del acero.

Fuente: “RESISTENCIA DE MATERIALES” Robert L. Mott.

Los cuatro dígitos serían los mismos para aceros clasificados por él:

Instituto Estadounidense del Acero (AISI) y la,

Asociación de Ingenieros Automotrices (SAE).

La clasificación va por parte de la Asociación Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM).

Acero AISI núm.	Elementos de aleación	Acero AISI núm.	Elementos de aleación
10xx	Carbón simple	46xx	Molibdeno-níquel
11xx	Azufre (corte libre)	47xx	Molibdeno-níquel-cromo
13xx	Manganeso	48xx	Molibdeno-níquel
14xx	Boro	5xx	Cromo
2xxx	Níquel	6xx	Cromo-vanadio
3xxx	Níquel-cromo	8xx	Níquel-cromo-molibdeno
4xxx	Molibdeno	9xx	Níquel-cromo-molibdeno (excepto 92xx)
41xx	Molibdeno-cromo	92xx	Silicio-manganeso
43xx	Molibdeno-cromo-níquel		

Figura 2.22 Principales elementos de aleación en aleaciones de acero.

Fuente: investigación de campo.

En general, los dos primeros dígitos en una designación de cuatro dígitos para acero denotan los principales elementos de aleación, además del carbón, en el acero. Los dos últimos dígitos denotan el porcentaje (o puntos) promedio de carbón en el acero. Por ejemplo, si los dos últimos dígitos son 40, el acero tendría aproximadamente un contenido de carbón de 0.4%. Al carbón se le otorga ese lugar tan prominente en la designación de aleación porque, en general, a medida que se incrementa el contenido de carbón, la resistencia y dureza del acero también lo hacen. El contenido de carbón en general oscila desde 0.1% hasta aproximadamente 1.0%. es de hacerse notar que mientras la resistencia se incrementa con el creciente contenido de carbón, el acero también se vuelve menos dúctil.²⁴

2.12.2 Condiciones para aceros

Las propiedades mecánicas de los aceros al carbón y de aleación son muy sensibles a la manera en que se forman y a los procesos de tratamiento térmico. En el anexo (anexo A) incluye la resistencia máxima, la resistencia a la cedencia y el porcentaje de alargamiento de varios aceros en varias condiciones. Observe que estas son propiedades ejemplo o típicas en las que no se puede confiar para

²⁴ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P72.

diseño. Las propiedades del material dependen de muchos factores, incluido el tamaño de sección, la temperatura, la composición real, las variables en el procesamiento y las técnicas de fabricación. Es responsabilidad del diseñador investigar la posible variedad de propiedades de un material y diseñar miembros de carga que sean seguros a pesar de la combinación de factores presentes en una situación dada.²⁵

Acero AISI núm.	Usos típicos
1020	Acero estructural, barras, placa
1040	Partes de maquinaria, flechas
1050	Partes de maquinaria
1095	Herramientas, resortes
1137	Flechas, partes de máquina para fabricar tornillos (aleación de corte libre)
1141	Flechas, partes maquinadas
4130	Acero de alta resistencia de uso general; flechas, engranes, pasadores
4140	Igual que 4130
4150	Igual que 4140
5160	Engranes de alta resistencia, pernos
8760	Herramientas, resortes, cinces

Figura 2.23 Aleaciones de acero comunes y usos típicos.

Fuente: Investigación de campo.

2.12.3 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables obtienen su nombre debido a su resistencia a la corrosión. El elemento primario en la aleación de aceros inoxidables es el cromo, presente en un 17% en la mayoría de las aleaciones. Se utiliza un mínimo de 10.5% de cromo, y puede llegar hasta el 27%.

Aunque están disponibles más de 40 grados de acero inoxidable con los productores de acero, usualmente se categorizan en tres series que contienen aleaciones con propiedades similares. Las propiedades de algunos aceros inoxidables aparecen en el anexo (anexo B).

²⁵ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P73.

Los aceros de las series 200 y 300 tienen una alta y buena resistencia a la corrosión. Pueden ser utilizados a temperaturas de aproximadamente 1200⁰F con buena retención de sus propiedades. Debido a su estructura, estos aceros son esencialmente no magnéticos. Su buena ductilidad y tenacidad, y su buena soldabilidad los hace útiles en equipo de procesamiento químico, productos arquitectónicos, y productos relacionados con alimentos.

No son endurecibles por tratamiento térmico, aunque pueden ser fortalecidos mediante trabajo en frío. Las clases de trabajo en frío típicamente se conocen como cuarto duro, medio duro, tres cuartos duro y totalmente duro, con la resistencia incrementada a medida que la dureza es más alta. Pero la ductilidad se reduce a medida que se incrementa la dureza. El anexo (anexo B) muestra las propiedades de algunas aleaciones de acero inoxidable en dos condiciones, recocido y totalmente duro, es decir, los extremos de resistencia disponibles. La condición recocida en ocasiones se llama blando.

2.12.4 Aceros estructurales

Los aceros estructurales se producen en las formas de lámina, placa, barras, tuberías, y perfiles estructurales tales como vigas "I", vigas de patín ancho, canales y ángulos. La ASTM asigna una designación de número a estos aceros, la cual es el número del estándar que define las propiedades mínimas requeridas. El anexo (anexo C) incluye grados frecuentemente utilizados para aceros estructurales y sus propiedades.

Un acero muy popular para aplicaciones estructurales es el ASTM A36, un acero al carbón utilizado para muchos perfiles, placas y barras comercialmente disponibles. Tiene una resistencia mínima a la fluencia de 36ksi (248MPa), es soldable y se utiliza en puentes, edificios para propósitos estructurales generales.

Los perfiles W ampliamente utilizados en la construcción de edificios y otras estructuras industriales, en la actualidad se hacen comúnmente de acero ASTM A992, uno de los varios grados del acero de baja aleación y alta resistencia (HSLA).

Con resistencia a cedencia mínima de 50ksi (345MPa), permite utilizar vigas más livianas, en comparación con el acero ASTM A36 anteriormente utilizado, en muchas aplicaciones con significativos ahorros de costos.

Es de hacer notar que prácticamente todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad, el cual es una indicación de la rigidez del material.

Por consiguiente, es crítico evaluar la deflexión de una viga además de su resistencia.²⁶

Designación ASTM	Grado	Resistencia a la cedencia		Aceros disponibles para las aplicaciones listadas					
		ksi	MPa	Perfiles W	Perfiles S, C, L	Tubo	HSS o cuadrada	HSS redonda rectangular	Placas y barras
A36		36	248	A	P	—	—	—	P: hasta 8 in.
A53		35	241	—	—	P	—	—	—
A242		42	290	A	—	—	—	—	A: 1.5 a 4 in.
		46	317	A	—	—	A	—	A: 0.75 a 1.5 in.
A500	B	50	345	A	A	—	A	—	A: hasta 0.75 in.
		42	290	—	—	—	—	P	—
	C	46	317	—	—	—	P	—	—
		46	317	—	—	—	—	A	—
	50	345	—	—	—	A	—	—	
A501		36	248	—	—	—	A	A	—
A514		90	621	—	—	—	—	—	A: 2.5 a 6 in.
A572		100	690	—	—	—	—	—	A: hasta 2.5 in.
	42	42	290	A	A	—	—	—	A: hasta 6 in.
	50	50	345	A	A	—	—	—	A: hasta 4 in.
	55	55	379	A	A	—	—	—	A: hasta 2 in.
	60	60	414	A	A	—	—	—	A: hasta 1.25 in.
	65	65	448	A	A	—	—	—	A: hasta 1.25 in.
A913	65	65	448	A	A	—	—	—	—
A992	50	50	345	P	—	—	—	—	—

Notas: Adaptada de la referencia 1, capítulo 1. Otros materiales, grados y perfiles disponibles
P = especificación de material preferida
A = Disponible - Consultar con el proveedor
- = No disponible

Figura 2.24 Grados de aceros estructurales disponibles para perfiles típicos, placas y barras.

Fuente: Investigación de campo.

2.12.5. Hierro fundido

Las propiedades atractivas del hierro fundido incluyen su bajo costo, buena resistencia al desgaste, buena maquinabilidad y la habilidad de ser moldeado en formas complejas.

²⁶ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P74.

2.12.5.1 Hierro gris

El hierro gris se utiliza en bloques de motor automotrices, bases de maquinaria, tambores de freno y grandes engranes. Normalmente se especifica mediante un número de grado correspondiente la resistencia a la tensión final mínima. Por ejemplo el hierro gris grado 20 tiene una resistencia máxima de por lo menos 20 000 psi (138 MPa); el grado 60 tiene $s_u = 60\ 000$ psi (414 MPa) y así sucesivamente. Los grados usuales disponibles van desde 20 hasta 60. El hierro gris es un tanto frágil, de modo que su resistencia a la cedencia normalmente no se reporta como propiedad.

Una característica sobresaliente del hierro gris es que su resistencia a la compresión es muy alta, aproximadamente de tres a cinco veces su resistencia a la tensión. Esto deberá ser tomado en cuenta en el diseño, en especial cuando una pieza se somete a esfuerzos de flexión.

2.12.5.2 Hierro dúctil

El hierro dúctil difiere del hierro gris en que exhibe cedencia, tiene un mayor porcentaje de alargamiento y de resistencia a la tensión generalmente más alta. Los grados de hierro dúctil se designan mediante un sistema de tres números tal como 80-55-6. El primer número indica la resistencia a la tensión máxima mínima en ksi, el segundo es la resistencia a la cedencia en ksi y el tercero es el porcentaje de alargamiento. Por consiguiente, el grado 80-55-6 tiene una resistencia máxima de 80 000 psi, una resistencia a la cedencia de 55 000 PSI y un porcentaje de alargamiento de 6%. Los usos del hierro dúctil incluyen cigüeñales y engranes para trabajo pesado.²⁷

2.12.5.3 Hierro dúctil con templado austenítico

El hierro dúctil con templado austenítico (ADI por sus siglas en inglés.) tiene una resistencia más alta y una mejor ductilidad que los hierros dúctiles estándar, como se puede ver en el anexo (anexo D). Esto permite que las partes sean más pequeñas y más livianas y hace que el ADI sea adecuado para usos tales como

²⁷ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P77.

engranes automotrices, cigüeñales y miembros estructurales de equipo de construcción y transporte al reemplazar a los aceros fundidos o colados.

El templado austenítico puede incrementar la resistencia del hierro dúctil en casi un factor de 2. Primero las piezas fundidas se calientan entre 1500°F y 1700°F (816°C y 927°C) y se mantiene así para que alcance una estructura uniforme.

Luego se enfría rápidamente por inmersión a una temperatura baja 450°F a 750°F (232°C a 400°C) y se mantiene así de nuevo. Después de varias horas de calentamiento isotérmico se permite que las piezas fundidas se enfríen a temperatura ambiente.²⁸

2.12.5.4 Hierro blanco

El hierro blanco se produce enfriando rápidamente una pieza fundida de hierro gris o hierro dúctil durante el proceso de solidificación. El enfriamiento típicamente se aplica a áreas seleccionadas; las que se vuelven muy duras tienen una alta resistencia al desgaste.

El enfriamiento no permite que el carbón presente en el hierro brote durante la solidificación y de ahí la apariencia blanca. Las áreas alejadas del medio de enfriamiento se solidifican más lentamente y adquieren las propiedades normales del hierro base.

Una desventaja del proceso de enfriamiento es que el hierro blanco es muy frágil.²⁹

2.12.5.5 Hierro maleable

El hierro maleable se lo utiliza en piezas automotrices y de camión, maquinaria de construcción y equipo eléctrico.

Exhibe cedencia, sus resistencias a la tensión son comparables con las del hierro dúctil y sus resistencias a la compresión máxima son un poco más altas que las del hierro dúctil.

²⁸ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P78.

²⁹ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P78.

En general se utiliza un número de cinco dígitos para designar grados del hierro maleable. Por ejemplo 40010 tiene una resistencia a la cedencia de 40 000 psi (276 MPa) y un porcentaje de alargamiento de 10%.

El anexo (anexo D) de las propiedades mecánicas de varios grados de hierro gris, hierro dúctil, ADI y hierro maleable.³⁰

2.12.6 Aluminio

Las aleaciones del aluminio están diseñadas para que alcancen propiedades óptimas para usos específicos. Algunas se producen principalmente como lámina, placa, barra o alambre. Los perfiles estructurales estándar y de secciones especiales a menudo se troquelan.

Se utilizan varias aleaciones para forja, en tanto que otras son aleaciones de fundición especiales. En el anexo (anexo E) da las propiedades de aleaciones de aluminio seccionadas.

El aluminio en forma forjada utiliza una designación de cuatro dígitos para definir las diversas aleaciones disponibles. El primer dígito indica el grupo de aleación de acuerdo al elemento de aleación principal. El segundo denota una modificación de la aleación básica. Los dos últimos dígitos identifican una aleación específica dentro del grupo. A continuación se describen brevemente las siete series principales de aleaciones de aluminio:

- **Serie 1000, 99.0% de aluminio o más.-** Excelente resistencia a la corrosión, manejabilidad y conductividad térmica y eléctrica. Bajas propiedades mecánicas. Utilizados en los campos químico y eléctrico, para molduras automotrices (aleación 1100) y para tubos de condensador troquelados y aletas de intercambiador de calor (aleación 1200).
- **Serie 2000, cobre como elemento de aleación.-** Térmicamente tratable con altas propiedades mecánicas. Resistente a la corrosión más baja que de la mayoría de las aleaciones. Utilizada en revestimientos estructurales

³⁰ "RESISTENCIA DE MATERIALES". (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P78.

de aviones, paneles de carrocería automotriz, partes de máquinas de fabricar tornillos, sujetadores y cascos de asientos.

- **Serie 3000, manganeso como elemento de aleación.-** No térmicamente tratable, aunque se puede obtener mediante trabajo en frío. Buena resistencia a la corrosión y manejabilidad. Utilizada en equipo químico, utensilios de cocina, revestimientos residenciales, tanques de almacenamiento, radiadores automotrices y núcleos de calentadores, molduras y tubos de condensador.
- **Serie 4000, silicio como elemento de aleación.-** No térmicamente tratable con un punto bajo de fusión. Utilizada como alambre de soldar y aleación para soldadura de latón. Aleación 4032 utilizada en pistones.
- **Serie 5000, magnesio como elemento de aleación.-** no térmicamente tratable, aunque se puede obtener una resistencia moderada mediante trabajo en frío. Buena resistencia a la corrosión y soldabilidad. Utilizada en servicio marino, recipientes sujetos a presión, molduras automotrices, herrajes para el constructor, estructuras soldadas, torres de tv, malacates de perforación, defensas de camión, escudos térmicos, ruedas y varios soportes en motores.
- **Serie 6000, silicio y magnesio como elementos de aleación.-** Térmicamente tratable a resistencia moderada. Buena resistencia a la corrosión, formabilidad y soldabilidad. Se utiliza en estructuras de servicio pesado, camiones y equipo ferrocarrilero, tubos, muebles, extrusiones arquitectónicas, piezas maquinadas y forjas. Las aplicaciones automotrices incluyen partes de suspensión, partes de ensamble de defensas, flechas de transmisión, cilindros y pistones de frenos, piezas de maquinas de fabricar tornillos, sujetadores y portaequipajes. La aleación 6061 es una de las más versátiles disponibles.
- **Serie 7000, zinc como elemento de aleación.-** Térmicamente tratable a muy alta resistencia. Relativamente escasa resistente a la corrosión y soldabilidad. Utilizada principalmente para miembros estructurales en

aviones. La aleación 7075 se encuentra entre las aleaciones de más alta resistencia disponibles. Se utiliza en su mayor parte en formas laminadas, estiradas y troqueladas y también en forjas. Las aplicaciones automotrices incluyen correderas de asientos, refuerzos de defensas, barras de soporte de cabeceras y aletas de condensador.³¹

2.13. Procesos de suelda

El término soldadura lo podemos definir como la unión mecánicamente resistente de dos o más piezas metálicas diferentes. La primera manifestación de ello, aunque poco tiene que ver con los sistemas modernos, se remonta a los comienzos de la fabricación de armas. Los trozos de hierro por unir eran calentados hasta alcanzar un estado plástico, para ser así fácilmente deformados por la acción de golpes sucesivos.

Mediante un continuo golpeteo se hacía penetrar parte de una pieza dentro de la otra. Luego de repetitivas operaciones de calentamiento, seguidos de un martilleo intenso, se lograba una unión satisfactoria. Este método, denominado “caldeado”, se continuó utilizando hasta no hace mucho tiempo, limitando su uso a piezas de acero forjable, de diseño sencillo y de tamaño reducido.

Los diversos trozos o piezas metálicas que se deseen fijar permanentemente entre sí, deben ser sometidas a algún proceso que proporcione uniones que resulten lo más fuertes posibles. Es aquí cuando para tal fin, los sistemas de soldadura juegan un papel primordial.

El calor necesario para unir dos piezas metálicas puede obtenerse a través de distintos medios. Podemos definir dos grandes grupos. Los sistemas de calentamiento por combustión con oxígeno de diversos gases (denominados soldadura por gas), y los de calentamiento mediante energía eléctrica (por inducción, arco, punto, etc.).

Las uniones logradas a través de una soldadura de cualquier tipo, se ejecutan mediante el empleo de una fuente de calor (una llama, un sistema de inducción, un arco eléctrico, etc.).

³¹ “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P79.

Para rellenar las uniones entre las piezas o partes a soldar, se utilizan varillas de relleno, denominadas material de aporte o electrodos, realizadas con diferentes aleaciones, en función de los metales a unir. En la soldadura, las dos o más piezas metálicas son calentadas junto con el material de aporte a una temperatura correcta, entonces fluyen y se funden conjuntamente. Cuando se enfrían, forman una unión permanente. La soldadura así obtenida, resulta tan o más fuerte que el material original de las piezas, siempre y cuando la misma esté realizada correctamente.³²

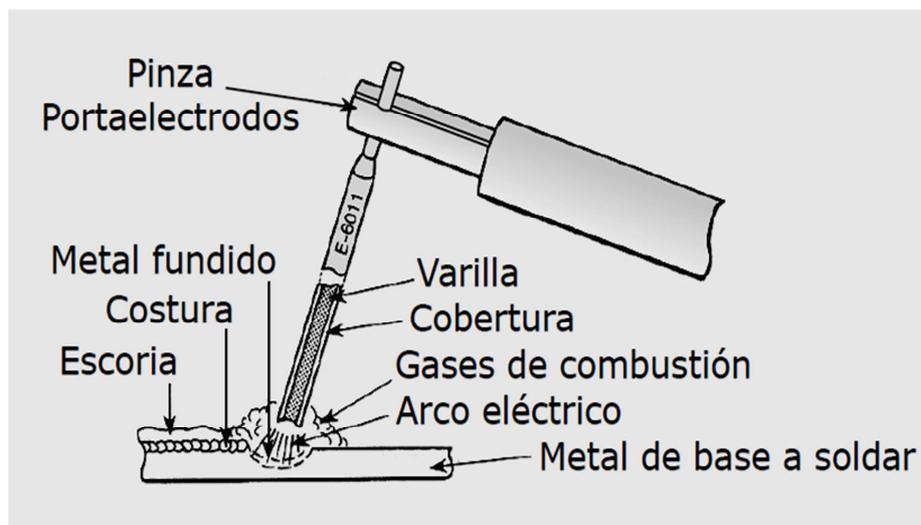


Figura 2.25 Soldadura por arco eléctrico.

Fuente: Investigación de campo.

2.13.1 Equipo eléctrico básico para Soldadura por arco

En la soldadura, la relación entre la tensión o voltaje aplicado y la corriente circulante es de suma importancia. Se tienen dos tensiones. Una es la tensión en vacío (sin soldar), la que normalmente está entre 70 a 80 Volt.

La otra es la tensión bajo carga (soldando), la cual puede poseer valores entre 15 a 40 Volt. Los valores de tensión y de corriente variarán en función de la longitud del arco. A mayor distancia, menor corriente y mayor tensión, y a menor distancia, mayor corriente con Tensión más reducida.

³² Manual de soldadura eléctrica, (2001) CAPITULO 1, Primera edición, pdf.

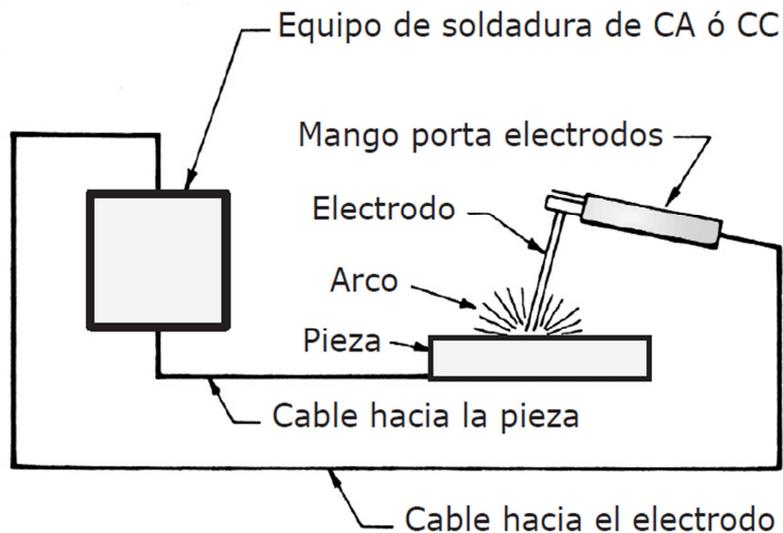


Figura 2.26 Circuito básico para soldar por arco eléctrico.

Fuente: Investigación de campo.

El arco se produce cuando la corriente eléctrica entre los dos electrodos circula a través de una columna de gas ionizado llamado “plasma”.

La circulación de corriente se produce cumpliendo el mismo principio que en los semiconductores, produciéndose una corriente de electrones (cargas negativas) y una contracorriente de huecos (cargas positivas).

El “plasma” es una mezcla de átomos de gas neutro y excitado. En la columna central del “plasma”, los electrones, iones y átomos se encuentran en un movimiento acelerado, chocando entre sí en forma constante.

La parte central de la columna de “plasma” es la más caliente, ya que el movimiento es muy intenso. La parte externa es más fría, y está conformada por la recombinación de moléculas de gas que fueron disociadas en la parte central de la columna.

Los primeros equipos para soldadura por arco eran del tipo de corriente constante. Han sido utilizados durante mucho tiempo, y aún se utilizan para Soldadura con Metal y Arco Protegido (SMAW siglas del inglés Shielded Metal Arc Welding), y en Soldadura de Arco de Tungsteno con Gas (GTAW siglas del inglés

Gas-Tungsten Arc Welding), porque en estos procesos es muy importante tener una corriente estable.

Para lograr buenos resultados, es necesario disponer de un equipo de soldadura que posea regulación de corriente, que sea capaz de controlar la potencia y que resulte de un manejo sencillo y seguro.

Podemos clasificar los equipos para soldadura por arco en tres tipos básicos:

- **Equipo de Corriente Alterna (CA).**
- **Equipo de Corriente Continua (CC).**
- **Equipo de Corriente Alterna y Corriente Continua.**

Ahora detallaremos uno por uno los equipos enunciados previamente.

- **Equipo de Corriente Alterna:** Consisten en un transformador. Transforman la tensión de red o de suministro (que es de 110 ó 220 Volt en líneas monofásicas, y de 380 Volt entre fases de alimentación trifásica) en una tensión menor con alta corriente. Esto se realiza internamente, a través de un bobinado primario y otro secundario devanados sobre un núcleo o reactor ferromagnético con entrehierro regulable.
- **Equipo de Corriente Continua:** Se clasifican en dos tipos básicos: los generadores y los rectificadores. En los generadores, la corriente se produce por la rotación de una armadura (inducido) dentro de un campo eléctrico. Esta corriente alterna trifásica inducida es captada por escobillas de carbón, rectificándola y convirtiéndola en corriente continua. Los rectificadores son equipos que poseen un transformador y un puente rectificador de corriente a su salida.
- **Equipo de Corriente Alterna y Corriente Continua:** Consisten en equipos capaces de poder proporcionar tanto CA como CC. Estos equipos

resultan útiles para realizar todo tipo de soldaduras, pero en especial para las del tipo TIG ó GTAW.³³

2.13.2 Equipo de seguridad mínimo

Para realizar cualquier tipo de soldadura eléctrica, el operario deberá contar con el equipo de protección necesario.

Este cumple con la función de proteger al soldador de las chispas y el calor, y de la luz intensa producida durante el proceso de soldadura eléctrica.



Figura 2.27 Equipo de protección personal para soldador.

Fuente: investigación de campo.

³³ Manual de soldadura eléctrica, (2001) CAPITULO 2, Primera edición, P17.

Las reglas de seguridad que siempre deben ser cumplidas son las siguientes, a saber:

- Utilizar siempre máscara o casco con vidrios del grado de protección correcto.
- Antes de comenzar a soldar, examinar si los lentes protectores del casco no posee grietas o fisuras.
- Utilizar siempre ropa resistente, junto con delantal de cuero o descarne con protección de plomo.
- Cubrir el cuerpo y los brazos con ropas pesadas y totalmente abotonadas.
- Antes de comenzar a soldar, comprobar que las demás personas estén protegidas contra las radiaciones que se desprenderán por efecto del arco eléctrico.
- Utilizar una pantalla no reflectante para proteger a las personas que trabajan cerca de usted de los destellos luminosos.
- Nunca comience a soldar cerca de una persona que no esté protegida.
- Utilizar ropas de color oscuro, ya que las de color claro reflejarán la luz del arco eléctrico.
- Nunca trabajar en un lugar húmedo o con agua, ya que se producirían descargas eléctricas a tierra a través del operario.
- Compruebe que la pieza y/o el banco de trabajo estén conectados eléctricamente a tierra.³⁴

³⁴ Manual de soldadura eléctrica, (2001) CAPITULO 1, Primera edición.

2.13.3. Electroodos

2.13.3.1 Evolución de los revestimientos

Los electroodos que se utilizaba a fines del siglo pasado y principios de este eran varillas metálicas sin recubrimiento.

Los operarios tenían que mantener un arco muy corto y para conservarlo en funcionamiento se necesitaba tener una gran habilidad.

Algunas de las fuentes de poder antiguas suministraban una tensión de salida que se consideraba elevada de acuerdo con los patrones actuales.

Como no se utilizaba ningún tipo de gas de protección ni de fundente para mantener el arco en funcionamiento se requerían tensiones muy grandes.

Los primeros recubrimientos para electroodos se emplearon para ayudar a estabilizar el arco, lo mantenían en funcionamiento, con lo que le costaba menos trabajo soldar al operario.

A medida que los recubrimientos tuvieron mayor aceptación, los soldadores se dieron cuenta de que estos compuestos hacían algo más que estabilizar el arco.

También contribuían a la transferencia del metal y a que los cordones quedaran más uniformes y con menos porosidad.

Se empezó a revestir los electroodos con todo tipo de materiales como la lechada (un recubrimiento de cal), papel (recubrimiento de celulosa), hilo de algodón, cáñamo y cordón de asbesto, para ver si mejoraba el efecto de la soldadura.

Algunos revestimientos eran delgados y otros muy gruesos.

2.13.3.2 Funciones de los revestimientos de los electroodos

- Estabiliza el arco, permite usar corriente alterna, directa o cualquier otro tipo de fuente de poder, dependiendo el revestimiento.
- Controla la penetración, ayuda a concentrar la energía del arco.

- Cubre la soldadura con una capa de escoria, ayuda a evitar el contacto con el aire e impide la oxidación.
- Elimina el óxido, ayuda a limpiar el objeto que se va a soldar y proporciona una acción fundente.
- Adiciona aleantes a la soldadura, ayuda a controlar la composición química y la resistencia a la soldadura.
- Proporciona protección al arco, genera un gas que protege al arco.
- También ayuda a dirigir la transferencia de metal.
- Incrementa la velocidad de depósito, suministra metal adicional mediante la agregación de polvo de hierro.
- Disminuye las necesidades de tensión, ayuda a reducir los costos por suministro de energía y aumenta la seguridad.

2.13.3.3 Características de los materiales de los revestimientos

Los revestimientos están hechos para proporcionar una serie de mejoras y aún se fabrican nuevos tipos.

Los materiales que constituyen los revestimientos se dividen según sus características.

Puede ser que algunos tengan más de una cualidad. A continuación se presentan algunas características importantes de los materiales.

Tipos de materiales de los revestimientos:

- Aglutinantes: mantienen pegados los materiales del revestimiento.
- Materiales aleantes: controlan la composición química de la soldadura.
- Fundetes: controlan la fluidez del charco y eliminan los óxidos.
- Productores de escoria: suministran protección al charco.

- Desoxidantes: previenen la porosidad y fortalecen las soldaduras.
- Estabilizadores: facilitan el uso de los electrodos.
- Productores de gas: suministran una protección más adecuada.³⁵

2.13.3.4. Clasificación de los electrodos

2.13.3.4.1 El sistema AWS

El sistema para la clasificación de electrodos que más se usa es el que elaboró la American Welding Society (AWS).

Una vez que se haya entendido este sistema, será más fácil escoger el electrodo adecuado para el trabajo que se vaya a realizar.

Si no fuera por el sistema AWS, sería muy difícil seleccionar el electrodo adecuado.

Existen cientos de combinaciones de materiales para los revestimientos de fundetes y de varillas metálicas de donde escoger tanto en tiendas de ferretería o centros especializados en artículos de suelda.

2.13.3.4.2 Dimensiones características

Las varillas del núcleo tienen diámetros que van desde 3/32 hasta 5/16 de pulgada. Su longitud puede estar entre 9 y 36 pulgadas, pero comúnmente está entre 9 y 18 pulgadas.

El extremo descubierto, que sirve para establecer el contacto eléctrico, mide entre 3/4 y 1 1/2 pulgadas de largo.

En caso de que el trabajador necesite más detalles acerca de las dimensiones de algún electrodo, debe tratar de conseguir la especificación de la AWS para los electrodos revestidos.

³⁵MANUAL DE SOLDADURA (2010) CAPITULO 3, Primera edición, P205.

2.13.3.4.3 Designaciones usuales de los electrodos

Todos los números de identificación de electrodos comienzan con la letra E, que es la letra inicial de la palabra electrodo.

La letra E va seguida de una cifra de cuatro o cinco dígitos, por ejemplo, E6010.

Los dos primeros dígitos, del total de cuatro de que está formado el número, indican la resistencia a la tracción del metal que se va a depositar expresada en miles de libras por pulgada cuadrada.

En el ejemplo anterior, el número 60 indica que el metal depositado tiene por lo menos una resistencia de 60 000 lb/pulg², en condiciones de soldadura similares a las de la prueba.

Un electrodo E12010 es de un metal con una resistencia de 120 000 lb/pulg².

Es fácil darse cuenta que la resistencia es de 120 000 lb/pulg², por que los dos últimos dígitos determinan el tipo de corriente y de revestimiento del electrodo.

Basta con quitar los dos últimos dígitos para que queden únicamente los tres primeros de esta designación.

No hay que leer los dos o tres primeros dígitos de esta designación.

No hay que leer los dos o tres primeros dígitos antes de quitar o separar los dos últimos pues se puede cometer un error.

El tercer dígito (o el cuarto, en caso de que el número conste de cinco dígitos) señala la posición en la que se debe soldar.

El tercer (o cuarto) dígito puede ser un 1 o un 2, como EXX1X o en EXX2X. En la tabla se aclara el significado del tercer o cuarto cifra.

Tabla 2.3 Significado del tercer dígito en cuanto a la posición de la soldadura.

Dígito	Significado ^a
1	F,V,OH,H
2	F, filetes H

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

^a Las abreviaturas significan:

F.- Posición plana.

H.- Horizontal.

V.- Vertical.

OH.- Elevada.

“filetes H”.- Filetes horizontal.

Normalmente, el último dígito establece el tipo de corriente que se tiene que usar y el tipo de revestimiento del electrodo, aunque siempre hay que considerarlo en combinación con el tercero (o cuarto).

En la siguiente imagen se presenta el significado de los dos últimos dígitos combinados. Obsérvese al ver la imagen que a excepción de los casos de EXX10, EXX20, EXX12 y EXX22; basta con saber cuál es el último dígito para buscar la información que uno necesita. Sin embargo siempre hay que tomar en cuenta los dos últimos dígitos juntos para buscar toda la información.

En muchos libros se emplea únicamente el método del último dígito, pero para evitar errores hay que utilizar los dos.

Por ejemplo, muchos textos indican que el número 0 quiere decir alto contenido de celulosa, sodio con CDEP (corriente directa, electrodo positivo).

Esto es correcto si el electrodo que se busca es el E6010, pero la situación es muy diferente si el electrodo es el E6020. El E6020 se puede usar tanto con corriente alterna como con corriente directa, polaridad también directa; un E6010, solo con CDEP.

Lo mismo ocurre con los electrodos E6012 y E6022. El E6012 se utiliza con corriente alterna o con CDEN (corriente directa, electrodo negativo), mientras que el E6022 se puede usar tanto con CDEP como con corriente alterna o CDEN.³⁶

Número	Revestimiento	Tipo de corriente ^a
EXX 10	Alto contenido de celulosa, sodio	CDEP
EXX 11	Alto contenido de celulosa, potasio	ca, CDEP
EXX 12	Alto contenido de rutilo, sodio	ca, CDEN
EXX 13	Alto contenido de rutilo, potasio	ca, CDEP o CDEN
EXX 15	Bajo contenido de hidrógeno, sodio	ca, CDEP
EXX 16	Bajo contenido de hidrógeno, potasio	ca, CDEP
EXX 18	Bajo contenido de hidrógeno, potasio, polvo de hierro	ca, CDEP
EXX 20	Alto contenido de óxido de hierro	ca, CDEN
EXX 22	Alto contenido de óxido de hierro	ca, CDEP o CDEN
EXX 24	Polvo de hierro, rutilo	ca, CDEP o CDEN
EXX 27	Alto contenido de óxido de hierro, polvo de hierro	ca, CDEN
EXX 28	Bajo contenido de hidrógeno, potasio, polvo de hierro	ca, CDEP

^aCDEP = corriente directa, electrodo en positivo (corriente directa, polaridad invertida).
 CDEN = corriente directa, electrodo en negativo (corriente directa, polaridad directa).

Figura 2.28 Significado de los dos últimos dígitos.

Fuente: investigación de campo.

³⁶ MANUAL DE SOLDADURA (2010) CAPITULO 3, Primera edición, P208.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preámbulo

Para determinar la construcción de la cabina de operación y banco de puesta en marcha, se ha realizado una investigación de campo así como una investigación ilustrada y teórica como se apreció en el anterior capítulo.

En el presente capítulo se desarrollará el tema previamente analizando los materiales de construcción, los procesos de construcción, y se complementa con una tutoría de profesionales y preparados en el área.

3.1.1 Requerimientos del proyecto

- Un diseño que antes de todo cumpla condiciones de seguridad para el personal que esté destinado a laborar en el mismo.
- Materiales maleables y adecuados que cumplan los requerimientos de seguridad para elaborar el banco y la cabina de operación para el motor TELEDYNE CONTINENTAL.
- Procesos de construcción apropiados para la ejecución de este proyecto.
- Que sea apto para pruebas funcionales.

3.1.2. Diseño en Inventor

3.1.2.1 Estructura de la cabina de operación

Como se ha planteado en los requerimientos anteriores una de las funciones que debe tener la cabina es estar protegiendo al operador y a su vez brindar espacio para que pueda laborar con destreza es por eso que se ha basado el boceto en un octógono simulando la apariencia de una cabina propia de una aeronave.

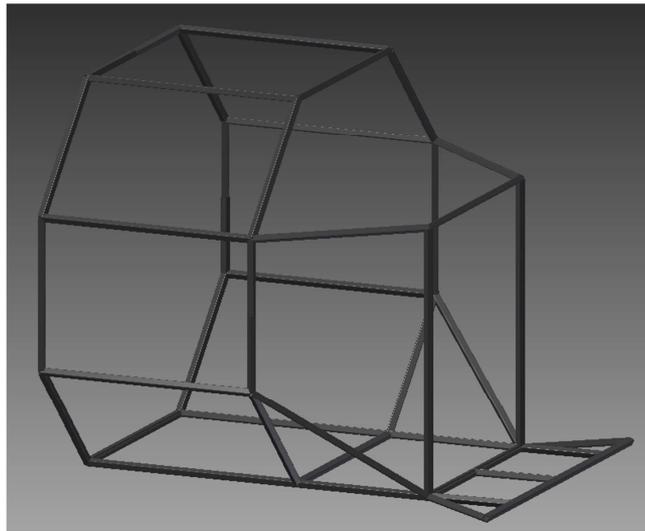


Figura 3.1 Esquema de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.2.2 Recubrimientos de la cabina

Sin redundar el concepto prioritario de seguridad se ha puesto como una medida de seguridad el recubrimiento parcial de la cabina de operación para así proteger al operador de un incidente con el motor.

También crear un ambiente seguro para el tanque de combustible que estará fuera de la cabina de operación, ya que dentro de ella se instalará el sistema eléctrico.

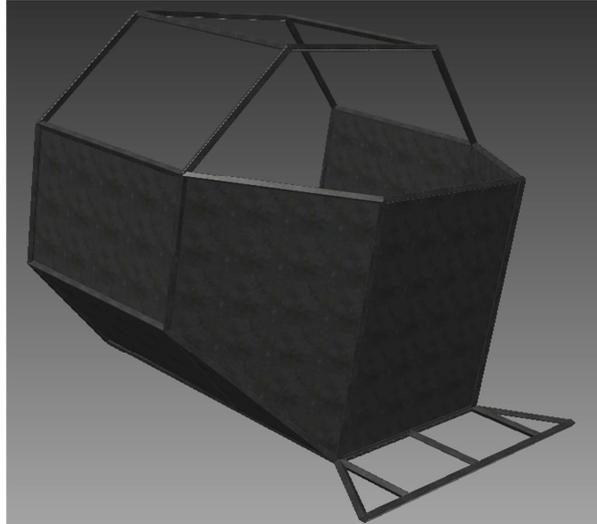


Figura 3.2 Esquema de la cabina de operación con cubiertas de tol.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.2.3 Estructura del banco de puesta en marcha

Una de las principales variables en el aspecto del diseño del banco de puesta en marcha fue el tema concerniente a los soportes directos del motor.

Se tomó la decisión basándose en el diseño. El perfil UPN de 80 mm es mucho más resistente que los soportes originales que sostienen el motor de las aeronaves que operan con el motor de 6 cilindros TELEDYNE CONTINENTAL, que se los puede apreciar en el (anexo F).

El diseño del banco es funcional ya que brinda las pericias que no tiene un soporte de una aeronave.

Brindando, de tal forma una experiencia más agradable al personal que vaya a trabajar en funciones de mantenimiento, aprendizaje y enseñanza dentro del entorno al motor TELEDYNE CONTINENTAL.



Figura 3.3 Esquema del banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

3.1.2.4 Cabina de operación y banco de puesta en marcha

La fase de unión de la cabina con el banco de puesta en marcha se realizará mediante suelda y será una plancha de metálica que sujete a las dos partes para que sea firme y no haya problemas en la vida útil del proyecto.

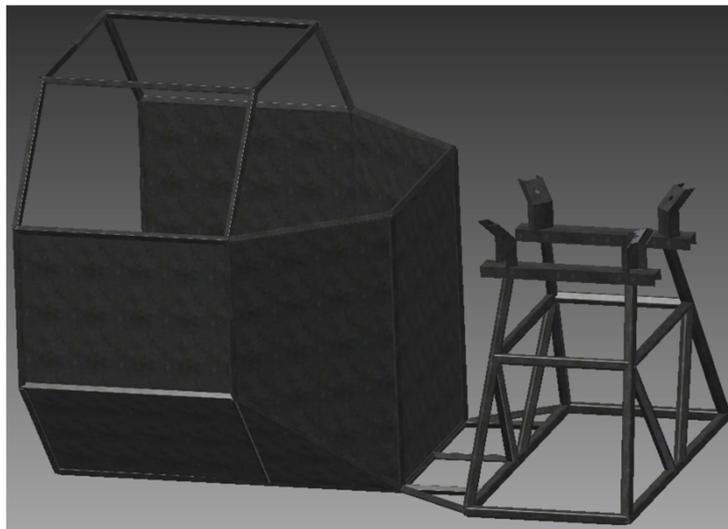


Figura 3.4 Esquema completo de la cabina y banco unidos.

Fuente: Investigación de campo.

3.2. Selección de los materiales

3.2.1. Resultado de análisis en software “ANSYS” de resistencia de cargas

Se hizo una investigación a través de software aplicado al diseño y la resistencia de materiales en este caso a una estructura estática, aplicada a tres materiales como: acero ASTM 36, aluminio 6061, hierro.

Todos estos de aspecto comercial y antes de empezar con la elaboración funcional del proyecto.

El análisis en el software ANSYS muestra la distribución de las cargas que generan los cuatro puntos de sujeción del motor, que soportan los perfiles de UPN en función de base, en el banco de puesta en marcha que resisten al motor.

La carga para cada uno de los soportes es de 500N. Se tomo este dato basándonos en las especificaciones que se encontró en un manual de mantenimiento del motor de la misma serie se la puede apreciar en el (anexo G).

El valor de peso que nos brinda como dato específico del motor es de 325 lb equivalentes a 147 kg.

Se hizo el análisis no con los valores reales por el motivo de que en la asesoría del software no permitió simular las vibraciones producidas por el motor.

Es por ello que se aumento la carga final a 2000N distribuida a los cuatro soportes.

Es decir a unos 500N por soporte, y así se puede compensar la fatiga producida por las vibraciones por el peso distribuido en cargas iguales, mucho mayores a las reales.

Y con este ejercicio también podremos saber cuáles son los factores de seguridad que brinda el banco de puesta en marcha para el motor TELEDYNE CONTINENTAL.

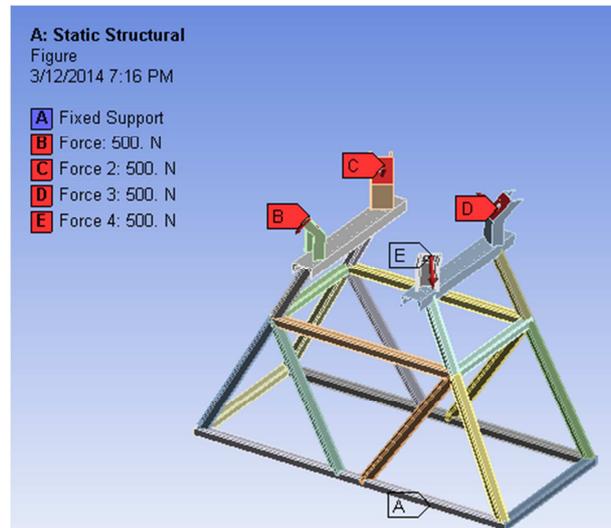


Figura 3.5 Distribución de cargas para el banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

3.2.1.1 Acero ASTM 36

Sabiendo la importancia del factor de seguridad en el ambiente aeronáutico se muestra en este capítulo la conclusión gráfica de este asunto.

Obteniendo un resultado de factor 15 como máximo, un factor básico de 5 y un mínimo de 0.7.

Se puede apreciar que como se concluirá en las tablas de consideraciones mecánicas este es el material más opcional para la elaboración del tema.

Algunas especificaciones de este material se pueden ver en el (anexo H).

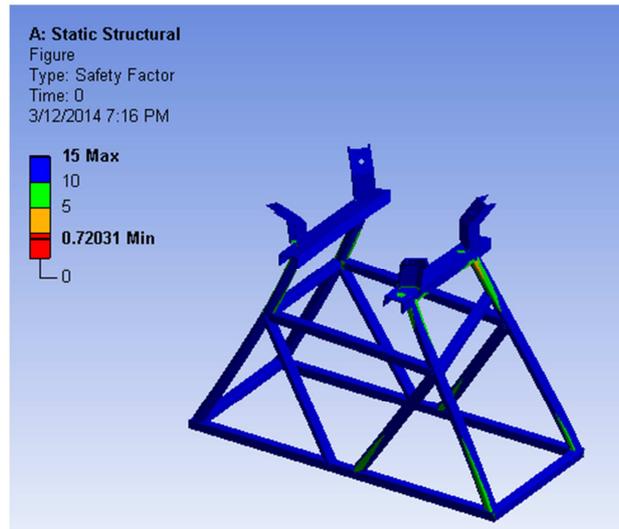


Figura 3.6 Resultado de la aplicación de cargas.

Fuente: Investigación de campo.

3.2.1.2 Aleación de aluminio.

Sabiendo la importancia del factor de seguridad en el ambiente aeronáutico se muestra en este capítulo la conclusión gráfica de este asunto.

Obteniendo un resultado de factor 15 como máximo, un factor básico de 5 y un mínimo de 0.683.

Algunas especificaciones del material y de los resultados del análisis en el software se las puede apreciar en el (anexo I).

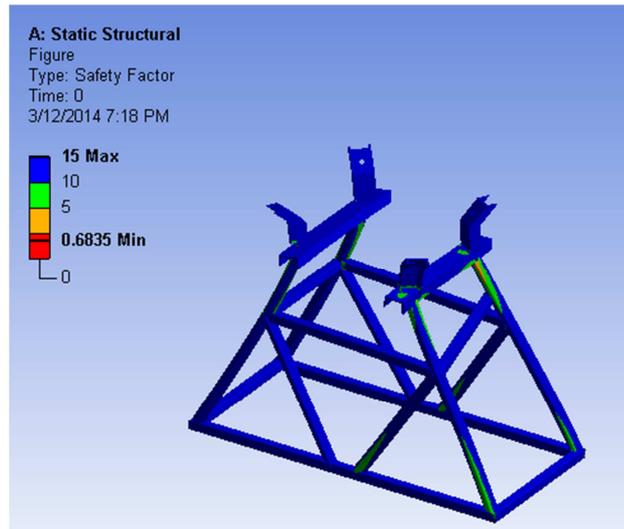


Figura 3.7 Resultado de la aplicación de cargas.

Fuente: Investigación de campo.

3.2.1.3 Fundición gris de hierro

Este caso particular con la fundición gris de hierro resulto dado el caso que la ductilidad del material no permitió realizar el proceso de simulación. Se puede apreciar algunas especificaciones de este material en el (anexo J).

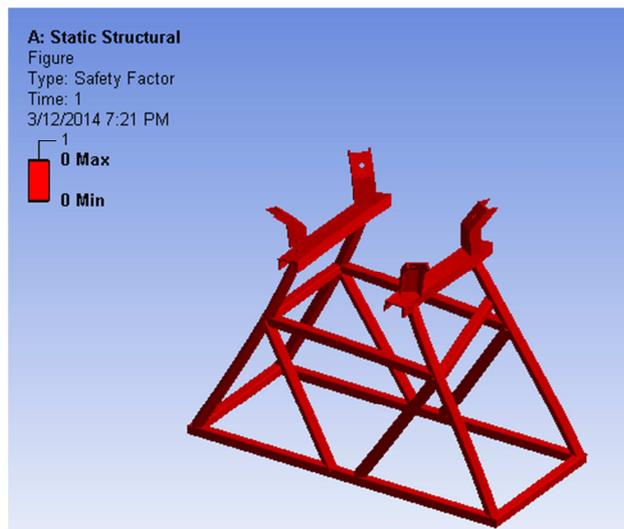


Figura 3.8 Resultado de la aplicación de cargas.

Fuente: Investigación de campo.

Tabla 3.1 Consideraciones mecánicas para la elección de materiales.

	Variantes	<i>Resistencia a la corrosión</i>	<i>Rigidez.</i>	<i>Factor de seguridad.</i>	Diagnóstico
Materiales	Acero ASTM36	Excelente.	Excelente.	15	Bueno
	Aluminio	Excelente.	Bueno.	15	Probable.
	Hierro	Regular.	Bueno.	---	Descartado.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

Estima:

- ❖ **Excelente.**
- ❖ **Bueno.**
- ❖ **Regular.**

Tabla 3.2 Consideraciones de aspectos generales para la elección de materiales.

	Parámetros	Costos	Accesibilidad	Reparaciones	Diagnóstico.
Materiales	Acero ASTM36	Viable.	Viable.	Viable.	Bueno.
	Aluminio	Poco Viable.	Poco Viable.	Poco Viable.	Descartado.
	Hierro	Viable.	Poco Viable.	Viable.	Probable.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

Estima:

- ❖ **Viable.**
- ❖ **Poco Viable.**
- ❖ **No Viable.**

3.3. Construcción

Después del análisis de elección de materiales y un estudio de los comportamientos estructurales se procede a la adquisición de dichos materiales para la realización del proyecto, así como también de las herramientas que asistirán en la elaboración las cuales existen en el pañol de herramientas del bloque 42 del instituto.

3.3.1. Listado de materiales

Tabla 3.3 Lista de materiales.

MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSION/m/m2/lb/lit.
Tubo cuadrado 1''^{1/2} x 1'' .5.	1	6m
Tubo cuadrado 1'' x 1'' .05.	3	18m
Lámina de tol 0.9 mm.	2	8m ²
Lámina de hierro 3/16''	1	1.6m ²
Perfil UPN 80 mm.	½	3m
Electrodos 6011.	3	3lb(48u)
Electrodos 7018.	½	1/2lb(8u)
Base de pintura anticorrosiva.	2	2lit.
Pintura poliuretano.	2	2lit
Disolvente de pintura.	4	4lit
Silicona industrial.	2	2lit
Remaches pop.	1	1lb(100u)

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

3.3.2 Procedimientos

Antes de proceder a los diseños en el software “Inventor” debemos tomar en cuenta ciertas medidas de precaución para la realización del proyecto.

Una prioridad mayor tiene está dictada por la autoridad aeronáutica que nos rige, la cual dice que toda punta de hélice en un motor aeronáutico debe quedar a 30 cm del piso como distancia mínima para que quede operando de forma segura. Ver (anexo K).

Una vez ya realizado toda la investigación de aula y con los planos (anexo L) ya listos para proceder a la realización del proyecto se ha detallado todo el proceso de manufactura.

3.3.3 Banco de puesta en marcha

Una vez adquirido el material para la construcción nos basamos en el diseño para proceder a la construcción y empezamos midiendo y señalando los tubos cuadrados de 1”^{1/2} x 1”.5 para posteriormente cortarlos.



Figura 3.9 Preparación tubos para el banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

Después de haber medido y señalado los tubos se procede a cortar con un arco de sierra.



Figura 3.10 Corte de tubos para el banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

Posteriormente de cortar el material procedimos a armar la estructura con suelda eléctrica.



Figura 3.11 Procedimiento de armado y suelda.

Fuente: Investigación de campo.

Realizada ya a estructura procedemos a utilizar el perfil UPN de 80mm para montar los soportes del motor los cuales recibirán los esfuerzos de peso y vibraciones del motor.



Figura 3.12 Sujeción de los soportes directos del motor.

Fuente: Investigación de campo.

Posterior a la realización de la estructura procedemos a montar en el banco las llantas que son de una resistencia de 100 libras de peso cada una y en el banco se puso 4 en la base del banco.

Las mismas tienen freno de acción manual para que cuando este operativo el proyecto sea firme. Los detalles de las llantas o garruchas de la cabina y del banco están en el (anexo N)



Figura 3.13 Montaje de las ruedas para el banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

Después de que todo esto se ha realizado sentamos el motor en el banco de puesta en marcha para comprobar que las medidas de los agujeros de los soportes del banco coincidan con los del motor.

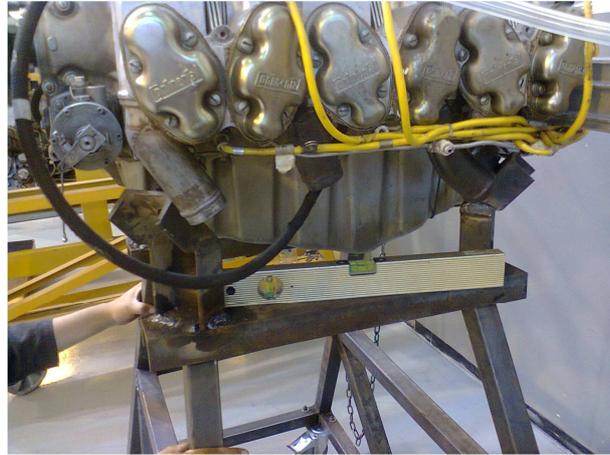


Figura 3.14 Montaje del motor y nivelación.

Fuente: Investigación de campo.

3.3.4 Cabina de operación

Ya adquirido el material para la construcción nos basamos en el diseño para proceder a la construcción y empezamos midiendo y señalando los tubos cuadrados de 1" x 1".05 para posteriormente cortarlos.



Figura 3.15 Corte de tubos para la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Para obtener una forma octogonal en la cabina a los tubos de 6m de longitud los hemos señalado y los hemos cortado para que sea de mayor facilidad ensamblarlos y unirlos y no darnos el trabajo de armar lado por lado.



Figura 3.16 Medición previa de tubos para la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Ya con los trabajos del caso procedemos a armar con suelda eléctrica y a unirlos para que una vez ensamblado den la forma de la cabina de operación octogonal.



Figura 3.17 Armado con suelda eléctrica la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Con la estructura realizada se procedió también a poner las llantas similares a las que se montó en el banco de puesta en marcha, para que las cargas de peso se distribuyan en todo la estructura que posteriormente se fusionará.



Figura 3.18 Montaje de llantas para la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Ya puestas las llantas de manera funcional en la estructura de la cabina se procedió a montar las láminas de tol para que cubran los lados de la cabina y la sujeción de estas se hizo con remaches pop.



Figura 3.19 Fijación de láminas de tol para la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez realizado este proceso de montaje y sujeción de las láminas de tol procedimos a poner el piso de la cabina que consta de una lámina de tol de 3/16" de espesor y se lo unió con el proceso de suelda eléctrica.



Figura 3.20 Montaje del piso de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Una vez listas dos estructuras se procedió a juntarlas mediante suelda eléctrica y se puso para la unión tubo de 1"x 1".05 y lámina de 3/16" de espesor para que la junta sea resistente.



Figura 3.21 Unión de la cabina de operación y el banco del motor.

Fuente: Investigación de campo.

Con la cabina y el banco listos se preparo las zonas que se van a pintar, para matizarla en su totalidad, previo a la pintura se puso una capa de anticorrosivo a toda la estructura para que la vida útil de la misma sea más larga.



Figura 3.22 Base de la pintura anticorrosiva.

Fuente: Investigación de campo.

Pasado un tiempo prudente para que se seque bien el tratamiento anticorrosivo procede a pintar con color de igual forma toda la estructura teniendo en cuenta las condiciones ambientales que sean favorables para ejercer este procedimiento.



Figura 3.23 Pintado final de la cabina y del banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

3.3.5 Complementación de la cabina de operación

Una vez terminada la cabina de operación para el motor TELEDYNE CONTINENTAL se procedió a realizar ciertos adiconamientos, para empezar se adapto un asiento reciclado.



Figura 3.24 Implementación del asiento dentro de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Luego se procedió a montarlo de manera fija mediante pernos al piso de la cabina de operación, para que su función sea estar fijo en la cabina de operación.



Figura 3.25 Fijación del asiento dentro de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Con la posición predeterminada se hizo que el asiento tenga un acabado estético, se lo implementó de esponjas, al asiento y el espaldar para luego recubrirlos de una cuerina color negro mate.



Figura 3.26 Acabados del asiento de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Para complementar los acabados de la cabina se le colocó una alfombra, que no permite la acumulación de fluidos, protege el piso de la cabina y evita los resbalones de los operadores, y así poder prevenir incidentes y accidentes dentro de la cabina en caso de emergencia.

Se asentó un revestimiento de esponja y cuerina a las paredes internas de la cabina, todo esto con fines estéticos y sobretodo de seguridad, de esta manera se reducen los decibeles de ruido parcialmente, del motor, dentro de la cabina de operación.



Figura 3.27 Implementación de la alfombra y recubrimiento de las paredes dentro de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.

Después se implementó una recubierta de acrílico en la parte superior de la cabina, como medida de seguridad, en caso de expulsión de fluidos del motor y gases de escape. También se instaló luces intermitentes de LED para señalización visual cuando esté encendido el motor.

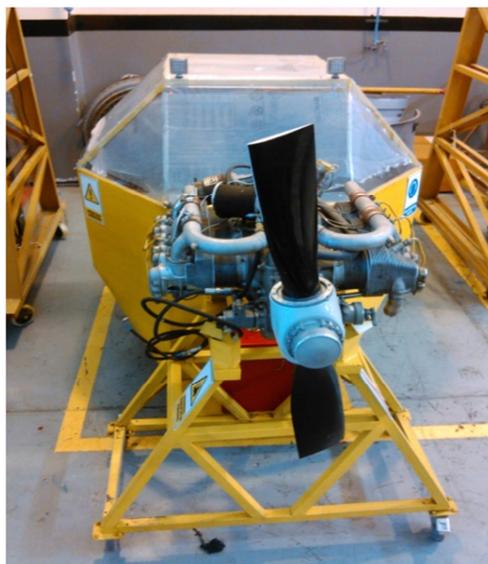


Figura 3.28 Implementación del acrílico sobre la cabina de operación y luces de señalización visual.

Fuente: Investigación de campo.

Como aspecto final se procedió a poner algunos parámetros en señalización para prevención de incidentes como accidentes cuando se esté operando al motor.



Figura 3.29 Implementación de señalización dentro de la cabina de operación.

Fuente: Investigación de campo.



Figura 3.30 Implementación de señalización externa para la cabina de operación y banco de puesta en marcha.

Fuente: Investigación de campo.

3.3.6. Diagramas de flujo operacionales

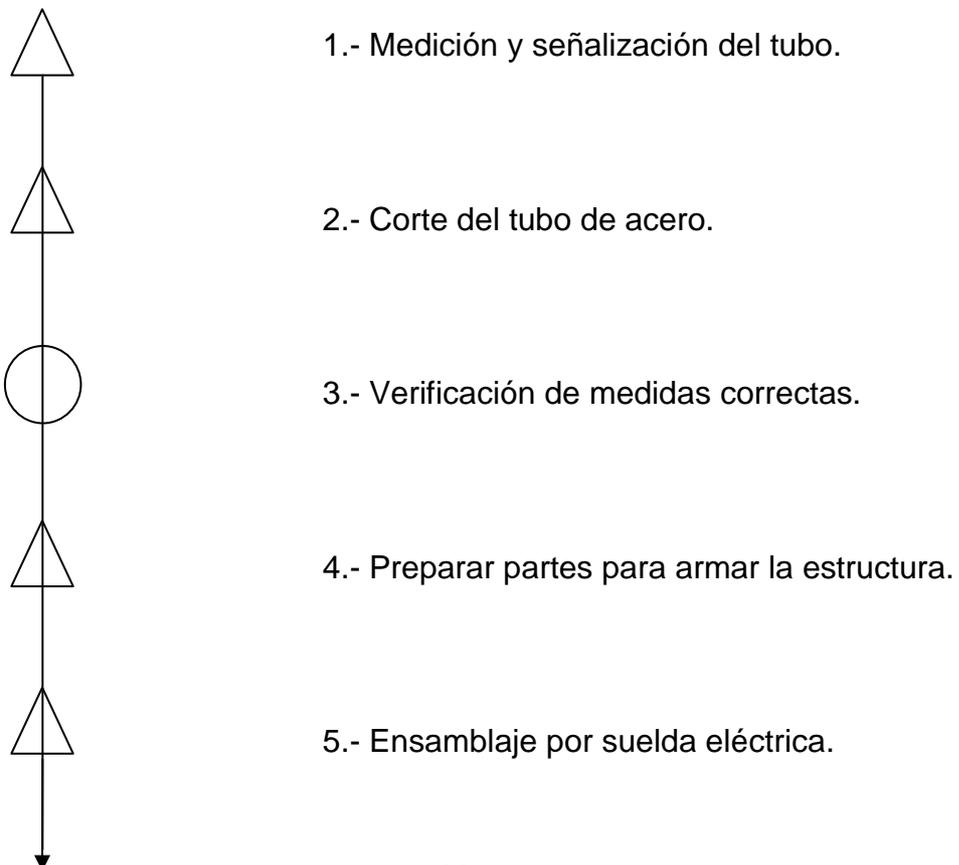
Tabla 3.4 Simbología.

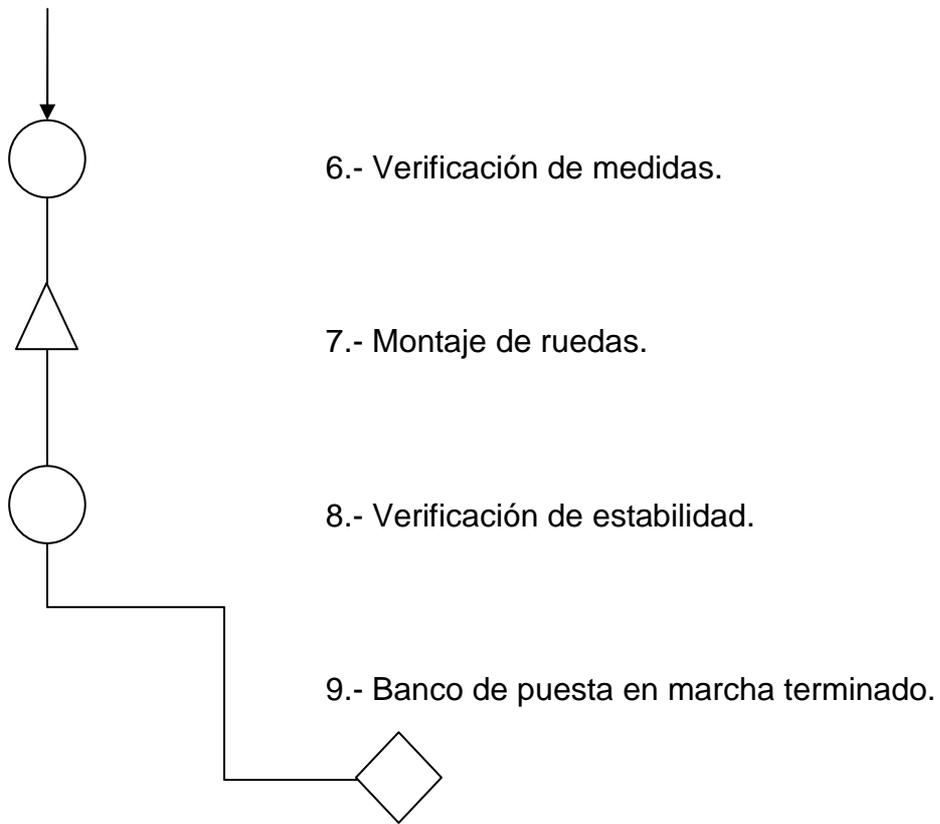
#	SÍMBOLO	REPRESENTACIÓN
1.-		ACCIÓN
2.-		INSPECCIÓN Y CONTROL
3.-		PROCESOS DE TERMINADOS
4.-		ENLACE
5.-		CONECTORES

Fuente: Investigación de campo.

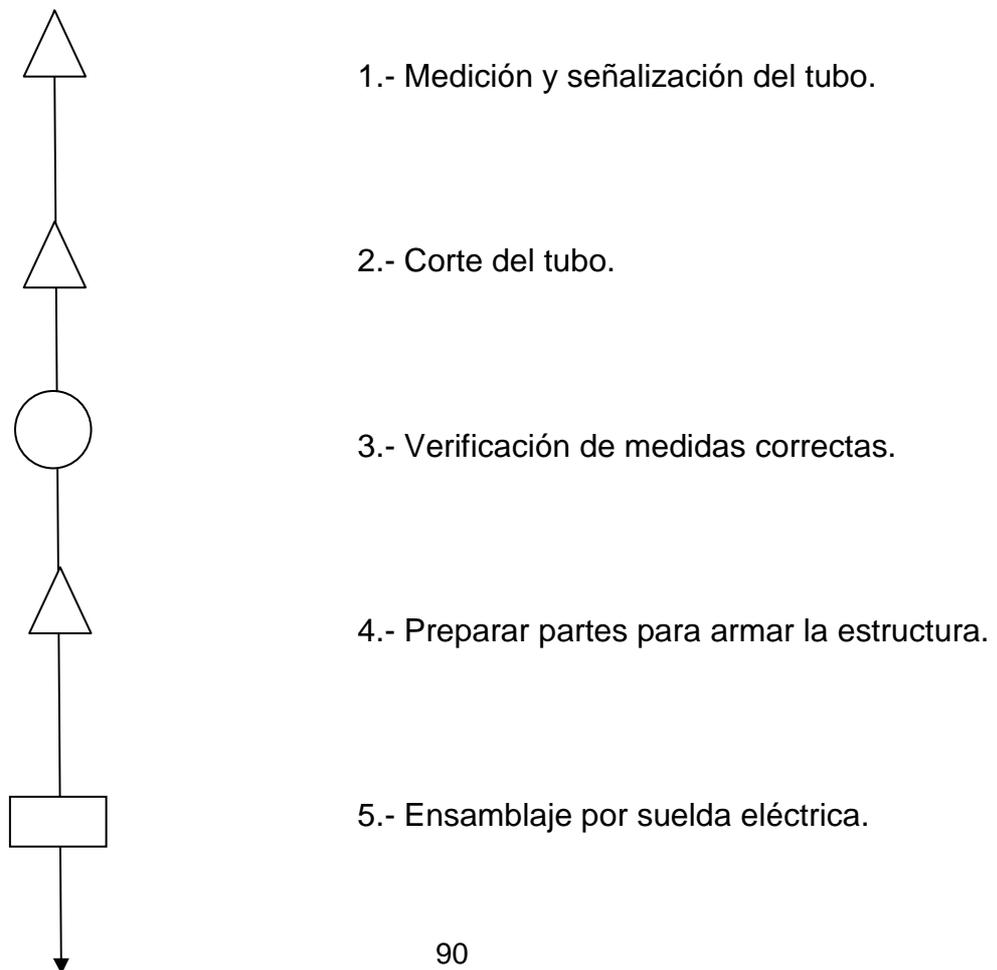
Elaborado por: Vinicio Montenegro.

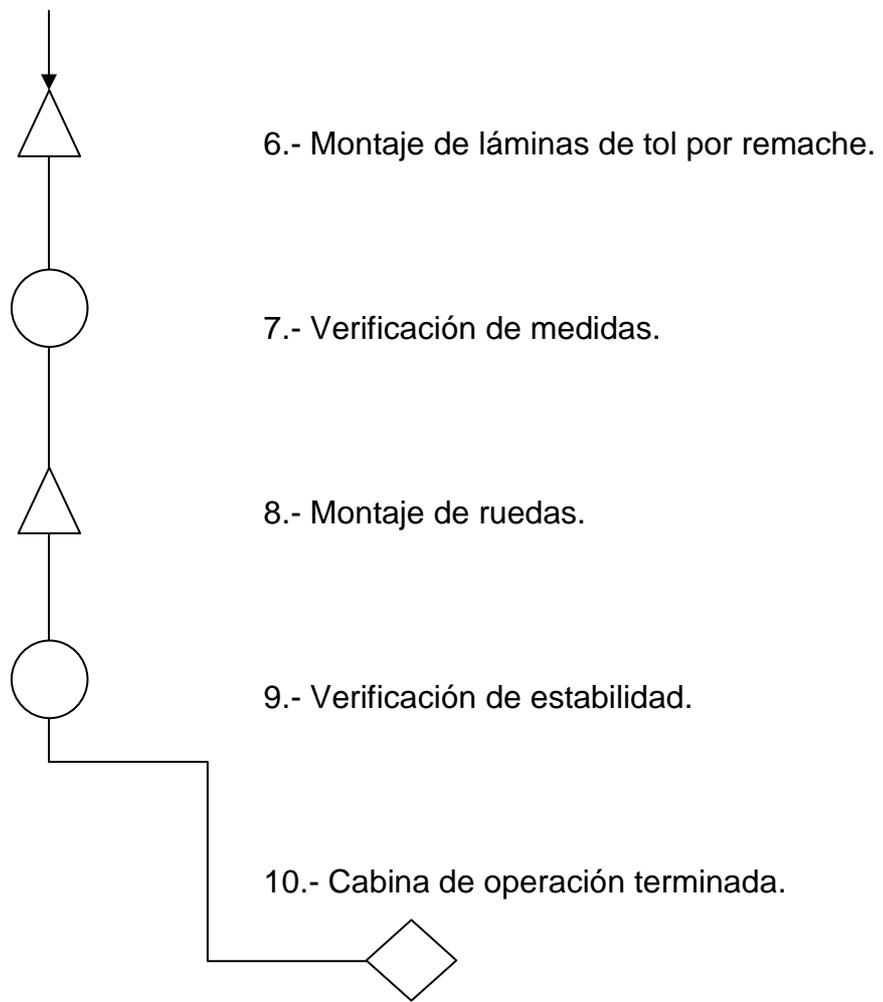
3.3.6.1 Proceso de construcción del banco de puesta en marcha.



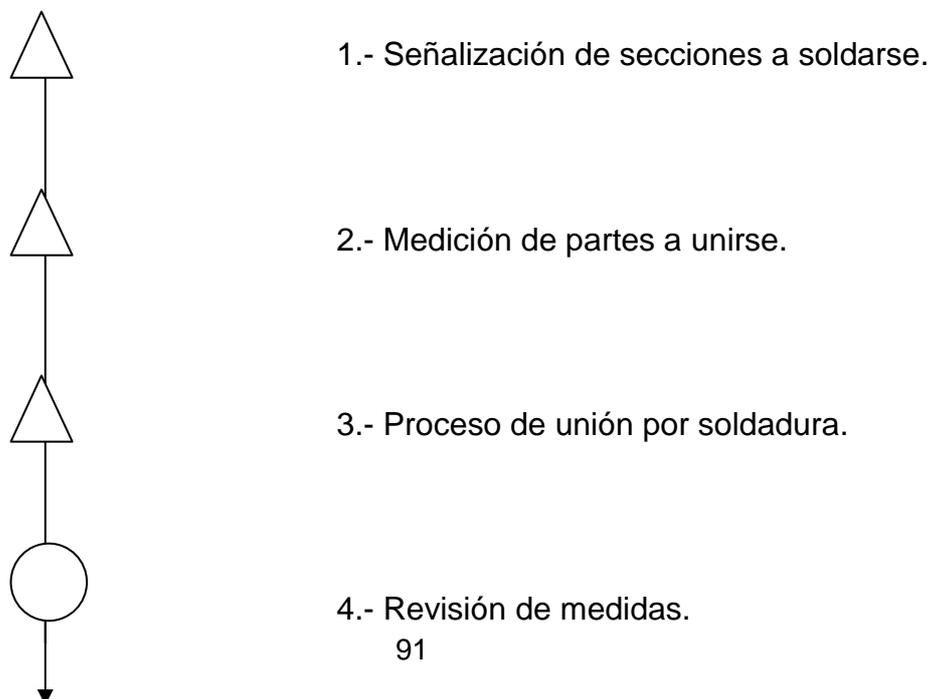


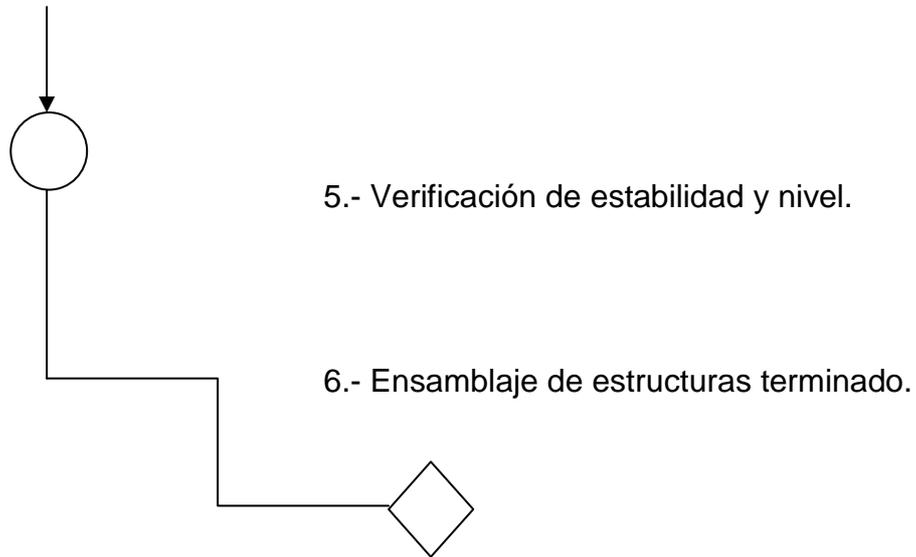
3.3.6.2 Proceso de construcción de la cabina de operación.





3.3.6.3 Proceso de ensamblaje banco de puesta en marcha y cabina de operación.





3.4 Pruebas de funcionamiento.

Mientras se realizó las pruebas operacionales se pudo apreciar cómo se comporto concisamente el banco de puesta en marcha con el motor sobrepuesto y encendido, a continuación se presenta algunas apreciaciones.

- Se pudo apreciar que el banco absorbe en su estructura sólida basada en triángulos, las vibraciones del motor hasta en altas aceleraciones, e incluso son irrelevantes las vibraciones dentro la cabina.
- En vista que la hélice esta recortada, es decir que el área de hélice no es el determinado por el fabricante, su rendimiento no será el mismo. Se ve que no es necesario agregar un sistema de anclado al piso para el banco de puesta en marcha o la cabina de operación.
- El motor tiene un leve problema de combustión está quemando aceite y esto da a lugar a que los gases de escape ensucien la parte delantera de la cabina.
- Por el hecho de que el motor produce un excedente de gases de escape es la mejor decisión encenderlo en un lugar abierto y de superficie plana.



Figura 3.31 Pruebas operacionales del banco y la cabina.

Fuente: Investigación de campo.

3.5. Estudio económico

3.5.1 Análisis económico

El presente estudio económico de trascendental importancia, ya que permite constituir al término del proyecto el costo real de la construcción del banco de puesta en marcha y la cabina de operación, con respecto a la investigación que se hizo en el anteproyecto, de tal manera se procede a detallar con exactitud los recursos económicos a utilizarse en materiales así como herramientas, equipos y mano de obra.

3.5.2 Presupuesto

En la investigación que se realizó en el anteproyecto se indicó el costo que merecería el proyecto con un estimado de 816 USD. El mismo no es paralelo con el estudio expuesto en el siguiente asentamiento donde se exhibe el costo de la elaboración del proyecto con las transiciones pertinentes conforme a las presentadas actualmente.

3.5.3 Investigación de costo

En la transición del proyecto se han concretado los gastos para así llevar una menor dificultad en la contabilidad del propósito.

Tabla 3.5 Tabla de costos de materiales.

COSTO DE MATERIALES		
DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tubo cuadrado 1"1/2 x 1".5.	18	72
Tubo cuadrado 1" x 1" .05.	12	60
Lámina de tol 0.9 mm.	18.5	55.50
Lámina de hierro 3/16"	40	60
Electrodos x libra	1.50	10.50
Disolvente de pintura	2	8
Pintura	30	30
Perfil U.P.N.	40	40
Llantas (100kg)	8	64
Plancha 1/8	60	60
Tanque de combustible	100	100
Silicona industrial	12	24
Acrílicos	200	200
Ferretería	20	20
Plancha de madera	10	10
Acabado interior de la cabina	70	70
TOTAL		818

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Vinicio Montenegro.

3.6. Manuales

3.6.1 Manual de mantenimiento

<p style="text-align: center;">UGT</p> 	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 1 de 3
	Cabina de operación y banco de puesta en marcha para el motor TELEDYNE CONTINENTAL	Código: LMB-MI-30P5
	Elaborado por : Vinicio Montenegro	Revisión: 01
	Aprobado por: Ing. Pablo Espinel.	Fecha: MAR-2014
<p>1. Objetivo:</p> <p>Establecer los procesos de mantenimiento para el banco de puesta en marcha y la cabina de operación para el motor recíproco TELEDYNE CONTINENTAL.</p> <p>2. Alcance:</p> <p>Proporcionar una prolongada vida útil del banco de puesta en marcha y la cabina de operación para el motor recíproco TELEDYNE CONTINENTAL.</p> <p>3. Procedimiento:</p> <p>El procedimiento puede ser realizado por el personal de la UGT siguiendo los pasos establecidos en el presente manual.</p> <p>4. Mantenimiento trimestral.</p> <p>Previo mantenimiento se hará una inspección visual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uniones mediante suelda. • Ruedas y frenos de las mismas en correcto funcionamiento. • Comprobar la fijación de los toles de la cabina. • Revisar los remaches estén en buen estado. 		
Pág. 1 de 3		

5. Mantenimiento semestral.

- Chequeo de la alfombra que esté en condiciones hábiles.
- Revisar la madera en la parte anterior del piso de la cabina que no esté con problemas de descomposición.
- Revisar que los pernos que mantienen firme el asiento en la cabina de operación estén en buenas condiciones y ajustados.
- Chequear el acrílico que esté firme y sin señales de haber sufrido daños severos.
- Verificar que los tornillos del borde del acrílico estén bien sujetos.

6. Mantenimiento anual.

- Chequear que los soportes directos del motor, estén fijos.
- Revisar que los cauchos que están entre los soportes del banco y los del motor no hayan sufrido ninguna clase de fatiga y se mantengan en condiciones funcionales.
- Revisar que las uniones eléctricas de las luces externas estén en buenas condiciones.
- Realizar una inspección visual al estado de la pintura, en el banco de puesta en marcha y la cabina de operación.
- Revisar el estado del tapizado dentro de la cabina de operación y el asiento.

Firma de responsabilidad:

Fecha de ejecución del mantenimiento:

Tipo de mantenimiento realizado:

3.6.2 Manual de seguridad

 <p>UGT</p>	MANUAL DE SEGURIDAD	Pág. 1 de 2
	Cabina de operación y banco de puesta en marcha para el motor TELEDYNE CONTINENTAL	Código: LMB-MI-30P5
	Elaborado por : Vinicio Montenegro	Revisión: 01
	Aprobado por: Ing. Pablo Espinel.	Fecha: MAR-2014
<p>1. Objetivo:</p> <p>Establecer los procesos de seguridad para el banco de puesta en marcha y la cabina de operación para el motor recíproco TELEDINE CONTINENTAL cuando esté en operación dicho motor.</p> <p>2. Alcance:</p> <p>Brindar las medidas de precaución a manera de sugerencia, para posibles incidentes o accidentes, que podrían suceder al momento de encender el motor en el banco de puesta en marcha.</p> <p>3. Procedimiento:</p> <p>Estos procedimientos pueden ser realizados por el personal de la UGT siguiendo los pasos establecidos en el presente manual de seguridad.</p> <p style="text-align: right;">Pág. 1 de 2</p>		

4. Medidas de seguridad:

- Verificar que en un perímetro de dos metros, no exista ninguna persona u objeto que pueda ocasionar algún accidente.
- Deberá estar una persona frente al motor con un extintor.
- El personal que fuera a estar cerca del motor encendido deberá utilizar protección auditiva.
- Encender las luces de la cabina momentos previos a poner en marcha al motor.
- Verificar que los frenos de las ruedas estén accionados el momento previo de encender el motor.
- Siempre que se proceda hacer alguna operación de encendido o de mantenimiento en el motor el personal debe estar con e debido equipo de protección personal.

Firma de responsabilidad:

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El desarrollo del proyecto se fundamentó en información recopilada principalmente de fuentes bibliográficas, libros de la biblioteca, manuales de mantenimiento y algunas de la web.
- Por medio de un estudio el diseño del proyecto se lo respaldó en el software inventor, siendo así que se cumple con las normas y factores de seguridad que demandan los requerimientos para la elaboración del proyecto.
- La selección del material para la construcción del banco de puesta en marcha y la cabina de operación, se respaldó mediante un análisis en el software ANSYS y se llegó a la conclusión que la mejor opción es el acero ASTM36.
- La construcción del banco de puesta en marcha está acorde con requerimientos de seguridad para el personal que va a trabajar en él.
- La elaboración del proyecto dentro del Bloque 42 se lo realizó con éxito anteponiendo la seguridad en la operación de las herramientas y máquinas.

4.2 Recomendaciones

- En el aspecto de la recopilación de información se debe tener como prioridad escoger fuentes congruentes, verídicas y actualizadas.
- Establecer las necesidades de seguridad de mayor énfasis para diseñar el equipo de complementación para el motor, la mejor opción es hacerlo mediante el apoyo de la tecnología como un software conveniente.
- Cuando se proceda a la selección del material para la construcción del proyecto, hacerlo con las mismas precauciones que se uso para el diseño, y sustentar la decisión con análisis de software ajustable a las especificaciones del diseño.
- Se recomienda el uso continuo del motor en el banco de puesta en marcha bajo el control dentro de la cabina de operación para que se mantenga operativos y hábiles.
- Es vital que cuando se opere el motor en el banco de puesta en marcha se tome las medidas de seguridad correspondientes y que se lo haga bajo la supervisión de un técnico con experiencia o responsable del equipo.
- Cuando el motor TELEDYNE CONTINENTAL este encendido en el banco de puesta en marcha se recomienda mantenerse con protección auditiva, visual y de respiración, además de mantenerse fuera del área de la hélice.
- Con ciertos periodos de tiempo revisar las uniones de las estructuras para prevenir posibles daños por corrosión.
- El banco de puesta en marcha, la cabina de operación en conjunto con el motor solo debe ser utilizado con fines de instrucción.

GLOSARIO.

A

ALEANTES.- Es una combinación, de propiedades metálicas que está compuesta de dos o más elementos, de los cuales uno es metal.

AUSTENÍTICO.- También conocido como el acero gamma y es una forma de ordenamiento específica de los átomos de hierro y carbono. Esta es la forma estable del hierro puro a temperaturas que oscilan entre los 900 y 1400°C.

C

CÁÑAMO.- O también conocido como cáñamo industrial es el nombre que recibe las variedades de la planta Cannabis Sativa y el nombre de la fibra que se obtiene de ellas, que tiene, entre otros, usos textiles.

COPLANARES.- En geometría, un o unos conjunto de puntos en el coplanario si todos los puntos se encuentran en el mismo plano, tres puntos distintos siempre son coplanarios pero un cuarto punto añadido en el espacio puede no pertenecer al mismo plano.

D

DEFLEXIONES.- Hace referencia a la “desviación de la dirección de una corriente”. De un modo específico el término deflexión se utiliza en física, análisis estructurales.

F

FORJA.- La forja al igual que la laminación y la extrusión, es un proceso de conformado por deformación plástica que puede realizarse en caliente o frío, y en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión.

FORMABILIDAD.- es una propiedad que tienen algunos materiales como el acero, y ayuda a mantener su resistencia original.

FUNDETES.- Es un producto químico usado en proceso de soldar y en la fabricación de placas y otros componentes electrónicos. Sirve para aislar el aire de procesos de solda, disuelve y favorece a las partes que llevan óxido.

H

HERRAJES.- Conjunto de piezas de hierro o acero con las que se adornan o refuerzan un objeto.

M

MALACATES.- Eran máquinas del tipo cabrestante, de eje vertical, muy usados en las minas para extraer minerales y agua.

MAQUINABILIDAD.- Es una propiedad de los materiales que permite comparar la facilidad con que pueden ser mecanizados por un arranque de viruta.

P

POLÍMEROS.- Son macromoléculas formadas por la unión de moléculas mas pequeñas llamadas monómeros.

S

SOLDABILIDAD.- Es un propiedad de algunos materiales metálicos que indican que material es mejor que otro.

T

TRASLAPE.- Cubrir algo en su totalidad o parcialmente.

TROQUELAN.- Acuñar monedas medallas u otros objetos parecidos con un troquel, recortar piezas de cuero, cartón o de algo otro material bajo presión.

ABREVIATURAS.-

AA: The Aluminum Association.

AISI: American Iron and Steel Institute

ASTM: American Society for Testing and Materials.

(Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)

AWS: American Welding Society.

CDA: Copper Developed Association

RDAC: Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil.

SAE: Society of Automotive Engineers.

BIBLIOGRAFÍA.-

ESTEBAN OÑATE “CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN” (2007) sexta edición, capítulo 14, pág. 275-276.

ROBERT MONTT “MECANICA DE MATERIALES” (2008). Capítulo 2, DEFORMACIÓN. Sexta edición. P 85-86

ROBERT MONTT “MECANICA DE MATERIALES” (2008). Capítulo 1, ESFUERZOS. Sexta edición. P 3

Tlgo. E. ESGUAR “MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA” [modo de compatibilidad] (2010)

ROBERT L. MONTT “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 1, sexta edición, P6

ROBERT L. MONTT “RESISTENCIA DE MATERIALES”. (2009), CAPITULO 2, sexta edición, P69

Respaldo del autor. Diapositivas 3-5.

FRANCISCO JAVIER GIONZALES CRUZ “TEORÍA MOTORES RECÍPROCOS DESEMPEÑO” .pdf

INDURA “MANUAL DE SOLDADURA ELÉCTRICA” (2001) CAPITULO 1, Primera edición, pdf.

INDURA “MANUAL DE SOLDADURA” (2010) CAPITULO 3, Primera edición, P205

NET GRAFÍA.-

<http://airalandalus.wikispaces.com/SIMULADOR+DE+VUELO> (en línea)

http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_de_pruebas (en línea)

http://www.srh.noaa.gov/sju/satrad_spn.html (en línea)

<http://elaviadorsv.911mb.com/historia.htm> (en línea)

<file:///H:/Motor%20aeron%C3%A1utico%20-%20Wikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.htm> (en línea)

www.astm.org (en línea)

<http://www.garruim.com/> (en línea)

ANEXOS

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Montenegro Rivera Edwin Vinicio

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 29-Noviembre-1991

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 040147316-0

TELÉFONO: 0997922310- 0983395886

DIRECCIÓN: Latacunga, Sector Aeropuerto.

CORREO ELECTRONICO: evimonri@hotmail.com



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA Escuela Hermano Miguel "LA SALLE"

SECUNDARIA Instituto Tecnológico Superior "VICENTE FIERRO"

SUPERIOR UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

TITULOS OBTENIDOS

BACHILLER TECNICO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ.

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

"AEROREGIONAL" (Mantenimiento preventivo de aeronaves) 2011. Shell-Pastaza.

"AERoclub DEL ECUADOR" (Mantenimiento preventivo de aeronaves) 2011. Guayaquil-Guayas.

"DIAF Centro de Mantenimiento Aeronáutico" (Mantenimiento aeronáutico reparaciones mayores tipo C) 2012. Latacunga-Cotopaxi.

CURSOS Y SEMINARIOS

VI jornadas de Ciencia y Tecnología "ITSA" 2010, realizado los días 8 y 9 de Noviembre. Suficiencia en el idioma inglés.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

A/C EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA

SUBS.TEC.AVC.ING. HEBERT LEONIDAS ATENCIO VIZCAINO

Latacunga, 28 de marzo del 2014

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA, Egresado de la carrera de MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES, en el año 2013, con Cédula de Ciudadanía N° 040147316-0, autor del Trabajo de Graduación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PUESTA EN MARCHA Y CABINA DE OPERACIÓN PARA UN MOTOR RECÍPROCO TELEDYNE CONTINENTAL”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor de la Unidad de Gestión de Tecnologías..

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

A/C EDWIN VINICIO MONTENEGRO RIVERA

Latacunga, 28 de marzo del 2014