



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**TABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA -
MENCION AVIONES**

**TEMA: “CALIBRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
EQUIPO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE 25–250
lb.ft UBICADO EN EL PAÑOL DE HERRAMIENTAS DE LOS
LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA
AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”.**

AUTOR: MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID

DIRECTOR: ING. BAUTISTA RODRIGO

LATACUNGA

AGOSTO 2016



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “*CALIBRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS UBICADO EN EL PAÑOL DE HERRAMIENTAS DE LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS*”. Realizado por el señor *MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al suscrito para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Agosto 2016

Atentamente,

**ING. BAUTISTA RODRIGO
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID**, con cédula de identidad N°180323598-3, declaro que este trabajo de titulación ***“CALIBRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS UBICADO EN EL PAÑOL DE HERRAMIENTAS DE LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS*** “ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Agosto 2016

MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID

C.I. 1803235983



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, **MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación ***“CALIBRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS UBICADO EN EL PAÑOL DE HERRAMIENTAS DE LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”*** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Agosto 2016

MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID

C.I. 1803235983

DEDICATORIA

A DIOS, por concederme la vida y permitir vivirla con la capacidad necesaria para alcanzar mis metas.

A mis padres, sobre todo por ser siempre mis guías y hacerme saber que soy capaz de realizar mis sueños con la convicción de alcanzar el éxito; a mi hermana por ser mi amiga, mi apoyo y enseñarme que no hay mayor complicidad que con un hermano. Gracia por ser mi motor para seguir adelante, y que con su amor incondicional me han permitido crecer personal y espiritualmente.

A mis tíos, sus consejos estarán siempre presentes en mi vida y en cada paso que dé.

Por eso este logro es para ustedes así como mi compromiso de ser siempre mejor como persona y profesional.

MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE que me abrió las puertas y a todos mis tutores que me impartieron sus conocimientos, fortaleciéndome día a día para poder escudarme durante mi carrera profesional y personal.

MONTESDEOCA DÍAZ EDGAR DAVID

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I	1
TEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Alcance.....	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 La aeronave	5
2.1.1 Partes de la aeronave	5
2.1.2 Motor.....	6
2.1.3 Fuselaje	7
2.1.4 Alas	9
2.1.5 Cola	10
2.1.6 Tren de aterrizaje.....	11
2.2. Unión de componentes a las aeronaves.....	13

2.2.1 Mamparos.....	14
2.2.2 Largueros.....	14
2.2.3 Pernos.....	15
2.2.4 Tuercas	19
2.2.5 Hilos de seguridad.....	21
2.2.6 Remaches	24
2.2.7 Cotter Pins.....	26
2.2.8 Soldadura	27
2.3. Herramientas aeronáuticas	28
2.3.1 Bancos de prueba Tester Test Set	28
2.3.2 Equipos de medición.....	31
2.4 Torquímetros	32
2.4.1 Torque, par de torsión o par de apriete	34
CAPÍTULO III.....	39
PROCEDIMIENTO MEDIANTE EL EQUIPO AWS-QC PARA LA COMPROBACIÓN TORQUÍMETROS.....	39
3.1 Equipo AWS-QC TESTER.....	39
3.1.1 Descripción del equipo AWS-QC.....	40
3.1.2 Especificaciones del equipo AWS-QC	41
3.2 Procedimientos de comprobación de torquímetros con el equipo AWS-QC.....	43
3.2.1 Fijación del equipo	43
3.2.2 Encendido del equipo AWS-QC	45
3.2.3 Instalación del software de transferencia de datos y conexión del Equipo AWS- QC a un computador	50
3.2.4 Sincronización programa con el computador.....	51
3.2.5 Acoples para el equipo AWS-QC.	52
3.2.6 Toma de lectura a los torquímetros.....	54
3.3 Manual de funcionamiento del equipo AWS-QC.....	59
3.3.1 Modo de muestra.....	62
3.3.2 Programa de menú.....	62
3.3.3 Botones para el menú de navegación:	63

3.3.4 Elementos del menú:.....	64
3.3.5 Funcionamiento del equipo	65
3.3.6 Modo de visualización	65
3.3.7 Entradas del panel del equipo	66
3.3.8 Carga de las Baterías	66
3.3.9 Conexión serial RS-232	67
3.3.10 Descripción de las funciones.....	69
3.4 Torquímetros del pañol de herramientas.....	72
3.5 Formato para la calibración de torquímetros	76
3.6 Formato para la tarjeta de identificación de instrumentos	77
3.6.1 Forma de llenado de la tarjeta de identificación	77
CAPÍTULO IV	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1 Conclusiones	79
4.2 Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aeronave Embraer Lineage 1000E.....	5
Figura 2 Partes principales de la aeronave.....	6
Figura 3 Motor del primer avión.....	6
Figura 4 Motor de Turbina de un Avión.....	7
Figura 5 Fuselaje de la aeronave.....	8
Figura 6 Aleación del fuselaje del avión.....	8
Figura 7 Alas de una aeronave en vuelo de crucero.....	9
Figura 8 Tanques y Motores en las alas del avión.....	10
Figura 9 Estabilizador Horizontal y Vertical del avión.....	10
Figura 10 Formas de Estabilizadores.....	11
Figura 11 Tren de aterrizaje.....	12
Figura 12 Tipos de trenes de aterrizaje.....	12
Figura 13 Ensamblaje de una aeronave.....	13
Figura 14 Ferretería Aeronáutica.....	13
Figura 15 Larguero del ala.....	15
Figura 16 Pernos de aviación.....	16
Figura 17 Tipos de pernos.....	16
Figura 18 Perno hexagonal.....	17
Figura 19 Perno de Cabeza Ras.....	17
Figura 20 Perno de cabeza perforada.....	18
Figura 21 Perno Cabeza tipo arandela.....	18
Figura 22 Perno de desgarrado interno.....	18
Figura 23 Perno de cabeza de Horquilla.....	18
Figura 24 Pernos de Ojo.....	19
Figura 25 Tuercas.....	19
Figura 26 Tipos de Tuercas.....	20
Figura 27 Tuerca de bloqueo automático.....	20
Figura 28 Tuerca de mariposa.....	21
Figura 29 Tuerca de anclaje.....	21
Figura 30 Tuerca de canal.....	21

Figura 31 Consejo 1 para entorchar	22
Figura 32 Consejo 2 para entorchar	22
Figura 33 Consejo 3 para entorchar	23
Figura 34 Consejo 4 para entorchar	23
Figura 35 Consejo 5 para entorchar	23
Figura 36 Consejo 5 para entorchar	24
Figura 37 Remaches de aluminio.....	24
Figura 38 Remache Cherry	25
Figura 39 Mechanical-lock rivet	25
Figura 40 Remache alta cizalla	26
Figura 41 Cotter pin	27
Figura 42 Soldadura TIG/TAG.	28
Figura 43 Test Set DPS 450.	29
Figura 44 OMA DIAF.....	30
Figura 45 Multímetro Fluke 179.	31
Figura 46 Medidor de fuerza mecánico.	32
Figura 47 Manómetro Fimet.	32
Figura 48 Torquímetro Digital.	33
Figura 49 Clase A: llave dinamométrica de barra a torsión o flexión	34
Figura 50 Clase B: llave dinamométrica de caja rígida con escala graduada, dial o visor.....	34
Figura 51 Clase C: llave dinamométrica de caja rígida e indicador electrónico de medida.....	35
Figura 52 Clase D: destornillador dinamométrico con escala graduada, dial o visor	35
Figura 53 Clase E: destornillador dinamométrico con indicador electrónico de medida.....	35
Figura 54 Clase A: llave dinamométrica regulable con escala graduada o con visor	36
Figura 55 Clase B: llave dinamométrica con par de torsión fijo.....	36
Figura 56 Clase C: llave dinamométrica regulable sin escala graduada	36
Figura 57 Clase D: destornillador dinamométrico regulable con escala graduada o con visor.....	36
Figura 58 Clase E: destornillador dinamométrico con par de torsión fijo.....	36

Figura 59 Clase F: destornillador dinamométrico regulable sin escala graduada.....	37
Figura 60 Clase G: llave dinamométrica con barra de flexión, regulable con escala graduada	37
Figura 61 Equipo de comprobación AWS-QC.	40
Figura 62 Pantalla LCD equipo AWS-QC.....	41
Figura 63 Calibrador de torquímetros.	41
Figura 64 Flahs memory with Software.....	42
Figura 65 Cable USB.	42
Figura 66 Cargador 110VCA.	42
Figura 67 Acople Hembra.....	42
Figura 68 AWS-QC Torque Tester	43
Figura 69 Torquímetro Empotrado en la pared.....	44
Figura 70 Pernos de sujeción del equipo.	45
Figura 71 Certificado de calibración del equipo.	45
Figura 72 Equipo asegurado en el soporte.	46
Figura 73 Alimentación de corriente.....	46
Figura 74 Equipo listo para comprobar.....	47
Figura 75 Unidades de medida.....	48
Figura 76 Calibración del equipo para operar.....	49
Figura 77 Equipo encerado.	49
Figura 78 Puerto USB seleccionado.	50
Figura 79 Programa AWS Torque to Spreadsheet.....	51
Figura 80 Programa y hoja de cálculo sincronizados.....	52
Figura 81 Acople Hembra para Equipo AWS-QC.....	53
Figura 82 Torquímetro y acople a usar en el equipo.....	53
Figura 83 Torquímetro.	54
Figura 84 Verificador.....	55
Figura 85 Menisco.	55
Figura 86 Torque de 62,10 INLB aplicado en el equipo.....	56
Figura 87 Valores máximos y mínimos de tolerancia.....	57
Figura 88 Equipo encerado.	58
Figura 89 Equipo Apagado.	58

Figura 90 Modo de ingreso ENT.	59
Figura 91 Modo MDE.	60
Figura 92 Modo ENG.	60
Figura 93 Modo borrado.	61
Figura 94 Modo para Apagar equipo.	61
Figura 95 Modo acceso al menú.	62
Figura 96 Teclas de navegación.	63
Figura 97 Entradas de DC y R232.	66
Figura 98 Cable R232 USB.	68
Figura 99 Cable de transmisión y recepción.	69
Figura 100 Calibración del equipo.	71
Figura 101 Torquímetro de 125 FT-LB de la UGT-ESPE.	73
Figura 102 Torquímetro de 83,33 FT-LB de la UGT-ESPE.	74
Figura 103 Torquímetro de DIAL 30 FT-LB.	74
Figura 104 Torquímetro de DIAL de 250 FT-LB de la UGT-ESPE	75
Figura 105 Formato #1	76
Figura 106 Tarjeta de Identificación	77

RESUMEN

El presente proyecto centra su diseño y desarrollo en un equipo de comprobación de torquímetros de 25 hasta 250 (lb.ft) localizados en el pañol de herramientas de los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica pertenecientes a la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) ubicada en la ciudad de la Latacunga, con este equipo Tester se realizará pruebas de funcionamiento y operación de los torquímetros que son utilizados por el personal docente y estudiantes, para esto el mismo deberá estar empotrado en la pared del laboratorio de motores a pistón de la UGT, este dispositivo para su comprobación de torque posee información de parámetros aprobados almacenados en su memoria, con los cuales se puede realizar varios cambios como se requiera pertinentes en el equipo para las diferentes comprobaciones (Unidades de medida, Limites, Picos, etc.), esta información es seleccionada por medio de su teclado al momento de iniciar la comprobación a un instrumento, el equipo lo compara internamente y el resultado final se presenta a través de su pantalla LCD, los parámetros que son utilizados para la verificación del instrumento permitirán determinar si este se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma ISO 6789, de encontrarse dentro de los límites esta herramienta es avalada y certificada para ser utilizada en los laboratorios.

PALABRAS CLAVES:

- **TORQUÍMETRO**
- **TESTER**
- **PARÁMETROS DE TORQUE**
- **COMPROBACIÓN DE TORQUE**
- **ISO 6789**

ABSTRACT

The present Project bases its design and development in a torque wrench testing equipment from 25 to 250 (lb.ft), located in the tools locker in the laboratories of the Aeronautical Mechanic Career of Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) in Latacunga City. With this equipment, some performance and operation testing of the torque wrench will be done. These torque wrenches are used by teachers and students; so they have to be set in the piston engines laboratory wall of the UGT.

This device has some information parameters saved in its memory for the checking of the torque wrench which are used to make several changes in the equipment to perform different tasks (measurements units, limits, peaks, etc.). This information is selected by its own keyboard when an instrument check is started. The equipment compares internally and the final result is presented through LCD screen. The parameters that are used for the instrument testing will determine if this is within the established limits by the ISO 6789 standard. Whether it is within the limits, this tool is endorsed and certified for its use in the laboratories.

KEYWORDS:

- **TORQUE WRENCHES**
- **CHECKING**
- **TORQUE PARAMETERS**
- **TORQUE TESTER**
- **ISO 6789**

LIC. DIEGO GRANJA P.
JEFE SECC. DPTO. LENGUAS UGT

CAPÍTULO I

TEMA

“CALIBRACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE CALIBRACIÓN DE TORQUÍMETROS DE 25-250 lb.ft UBICADO EN EL PAÑOL DE HERRAMIENTAS DE LOS LABORATORIOS DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”.

1.1 Antecedentes

La Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC), es el entidad que regula se encarga de mantener el control Técnico-Operativo de todo tipo de actividades aeronáuticas del país, ubicada en la ciudad de Quito, ejecutando las responsabilidades establecidas en la Ley de Aviación Civil; regula, vigila y controla las actividades aeronáuticas garantizando la seguridad operacional de la nación. Las funciones principales de esta entidad es fomentar el desarrollo de la aviación comercial y de velar por las diferentes actividades que tienen las diferentes compañías que se dedican a actividades de desarrollo aéreo, y por último el control de las operaciones aéreas enmarcadas dentro de las normas de seguridad.

La Unidad de Gestión de tecnologías al ser regulado por DGAC, tiene varias inspecciones periódicas durante el año, por tal razón, se debe tener las herramientas y equipos calibrados, así como en correcto funcionamiento, según lo estipulado en las normas establecidas en este tipo de calibraciones, se las debe realizar cada año con documentación que respalde dicho trabajo en vista que la carrera de mecánica aeronáutica tiene equipos de calibración los cuales deben regirse a las regulaciones, requerimientos y observaciones por parte de la Autoridad Aeronáutica.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías está ubicada en la provincia de Cotopaxi, en este establecimiento existe el laboratorio de motores pistón, un taller de Mecánica Aeronáutica el cual es útil para los estudiantes de esta entidad, se encuentra el pañol de herramientas en el mismo están los torquímetros, herramientas que sirven para ajustar diferentes piezas de ferretería en general.

En el país hay entidades las cuales brindas este servicio de calibración de torquímetros, pero la UGT-ESPE, estos instrumentos necesitan que se realice una calibración anual, siendo fundamental esta comprobación de los torquímetros privando a los estudiantes en las diferentes cátedras contar con herramientas debidamente certificadas y aprobadas para su uso en el campo aeronáutico, esto se debe al elevado costo que refleja una calibración, el tiempo que se de demora en llegar con la respectiva documentación de estos instrumentos.

1.3 Justificación

El propósito del presente proyecto es mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías en las diferentes cátedras de la carrera de Mecánica Aeronáutica que son impartidas por la Institución, implementando un equipo para calibración torquímetros.

Se brindara la calibración a los diferentes torquímetros usados en los laboratorios del motores a pistón, las mismas que poseen niveles de torque y ajuste para los diferentes trabajos que se realizan en mencionado laboratorio, instalaciones en las cuales realizan prácticas los alumnos de las carreras de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas, proporcionando un recurso a la Institución que al momento no cuenta con un equipo para la calibrar torquímetros, optimizando costos, reduciendo el envío de estas herramientas a calibración demoran el tiempo de llegada y la documentación pertinentes sobre pasa los seis meses de retardo incluso en ocasiones no llega.

He aquí la importancia que la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas ESPE cuente con un equipo de calibración de torquímetros para sus laboratorios de mecánica aeronáutica logrando:

- Prolongar la vida útil de las herramientas.
- Reducir costos en su calibración.
- Obteniendo un taller aeronáutico operativo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el proceso de calibración de torquímetros utilizados en los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mediante normas técnicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información referente a componentes y herramientas que usan torque en aviación.
- Analizar el funcionamiento y operación del equipo de calibración de torquímetros.
- Implementar y realizar pruebas de funcionamiento y operación del equipo.
- Elaborar un instructivo de operación y manejo del equipo de calibración de torquímetros.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance la Unidad de gestión de Tecnologías De las Fuerzas Armadas - ESPE y a los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, se proporcionará un manual que permita utilizar el sistema de comprobación de las herramientas y parámetros en calibración de torquímetros, con

lo que se reduce costos y se permite a los estudiantes aprovechar al máximo sus horas clase y recursos de aprendizaje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La aeronave

Una aeronave independientemente del modelo, fabricante, tipo, etc., se encuentran ensambladas de cuatro componentes esenciales como son: el fuselaje, las alas, los motores propulsores y la cola, con todos estos elementos juntos se puede contar con una aeronave Aero navegable, las cuales necesitan y requieren de equipos para realizar sus diferentes inspecciones y mantenimientos ya sean estos preventivo o correctivos según las horas de vuelo que presentes y se encuentren detalladas en el manual de mantenimiento de la aeronave AMM. Las aeronaves para poder sustentarse, elevarse o aterrizar cuentan con las cuatro fuerzas que en el inciden.



Figura 1 Aeronave Embraer Lineage 1000E

Fuente: (S.A, 2015)

2.1.1 Partes de la aeronave

Las aeronaves se encuentran formadas de la siguiente secuencia principal:

- Motor
- Fuselaje
- Alas
- Cola
- Tren de aterrizaje



Figura 2 Partes principales de la aeronave

Fuente: (normafontecha, 2011)

2.1.2 Motor

El motor es una de las partes más importantes que tienen las aeronaves pues es el encargado de dar la propulsión a la misma, las características que tienen los motores es su tamaño y la cantidad de empuje que brindan a las aeronaves para que puedan despegar de las diferentes pistas sean estas cortas o internacionales, potencia que utilizan para elevarse sean estas aeronaves de pasajeros o aeronaves de carga.

Los inicios de los motores dan a finales del siglo XIX y fueron inventados por los hermanos Wright y con el pasar de los años estos se han ido modernizando hasta lograr poner a las aeronaves más grandes del planeta en el espacio, tanto en la línea comercial como en la militar, conectando a los diferentes Países, Continentes y porque no decirlo llegar hasta la luna, una de las metas alcanzadas por el hombre.

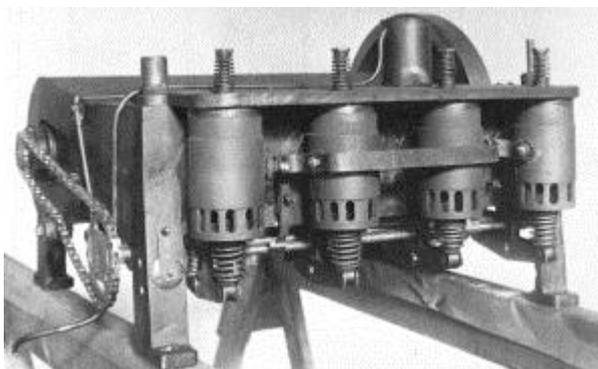


Figura 3 Motor del primer avión.

Fuente: (Escarti, 2013)

Los motores progresaron con el pasar de los años, aprovechando su potencia se los pudo ver incorporados en la Primera Guerra Mundial a los aviones de transporte logístico y aviones de combate militar. En cuanto a 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. Las aeronaves de acuerdo a su operación pueden contar con un determinado número de motores los cuales son clasificados de la siguiente manera:

- Un motor (Monomotor).
- Dos motores (Bimotor).
- Tres motores (trimotor).
- Cuatro motores (cuatrimotor o tetramotor).
- Seis motores (Hexamotor).

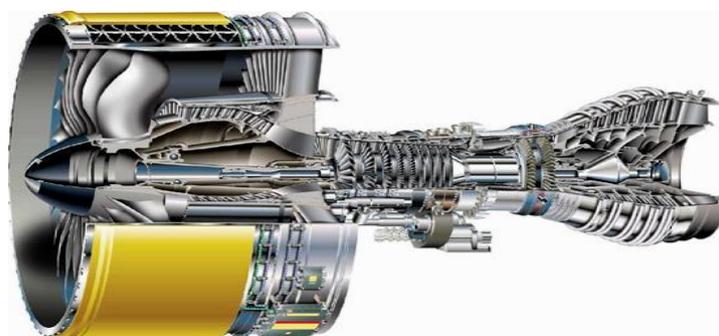


Figura 4 Motor de Turbina de un Avión.

Fuente: (Lukascheuski, 2010)

2.1.3 Fuselaje

El fuselaje de un avión es la parte más importante y principal, en su interior están situados equipos de comunicación, navegación, cabina de pasajeros, bodegas de cargas, y es la estructura principal de acople a las demás partes de la aeronave como son las Alas, los trenes y el grupo moto propulsor.

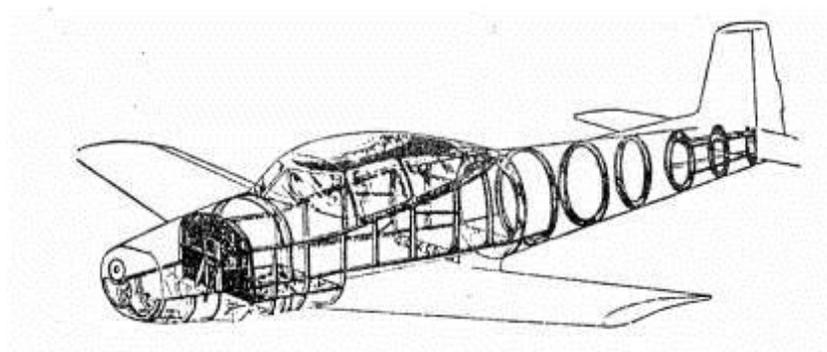


Figura 5 Fuselaje de la aeronave.

Fuente: (ONI, 2016)

El fuselaje de las aeronaves son de diferentes aleaciones, debido a que a varios estudios realizados los materiales se comportan de diferente manera cuando experimentan o están expuestos a velocidades, temperatura, presión, fricción, etc; extremadamente altas o fuertes, debido a estos factores los materiales tienden a deformarse lo que provoca que se vuelvan más maleables y sensibles a la corrosión deformación algo que en la aerodinámica de las aeronaves no es aceptable pues provocaría accidentes catastróficos y la pérdida de vidas humanas inocentes.

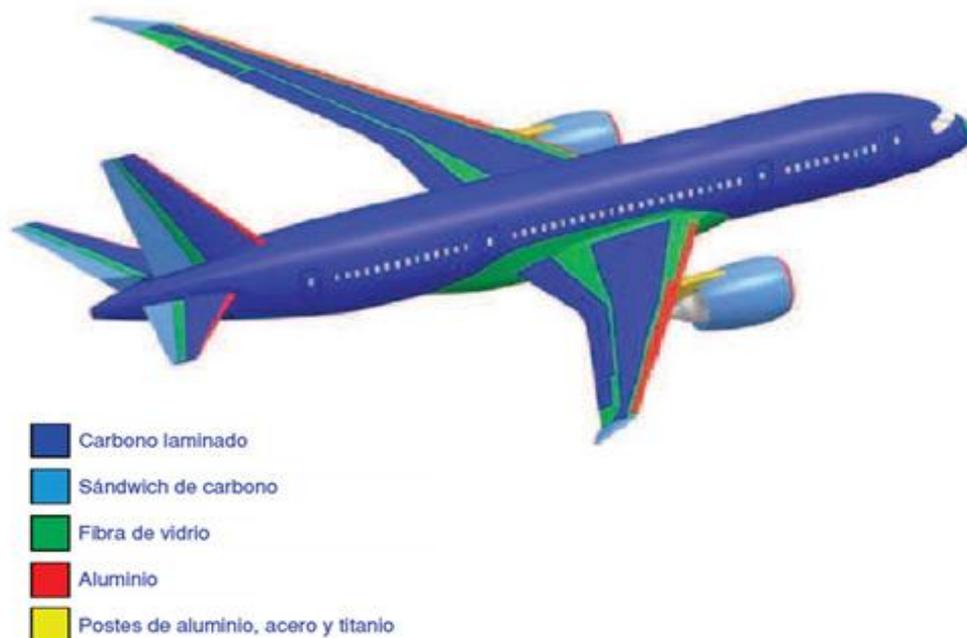


Figura 6 Aleación del fuselaje del avión.

Fuente: (Arechaga, 2012)

Razón por la cual el fuselaje de las aeronaves están hechas de aleación de aluminio con carbón y otras zonas o estaciones son reforzadas, estas partes son:

- La cabina de la tripulación.
- La zona de carga.
- La parte frontal del fuselaje.
- Las zonas donde están situadas los controles de vuelo.
- Las envergaduras.
- Las superficies alares.
- Las superficies de los motores.

2.1.4 Alas

Las alas de las aeronaves es la parte estructural más importante, donde se crea fundamentalmente la mayor sustentación de la misma, apoyando y afianzando al fuselaje de la aeronave para que este no se desprenda en un vuelo de crucero comercial normal a 35000 ft de altura y una velocidad de 350 Knot.



Figura 7 Alas de una aeronave en vuelo de crucero.

Fuente: (TIRPAK, 2011)

En las aeronaves que poseen más de un motor los reforzamientos están principalmente en las alas ya que son el sustento para que estos no desbalancen el centro de gravedad de la misma, ocasionando que la aeronave pueda precipitarse o incluso no pueda decolar de la pista.

En las alas de algunas aeronaves se encuentran los tanques de combustible los mismos que pueden ser parte de la estructura o adheridos a los mismos, por efectos de gravedad o por medio de bombas alimentan a los motores de la aeronave.

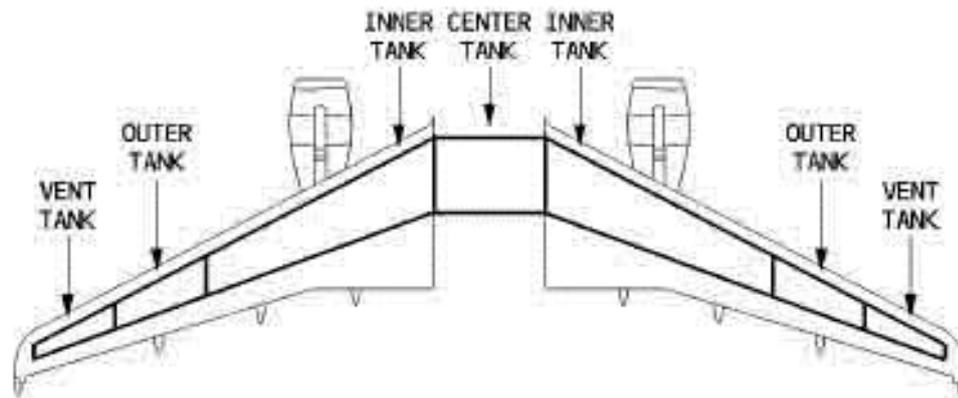


Figura 8 Tanques y Motores en las alas del avión.

Fuente: (Manu, 2006)

2.1.5 Cola

Se denomina cola del avión a la parte posterior donde están situados el estabilizador horizontal que es el encargado del control del pitch de la aeronave y el estabilizador vertical que es el encargado del control de la guiñada del avión.



Figura 9 Estabilizador Horizontal y Vertical del avión.

Fuente: (Álvarez, 2016)

La cola de la aeronave en la mayoría de los aviones es diseñados y elaborados con una estructura estándar simple, debido a que es la parte menos susceptible a daños ocasionados durante un accidente aéreo, en este se encuentran:

- Un estabilizador vertical.
- Dos estabilizadores horizontales.
- Equipos de anunciadores de emergencia.
- Equipos grabadores de datos de la aeronave.

Existen varias formas de encontrar los estabilizadores en las aeronaves estas son:

- Forma de **T** invertida.
- Forma de **T** normal.
- Forma de + cruz.
- Dos estabilizadores paralelos verticales.
- Tres estabilizadores paralelos verticales.
- Forma de **V** mariposa.

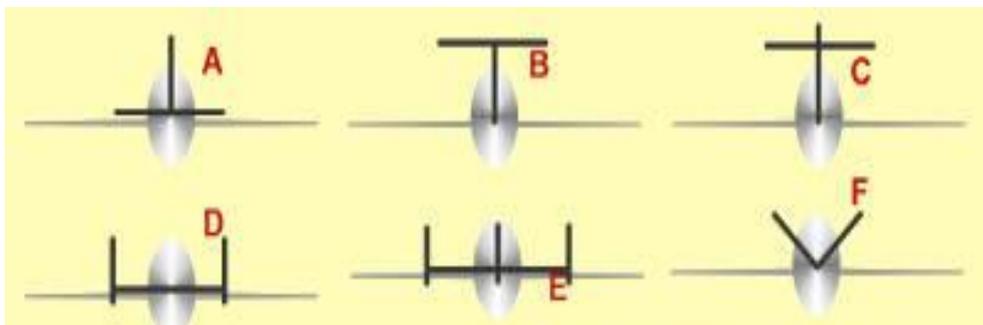


Figura 10 Formas de Estabilizadores.

Fuente: (Álvarez, 2016)

2.1.6 Tren de aterrizaje

Los trenes de aterrizaje de las aeronaves es la parte en donde se encuentra fijadas las ruedas del avión, de igual manera que el fuselaje los trenes de aterrizaje son fabricados con aleaciones debido a que estos soportan el peso del fuselaje, las alas, los pasajeros, la carga, y demás componentes que integran y forman parte de la aeronave.



Figura 11 Tren de aterrizaje

Fuente: (NCUATRO, 2013)

Las aeronaves pequeñas poseen trenes de aterrizaje en forma de triciclo formado por tres ruedas, dos neumáticos delanteros y una trasera en otros casos una llanta delantera y dos traseras a esta forma se le conoce como patín de cola, poseen 3 tipos de trenes de aterrizaje estos van de acuerdo al tipo de terreno donde son empleadas las aeronaves.



Figura 12 Tipos de trenes de aterrizaje

Fuente: (Muñoz, 2016)

2.2. Unión de componentes a las aeronaves

Las diferentes uniones que utilizan los fabricantes de aeronaves a nivel mundial son de distintas formas debido al propósito y uso que se les vaya a dar a estas, por lo que se encuentran los siguientes tipos:

- Pernos, tornillos, tuercas
- Hilos de seguridad
- Remaches de aviación
- Cotter pin

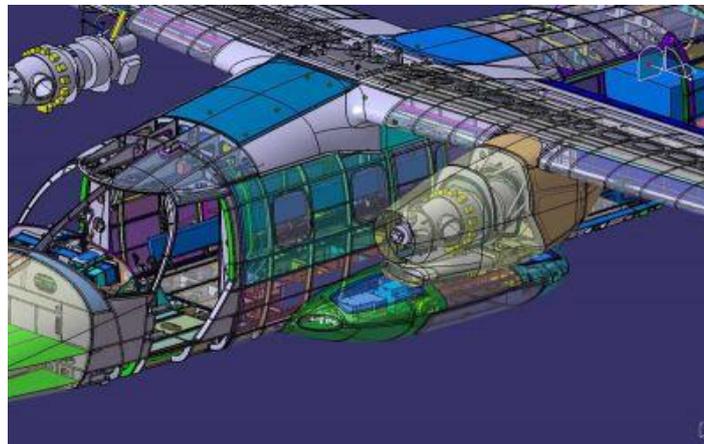


Figura 13 Ensamblaje de una aeronave.

Fuente: (3D, 2014)



Figura 14 Ferrería Aeronáutica

Fuente: (Aeronáuticas, 2016)

Remontando en la historia de la aviación los primeros fabricantes de aeronaves a nivel mundial eran las Fuerzas Armadas de los países que querían conquistar territorios por política e incluso por ambición en la mayoría de los casos, es así que con el avanzar de la tecnología se fueron afianzando para mejorar y crear nuevos prototipos por ellos que ahora en la actualidad se cuenta con normas en la implementación de partes, repuestos y accesorios para la fabricación de aviones comerciales, militares, deportivos y ultra ligeros, entre las normas establecidas a nivel mundial están:

Estas normas cuentan con un número de parte determinado a nivel mundial para cada uno de los componentes de la aeronave siendo la FAA, la autoridad Aeronáutica Mundial la encargada de llevar los registros de cada una de las partes que hayan sido fabricadas dotándoles de un certificado de conformidad y trazabilidad a estos componentes.

2.2.1 Mamparos

Los mamparos es la construcción de planchas de metal en posición vertical u horizontal, con los cuales podemos formar compartimientos estos pueden contar con puertas, por lo general poseen aberturas con comunicación al exterior logrando contar con ventilación a los espacios que no lo tienen. Los mamparos pueden ser transversales o longitudinales.

En la actualidad el avión que cuenta con un mamparo plano de presión de carga realizado en material compuesto y que se encuentra certificado, fue diseñado y fabricado por AERNOVA.

2.2.2 Largueros

El larguero es el principal elemento estructural del ala, debido a que este atraviesa toda la envergadura en la una sola dirección, es decir es perpendicular al fuselaje del mismo. Las fuerzas que actúan sobre el larguero son:

expuestos a fricción por rozamiento como por ejemplo los que se encuentran ubicados en los motores de la aeronave.



Figura 16 Pernos de aviación.

Fuente: (especialidades, 2016)

Los materiales más comúnmente que se emplean en la fabricación de los pernos de aviación son:

- Acero resistente a la corrosión
- Acero de níquel
- Aleación de aluminio
- Titanio
- Anti ferrosos
- Plástico resistente
- De cabezas especiales

Por su uso también se clasifican en:

- Según el sistema de sujeción
- Por la rosca
- Por el material
- Por el tamaño



Figura 17 Tipos de pernos.

Fuente: (TIPOS:CO, 2016)

Dentro de los pernos usados en aviación se encuentran diferentes tipos de cabeza como son:

- a. Hexagonal
- b. Ras
- c. Perforados
- d. Arandela
- e. Desgarrado interno
- f. Horquilla
- g. Ojo

- a. **Pernos de cabeza Hexagonal.-** Son fabricados de acero SAE 2330 de níquel, aleación de aluminio 2024, acero resistente a la corrosión y titanio bañados de cadmio-plateado.



Figura 18 Perno hexagonal.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- b. **Pernos de cabeza Ras.-** Estos pernos de alta resistencia están hechos de acero de aleación y titanio



Figura 19 Perno de Cabeza Ras.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- c. **Pernos de cabeza Perforados.-** Estos pernos están hechos de acero de aleación, usados para alta resistencia ajustados con un cable.



Figura 20 Perno de cabeza perforada.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- d. **Pernos de cabeza Arandela.-** Diseñado para la alta resistencia en el fuselaje que soporta alta temperatura, especialmente en compartimientos eléctricos.



Figura 21 Perno Cabeza tipo arandela.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- e. **Pernos de cabeza Desgarrado interno.-** Estos pernos son de acero de aleación de alta resistencia usados en el fuselajes donde se imponen cargas severas al vástago tiene una arandela de acero especial biselada con tratamiento térmico.



Figura 22 Perno de desgarrado interno.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- f. **Pernos de cabeza Horquilla.-** Diseñado sólo para cargas de corte. Para evitar que sean utilizados para cargas de tensión

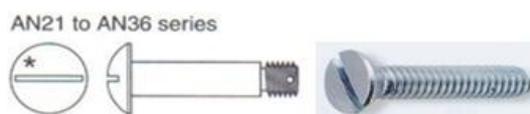


Figura 23 Perno de cabeza de Horquilla.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- g. **Pernos de cabeza Ojo.-** Se utiliza para conectar alambres y cables a la estructura de la aeronave; hecha de aleación de acero, chapado en cadmio.



Figura 24 Pernos de Ojo.

Fuente: (Madriferr, 2016)

2.2.4 Tuercas

Estos componentes poseen roscas internas que se atornillan abajo sobre un perno para proporcionar la acción de sujeción que contiene todos los componentes de una unión atornillada con fuerza. Se elaboran en materiales como níquel cadmio-plataado, otras son de aluminio y acero resistentes a la corrosión.



Figura 25 Tuercas.

Fuente: (Madriferr, 2016)

Dentro de estas tuercas se encuentran diferentes tipos como son:

- a. Bloqueo automático
- b. Mariposa
- c. Anclaje
- d. De canal



Figura 26 Tipos de Tuercas.

Fuente: (tecnología, 2016)

- a. **Tuerca de bloqueo automático.-** En aviación la mayoría de las tuercas son de bloqueo automático debido a que la aeronave está expuesta a la vibración durante el vuelo y su operación en tierra, elaboradas de aleación de aluminio resistente a altas temperaturas donde la fricción es un problema en las aeronaves.

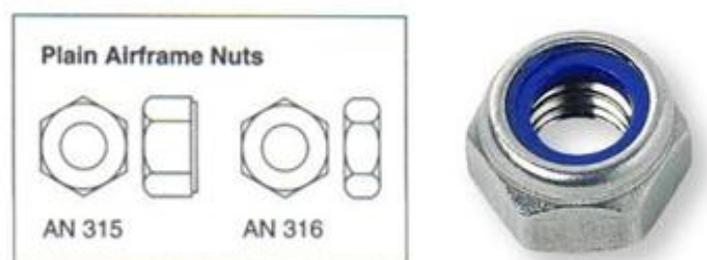


Figura 27 Tuerca de bloqueo automático.

Fuente: (Madriferr, 2016)

- b. **Tuerca de mariposa.-** Tuercas que no necesitan de mucho torque para realizar su ajuste son utilizadas en la atadura de cables de los instrumentos.



Figura 28 Tuerca de mariposa.

Fuente: (A&G, 2011)

- c. **Tuerca de anclaje.**- Usadas en la sujeción de los instrumentos de aeronavegabilidad de las aeronaves están hechas de aluminio y cobre.

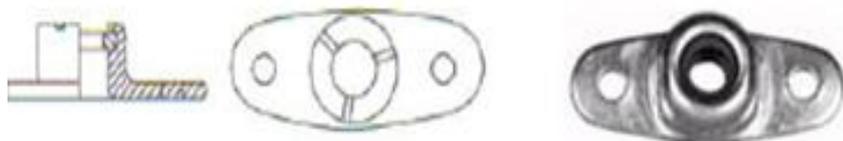


Figura 29 Tuerca de anclaje.

Fuente: (Aviasport, 2016)

- d. **Tuerca de canal.**- Tuercas que deben ir remachadas a la estructura donde van a ser utilizadas, son de aleación de aluminio anticorrosivas.

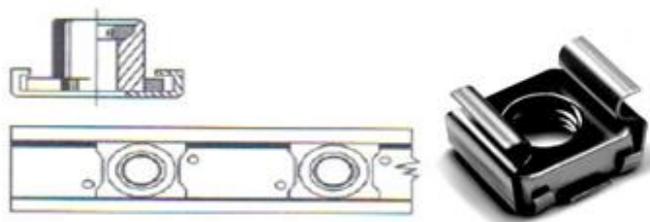


Figura 30 Tuerca de canal

Fuente: (Madriferr, 2016)

2.2.5 Hilos de seguridad

Disponibles en cobre, acero estañado, acero inoxidable, aleación de cobre y zinc.

Tamaño de diámetro desde 0.021 a 0.051 pulgadas.

- El hilo de seguridad debe ser entorchado en dirección que el lazo del hilo este hacia abajo a lo largo del sujetador.
- Las cabezas de los pernos están aseguradas de tal manera que la tendencia aflojamiento de uno tire del cable en una dirección de apriete en el otro.

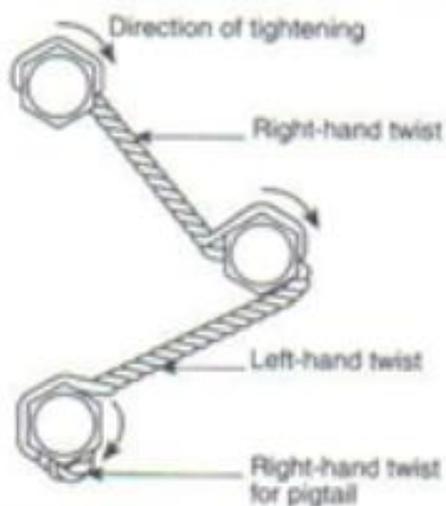


Figura 31 Consejo 1 para entorchar

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- Cuando hay un problema de desmonte, el cable de seguridad se puede pasar sobre el extremo del perno en lugar de alrededor de la tuerca.



Figura 32 Consejo 2 para entorchar

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- El tornillo de cabeza cilíndrica puede ser asegurado con un solo alambre.

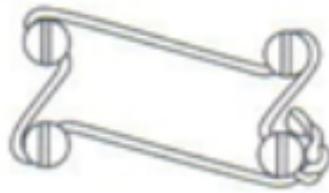


Figura 33 Consejo 3 para entorchar

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- Para asegurar el ajuste de una barra de control: después de la longitud de la varilla es ajustada, el extremo del zócalo de la barra es asegurado a la tuerca de retención, y luego a los orificios de la hexagonal de la parte macho de la barra.



Figura 34 Consejo 4 para entorchar

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- Asegurar una tuerca de acoplamiento en la línea flexible a un conector recto con soldadura en un tubo rígido, tal como se muestra.



Figura 35 Consejo 5 para entorchar

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- Tuercas de acoplamiento de seguridad a una tuerca de cierre como se muestra: la tuerca de acoplamiento de la derecha está asegurada a la

hexagonal de la conexión de cierre. La tuerca de cierre se aprieta contra el bulkhead y se asegura a un punto fijo con el cable de seguridad tirando de la tuerca en la dirección de apriete. La tuerca de acoplamiento está asegurada al mismo punto.

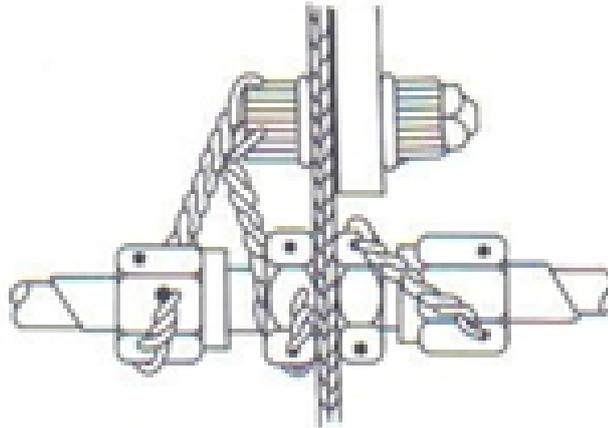


Figura 36 Consejo 5 para entorchar

Fuente: (Crane , Mechanic Handbook, 2006)

2.2.6 Remaches

Los diferentes remaches que se utilizan en aviación vienen de distintas características entre las cuales se encuentran remaches de cobre, aluminio y de aleación, estos son utilizados en diferentes sitios de las aeronaves, de acuerdo con la necesidad (unir láminas, hojas, pieles, etc).



Figura 37 Remaches de aluminio.

Fuente: (Ultraligera, 2016)

Tipos de remaches para aviación:

- a. Especiales.- Remaches sólidos, son los remaches más utilizados en la construcción de aviones.
- b. Ciegos.- Se instala a menudo en lugares donde hay acceso a un solo lado del material.
- c. Fricción.- Se pueden utilizar para reemplazar los remaches sólidos en algunos casos, el diámetro debe ser mayor al que se sustituye.

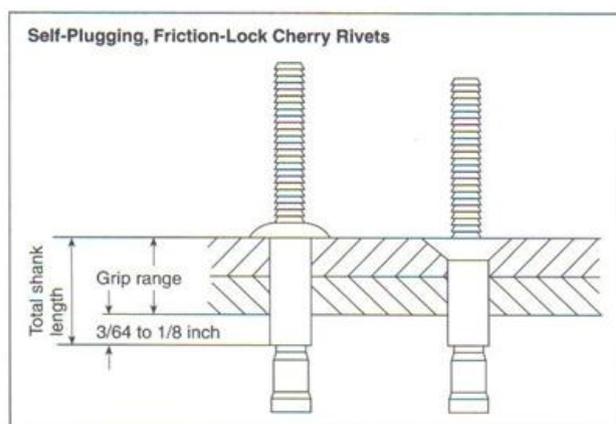


Figura 38 Remache Cherry

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- d. Bloqueo Mecánico.- Se puede reemplazar por remaches solidos del mismo tamaño, más fuerte que el remache del mismo diámetro, disponible con ambas cabezas universales y 100° cabeza avellanada.

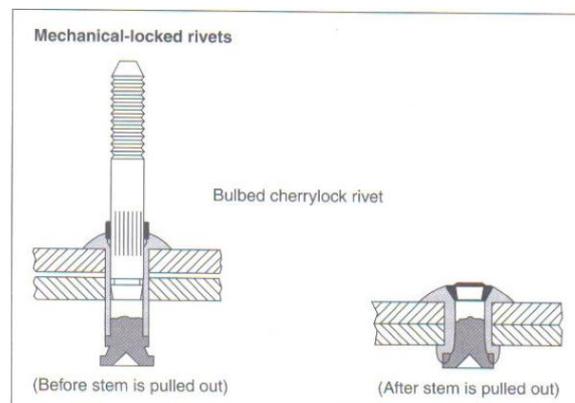


Figura 39 Mechanical-lock rivet

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

- e. CherryMax, Olympic-lock, Huck.- remaches ciegos que están aprobados para ser usados en la estructura de una aeronave y todas las funciones en el mismo principio para el remache Cherrylock.
- f. Pin de alta resistencia.- Remaches pin son un grupo de sujetadores sujetadores que tiene la fuerza de una unión bolted, son más ligeros, y más fáciles de instalar que un perno y son instalados en lugares donde no necesitan ser removidos.
- g. Alta cizalla.- tiene un perno de aleación de acero tratada térmicamente igual o superior en fuerza al perno AN que esta aprobado para reemplazar.

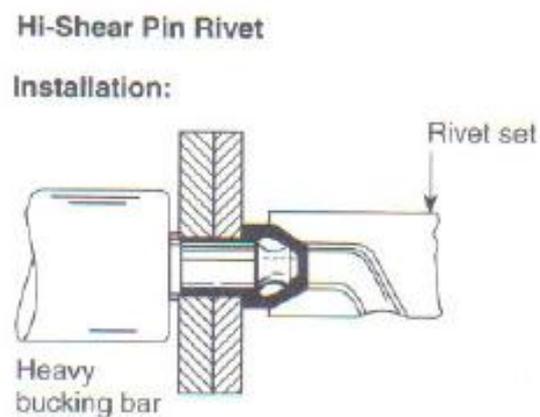


Figura 40 Remache alta cizalla

Fuente: (Crane, Mechanic Handbook, 2006)

2.2.7 Cotter Pins

Las tuercas almenadas están aseguradas en pernos con cotter pins pasados a través de la almenada y el hueco del perno. Disponibles en AN 3080 y AN 381. Asegurase de revisar el manual de la estructura del avión, motor y partes para tener el número de parte correcto para el pin correcto.

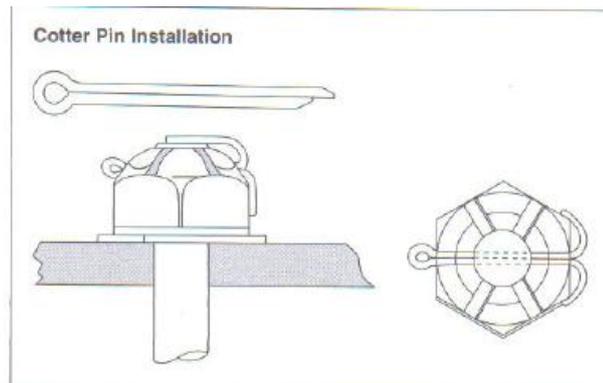


Figura 41 Cotter pin

Fuente: (Crane, Mechanic Aviation, 2006)

2.2.8 Soldadura

La soldadura es un proceso para unir dos o más piezas del mismo o distinto material de una estructura. Muchas fuentes de energía externas suelen usarse en el proceso de soldadura, estas pueden incluir una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, proceso de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para lograr unir don piezas de metal

En el campo aeronáutico también se utiliza el proceso de soldadura, pero es un poco más controlado que en el campo industrial, debido a que utiliza un proceso de inspección de calidad después de haber realizado el trabajo en una aeronave y esta es sometida a la verificación de la soldadura utilizando los principios de la soldadura TIG/TAG.

La soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), se caracteriza por el empleo permanente de un electrodo de tungsteno (se funde a los 3410°C), aleado con circonio en porcentajes no superiores al 2%, los gases que se utilizan para la protección del arco en esta soldadura es el argón y el helio, en algunos casos los dos gases mezclados. La ventaja del uso de este tipo de soldadura es por su mayor resistencia, es más dúctil y menos corrosivo.

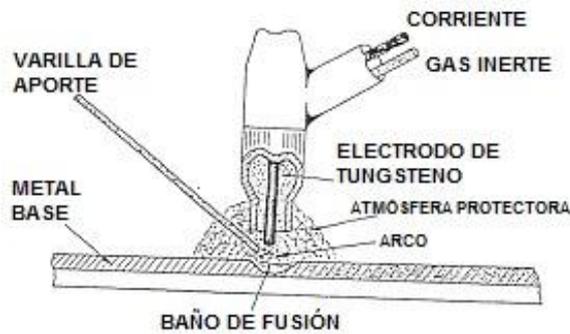


Figura 42 Soldadura TIG/TAG.

Fuente: (Ingemecánica, 2016)

2.3. Herramientas aeronáuticas

Las herramientas aeronáuticas usadas en las aeronaves deben estar debidamente calibradas y certificadas por los fabricantes de aviones, en el campo aeronáutico estas son debidamente verificadas, comprobadas y aprobadas por la autoridad aeronáutica de cada País y basándose en las regulaciones de la FAA y la EASA.

Estas herramientas deben cumplir con las diferentes políticas y normas de calidad, seguridad, para su debido uso y funcionamiento ya que son empleadas en las diferentes aeronaves y estas deben estar debidamente calibradas para su uso en una reparación o mantenimiento programado de la aeronave, ya que, cómo se encuentre las herramientas se lograra realizar el trabajo satisfactoriamente y evitar futuros accidentes de los aviones de las diferentes aerolínea que prestas sus servicios a la comunidad civil, militar o particular. Las herramientas y equipo más usados para este tipo de Inspecciones, chequeos, reparaciones, mantenimientos, calibraciones, etc.; son:

- Bancos de prueba Tester Test Set
- Equipos de medición

2.3.1 Bancos de prueba Tester Test Set

Los bancos de prueba que se usan en las diferentes Inspecciones, chequeos calibraciones, etc. En la mayoría de los casos los expiden los fabricantes, pero en

otros casos las compañías se asocian para trabajar en conjunto y dedicarse a una sola actividad por ello es que en el campo aeronáutico se encuentran muchos equipos y herramientas para realizarlos diferentes tipos de trabajo que requieren una inspección programada por el fabricante para las aeronaves que han cumplido con un determinado ciclo de horas de vuelo o de vida útil de operación.

Para realizar las diferentes inspecciones mandatorias por la autoridad aeronáutica mundial, se debe contar con los equipos necesarios para poder realizar el chequeo y retornar de la aeronave a la operación Aero navegable que exige la autoridad aeronáutica de cada país.



Figura 43 Test Set DPS 450.

Fuente: (Dallas Avionic, 2016)

Para este proceso existen un sin número de bancos de prueba debido a que el campo aeronáutico ha avanzado a pasos gigantescos, de la misma manera los fabricantes de bancos de prueba han ido automatizando y mejorando los bancos para chequeo de los diferentes equipos y sistemas de la aeronaves.

Estos bancos de prueba bajo las normas aeronáuticas establecidas para su correcto funcionamiento y puedan brindar el servicio de inspección, chequeo, calibración a los diferentes equipo, instrumentos de las aeronaves, deben estar debidamente calibrados, efecto para lo cual todos los talleres aeronáuticos deben contar con sus equipos debidamente calibrados anualmente.

Los centros autorizados para realizar las calibraciones a los bancos de prueba, son los que se encuentren certificados por la autoridad aeronáutica y han sido sometidos a un proceso de certificación cumpliendo las deferentes normas establecidas como requisito para ser un taller aeronáutico aprobado para realizar menciona función.

Dentro del nuestro País la autoridad aeronáutica que lleva el control de los diferentes talleres y compañía de avión es la Dirección General de Aviación Civil DGAC, Institución que mediante las regulaciones de aviación civil RDAC, otorga los permisos de funcionamiento a las Organizaciones de Mantenimiento Aprobadas, que cumplen con los requisitos establecidos en estas regulaciones.

En nuestro país hay una OMA, que cumple con todos los requisitos estipulados por las RDAC, y que realiza trabajos de inspección, chequeo, reparaciones menores, este centro aprobado y certificado por la autoridad aeronáutica del Ecuador y de los USA, se encuentra localizado en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi y es parte integral del campo aeronáutico del ecuador, contando con herramientas y equipos debidamente certificados y calibrados bajos los estándares elegidos por la autoridad aeronáutica del país y de cada una de las empresas de aviación que llegan a realizar las diferentes inspecciones o reparaciones de sus aviones en esta Organización de Mantenimiento Aprobada La OMA - DIAF.



Figura 44 OMA DIAF

Fuente: (DIAF, 2014)

2.3.2 Equipos de medición

Un instrumento de medición es una herramienta que es utilizada para realizar comparaciones y verificaciones de magnitudes físicas. Utilizan objetos o bases de datos previamente establecido como estándares o patrones, logrando establecer si estas medidas tomadas están correctas o dentro de los parámetros ya definidos por el fabricante del equipo medido; estos equipos poseen características importantes que son:

- a. **Precisión.**-Capacidad del equipo de dar el mismo resultado tras varias mediciones.
- b. **Exactitud.**- Medición de un valor cercano a la medición real
- c. **Apreciación.**- Medida pequeña perceptible.
- d. **Sensibilidad.**- Desplazamiento entre la medida indicada y la medida real.

Se utilizan una gran cantidad de equipos para realizar medición a los diferentes instrumentos de las aeronaves. Dentro de estos equipos de medición contamos con tres que son:

- 1. **Instrumento eléctricos.**- Usados para medir magnitudes eléctricas como es Voltaje, Corriente, Frecuencia, Ohmiaje, Potencia, etc.



Figura 45 Multímetro Fluke 179.

Fuente: (CEDED, 2016)

- 2. **Instrumento mecánicos.**- Son instrumentos que deben ser manipulados por una persona como el medidor de fuerza mecánico analógico o de aguja.



Figura 46 Medidor de fuerza mecánico.

Fuente: (KERN, 2016)

- 3. Instrumento hidráulicos.-** Son instrumentos usados para medir flujos hidráulicos, combustible, presión de aire, etc.



Figura 47 Manómetro Fimet.

Fuente: (KERN, 2016)

2.4 Torquímetros

Hasta hace algunos años, el torque era una variable poco atendida y muchas veces subestimada, reducida simplemente a “dar vueltas a un tornillo” hasta que la pieza quedara firme; pero, hoy día, con los nuevos diseños, adelantos tecnológicos y búsqueda de ahorro en los procesos de producción, los requerimientos de calidad y precisión en el ensamble están tomando cada vez mayor importancia.

En el caso del equipo militar o las aeronaves, por ejemplo, el torque es literalmente cuestión de vida o muerte; en este caso, un torquímetro debe garantizar que los sujetadores estén bien ajustados dentro de su rango de tolerancia y que así permanezcan, incluso, después de un uso prolongado. Si no se aplicará un torque o

apriete correcto a los tornillos de los motores o a los pernos de unión de las alas de un avión, estos se aflojarían y terminarían por romperse en pleno vuelo.

Los torquímetros son herramientas que se emplean para realizar ajustes de tuercas, pernos, tornillos y otras piezas afines, estos instrumentos permiten la aplicación de una tensión específica, debido a esto se caracteriza por su precisión a la hora de realizar un trabajo; también conocidos como llaves de torsión o llaves dinamométricas, son utilizados en aviación en motores de combustión equipos que controlan el flujo de gases y líquidos, las mismos que van transportados por tuberías de aluminio y otros dispositivos. Es importante decir que estas herramientas están diseñadas para mantener de manera tal que el personal no aplique una tensión sobre la normal, en el mercado local y mundial se encuentran diferentes tipos de torquímetros.

Cada uno de estos torquímetros ofrece distintas presentaciones y están alineados a una finalidad específica, dentro de la variedad de torquímetros está el digital, el cual es el más avanzado, esta herramienta posee una pantalla en la cual se puede ver los valores del torque que se está dando a un perno, tuerca, gracias a su avanzado circuito electrónico censa a través de vibraciones y sonidos el cual emite una alerta cuando la herramienta llega al ajuste que ha sido selectado previamente, evitando que se dé un torque mayor al que se le ha programado.



Figura 48 Torquímetro Digital.

Fuente: (TOHNICHI, 2004)

Para que el trabajo del torquímetro sea satisfactorio, es importante sujetar la herramienta con firmeza por su mango, y no se debe utilizar este torquímetro cuando los pernos, tuercas y demás accesorios se encuentren en mal estado, para garantizar que la herramienta de torque este trabajando efectivamente no debe ser

sometido a golpes. Si el torquímetro sufre golpes este debe de ser inspeccionado, chequeado e incluso calibrado si el caso lo amerita.

2.4.1 Torque, par de torsión o par de apriete

El estudio del Centro Español de Metrología – CEM de 2006. (p. 05) encontró lo siguiente: Torque es “Es el producto de una fuerza tangencial por la distancia entre su punto de aplicación de carga y un centro de rotación. Su unidad en el Sistema Internacional de unidades (SI) es el N•m.”(Centro Español de Metrología; 2006; p. 05)

“Los tipos principales de herramientas dinamométricas que son objeto del presente procedimiento pueden dividirse fundamentalmente en dos:” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 5)

- Tipo I: herramientas dinamométricas de lectura directa

“Son herramientas manuales de aplicación y lectura directa del par de torsión generado y que a su vez para el objeto de este procedimiento se dividirán en 5 clases.” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 5)

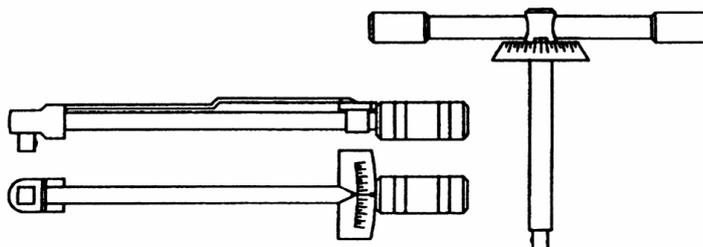


Figura 49 Clase A: llave dinamométrica de barra a torsión o flexión

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

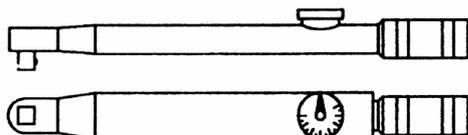


Figura 50 Clase B: llave dinamométrica de caja rígida con escala graduada, dial o visor

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

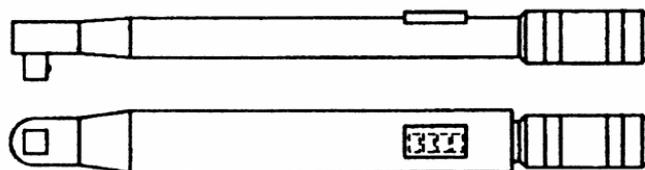


Figura 51 Clase C: llave dinamométrica de caja rígida e indicador electrónico de medida

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

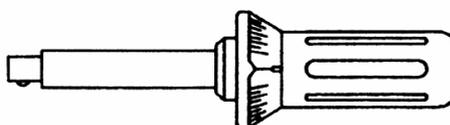


Figura 52 Clase D: destornillador dinamométrico con escala graduada, dial o visor

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

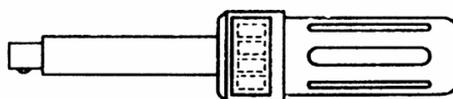


Figura 53 Clase E: destornillador dinamométrico con indicador electrónico de medida

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

- Tipo II: herramientas dinamométricas de disparo
 “Son herramientas manuales de aplicación directa del par de torsión generadas que producen un salto o disparo al llegar al valor de consigna. Se dividirán en 7 clases.” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 06)

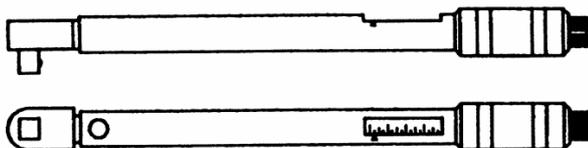


Figura 54 Clase A: llave dinamométrica regulable con escala graduada o con visor

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

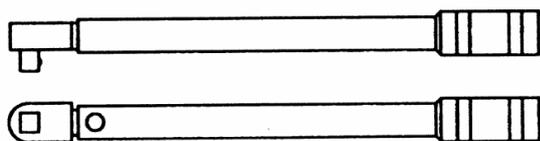


Figura 55 Clase B: llave dinamométrica con par de torsión fijo

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

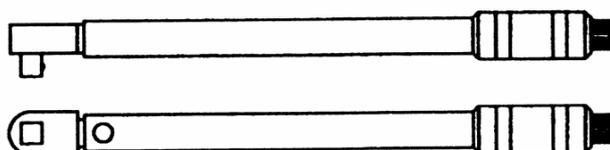


Figura 56 Clase C: llave dinamométrica regulable sin escala graduada

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

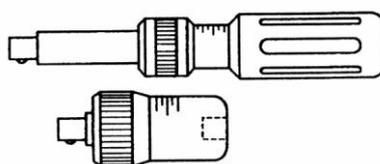


Figura 57 Clase D: destornillador dinamométrico regulable con escala graduada o con visor

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

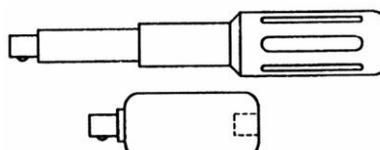


Figura 58 Clase E: destornillador dinamométrico con par de torsión fijo

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

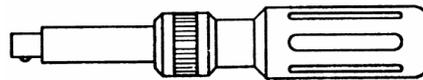


Figura 59 Clase F: destornillador dinámico regulable sin escala graduada

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

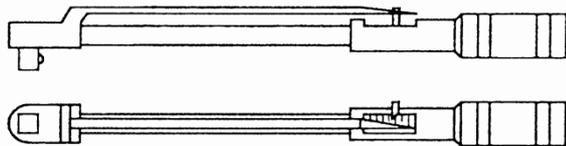


Figura 60 Clase G: llave dinámica con barra de flexión, regulable con escala graduada

Fuente: (Centro Español de Metrología, 2006)

2.4.2 Recomendaciones para el uso de las herramientas dinámicas

El estudio del Centro Español de Metrología de 2006. (p. 08) encontró lo siguiente:

- Utilizar la herramienta solamente para las funciones que ha sido diseñada.
- Manejar la herramienta aplicando la carga a la misma distancia del brazo en la que fue calibrada y en sentido perpendicular a dicho brazo.
- En el caso de las herramientas de disparo, no sobrepasar el valor de par de torsión después de actuar el dispositivo de disparo.
- Manipular la herramienta de la forma más alineada posible.
- Se recomienda hacer varias cargas antes de usar la herramienta.

2.4.2 Patrones

“Para la calibración de las herramientas dinámicas se dispondrá de los equipos patrones de par, de tipo eléctrico o mecánico, en rangos suficientes como para cubrir todo el campo de medida de las mismas.” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 08)

“La exactitud del sistema de calibración (conjunto de patrón, dispositivo indicador, sistema generador de par de torsión,...) deberá ser tal que la incertidumbre máxima no excederá del 1% del valor del par de torsión aplicado.” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 08)

“Los patrones, herramientas dinamométricas, así como el resto de piezas adyacentes a ellas, deben estar diseñados para soportar pares de torsión en sentido horario, anti-horario o ambos, según su construcción, sin influencias significativas de fuerzas cruzadas y momentos flectores.” (Centro Español de Metrología; 2006; p. 08)

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO MEDIANTE EL EQUIPO AWS-QC PARA LA COMPROBACIÓN TORQUÍMETROS

El equipo Tester AWS-QC, de comprobación realizara una prueba de torque, a los torquímetros y estos serán comparados entre la máquina y el torquímetro y serán presentados mediante una pantalla LED, donde se podrá visualizar digitalmente los parámetros de funcionamiento y operación a la que se encuentra mencionada herramienta, logrando determinar si aún es confiable.

3.1 Equipo AWS-QC TESTER

Debido a que es tan importante mantener los torquímetros debidamente calibrados para su uso en aplicaciones de mecánica aeronáutica en especial en los talleres del bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas, se implementara un equipo de calibración de estos instrumentos en el pañol de herramientas de este bloque, para que estas herramientas puedan ser inspeccionadas, verificadas, comprobadas físicamente su estado de funcionamiento y operación, constatando mediante un formato, si mencionadas herramientas se encuentran dentro de los límites de tolerancia permitido por cada uno de los manuales de mantenimiento del instrumento.

Los equipos fabricados para realizar la comprobación del estado en el que encuentran las herramientas, antes de determinar si estas requieren una calibración son denominados patrones, de la misma manera que los instrumentos estos equipos Tester patrones son sometidos a un proceso de calibración anual, en el cual se someten a la verificación de diferentes plantillas, mismas que son determinados por el fabricante en donde se puede apreciar si el equipo que está siendo analizado se encuentra de los límites funcionamiento establecido en el manual de mantenimiento del equipo, deben encontrarse dentro de esos rangos el equipo Tester analizado será rechazado, quedando inhabilitado para realizar el trabajo para el cual fue fabricado.



Figura 61 Equipo de comprobación AWS-QC.

Si la condición del equipo es desfavorable, este equipo no se debe usar en ningún trabajo dentro de un taller que demande el uso de este, para lo cual se debe realizar periódicamente la calibración de las diferentes herramientas, equipos, instrumentos y accesorios un chequeo del estado de funcionamiento en el que se encuentra cada una de estas, verificando que tengan su certificado de calibración, el estado físico de la herramienta, equipo o accesorio sea el adecuado y acorde al manual de mantenimiento de cada una de ellas, revisar si se encuentran tarjeteadas y la fecha de su última calibración.

3.1.1 Descripción del equipo AWS-QC

El torquímetro AWS-QC está diseñado para proporcionar una amplia gama de aplicaciones de prueba de torsión muy pequeñas. Dentro de sus características se encontrara que posee una pantalla LCD, para pruebas horizontales y verticales según el caso, posee un paquete de baterías que vienen integradas para pruebas remotas, el equipo AWS-QC, posee una salida serial para conectarse a una impresora o una computadora.

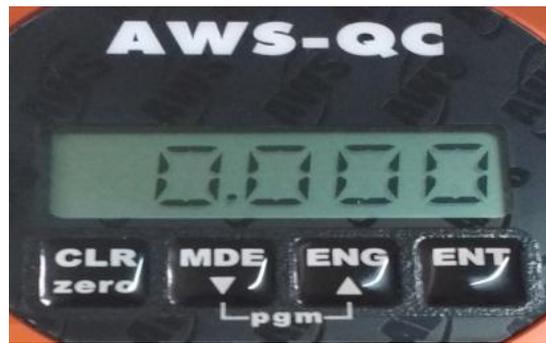


Figura 62 Pantalla LCD equipo AWS-QC.

3.1.2 Especificaciones del equipo AWS-QC

- Dimensiones: ancho 3,125", alto 3,75", largo 3,23", peso 2,5 lb
- Alimentación: 9 VDC, 150 mA (adaptador de 120/240 VAC)
- Batería: NiMH
- Temperatura: 0°C a 50°C
- Protocolo com: RS-232-C
- Display: 4 dígitos unidad de 8 máximo.
- Rango: 10% al 100%
- Unidades: Oz.in., Lb.in., Lb.ft., Nm, cNm, KgfCm, gfCm, Kgfm.
- Velocidad dato: 125, 250, 500, 750, 1500 Hz.
- Incluye certificado de calibración trazable NIST con datos.



Figura 63 Calibrador de torquímetros.

Accesorios del equipo:

- Software de transferencia de datos para series TT.



Figura 64 Flahs memory with Software.

- Cable de salida USB.



Figura 65 Cable USB.

- Cargador de batería.



Figura 66 Cargador 110VCA.

- Acople para mando de 1/4"



Figura 67 Acople Hembra.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 68 AWS-QC Torque Tester

3.2 Procedimientos de comprobación de torquímetros con el equipo AWS-QC

Los pasos a seguir ordenadamente para el correcto funcionamiento y operación del equipo de comprobación de torquímetros AWS-QC en el bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías, se los debe cumplir a cabalidad en el orden secuencial que se detalla a continuación:

3.2.1 Fijación del equipo

El equipo calibrador de torquímetros debe ser empotrado en una pared o mesa la cual soporte el rango máximo de torque que se va a torquear. Para más seguridad es mejor

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

utilizar una base o soporte de acero el cual está empotrado en una pared del laboratorio de motores a Pistón y sujeto por cuatro penos, el cual brinda una fijación resistente para realizar los diferentes torques sin la necesidad de sujetarlo con la mano, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 69 Torquímetro Empotrado en la pared.

En la parte superior de equipo hay dos orificios donde ingresan dos pernos de acero los mismo que se fijan a la base y se aseguran con tuercas, de esta manera se logra una mayor fijación del equipo a la estructura (utilizar una llave 9/16”), formando una base firme y sólida capaz de resistir los 250 FT-LB que es la capacidad que puede medir este equipo.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 70 Pernos de sujeción del equipo.

3.2.2 Encendido del equipo AWS-QC

Para proceder al encendido del equipo AWS-QC, se debe cumplir los siguientes pasos:

- Verificar el certificado de calibración del equipo que se encuentre actualizado la fecha.

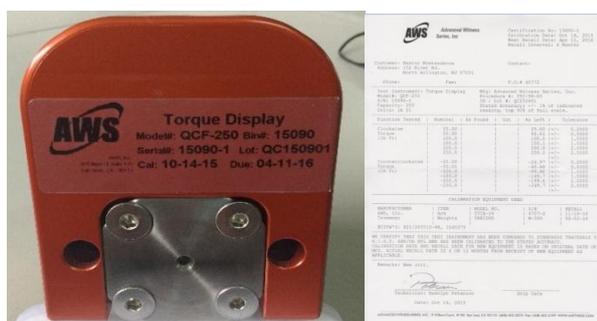


Figura 71 Certificado de calibración del equipo.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- Verificar que el equipo de se encuentre en el pedestal, asegurado con sus pernos y tuercas firmes en su base.



Figura 72 Equipo asegurado en el soporte.

- Verificar que la alimentación de corriente eléctrica sea 110 VCA, 60 Hz.
- Conectar el equipo a la alimentación de 110 VCA, 60 Hz.



Figura 73 Alimentación de corriente.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- Presione cualquier tecla para encender el equipo.
- Verificar que en el display LCD del equipo indique los dígitos **(0000)**.



Figura 74 Equipo listo para comprobar.

- Verificar en que unidad de medida está el equipo.

Se debe presionar la tecla ENG para escoger la unidad de medida deseada: Oz.in., Lb.in., Lb.ft., Nm, cNm, KgfCm, gfCm, KgfM.; utilizando las teclas MDE(Λ) y ENG(∨), y esperar por unos segundos.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 75 Unidades de medida.

- Coloque el límite (LOW o HIGH), en el que va a trabajar de acuerdo a la aplicabilidad de la herramienta. (LOW 0025ft.lb - HIGH 0250ft.lb). Presionar las teclas MDE y ENG simultáneamente para entrar al menú y con las teclas MDE (^) y ENG (v) seleccionar el valor de LOW y HIGH. Este contiene 4 dígitos debido a que en las conversiones a otras medidas sobre pasa los 1000, por ejemplo 0250ft.lb es 3000in.lb. Con la tecla ENT seleccionar/finalizar y editar la medida deseada con las teclas MDE (^) y ENG (v). Se debe esperar unos segundos para que la máquina vuelva a encenderse.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 76 Calibración del equipo para operar.

- Verificar que el equipo este encendido y listo para trabajar.

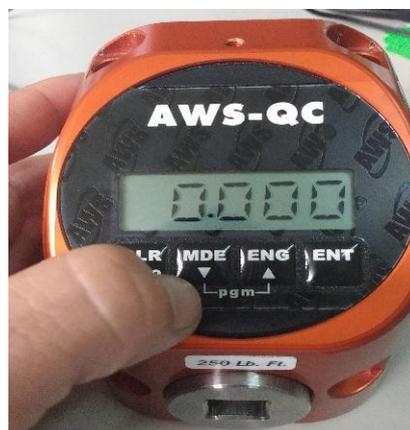


Figura 77 Equipo encendido.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.2.3 Instalación del software de transferencia de datos y conexión del Equipo AWS-QC a un computador

El software se encuentra en el flash memory (ver accesorios), esta debe ser ingresada en el computador y ejecutar el programa AWS Torque Spreadsheet. Luego se procede a la conexión del Equipo AWS-QC con el ordenador mediante un puerto de comunicación. Para realizar la transferencia de datos del equipo Tester con el ordenador, se debe de configurar el puerto de comunicación en este caso de acceso al ordenador por medio de cable RS-232, desde el administrador de dispositivos de la computadora. Actualizar los dispositivos, seleccionar el puerto que designa el ordenador para el dispositivo (USB Serial Port COM 5), como se muestra en la siguiente figura:

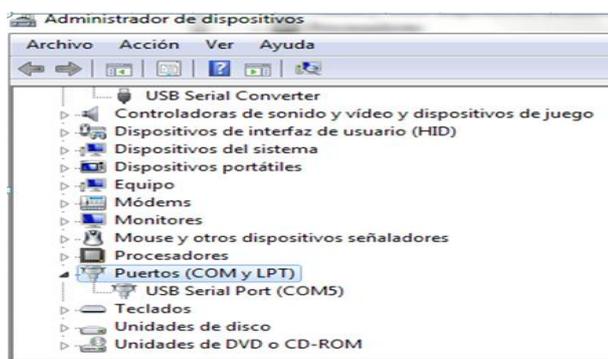


Figura 78 Puerto USB seleccionado.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

Después de haber seleccionado la configuración del puerto se debe iniciar el programa AWS Torque to Spreadsheet en el ordenador de la misma manera se debe configurar el puerto de comunicación seleccionando el puerto COM5, y abrir la comunicación para poder obtener la comunicación entre el PC y el Equipo Calibrador como se muestra en la siguiente figura:

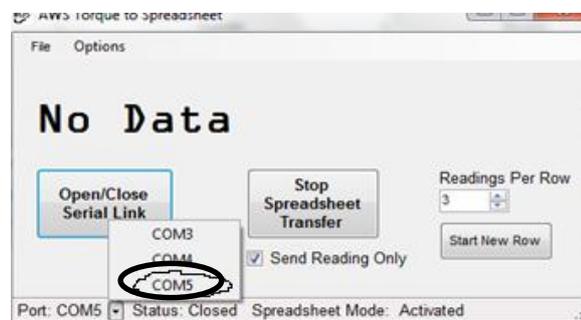


Figura 79 Programa AWS Torque to Spreadsheet.

3.2.4 Sincronización programa con el computador

Al tener abierta la ventana del programa se debe abrir una hoja Excel de cálculo que se muestra en el PC listo para adquirir las medidas que emitan los torquímetros sensados, para apreciar si se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el fabricante y de esta manera certificarlos como operativos para ser utilizados por los

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

estudiantes en sus prácticas dentro del laboratorio de Motores a Pistón, como se muestra en la siguiente figura:

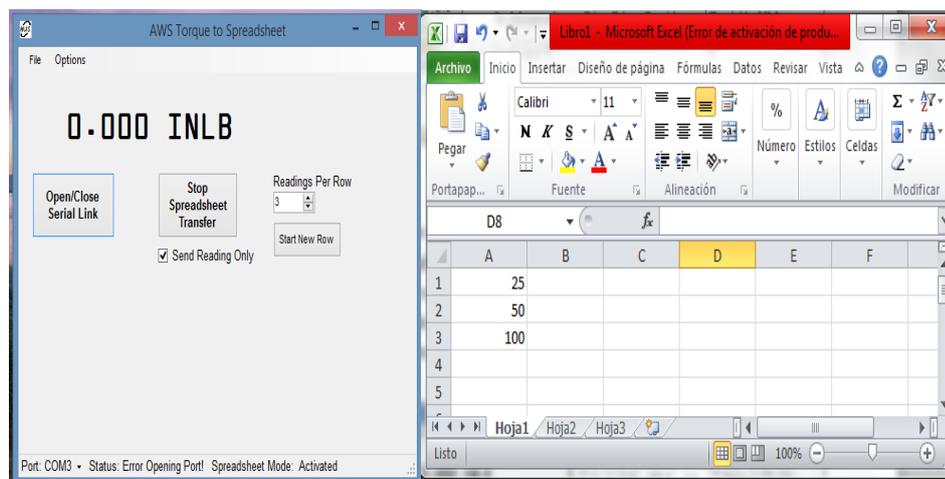


Figura 80 Programa y hoja de cálculo sincronizados.

Tomar el torquímetro que se va a utilizar y revisar el mando de este para ver si necesita de un acople ya la hendidura del Tester es de $\frac{1}{2}$ ".

3.2.5 Acoples para el equipo AWS-QC.

El siguiente acople deben ser usados en la hendidura del equipo AWS-QC debido a los diferentes tamaños de los brazos y torquímetros de $\frac{1}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " (pulgada), con la

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

ayuda de estos acoples se podrá realizar la comprobación de los instrumentos en el equipo.



Figura 81 Acople Hembra para Equipo AWS-QC.

Nota.- Torquímetro SNAP-ON, de ¼ de pulgada, se debe usar un acople para ingresarlo en la hendidura.



Figura 82 Torquímetro y acople a usar en el equipo.

	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.2.6 Toma de lectura a los torquímetros

Antes de empezar la toma de lecturas verificar la temperatura y humedad del ambiente, este equipo debe estar en un rango de (0-50) °C para su funcionamiento. Una vez finalizado los pasos previos de fijación, alimentación y configuración del equipo AWS-QC, se procede a realizar la toma de lecturas del torquímetro, para lo cual se debe observar el instrumento cual es la capacidad máxima de torque que puede emplear.



Figura 83 Torquímetro.

Verificar que el torquímetro esté encendido. Se debe tomar con una sola mano del mango del torquímetro y se aplica la fuerza para el torque lentamente para no sobrepasar la medida deseada. Tomar en cuenta el error de paralaje el cual se produce cuando se utiliza un visor que no está montado en el mismo eje que el objetivo. Es decir, el visor no pre visualiza la propia imagen que le ofrece el objetivo.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

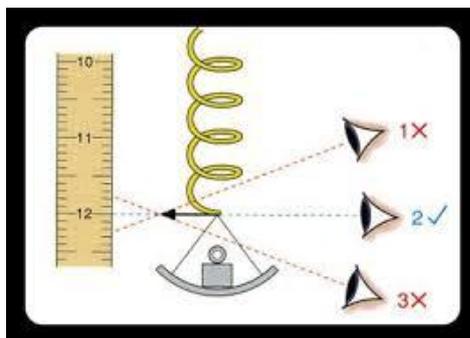


Figura 84 Verificador

Fuente: (Paralela, 2016)

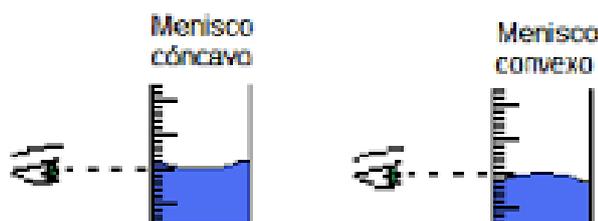


Figura 85 Menisco.

Fuente: (Paralaje, 2016)

Al realizar un torque, con el torquímetro en el equipo AWS-QC, este lo registra, y se aprecia en su pantalla **LCD**, de igual manera esta medición se visualiza en la pantalla del computador mediante el programa **AWS Torque**, la misma es presentada en una hoja de cálculo de **EXEL**, como se aprecia en la siguiente figura:

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

2. Realizada la medición al instrumento estos se los debe registrar en la FORMA # 1 (ver anexo A), que se encuentra descrito en este proyecto, el mismo que servirá para la verificación del estado en el que se encuentra el mismo.

Terminada la comprobación del torquímetro se debe ingresar los valores sensados en el equipo AWS-QC y analizar los parámetros, en la **FORMA # 1**, como se detalla a continuación:

Medida Torque	Min (-4%)	Max (+4%)	Lecturas Actuales				
			10	9.70	10.30	10.05	10.05
62	57.52	64.48	62.10	62.10	62.10	OK	PASS
100	96	104	102.15	102.15	102.15	OK	PASS

Figura 87 Valores máximos y mínimos de tolerancia.

De acuerdo con la norma ISO 6789.2003 (ver anexo D), se indica que la tolerancia en la que se debe encontrar el instrumento sensado debe estar en $\pm 4\%$, con una incertidumbre de $\pm 1\%$. El laboratorio donde se realizara la comprobación debe tener condiciones ambientales a temperatura constante ($\pm 1^\circ\text{C}$) comprendidas entre (18°C y 28°C) y humedad relativa máxima del 90%, bajo estas condiciones se debe realizar la comprobación y verificación a los torquímetros. Una vez finalizado la

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

comprobación del torquímetro se procede a apagar el equipo AWS-QC, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

- Verifique que la comprobación del torquímetro haya finalizado y que en el display **LCD** del equipo se muestre los dígitos **(0000)**.



Figura 88 Equipo encerado.

- Apague el equipo presionando las teclas **CLR** y **ENT** simultáneamente.



Figura 89 Equipo Apagado.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- Verificar que en el equipo se haya apagado.
- Desconecte la alimentación de 110 VCA, 60 Hz, del equipo.
- Equipo de comprobación completamente apago.

3.3 Manual de funcionamiento del equipo AWS-QC.

Presione cualquier tecla para encender la unidad, presione las teclas CLR y ENT simultáneamente para apagar la unidad.

- **ENT.-** Envía la lectura de corriente por el puerto serial y despeja el pico de corriente.



Figura 90 Modo de ingreso ENT.

- **MDE.-** Muestra el modo actual por un segundo, al pulsar MDE, mientras se visualiza el modo el en display este se cambiara.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 91 Modo MDE.

- **ENG.-** Muestra las unidades actuales en el display por 1 segundo, al pulsar por segunda vez el botón se puede cambiar de unidades, pulsando cualquier otro botón volverá al modo inicial.



Figura 92 Modo ENG.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- **CLR.-** Borra el pico de corriente o cero en el transductor, si está en modo de memoria este borrara la lectura actual.



Figura 93 Modo borrado.

- **ENT + CLR.-** Apaga la pantalla para volverla a encender pulse cualquier tecla.



Figura 94 Modo para Apagar equipo.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- **MDE + ENG.-** Muestra el menú del programa.



Figura 95 Modo acceso al menú.

3.3.1 Modo de muestra

Es un modo normal de funcionamiento utilizado para la medición, cuando se toma una medida esta es adquirida por el equipo en forma de corriente o pico de corriente, si este está dentro de los límites superior e inferior un LED indicador en el equipo se pondrá de color verde indicando que la medida está dentro de los límites, de lo contrario el LED se iluminará de color rojo indicando que esa medida está fuera de los límites.

3.3.2 Programa de menú

En la pantalla aparecerá el menú del programa con la siguiente información:

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- Programa
- Nombre del equipo
- Configuración

El menú del programa se apaga después de 5 segundos de no presionar ningún botón, todos los ajustes se guardan y volverá a la pantalla inicial.

3.3.3 Botones para el menú de navegación:

- **Arriba (ESP).**- ir al siguiente elemento
- **Abajo (MDE).**- ir al elemento anterior
- **CLR.**- salir del modo y guardar todos los cambios
- **ENT.**- cambiar elemento actual



Figura 96 Teclas de navegación.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.3.4 Elementos del menú:

- **LOC.-** Ubicación de la memoria actual, presionando ENT ingresa al modo de visualización.
- **MEN.-** Memoria activar encender, apagar
- **AC.-** Auto borrado, segundos apagado 1 – 9
- **FILT.-** Respuesta de pico de frecuencia en hercios
- **PPER.-** Pico mínimo, en la escala del 2 -50
- **S.L.-** Bloqueo, encender, apagar
- **LOW.-** Límite inferior, presione ENT para ingresar en el modo de editar números y realizar cambios.
- **HIGH.-** Límite superior, presione ENT para ingresar en el modo editar números y realizar cambios.
- **F.S.-** Unidades actuales escala completa.
- **SLEEP.-** tiempo inactivo sin actividad en el dispositivo, sin presionar ningún botón y transductor en cero.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.3.5 Funcionamiento del equipo

En la función al momento de encender el equipo el punto digital mostrado en la pantalla parpadea significa:

- **ENT.-** Para pasar o regresar al siguiente dígito y el punto decimal se moverá de ubicación, una vez guardado sale del modo y guarda el número seleccionado.
- **Up (ENG).-** Mueve el punto decimal a la derecha.
- **Down (MDE).-** Mueve el punto decimal a la izquierda.
- **CLR.-** Cancela el número actual y restaura el anterior.

3.3.6 Modo de visualización

La pantalla alterna entre la posición actual y la lectura en esa posición.

- **ENT.-** Sale del modo de visualización y ajusta la posición de la memoria actual a la siguiente.
- **Up (ENG).-** Va a la siguiente posición de la memoria.
- **Down (MDE).-** Va a la ubicación anterior.
- **CLR.-** sale del modo y establece la ubicación actual.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.3.7 Entradas del panel del equipo

El equipo contiene varias conexiones de interfaz:

- **DC IN.-** La interfaz para el adaptador de CA.
- **RS-232.-** Si se va a descargar los datos una impresora o computadora, esta es una mini interfaz para cable RS-232, los datos se envían cada vez que pulse los botones ENT/CLR.



Figura 97 Entradas de DC y R232.

3.3.8 Carga de las Baterías

Las baterías de este equipo tienen una duración de 12 horas cuando ha sido completamente cargado, esta se las recarga cuando el equipo se ponga en **PLUGGED IN** (conectar), y toma unas 8 horas en cargarse completamente.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

3.3.9 Conexión serial RS-232

En la pantalla AWS-QC puede ser conectado a una impresora, computador o colector de datos por medio de su interfaz RS-232. Cada vez que una lectura es aceptada, los datos son transmitidos por medio del menú, para descargarlos hay que ir al menú de datos.

a. RS232 protocolo de transferencia

Protocolo	valor
Cable	9 pines para mini conector
Baudios	9600
Paridad	ninguna
Bits	8
S bit	1
Flujo	ninguno

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 98 Cable R232 USB

b. RS232 Data Stream Format

m	ubicación de memoria
s	sesión
d	datos
u	unidades
c	retorno
l	avance de línea
b	blanco

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

c. Conector RS 232 Pin OUT

2	transmisión
3	recepción
5	tierra
1, 4, 6, 7, 8, 9	no usados



Figura 99 Cable de transmisión y recepción.

Fuente: Manual Guía Usuario QC página 8.

3.3.10 Descripción de las funciones

Lo siguiente es la descripción de las características estándar que tiene el equipo AWS-QC:

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

a. Modo operativo:

- **Pico.-** Muestra y retiene el par de torsión máximo ejercido por la llave, este modo se utiliza para todas las herramientas eléctricas y algunas llaves de marcación.
 - **Primer pico.-** Detecta el primer pico de torsión experimentado por la llave, este es usado principalmente para torquímetros clic y destornilladores.
 - **Pista.-** Muestra de par a medida que se aplica al transductor un torque, es utilizado principalmente para la verificación de la calibración del instrumento.
 - **Unidades de ingeniería.-** Este muestra las unidades de ingeniería actuales del instrumento, presione el botón para seleccionar dentro de las ocho opciones que tiene esta unidad: Oz.in., Lb.in., Lb.ft., Nm, cNm, KgfCm, gfCm, Kgfm.
- b. **Escala.-** En la pantalla se muestra el valor de escala completa del eje de torsión, este valor no es graduable.
- c. **Limite bajo.-** Se utiliza esta opción cuando una lectura no llega a un valor mínimo deseado. En la pantalla podemos visualizar una pequeña flecha con dirección hacia abajo cuando un pico es capturado por debajo del valor límite.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

- d. **Límite alto.-** Se utiliza esta opción cuando una lectura cae sobre un valor máximo deseado. En la pantalla lo podemos visualizar de la misma manera que el límite bajo.
- e. **Nota sobre límites.-** Si el LED verde ubicado en la parte frontal de la pantalla del equipo, parpadeará este nos indica que un pico ha sido capturado y que está dentro de los límites establecidos en el instrumento.

No hay que escatimar esfuerzos para que elegir torquímetros precisos y adecuados a los requerimientos de la industria; es vital emplearlos correctamente, cuidarlos y guardarlos en buenas condiciones, ya que no son llaves sino instrumentos delicados y que pueden descalibrarse con el mínimo golpe que sufran.

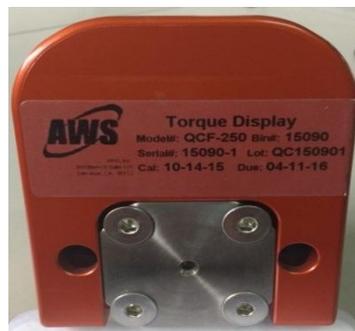


Figura 100 Calibración del equipo.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

Tal como se ha podido observar los torquímetros están calibrados para uso en aplicaciones que requieren una presión y una exactitud extrema, y en el campo aeronáutico es de vital importancia debido a que el primer error sería el último en una aeronave de transporte de pasajeros o de cargo ya sea en la parte civil comercial o militar.

3.4 Torquímetros del pañol de herramientas.

Los siguientes torquímetros pertenecen al pañol de herramientas del laboratorio de motores a pistón los mismos que son utilizados en los diferentes trabajos que los estudiantes realizan en mencionadas instalaciones.

- a. Torquímetro de 125 FT-LB, es un torquímetro pequeño tanto en su torque como en su tamaño, por lo que este instrumento necesita de un acople hembra para poder ser sensado en el equipo Tester AWS-QC.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 101 Torquímetro de 125 FT-LB de la UGT-ESPE.

- b. Torquímetro de 83,33 FT-LB, es un torquímetro de un torque más amplio este instrumento no necesita de ningún acople ya que calza correctamente en la hendidura del equipo y se lo puede usar en el equipo Tester AWS-QC sin problema.

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016



Figura 102 Torquímetro de 83,33 FT-LB de la UGT-ESPE.

- c. Torquímetros de 30 y 250 FT-LB, pertenecientes a la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas UGT-ESPE, sensados y comprobados con el equipo AWS-QC Tester.



Figura 103 Torquímetro de DIAL 30 FT-LB

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA	
UNIDAD DE GESTIÓN Y TECNOLOGÍA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO PARA LA COMPROBACIÓN DE TORQUÍMETROS	Código:
Elaborado por: Sr. Montesdeoca Díaz Edgar David	Revisión N° 1
Aprobado por: ING: RODRIGO BAUTISTA	Fecha: Julio 2016

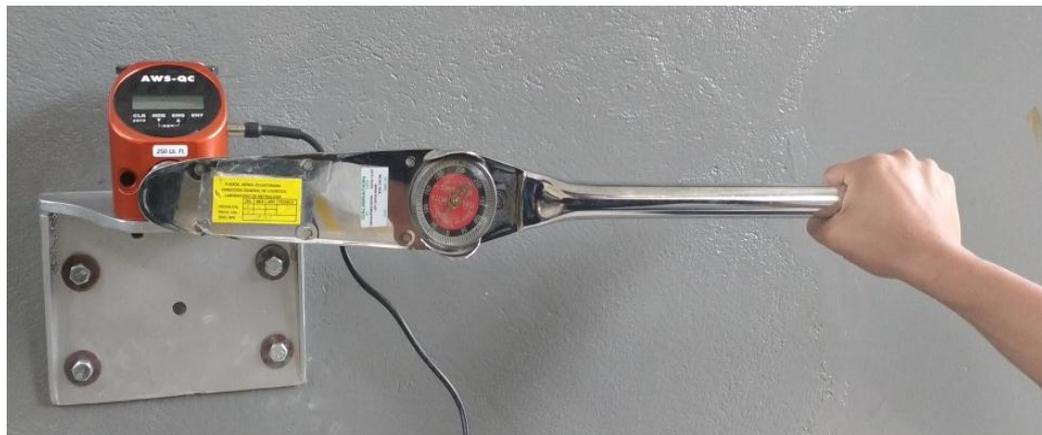


Figura 104 Torquímetro de DIAL de 250 FT-LB de la UGT-ESPE

3.5 Formato para la calibración de torquímetros

El siguiente formato se elaboró en base a los requerimientos de los diferentes torquímetros que existen en el pañol de herramientas del bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas armadas UGT-ESPE (ver anexo A).

 UGT-ESPE Unidad de Gestión de Tecnologías Taller de Mecánica Aeronáutica Bloque 42 Av. Amazonas y Javier Espinoza							
CERTIFICADO DE COMPROBACIÓN # 2016 – 000...							
Marca del torque:							
Modelo del torque:							
Serie N°:							
Capacidad máxima:						Unidades: IN - LB	
Inspector:							
Temperatura: 20°C				Humedad: 50%			
Fecha:							
Fecha de vencimiento:							
Medida	Min	Max	Lecturas Actuales				
Torque	(-4%)	(+4%)					
10	9.70	10.30					
.....					
2500	2425	2575					
Observaciones:							
Los limites mostrados y el equipo de calibración usado cumple con las normas ISO 6789:2003							
La incertidumbre del equipo de comprobación a 20°C es < +- 1% k = 2							
Modelo de ensayo:		QCF-250					
Número de serie:		15090-1					
Fecha de calibración:		4-NOV-2016					
FORMA			#				1
FECHA:							

Figura 105 Formato #1

Las medidas a tomar en los torquímetros son tres (baja, media y alta), de la escala total del instrumento y su margen de error no debe de exceder el (+-3%) de la medida tomada por el equipo AWS-QC.

3.6 Formato para la tarjeta de identificación de instrumentos

Tarjeta de identificación de calibración, para los equipos que se encuentran en el pañol de herramientas del bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas armadas (UGT-ESPE).

TARJETA DE IDENTIFICACIÓN			
PARTE N°:	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:		
SERIE N°:	CANT:	U/E:	
FECHA DE ENVIÓ	CLIENTE/PROVEEDOR:	DCTO. N°:	
ULTIMA CALIBRACIÓN:		PRÓXIMA CALIBRACIÓN:	
FECHA:	REALIZADO POR:	APROBADO POR:	FORMA # 2

Figura 106 Tarjeta de Identificación

3.6.1 Forma de llenado de la tarjeta de identificación

- **PARTE N°:** El número de parte del instrumento
- **DESCRIPCIÓN:** Nombre del equipo
- **SERIE N°:** El número de serie del instrumento
- **CANT:** La cantidad de instrumentos
- **U/E:** Unidades (EA)
- **FECHA ENVIO:** Fecha de envío el proveedor
- **CLIENTE:** Nombre de la empresa que realizo la calibración

- DCTO N°: Número de documento con el que llega
- ULTIMA CAL: Fecha de la calibración del instrumento
- PROXIMA CAL: Fecha de la próxima calibración
- FECHA: Fecha de la elaboración de la tarjeta.
- REALIZADO: Persona que realiza la tarjeta de identificación
- APROBADO: Persona responsable del pañol de herramientas

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Para inicializar el equipo de calibración debe contar con un voltaje continuo de 110 VCA, 60 Hz.
- Las herramientas a ser calibradas deben encontrarse en buen estado de lo contrario será innecesario realizar la calibración de las mismas.
- El equipo cuenta con un indicador digital para la visualización de los datos adquiridos durante la calibración de los torquímetros
- La información que emite el equipo está diseñado de acuerdo al manual de operación del calibrador de torquímetros.

4.2 Recomendaciones

- Verificar que la energía que va ingresar al equipo debe ser revisada e inspeccionada antes de conectarla, con la finalidad de evitar daños.
- Observar que la herramientas estén en un estado considerable para realizar la calibración.
- Asegurarse que el equipo de calibración presente una luz de indicación de color verde en su parte superior frontal derecha, luz que indicara que está listo para trabajar, caso contrario revise el manual instructivo.
- Realizar un mantenimiento preventivo al equipo una vez por semana para alargar la vida útil del mismo.
- Ejecutar los ajustes pertinentes a las herramientas, torquímetros a comprobar, con la finalidad de evitar una fuera excesiva en el equipo, y cause daño en el mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- 170-190, E. (03 de diciembre de 2014). *la familia embraer*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de la familia embraer:
<http://greatbustardsflight.blogspot.com/2014/12/la-familia-embraer-170-190.html>
- 3D, I. (29 de marzo de 2014). *impremalia*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de impremalia:
<http://www.impremalia3d.com/noticias/2014/03/28/001838/fabricacion-aditiva-aplicada-aeronautica>
- A&G. (01 de abril de 2011). *A&G Industrial y Comercial*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de A&G Industrial y Comercial:
<http://www.pernosayg.cl/sujecion.html>
- Aeronáuticas, I. &. (01 de abril de 2016). *estructuras aeronauticas*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de estructuras aeronauticas:
<http://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/hardware-aeron%C3%A1utico/>
- Aircraft DHC. (s.f.). Capítulo 28. En A. DHC, *Component maintenance manual Aircraft DHC- 6 Twin Otter* (pág. 2555).
- Álvarez, J. A. (01 de febrero de 2016). *Asi funciona*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Asi funciona:
http://www.asifunciona.com/aviacion/af_avion/af_avion12.htm
- Arechaga, R. U. (10 de octubre de 2012). *novaagora*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de novaagora:
<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/101083-Materiales-de-alto-rendimiento-para-el-sector-mas-exigente.html>
- Aviasport. (28 de abril de 2016). *Aviasport*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Aviasport: http://www.aviasport.com/Pagina_1194.aspx
- CEDED. (30 de abril de 2016). *Instrumentos de medición*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Instrumentos de medición:
<http://www.cedesa.com.mx/fluke/multimetros/digitales-portatiles/179+IMSK/>

- Centro Español de Metrología. (25 de Octubre de 2006). *Centro Español de Metrología*. Obtenido de <http://www.cem.es/sites/default/files/proherrcem.pdf>
- Consultas, W. (3 de mayo de 2016). *tu centro medico online*. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de tu centro medico online: <http://www.monsolar.com/blog/iu-propone-nacionalizar-las-electricas/>
- Crane , D. (2006). *Mechanic Handbook*. Wahington: Aviavion Supplies & Academics, Inc.
- Creus Solé, A. (1997). *Instrumentación Industrial* (Vol. Sexta). Barcelona: Marcombo Boixareu.
- Dallas Avionic, I. (01 de febrero de 2016). *Dallas Avionic*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Dallas Avionic: <https://www.dallasavionics.com/cgi-bin/products.cgi?master=testequip&category=testsets&man=barfield&url=dps450.html>
- DIAF. (01 de febreo de 2014). *diaf.gob.ec*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de diaf.gob.ec: <http://diaf.gob.ec/ingles/index.php/maintenance-facilities/cema>
- en, L. (13 de marzo de 2013). *Tecnología industrial*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Tecnología industrial: <http://tecnoblogueando.blogspot.com/2013/03/como-se-fabrican-los-aviones.html>
- Escarti, F. (25 de noviembre de 2013). *el secreto de los pajaros*. Los Angeles: Escarti, Francisco. Recuperado el 30 de abril de 2016, de el secreto de los pajaros: <https://elsecretodelospajaros.wordpress.com/2013/11/25/la-gran-aventura-de-kitty-hawk-56/>
- Especialidades, T. y. (01 de abril de 2016). *tornillos y especialidades*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de tornillos y especialidades: http://www.tornillosyespecialidades.com/productos/p17_sectionid/11
- FAA Airframe. (s.f.). Capitulo 14. En F. Airframe.
- Fresno. (s.f.). *Circuitos*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/circuito_mixto.htm
- G&P. (s.f.). *Cañerías*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.gprepresentaciones.com/>

- Herramientas, D. y. (3 de mayo de 2016). *de maquinas y herramientas*. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de de maquinas y herramientas:
<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/elegir-comprar-torquimetro>
- Iesbahia. (s.f.). *Ley de ohm*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de
http://www.iesbahia.es/web/files/Tecnolog%C3%ADa/4_2_leyDeOhm.pdf.pdf
- Ingemecánica. (21 de Julio de 2016). *Ingemecánica*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Ingemecánica:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn52.html>
- Kauger Hispana S.A. (s.f.). *Sensores y componentes*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://www.kruger-hispana.com/sensores-componentes-maquinaria.php>
- Kern. (02 de febrero de 2016). *KERN*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de KERN:
<https://www.kern-sohn.com/shop/es/instrumentos-de-medicion/medicion-de-fuerza/FA/>
- Lukascheuski, J. (15 de dic de 2010). *PASIONPORVOLAR*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de PASIONPORVOLAR:
<http://www.pasionporvolar.com/historia-de-los-motores-a-reaccion/>
- Madriferr. (29 de abril de 2016). *Suministros industriales*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Suministrosindustriales: <http://madriferr.es/es/60-fijacion-y-tornilleria>
- Manu. (26 de septiembre de 2006). *TCAS Aviation* . Recuperado el 30 de abril de 2016, de TCAS Aviation: <http://www.tcas.es/jugando-con-el-combustible>
- Miguaiaargentina. (s.f.). *Cañerías rígidas*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de <http://miguaiaargentina.com.ar/empresas/fabrica-de-canos-de-inyeccion-diesel.html>
- Muñoz, M. A. (01 de febrero de 2016). *Mmunozmanualde vuelo*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Mmunozmanual de vuelo:
<http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF39.html>

- Ncuatro. (13 de junio de 2013). *megamedia*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de megamedia: http://www.cuatro.com/noticias/sociedad/cuerpo_congelado-ruedas_de_avion-polizon_avion_0_1619625521.html
- Normafontecha. (16 de nov de 2011). *normafontecha*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de <http://normafontecha.obolog.es/cuales-son-partes-principales-avionr-1317649>
- ONI, e. (30 de abril de 2016). *escuela oni*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de escuela oni:
http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/buenos_aires/62/tecnolog/estruc.htm
- OU PONT. (s.f.). *Plastics*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de http://www2.dupont.com/Plastics/es_US/centro_conocimiento/procesamiento/extrusion/extrusion.html
- Paralaje. (2 de abril de 2016). *Paralaje*. Recuperado el 2 de mayo de 2016, de Paralaje:
https://www.google.com.ec/search?q=error+de+paralaje&biw=1173&bih=632&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjU34W378jNAhUF1R4KHctpA5oQsAQILg&dpr=1.09#imgrc=_
- Paralela. (2 de abril de 2016). *Paralela*. Recuperado el 2 de mayo de 2016, de Paralela:
https://www.google.com.ec/search?q=error+de+paralaje&biw=1173&bih=632&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjU34W378jNAhUF1R4KHctpA5oQsAQILg&dpr=1.09#imgrc=_
- Reyca. (25 de abril de 2016). *Reyca Industrial*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de Reyca Industrial:
<http://www.reycaindustrial.com/web/index.php/productos/catalogo-en-linea/tornillos/maquina/tornillo-maquina-cabeza-hexagonal-detail>
- Rivet, J.-C. S. (10 de enero de 2010). *The Quality River* . Recuperado el 30 de abril de 2016, de The Quality River : <http://rivetsonline.com/rivets-en/blind-rivets-en/blind-rivets.html>
- S.A, E. (2015). *EMBRAER EXECUTIVE JETS*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de EMBRAER EXECUTIVE JETS:

<http://www.embraerexecutivejets.com/en-us/jets/lineage-1000e/pages/overview.aspx#>

Sensing. (s.f.). *Manómetros digitales*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de

http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/Man%C3%B3metros-digitales_115/

SuperRobotica. (s.f.). *Circuitos de robot*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de

<http://www.superrobotica.com/S300010.htm>

Tecnología, A. (30 de abril de 2016). *Tecnología*. Recuperado el 30 de abril de 2016,

de Tecnología: <http://www.areatecnologia.com/herramientas/tuercas-y-tornillos.html>

Tipos:CO. (30 de enero de 2016). *Tipos de pernos*. Recuperado el 30 de abril de 2016,

de Tipos de pernos: <http://www.tipos.co/tipos-de-pernos/>

Tirpak, J. A. (01 de junio de 2011). *airforcemag.com* . Recuperado el 30 de abril de

2016, de [airforcemag.com](http://www.airforcemag.com) :

<http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/2011/June%202011/0611tanker.aspx>

Tohnichi. (02 de febrero de 2004). *Tonichi*. Recuperado el 30 de abril de 2016, de

Tonichi: <http://www.tohnichi.com/products/torque-angle-wrench-cta2.asp>

Twilight. (3 de mayo de 2016). *Instrumentos de medicion digital*. Recuperado el 3 de

mayo de 2016, de Instrumentos de medicion digital:

<http://www.twilight.mx/Torquímetros-Digitales.html>

Ubicom. (s.f.). *Circuito impreso*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de

<http://ubicom.galeon.com/>

Ultraligera, A. (30 de abril de 2016). *Aviación Ultraligera*. Recuperado el 30 de abril

de 2016, de Aviación Ultraligera: [http://aviacionultraligera.es/forum-viewtopic.php?t=5591](http://aviacionultraligera.es/forum/viewtopic.php?t=5591)

Unicrom. (s.f.). *Ley de ohm*. Recuperado el 27 de Abril de 2015, de

http://unicrom.com/Tut_leyohm.asp

Wargen. (3 de mayo de 2016). *wargen ferreteria industrian*. Recuperado el 3 de

mayo de 2016, de [wargen ferreteria industrian](http://www.wargenferreteria.com):

<http://www.wargen.com.ar/herramientas-neumaticas/accesorios/kit-para-compresor-5-piezas-kp5-ar-blackanddecker-6.html>

Wurth. (3 de mayo de 2016). *wurth*. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de wurth:

<http://www.wurth.com.ar/es/tienda/herramientas-manuales/tubos-y-criques/adaptadores-articulaciones-y-extensiones/set-de-extensiones-torque-para-llantas-aleacion-10-piezas.html>

Zelian. (3 de mayo de 2016). *Zelian*. Recuperado el 3 de mayo de 2016, de Zelian:

http://www.zelian.com.ar/index.php/ficha/medicion/torquímetros/tipo_destornillador/cdi/TYH-00162.html

ANEXOS