



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: “REPARACIÓN MAYOR DE UN AERODESLIZADOR O
ALAS DELTA PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE
TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: PROAÑO HERRERA FERNANDO VINICIO

DIRECTOR: TLGO. ROLANDO SARMIENTO

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS “UGT”
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES
CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **“REPARACIÓN MAYOR DE UN AERODESLIZADOR O ALAS DELTA PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** realizado por el señor **PROAÑO HERRERA FERNANDO VINICIO** 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 las Fuerzas Armadas ESPE por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **PROAÑO HERRERA FERNANDO VINICIO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Febrero del 2017

Atentamente.

Tlgo. Rolando Sarmiento
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN



DEPARTAMENTO DE UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS “UGT”

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA** con cedula de identidad N° **0502621444** declaro que este trabajo de titulación **“REPARACIÓN MAYOR DE UN AERODESLIZADOR O ALAS DELTA PARA 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 considerando 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 ,Febrero del 2017

VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA
C.C: 0502621444



**DEPARTAMENTO DE UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS “UGT”
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMANDAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulación **“REPARACIÓN MAYOR DE UN AERODESLIZADOR O ALAS DELTA PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2017

VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA
C.C: 0502621444

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi hija quien a sido el verdadero motivo por el cual a nacido desde el fondo de mi corazón, un verdadero sentimiento de auto superación.

A mi esposa, que a puesto sus manos en ayudarme en la complicada vida estudiantil fuera de casa.

A mis padres quienes an cultivado en mi valor humano, ético y cristiano, y sobre todo por su apoyo incondicional para salir adelante y cumplir una meta más en mi vida.

VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el transcurso de mi vida.

A mis padres y mi esposa por haber estado siempre a mi lado y por su comprensión, dandome lo mejor de ellos y permitiendome cumplir un sueño del cual estoy orgulloso y que estoy seguro ellos tambien lo estan.

A la UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGÍAS “ UGT-ESPE” lugar donde me abrió sus puertas y donde me brindó todo el conocimiento y enseñanza que hoy llevo en mi mente y corazón.

VINICIO FERNANDO PROAÑO HERRERA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE CUADROS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 General	2
1.3.2 Específicos.....	3
1.4 Alcance	4

CAPÍTULO II

2.1 La Aviación	4
2.2 Historia De La Aviación.....	4
2.3 Aviación Moderna	5
2.4 Tipos De Aviación	6
2.5 El Ala Delta	8
2.6 Historia Del Ala Delta.....	9
2.7 Método.....	12
2.8 Competencia.....	12

2.9 Tipos De Alas Delta	13
2.10 Conociendo El Aerodino	14
2.10.1 Sistemas Y Componentes.....	14
2.10.2 El Ala.....	14
2.10.3 Componentes De La Estructura Del Ala	15
2.10.4 Bordes De Ataque.....	15
2.10.5 Transversal	16
2.10.6 Triángulo.....	18
2.10.7 Componentes De La Vela	20
2.10.8 Sables Y Rigidizadores De Bordes De Ataque	20
2.10.9 Material De La Vela Y Los Paños	21
2.10.10 Bolsas De Sable Y Otros Elementos Metálicos	21
2.10.11 Fijaciones De La Vela A La Estructura	22
2.10.12 Cables.....	23
2.11 Dirección Y Control	23
2.12 Sistemas Del Ala.....	24
2.12.1 Sistemas De Reflex	24
2.12.2 Cables De Reflex	25
2.12.3 Tubos De Torsión	25
2.12.4 Tubos Anti-Picado.....	26
2.12.5 Sistema De Control De Alabeo	27
2.13 Condiciones De Operación	30
2.13.1 Aerodinámica	30
2.13.2 Términos Aerodinámicos	30
2.13.2.1 Superficie Alar.....	30
2.13.2.2 Curvatura	30
2.13.2.3 Borde De Ataque	31
2.13.2.4 La Cuerda	32
2.13.2.5 Ángulo De Morro.....	33
2.13.2.6 La Flecha	33

2.13.2.7	Ángulo Diedro	35
2.13.2.8	Torsión De Ala	35
2.13.2.9	El Eje Longitudinal	36
2.13.2.10	Ángulo De Incidencia	36
2.13.2.11	El Ángulo De Profundidad.....	37
2.13.2.12	El Ángulo De Ataque (Aoa)	37
2.13.2.13	La Relación De Aspecto.....	38
2.13.2.14	Carga Alar.....	39
2.13.2.15	Coeficiente De Planeo	39
2.14	La Flexibilidad Del Ala Delta	40
2.15	Fuerzas En Vuelo	41
2.15.1	Empuje.....	42
2.15.2	Resistencia	43
2.15.3	Sustentación	44
2.15.4	Peso.....	46
2.15.5	Presión Dinámica (Q).....	47
2.15.6	Resistencia Aerodinámica.....	48
2.15.7	Efecto Suelo.....	51
2.15.8	Centro De Gravedad (Cg)	52
2.15.9	Ejes De Rotación	52
2.15.9.1	Eje Lateral (Profundidad)	52
2.15.9.2	Eje Longitudinal—Alabeo.....	52
2.15.9.3	Eje Vertical—Guiñada.....	53
2.16	Estabilidad Y Momentos	53
2.16.1	Vuelo Normal Estabilizado	54
2.16.2	Altos Ángulos De Ataque.	55
2.16.3	Bajos Ángulos De Ataque	57
2.16.4	Presiones De Picada.	57
2.16.5	Estabilidad En Alabeo Y Momentos.....	60
2.16.6	Estabilidad Y Momentos En Guiñada	62

2.17	Entrada En Pérdida.....	64
2.17.1	Excediendo El Ángulo De Ataque Crítico.....	64
2.17.2	Pérdida Súbita –Abatimiento–Vuelco (Whip Stall-Tuck-Tumbling)	65
2.17.3	Pesos, Cargas Y Velocidad	66
2.18	Materiales Compuestos.	68
2.18.1	Propiedades De Los Materiales.	69
2.19	Mantenimiento De Aeronaves.....	79
2.20	Tipos De Mantenimiento.	79
2.20.1	Mantenimiento No Programado.	80
2.20.2	Mantenimiento Programado.....	80
2.20.2.1	Transito.....	80
2.20.2.2	Diario.....	80
2.20.2.3	Revisión S.....	80
2.20.3	Mantenimiento Menor.	81
2.20.3.1	Revisión R.....	81
2.20.3.2	Revisión A.....	81
2.20.3.3	Revisión B.....	81
2.20.3.4	Revisión C.....	81
2.20.4	Mantenimiento Mayor.....	82
2.20.5	La Gran Parada.	82
2.21	Equipos De Protección Personal.	83
CAPÍTULO III		
3.1	Preliminares.....	86
Reparación Mayor De Un Aerodeslizador O Alas Delta Para La Unidad De Gestión De Tecnologías		86
3.2	Montaje Del Ala Delta	86
3.3	Inspección Del Ala	95
3.4	Identificación De Posibles Fallas En La Vela Y La Estructura Del Ala Delta.....	99
3.4.1	La Vela.....	99

3.4.1.1 Por El Plegado De La Vela (Intrados)	99
3.4.1.2 Por La Incidencia De Luz Solar En La Vela (Estrados).....	100
3.4.2 Estructura Del Ala	101
3.4.2.1 Factor Externo	102
3.4.2.2 Capacidad De Maniobrabilidad	102
3.5 Reparación Del Ala Delta.....	103
3.5.1 Reparación De La Estructura Del Ala	103
3.5.2 Reparación De La Vela Del Ala	106
3.6 Diagrama De Procesos	103
CAPÍTULO IV	
4.1 Conclusiones	112
4.2 Recomendaciones	113
Glosario De Términos Y Abreviaturas.....	114
Referencias Bibliográficas	117
Anexos.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Clasificación De La Aviación.	7
FIGURA 2	Leonardo Da Vinci Y Su Bosquejo De Ala Delta.	9
FIGURA 3	Orville Y Wilbur Wright Pioneros De La Aviación.	10
FIGURA 4	Francis Rogallo Y Su Diseño Aeroespacial: Paraglider Gemini.	11
FIGURA 5	Tipos De Alas Delta.....	14
FIGURA 6	Componentes De La Estructura.	15
FIGURA 7	Ensamblado De Borde De Ataque.	16
FIGURA 8	Vista Del Interior Del Plano Derecho Desde El Extremo.	17
FIGURA 9	Nudo De La Base De Triangulo Con Sus Conexiones.	18
FIGURA 10	Triángulo Y Sus Conexiones.....	19
FIGURA 11	Diseño Curvo De La Vela En El Borde De Ataque.....	20
FIGURA 12	Borde De Fuga De La Vela.	22
FIGURA 13	Bolsa De Quilla.....	22
FIGURA 14	Herraje Del Tensor De Transversal.....	23
FIGURA 15	Vista Interior Del Ala.....	23
FIGURA 16	Recuperación De Picada Profunda En Un Perfil Alar.....	24
FIGURA 17	Cables De Reflex.	25
FIGURA 18	Tubos De Torsión.....	26
FIGURA 19	Tubos Anti-Picado En Alas Arriostradas.	27
FIGURA 20	Momentos Inducidos Por El Piloto.....	28
FIGURA 21	Desplazamiento De Peso A Un Lado.	29
FIGURA 22	Desplazamiento De Peso Hacia La Derecha.	29
FIGURA 23	Limitador De Recorrido Lateral De La Transversal.	30
FIGURA 24	Términos De Perfiles De Ala Delta, En Simple Y Doble Superficie.....	31
FIGURA 25	Perfil De Ala De Un Ala Delta Comparado Con Perfil De Ala De Avión.....	32
FIGURA 26	Vista Superior De Un Ala Delta Y Términos Aerodinámicos.	33
FIGURA 27	Vista Lateral Del Ala Y Términos Aerodinámicos.	34

FIGURA 28	Vista Trasera De Un Ala Delta Y Términos Aerodinámicos.	35
FIGURA 29	Torsión Del Ala Vista En Vuelo	36
FIGURA 30	Efectos Del Ángulo De Ataque Sobre Viento Relativo Y Trayectoria En Vuelo Nivelado.	38
FIGURA 31	Diversas Formas En Planta De Ala, Ala Lenta Y Ala Rápida.	39
FIGURA 32	Costillas Rígidas Y Rigidizadores.....	40
FIGURA 33	Las Cuatro Fuerzas En Vuelo Recto Y Nivelado.....	42
FIGURA 34	Comparación De Distribuciones De Sustentación En Ala Delta Y Elíptica.....	46
FIGURA 35	Vista Frontal Del Área Proyectada, La Cual Produce Resistencia.....	49
FIGURA 36	Fluidez De Aire Alrededor De Los Objetos.....	50
FIGURA 37	Momentos De Profundidad A Diferentes Velocidades.....	56
FIGURA 38	Recuperación De Picada Profunda En Un Ala Delta.....	60
FIGURA 39	Vista Frontal Del Ala.....	61
FIGURA 40	Momentos Inducidos Por El Piloto.....	62
FIGURA 41	Corrección De Guiñada, Sobre El Eje Vertical.	63
FIGURA 42	Progresión De La Pérdida En El Perfil Al Aumentar El Ángulo De Ataque.	64
FIGURA 43	Clasificación De Los Materiales.	68
FIGURA 44	Cascos De Protección.....	83
FIGURA 45	Careta De Protección	84
FIGURA 46	Overoles, Guantes Y Botas De Protección	84
FIGURA 47	Tapones, Mascarillas Y Gafas De Protección	85
FIGURA 48	Ala Posicionada Para Su Montaje.....	87
FIGURA 49	Bolsa Abierta Enseñando El Almohadillado.	88
FIGURA 50	Ensamble Del Triángulo.	88
FIGURA 51	Giro Del Ala Sobre El Triángulo.	88
FIGURA 52	Colocación De Cables Frontales En El Triángulo.	89
FIGURA 53	Extracción De La Tira Que Mantiene Ambas Alas Juntas.....	89

FIGURA 54	Separación De Las Alas Para Levantar El Mástil.....	90
FIGURA 55	Almohadillas Y Tiras De Sujeción Del Ala Enrolladas.....	90
FIGURA 56	Alas Separadas Y Sables Listos A Introducir.....	91
FIGURA 57	Inserción De Sables En El Hueco.....	91
FIGURA 58	Fijación Del Doble Tiro Del Sable (Recuadro).....	92
FIGURA 59	Ala Lista Para Darle Tensión.....	92
FIGURA 60	Fijación De Los Cables De Tensión.....	93
FIGURA 61	El Ala Una Vez Ajustada La Tensión.....	93
FIGURA 62	Cables De Vuelo Frontales Fijados Al Morro.....	94
FIGURA 63	Instalación De Los Sables De La Punta Del Ala.....	94
FIGURA 64	Instalación De Los Sables Del Intradós.....	95
FIGURA 65	Inspección De Los Soportes Del Triángulo.....	96
FIGURA 66	Inspección Del Anclaje Del Cable.....	96
FIGURA 67	Inspección Del Interior De La Punta.....	97
FIGURA 68	Inspección Del Borde De Salida Del Ala.....	98
FIGURA 69	Inspección Del Anclaje Del Ala Con El Triángulo.....	98
FIGURA 70	Agujero En El Intradós Del Ala.....	99
FIGURA 71	Ruptura En El Intradós Del Ala.....	100
FIGURA 72	Nylon Roto En El Estrados Del Ala.....	100
FIGURA 73	Abertura En El Capuchón Del Perfil Alar.....	101
FIGURA 74	Deformación Del Perfil Alar.....	101
FIGURA 75	Hundimiento De La Quilla.....	102
FIGURA 76	Ruptura Del Fin De Carrera De La Quilla.....	103
FIGURA 77	Abrazadera Sin Fin Y Metacrilato Tubular.....	104
FIGURA 78	Herramientas Manuales.....	104
FIGURA 79	Acople De Metacrilato A La Quilla Hundida.....	105
FIGURA 80	Ajuste De Abrazadera Sin Fin.....	105
FIGURA 81	Material Necesario Para La Reparación De La Vela.....	106
FIGURA 82	Herramientas A Utilizar En La Reparación De La Vela.....	107
FIGURA 83	Cosido Del Capuchón Del Perfil Alar.....	107

FIGURA 84	Cosido Overlock En El Estrados De La Vela.....	108
FIGURA 85	Parche Dacron En El Intrados De La Vela.	108
FIGURA 86	Configuración De La Resina Poliéster.....	109
FIGURA 87	Aplicación De Resina En El Estrados De La Vela.	109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Propiedades Mecánicas Del Aluminio Aeronáutico.	70
TABLA 2	Propiedades Físicas Del Aluminio Aeronáutico.	71
TABLA 3	Propiedades Físicas Del Acero Inoxidable.	71
TABLA 4	Propiedades Físicas Del Titanio.	73
TABLA 5	Propiedades Físicas De La Resina Polyester Y Epoxy.....	74
TABLA 6	Simbología Del Proceso	110

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Clasificación De La Aviación	7
CUADRO 2	Ecuación De La Sustentación	44
CUADRO 3	Velocidad Versus Resistencia.....	51
CUADRO 4	Ejemplo De Relación De Aoa Frente A Ci Para Mínima Velocidad Controlable.....	58
CUADRO 5	Ejemplo De Relación De Aoa Frente A Ci En Incrementos De 3°, Donde Se Aprecia Que Ci Se Incrementa Mas En Las Puntas Que En La Raíz	58

RESUMEN

Se ha visto la necesidad de implementar en la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, un planeador de alto rendimiento de 175 pies cuadrados de superficie alar marca Moyes Litespeed de origen australiano, mejor conocido como Alas Delta. El objetivo fundamental de este proyecto es incrementar los conocimientos prácticos en el futuro profesional técnico en aviación. La misión del aerodino es despertar la curiosidad en el estudiante y lograr así la total apreciación teórico practica del tema, tomando en cuenta que el tema a tratar es único e innovador a nivel nacional, se ha logrado un desarrollo textual muy específico tocando puntos claves tales como una breve reseña histórica, su evolución tecnológica, , conociendo el método de vuelo mediante un estudio aerodinámico aplicado en la vela del Ala, logrando con esto identificar la variable de las fuerzas que actúan en vuelo sobre la aeronave. Con toda esta información podemos determinar fácilmente las condiciones de un vuelo estable o si nuestra aeronave va entrar en pérdida. Cabe tomar en cuenta el origen de la avería del ala delta, la misma que fue producto del siniestro que sufrió Manabí y Esmeraldas el pasado 16/04/2016, esto debido a que el Ala Delta se encontraba parqueada en una bodega en Canoa Manabí, la bodega no resistió el terremoto y una pared de más de cuatro metros impacto sobre el Ala Delta. Por último pero no menos importante, se ha desarrollado a continuación todo lo concerniente a la reparación de este planeador denotando paso a paso una detallada y muy completa descripción del proceso que sufre éste, desde el ensamblado, pasando por un pre-vuelo o inspección de la aeronave, identificando con esto posibles daños estructurales o en la vela del ala, con el diagnóstico de la avería y posterior reparación del Ala Delta.

Palabras claves:

- **Aerodino**
- **Superficie alar**
- **Pre-vuelo**
- **Estructura**
- **Ala Delta**

ABSTRACT

The following job has the necessity to implement a 175-square-foot-high-performance wind glider in the UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, which is Moyes Litespeed branch from Australia, better known as Delta Wings. The fundamental objective of this project is to increase the practical knowledge in the future aviation technical professionals. The mission of the aerodyne is to arouse the curiosity in the student and achieve the total theoretical and practical appreciation of the subject, taking into account that the subject to be checked is unique and innovative in our country. It also has achieved a very specific textual development touching key points such as: a brief historical review, its technological evolution, knowing the method of flight by means of an aerodynamic study applied in the wing candle, thus managing to identify the variable of the forces that act in flight on the aircraft. Having all this information we can easily determine the conditions of a stable flight or if our aircraft is going to get lost. It is possible to take into account the origin of the fault of the hang glider, which was the product of the incident that suffered Manabí and Esmeraldas last 16/04/2016, this because the Delta Wing was parked in a warehouse in Canoa Manabí, The cellar did not withstand the earthquake and a wall of more than four meters impact on the Delta Wing. Last but not least, everything concerning the repair of this glider has been developed, denoting step by step a detailed and very complete description of the process that it undergoes, from the assembly, through a pre-flight or inspection of the aircraft, trying to identify some possible structural damages or in the sail of the wing, with the diagnosis of the fault and later repair of the Delta Wing.

Key words:

- **Aerodyne**
- **Wing surface**
- **Pre-flight**
- **Structure**
- **Delta Wing**

Lic. Diego I. Granja Peñaherrera
Jefe Secc. Dpto. Lenguas

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE es la pionera en el país en la formación de Tecnólogos en Mecánica Aeronáutica en sus menciones Motores y Aviones. Se encuentra acantonada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi además de formar tecnólogos en el aérea aeronáutica en la menciones aviones y motores, también forma tecnólogos en áreas como la Mecánica Automotriz, Seguridad Aérea y Terrestre, y Electrónica, aportando así al país con tecnólogos capacitados en diversas áreas, emprendedores, altamente calificados.

La carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones forma tecnólogos especialistas en la fabricación, ensamblaje y reparación de piezas de metal, estructuras y paneles de la aeronave, diagnostica y repara diferentes Sistemas de la Aeronave, como por ejemplo: sistemas de retracción del tren de aterrizaje, amortiguadores, frenos, ruedas, neumáticos, y sistemas de dirección, sistemas de puertas en sus mecanismos de cierre, sistemas de aire acondicionado, sistemas de seguridad y protección, como sistemas contra incendios, sistemas contra la formación de hielo, sistemas contra la obstrucción de visibilidad para parabrisas y ventanillas, sistemas de protección personal contra aceleraciones, sistemas de sellado de presurización, etc. Por ello se capacitan a los futuros profesionales con un pensamiento crítico y analítico, a fin de que puedan resolver las dificultades que se presenten en su vida laboral.

Esta noble institución posee la infraestructura necesaria tal como su avión escuela, adaptado para conocer los principios básicos de operación de una aeronave, laboratorios dotados de motores y herramientas para la manipulación de los mismos, los cuales están regulados y auditados por la Dirección de Aviación Civil, aptos para la formación de personal altamente capacitado.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La reparación mayor a ejecutarse en esta aeronave tiene propósitos investigativos que permitan denotar el comportamiento aerodinámico del equipo y control de vuelo, así como el estudio aerodinámico del perfil alar, y la aplicación de las técnicas de construcción de cuerpos aerodinámicos usando telas y estructura metálica de aleación ligera, pero el motivo que impulsa a este proyecto es el viejo deseo del hombre de volar, pues al apreciar a un ave remontando los cielos con tal sencillez siempre ha despertado en el interior de todos nosotros una envidia sana y nos preguntamos: ¿Por qué Dios no nos creó como un ave de vuelo? Desde mi punto de vista, el deseo de volar como un ave, toda persona consiente en este mundo la ha tenido desde los principios de la humanidad. Gracias a esta era de fructífero desarrollo industrial, en la cual se cuenta con los medios (materiales) necesarios y con la necesaria información (INTERNET, bibliografías, etc..) al alcance de todos, ahora es posible fabricar y ensamblar ciertos componentes del aeroplano con todas las especificaciones técnicas, es decir que, el planeador sea reconstruido con el material metálico estructural adecuado, con el nylon reforzado para la vela, con los cables tensores lo suficientemente resistente para el soporte de la vela y la estructura, entre otros.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Reconstruir un aerodeslizador tipo ala flexible de ciento setenta y cinco pies cuadros de superficie alar, acondicionado para un vuelo de cien metros de avance y un metro de descenso mediante el proceso textil de "Overlock", en la Unidad de Gestión de Tecnologías- ESPE.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Recopilar información técnica de reparación y mantenimiento del Ala Delta.
- Analizar los equipos y herramientas necesarios para la reparación del planeador y utilización de materia prima para este proyecto.
- Reconstruir el Ala Delta para la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE como forma de instrucción académica e investigativa.

1.4 ALCANCE

Este proyecto se enfila a documentar por primera vez a nivel institucional, el proceso de reparación que sufre un Ala Delta, generando así una contribución tangible a la población estudiantil y a sus actividades estudiantiles, de esta manera fortalecer y afianzar los conocimientos alcanzados dentro de la institución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 LA AVIACIÓN

Se entiende por aviación al desplazamiento controlado, a través del aire, de aparatos que usan para desarrollar su vuelo la fuerza sustentadora de superficies fijas o móviles, impulsadas por sus propios motores, como aviones y helicópteros, o sin motor, como los planeadores.

<http://www.aeroclubcasilda.com/>: (citado el 24/01/2017).

2.2 HISTORIA DE LA AVIACIÓN.

La historia de la aviación se remonta a la antigüedad, muy cerca de la historia de la humanidad. Desde sus orígenes las aves fueron fuente de admiración e inspiración del humano y las ganas de volar siempre estuvieron presentes.

En la antigüedad los sabios profesaban que para poder volar era necesario que el hombre pudiera imitar el movimiento de alas impreso por las aves. Luego supusieron que era necesario emplear un medio como el humo y el aire.

Ya en el siglo V se inventó un aparato capaz de volar, fue la cometa o papalote. Un invento que no supuso un gran avance pero que demostró la posibilidad que había de volar para otras especies además de las aves.

Hubo que esperar hasta el siglo XIII para que el inglés Roger Bacon descubriera que el aire era capaz de soportar una máquina, tal como el agua lo hacía con los barcos. A partir de los pensamientos de Bacon, un siglo después Leonardo Da Vinci realizó unos diseños que terminaron por ser la inspiración de la hélice, el planeador, el helicóptero y el paracaídas.

Pero Da Vinci además inventó un artefacto con alas como las de un pájaro que era movido mecánicamente y denominó ornitóptero.

Estos fueron los primeros avances en la historia de la aviación, avances que permitieron al hombre soñar con que se podía volar y generar el espíritu investigador de las nuevas generaciones que desearían planear en el aire.

2.3 AVIACIÓN MODERNA

La historia de la aviación entró en un largo impasse que no daba esperanzas a los soñadores del aire, hasta que en el siglo XIX George Caley, un ingeniero aeronáutico inglés logró transportar humanos con cometas y planeadores. También diseñó un aparato en forma de helicóptero que era propulsado por una hélice que estaba dispuesta en el eje horizontal. George Caley se considera aún hoy el padre de la aviación en Inglaterra.

Ahora si la historia de la aviación había ingresado en una etapa que prometía prosperar, eran muchos los avocados a sus estudios e invenciones.

En la década de 1840 John Stringfellow y William Samuel Henson pretendieron realizar el primer vuelo comercial de transporte de pasajeros, pero el aparato construido despegó pero no se elevó.

El transporte de humanos se logró recién en 1893 con la cometa en forma de caja diseñada por Lawrence Hargrave y esta técnica se desarrolló con las variadas cometas de tetraedro que diseñó Graham Bell entre 1895 y 1910.

Pero llegamos a una fecha clave en la historia de la aviación moderna, el 17 de diciembre de 1903, cuando los hermanos Orville y Wilbur Wright en Carolina del Norte, Estados Unidos, lograron elevarse en una aeronave propulsada a motor y más pesada que el aire por un lapso de 59 segundos a unos 260 metros. Desde ese día los hermanos Wright se consideran los pioneros de la aviación en el mundo entero.

En adelante se comenzó a avanzar a pasos agigantados, si consideramos que comenzamos esta historia en el siglo V y estamos en el XX.

Tres años después de los hermanos Wright se realizó el primer vuelo oficial en Europa. Alberto Santos Dumont, un brasileño que había diseñado un aeroplano llamado 14-bis, voló una distancia de 220 metros en 22,5 segundos.

Para 1908 Orville Wright ya realizaba un vuelo de una hora de duración, acompañado además del teniente Frank P. Lamh.

Durante la Primera Guerra Mundial los aviones evolucionaron muchísimo y fueron fabricados masivamente.

En adelante los avances en la aeronáutica mundial han sido sumamente vertiginosos, pero los orígenes fueron estos y su evolución ha sido tan asombroso que los aviones son considerados hoy en día el medio de transporte más seguro de todos.

<http://aviacion-mundial.blogspot.com/p/historia.html>: (citado 25/01/2017).

2.4 TIPOS DE AVIACIÓN

En base al uso de los aviones y helicópteros, la aviación se divide habitualmente en dos grandes grupos:

- Aviación general.
- Aviación comercial.
- Aviación militar.

Pueden realizarse otras múltiples clasificaciones de la aviación, pero las más frecuentes consisten en diferenciar la aviación general en función de los usos o fines que pretende, como aviación privada, la que agrupa a los aviones cuyo principal usuario es su propietario; aviación deportiva, la que tiene como finalidad la práctica de alguno de los deportes aeronáuticos; aviación ultraligera, aviación utilitaria, la que se destina a usos prácticos de carácter social, como evacuaciones, rescates, extinción de incendios o servicios policiales; aviación

de estado, aquella que, no siendo estrictamente militar, utiliza el estado para el transporte de sus personalidades o el servicio de sus organismos.

La aviación comercial consiste en las compañías aéreas, ya sean éstas grandes o pequeñas, dedicadas al transporte aéreo de personas y/o mercancías, con itinerario regular.

Las Fuerzas Armadas son los usuarios de la aviación militar, bien a través de organizaciones independientes especializadas, como la fuerza aérea, o bien mediante servicios integrados en otras ramas no estrictamente aeronáuticas, como la aviación naval o la aviación agregada a las fuerzas terrestres.

En el ámbito militar suele diferenciarse entre la aviación de combate y la aviación de apoyo. La primera comprende las aeronaves que intervienen directamente en la batalla, y la segunda aquella que realiza otras tareas de interés militar, como el reconocimiento aéreo, la guerra electrónica, el transporte, salvamento o patrulla marítima.

<http://seguidorfurtivo47.blogspot.com/>: (citado el 25/01/2017).



Figura 1 Clasificación de la Aviación.

De esta clasificación podemos denotar que en la Aviación General agrupa la Aviación Privada, en la cual entra el deporte aéreo conocido como Aladeltismo.

2.5 EL ALA DELTA

Tal y como lo define la Federación Aeronáutica Internacional (FAI) en su código deportivo, un ala delta es un planeador que puede ser transportado, despegado y aterrizado con la única ayuda de las piernas del piloto.

En el Aladeltismo el inicio del vuelo se ha de producir a pie, desde una montaña o colina, o con la ayuda de algún equipo mecánico para el remonte desde el suelo (torno o arrastre por otra aeronave). Para que un ala delta sea considerada como tal, también ha de ser demostrable que con ella se es capaz de despegar y aterrizar en condiciones de seguridad con una velocidad de viento en contra igual o menor a 1 m/s.

Dentro de la categoría de alas delta, la FAI hace, entre otras, la siguiente distinción:

Clase 1: alas delta con una estructura rígida primaria sobre las que el piloto ejerce control únicamente mediante el desplazamiento de su peso. Están permitidos controles secundarios de regulación y ajuste.

Clase 2: alas delta con una estructura rígida primaria que cuenten con superficies aerodinámicas móviles como medio esencial de control alrededor de cualquier eje.

En la práctica, los pilotos de Ala Delta llaman alas "flexibles" a las de la Clase 1 y "rígidas" a las de Clase 2. Las primeras conservan esa configuración inicial de "tubo y tela" que les da un aire tan similar al de una vela de Windsurf o de un barco. Las segundas, las de la Clase 2, están construidas sobre una estructura más elaborada que les confiere mayor rigidez; su volumen, una vez empaquetadas, es mayor y su precio es más elevado.
<http://www.servikios.com/lamuella/aladelta2.htm>: (citado el 05/08/2016).

2.6 HISTORIA DEL ALA DELTA

Los seres humanos han tratado de volar usando dispositivos similares al alas delta durante por lo menos mil años. Oliver de Malmesbury, un monje Inglés, se dice que ha saltado de una torre con alas hechas de tela en el año 1020. Se supone que se deslizó por cerca de 600 pies (180 m) antes de aterrizar y romperse las dos piernas. Breves vuelos similares se han realizado en Constantinopla en el siglo XI y en Italia en 1498. El artista y científico Leonardo da Vinci diseñó bocetos detallados de diversas máquinas voladoras, pero estos dispositivos no fueron construidos.

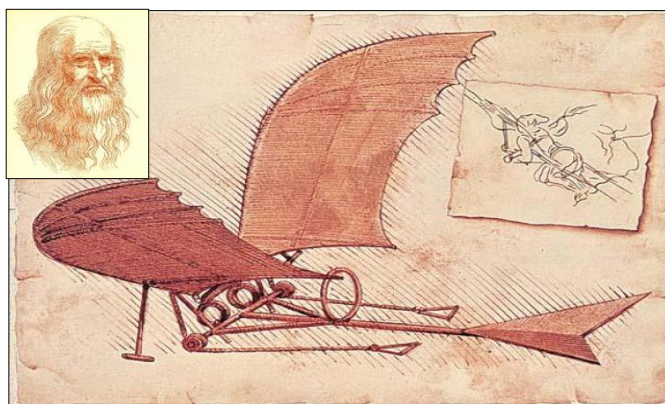


Figura 2 Leonardo Da Vinci Y Su Bosquejo De Ala Delta.

Fuente: (<http://www.3djuegos.com/comunidad-foros>, 2014)

La historia moderna de deslizamiento comienza con el inventor Inglés Sir George Cayley. En 1799, Cayley había establecido el diseño básico para los planeadores que todavía se utilizan hoy en día. En 1853, Cayley logra el primer vuelo de planeador exitoso con un dispositivo que lleva a su cochero varios cientos de pies.

El siguiente pionero importante en la investigación del planeador fue el inventor alemán Otto Lilienthal. En la década de 1890, Lilienthal construyó 18 planeadores. También mantiene un registro detallado de su trabajo, influyendo en inventores posteriores. Después de hacer más de dos mil vuelos exitosos, Lilienthal murió en un accidente en 1896.

Inspirado por Lilienthal, el ingeniero estadounidense Octave Chanute y sus ayudantes hicieron alrededor de dos mil vuelos de planeadores en dunas de arena en las orillas del lago Michigan, en el cambio de siglo. El trabajo de Chanute tuvo una influencia importante en Orville y Wilbur Wright, quien inventó el vuelo con motor poco después. El rápido desarrollo de vuelo a motor en el siglo XX dio lugar a una disminución en el interés del vuelo en planeadores hasta después de la Segunda Guerra Mundial. En este momento, las alas lisas hechas de fibra de vidrio se han desarrollado para planeadores.

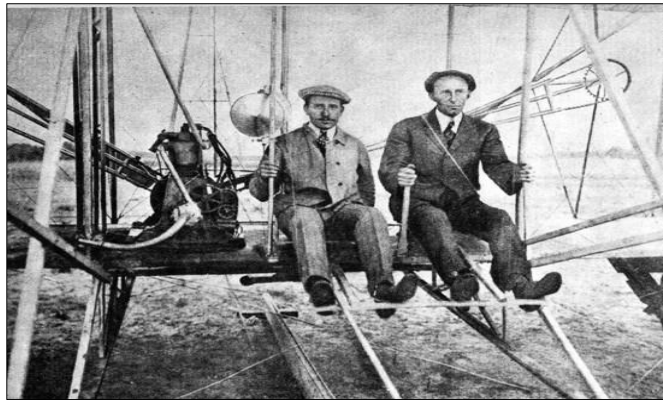


Figura 3 Orville Y Wilbur Wright Pioneros De La Aviación.

Fuente: (<http://www.librosmaravillosos.com>, 2001)

La innovación más importante en el desarrollo del ala delta fue hecha por los inventores estadounidenses Gertrude y Francis Rogallo. En 1948, Rogallo solicitó una patente para una cometa flexible llamado para-ala. A diferencia de otros cometas, el diseño Rogallo no tenía soportes rígidos. En lugar de ello, se mantuvo inerte hasta que se le dio forma firme pero temporal por el viento en vuelo. El desarrollo de Mylar, un extremadamente ligero, construido de fuerte plástico, mejoró el rendimiento de la cometa Rogallo.

A finales de 1950, el gobierno de Estados Unidos se interesó en el diseño Rogallo para su uso en paracaídas diseñado para devolver la nave espacial a la Tierra. Los experimentos también se realizaron en la construcción de grandes cometas Rogallo motorizados para el transporte militar. Inspirado por los

informes de estos experimentos, el ingeniero estadounidense Thomas Purcell construir unas 16 pies (4,9 m) de ancho planeador Rogallo con un marco de aluminio, ruedas, un asiento para sostener un pasajero, y barras de control básicos en 1961. Este fue el primer verdadero planeador. Al principio las alas delta también fueron construidos en los Estados Unidos a partir de bambú por Barry Hill Palmer en 1961 y en Australia a partir de aluminio de John Dickenson en 1963.

A pesar de que el gobierno de los Estados Unidos abandonó el uso del diseño Rogallo de paracaídas de la nave espacial en 1967, las alas delta aún siguen utilizando el mismo diseño popular de la década de 1970. En 1971, se formó la Asociación de Ala Delta en Estados Unidos. Mientras que California es el lugar privilegiado para las alas delta de Occidente, Dunlap, Tennessee, afirma ser la primera estación de deslizamiento del este de los Estados Unidos, gracias a su ubicación en lo alto de la meseta de Cumberland. Durante los próximos años, el ala delta dejó de ser una moda peligrosa y más de un deporte serio. Siete muertes de ala delta se informó en 1995, en comparación con 40 en 1974.

<http://historiainventos.blogspot.com/2014/06/ala-delta.html> : (citado el 08/092016).

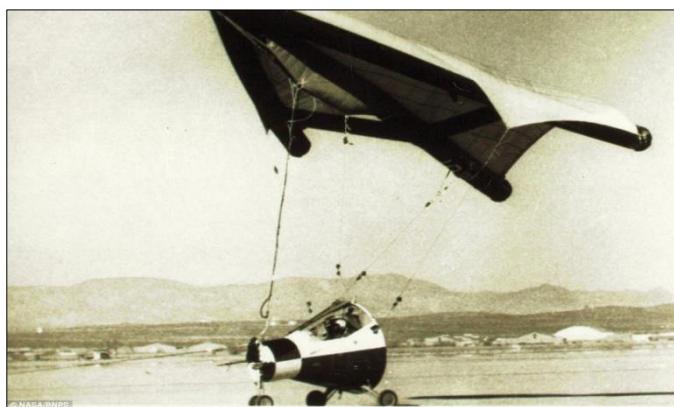


Figura 4 Francis Rogallo Y Su Diseño Aeroespacial: Paraglider Gemini.

Fuente: (<https://spaceflightuk.com>, 2015)

2.7 MÉTODO

Este deporte se basa en el aprovechamiento de corrientes ascendentes de aire o termales que con un ala delta, vuelan por los principios que se aplican a cualquier aeronave. Aprovechando las corrientes de aire ascendentes, el piloto puede mantenerse en vuelo durante largos periodos y realizar acrobacias.

El ala delta se sirve de una superficie de tela muy amplia, con forma de delta, y parte de lugares elevados para planear. La tela suele estar hecha de poliéster impregnado con resina, un material ligero y muy duradero, o de compuestos laminados, que son menos elásticos y mantienen mejor la forma del ala. Este último se reserva para alas de alto rendimiento porque minimiza la torsión. Para proteger el ala de la radiación ultravioleta, el extradós se recubre con una película con algún pigmento como TiO_2 .

La vela se sustenta en una estructura de aluminio (o titanio) en cuyo centro va suspendido el piloto por medio de un arnés y normalmente adopta una posición de tendido, dirigiendo el ala delta por medio de cambios de posición pendular con lo cual desplaza el centro de gravedad. Las dos formas de despegue más utilizadas son remolcado, ya sea por un torno o mediante aerotowing, y el despegue a pie, el cual es realiza corriendo por una pendiente, hasta que el ala logra la sustentación necesaria o descolgándose en picada unos metros para obtener la velocidad necesaria.

<https://sites.google.com/site/deportesderiesgoproyecto1bach/20-ala-delta>
:(citado el 05/09/2016).

2.8 COMPETENCIA

Aunque el aladeltismo empezó con vuelos menores en colinas pequeñas, la tecnología de hoy permite a los pilotos realizar vuelos hasta de 800 kilómetros de distancia y permanecer en vuelo por varias horas. Récords mundiales son registrados por la Federación Aeronáutica Internacional localizada en Francia.

Los objetivos principales de competición son:

- Distancia en línea recta.
- Ganancia de altura.
- Distancia hasta un objetivo declarado.
- Tiempo y distancia en un circuito triangular.

<https://sites.google.com/site/deportesderiesgoproyecto1bach/20-ala-delta>
:(citado el 05/09/2016).

2.9 TIPOS DE ALAS DELTA

Las siluetas muestran cómo ha evolucionado la figura del ala delta con el transcurso de los años. Las innovaciones se han introducido, sobre todo, en la forma del ala y en los materiales, para proporcionarle ligereza y resistencia con que afrontar con éxito la fuerza del viento.

1. Este es el Rogallo original, aquel que inventó Francis Rogallo con fines utilitarios. Tiene un ángulo de morro de 90°.

2. Aquí se muestra un ala delta tipo cometa de segunda generación. Los extremos se han alargado, aunque conserva semejanza con el primer modelo.

3. Una corneta de tercera o cuarta generación. El diseño se hace aún más estilizado y adopta cierta forma de "boomerang".

4. Diseño monoplano con cola. Presenta todo el aspecto de una avioneta. A este modelo se le adapta en ocasiones un motor.

5. Diseño biplano, en este caso sin cola. Es un ala delta rígida, difícil de transportar.

<http://www.acanomas.com/Reglamentos-Juegos-Deportivos/1178/Ala-Delta.htm>
:(citado el 05/09/2016).



Figura 5 Tipos De Alas Delta.

Fuente: (<http://www.acanomas.com/>, 1994)

2.10 CONOCIENDO EL AERODINO

2.10.1 Sistemas y Componentes

Hay muchos tipos y modelos de Alas Delta, pero todos comparten las mismas características básicas de diseño, es decir, todos ellos utilizan una tela que recubre una estructura rígida.

2.10.2 El Ala

El ala delta se compone de una estructura de tubos de aluminio recubiertos de una vela. Aunque la estructura es rígida, se diseña de forma que este flexe y permita que la vela se deforme y se combe. Esto hace que el ala posea un simple pero eficaz control sin necesidad de poleas, varillas, bisagras, cables de control o superficies de control, como en otro tipo de aeronaves. Esto simplifica el mantenimiento y reduce el costo y el peso del ala. El ala se construye con elementos y materiales aeronáuticos de alta calidad como tubo de aleación de aluminio, cables de acero inoxidable, herrajes y tejido de dacron para la vela.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.10.3 Componentes de la Estructura del Ala

La estructura del ala se compone de los siguientes tubos y elementos: bordes de ataque, quilla, transversal, triangulo, mástil y cables o tirantes. Dicha estructura se compone básicamente de triangulaciones formadas por los diferentes tubos. Estos triángulos, sujetos por cables y tirantes, dan lugar a una estructura muy fuerte y a la vez ligera que mantiene en posición a la vela flexible.

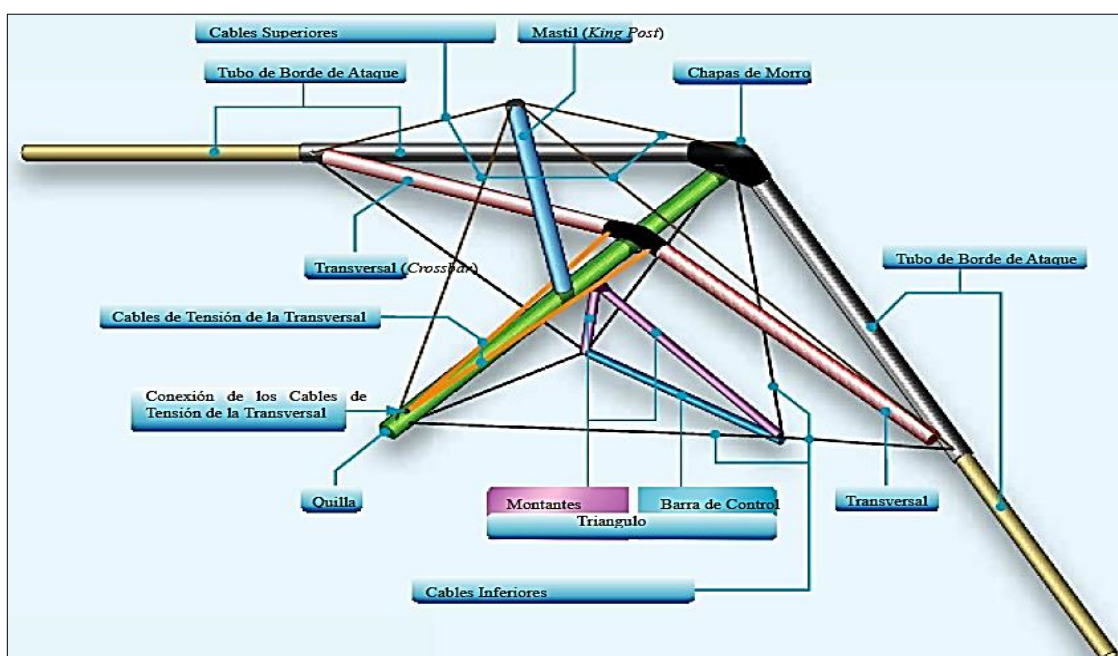


Figura 6 Componentes De La Estructura.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.10.4 Bordos de Ataque

Los bordes de ataque son los tubos situados en el frente del perfil, esto es, en el borde de ataque propiamente dicho. Los bordes de ataque de ambos semi-planos se unen en el morro del ala mediante dos placas de aleación de aluminio, definiendo el ángulo en flecha característico del ala.

Estos tubos de borde de ataque sujetan el perfil del ala y están diseñados para flexar, sobre todo en la zona más hacia el exterior del ala.

Los bordes de ataque se componen de dos tramos; la parte central y el extremo exterior, tal y como vemos en las figuras 6 y 7. Ciertos tramos de los tubos están enmangados, esto es, están reforzados con un tubo de mayor o menor sección que el tubo principal. Esto suele ser así en la parte del morro del ala, donde se unen ambos bordes de ataque mediante las dos placas de morro, y en la unión de los bordes de ataque con la transversal.

Estos manguitos son usados también en otras zonas de los bordes de ataque para reforzar y aumentar su rigidez, dependiendo del diseño particular de cada ala y obtener diferentes características de flexión buscadas por el diseñador. Generalmente, la parte central del ala requiere más rigidez, mientras que los extremos de los bordes de ataque pueden flexar más, tal y como se requiere en un ala cuyas características principales están basadas en su flexibilidad. Por otra parte, el enmangado de tubos es común en todas aquellas zonas de los tubos de la aeronave donde estos están taladrados para ser atornillados, a fin de reforzarlos en dichas zonas.

Los tramos exteriores de los bordes de ataque pueden ser fácilmente desmontados a fin de plegar el ala en un paquete de longitud más corto, generalmente utilizado en caso de transporte. Véase en la figura 7.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

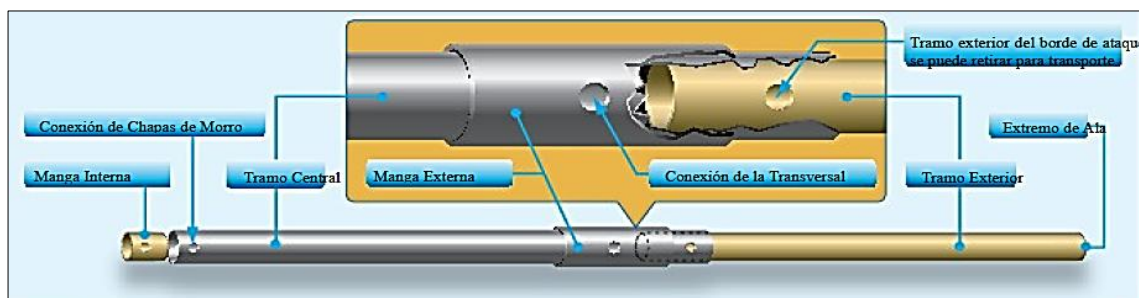


Figura 7 Ensamblado De Borde De Ataque.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.10.5 Transversal

La transversal se compone de dos tramos de tubo articulados entre si sobre la quilla y unidos a los bordes de ataque. La transversal ejerce una fuerza sobre los bordes de ataque y se mantiene tensionada mediante los cables que tiran desde la articulación central hasta un punto en la parte trasera de la quilla. Esta fuerza de la transversal contra los bordes de ataque mantiene a la vela con la tensión necesaria para el vuelo.

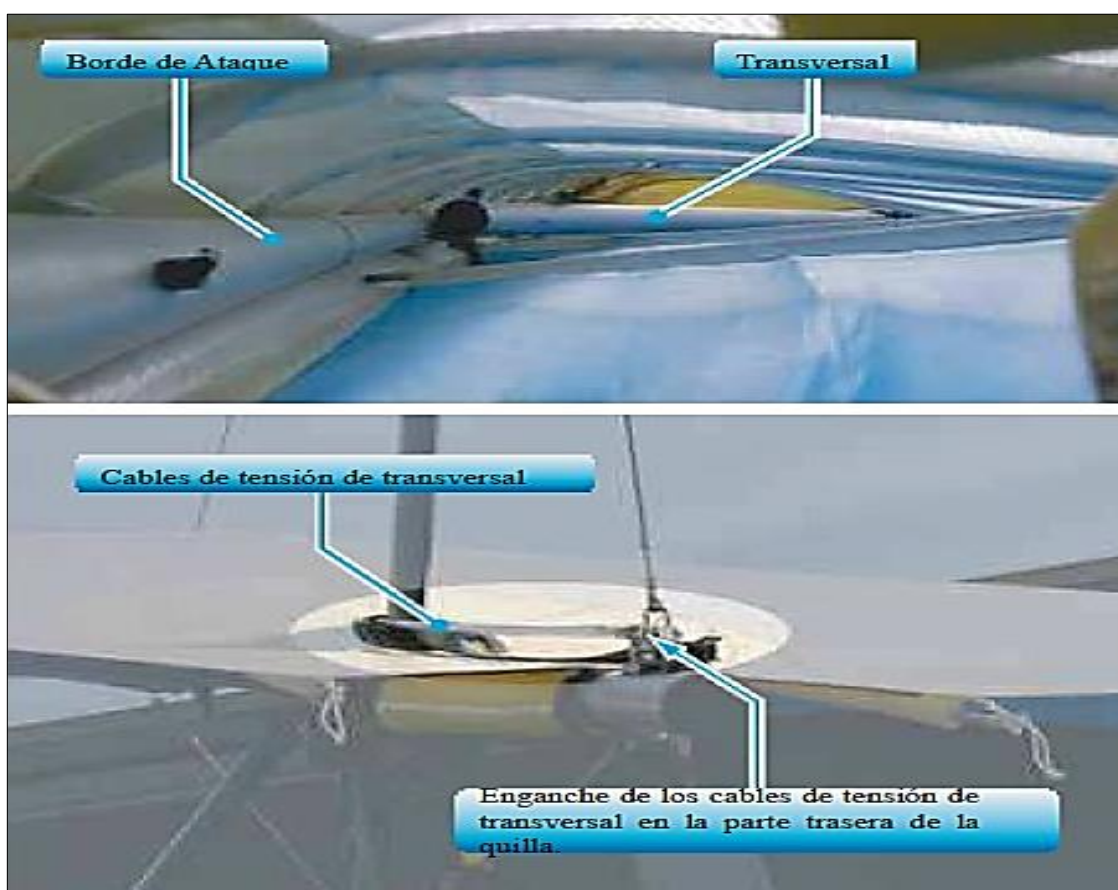


Figura 8 Vista Del Interior Del Plano Derecho Desde El Extremo.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Detalle del enganche de los cables de tensión de la transversal a la parte trasera de la quilla.

Los dos tramos de la transversal trabajan a compresión y están diseñados para ser muy rígidos y no flexar ni pandear. Se utiliza un tubo de mayor diámetro, lo cual evita su pandeo. Si este tubo se pandeare en vuelo, toda la estructura del ala colapsaría. Es un elemento de fundamental importancia, ya que mantiene a los bordes de ataque en posición.

Para el desmontaje del ala, los cables de tensión de la transversal han de ser desenganchados, permitiendo esto que la articulación de la transversal se desplace hacia adelante y se cierre, pudiéndose entonces rotar los bordes de ataque sobre las chapas de morro, juntándose estos hacia la quilla y poder así plegar todo el ala formando un conjunto alargado y fino para su transporte y/o almacenaje.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.10.6 Triángulo

El triángulo sirve para dos cosas; mantiene estructuralmente firme la parte inferior del ala y además es el mando de control para el pilotaje. El triángulo va atornillado a la quilla, con dos montantes que bajan hasta unirse con la barra horizontal, el cual es la barra de control del piloto.



Figura 9 Nudo De La Base De Triangulo Con Sus Conexiones.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Notar el grueso cable estructural de 1/8 de pulgada que soporta el ala, frente a los finos cables delanteros y traseros de 3/32 de pulgada que mantiene el triángulo en su sitio.



Figura 10 Triángulo Y Sus Conexiones.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

De los nudos inferiores del triángulo parten los cables (o tirantes rígidas en su caso) que conectan con el punto de unión de transversal y bordes de ataque, y también los cables que mantiene al propio triángulo en su sitio al conectar con el morro del ala y con la parte trasera de la quilla. Véase en las figuras 9 y 10.

Durante el vuelo, los montantes trabajan a compresión, por lo que deben de ser rígidos y rectos para evitar su pandeo. La barra de control trabaja a tracción durante el vuelo.

Los cables delanteros y traseros del triángulo mantienen a este en su sitio. Los cables laterales se tensan en vuelo, mantienen centrado el triángulo y descargan la tensión de los planos. Véase en las figuras 6, 9 y 10.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.10.7 Componentes de la Vela

La vela es un elemento de un refinado diseño que se integra con precisión en la estructura. La vela y la estructura se diseñan la una para la otra, no siendo intercambiables con velas y estructuras de otros diseños.

Las alas modernas se diseñan con una geometría muy precisa para alcanzar una alta eficacia, por lo que las velas han de ser cosidas de forma muy detallada. Gracias a la flexibilidad de la estructura y a las precisas curvaturas del borde de ataque se consigue la necesaria estabilidad y alto rendimiento de las alas modernas.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

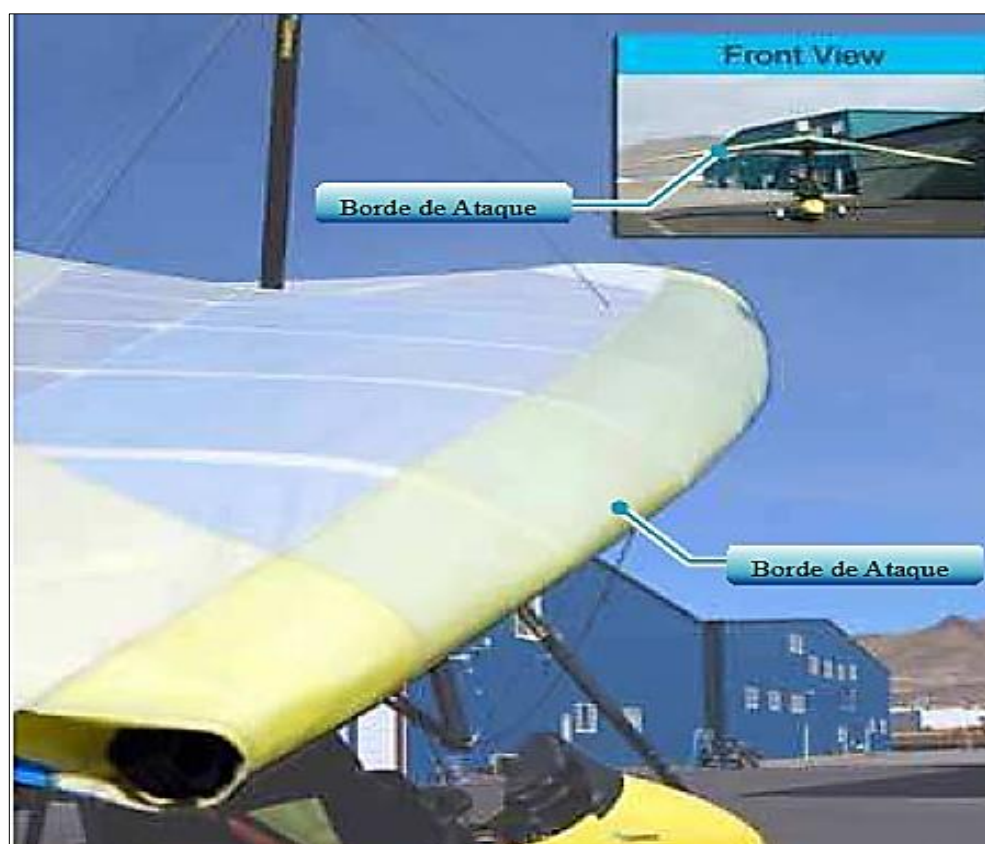


Figura 11 Diseño Curvo De La Vela En El Borde De Ataque.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.10.8 Sables y Rigidizadores de Bordes de Ataque

Los sables son costillas semir-rígidas pre-formadas que determinan la forma del perfil en cada sección desde la raíz hasta los extremos. Adicionalmente, una lámina de espuma o de plástico (Mylar) insertada en el borde de ataque de la vela para mantener una suave curvatura hasta el denominado punto máximo del perfil. Las alas de doble superficie y alto rendimiento poseen además sables rectos en el intradós para mantener la forma.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.10.9 Material de la Vela y los Paños

El material de la vela es una combinación de tejidos de polyester de diferentes tramas, espesores y orientaciones para conseguir los requerimientos exigidos a la misma. Los paños, o zonas de la vela hechos de una misma pieza de tejido, son cortados con precisión en máquinas automáticas con la forma necesaria y con la trama en las direcciones específicas para aportar la debida rigidez y flexibilidad. Estos paños son después cosidos entre sí con hilo de alta resistencia para confeccionar el conjunto de la vela.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.10.10 bolsas de Sable y Otros Elementos Metálicos

La vela dispone de bolsas para alojar los sables, así como una variedad de otros elementos metálicos necesarios para anclar la vela a la estructura. El borde de fuga dispone a veces de un refuerzo y en algunos diseños puede ser usado para un ajuste fino de la vela para eliminar arrugas. Los sables se mantienen en tensión sujetos por cuerdas, elásticos o por otros mecanismos propios de cada fabricante.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)



Figura 12 Borde De Fuga De La Vela.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.10.11 Fijaciones de la Vela a la Estructura

La vela se fija a la estructura en el morro del ala, en los extremos del borde de ataque, y en la parte trasera de la quilla. La quilla pasa por el interior de la bolsa de quilla.

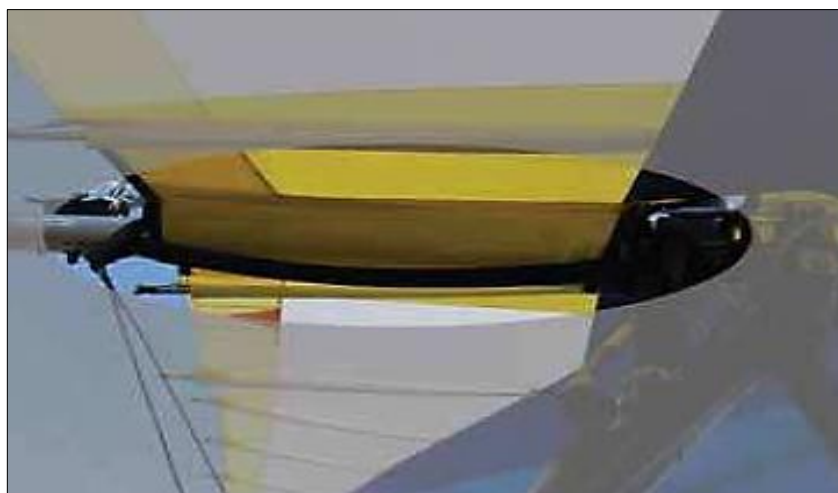


Figura 13 Bolsa De Quilla.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.10.12 Cables

Los cables se usan en diferentes partes del ala para mantener firmes diversos componentes así como para aguantar cargas.

Son cables trenzados de acero inoxidable con terminaciones adecuadas para su anclaje a los diferentes elementos. Estas terminaciones consisten de un lazo asegurado mediante presillas tipo niko-press. En la figura 6 vemos diferentes tipos de terminaciones de cables. Una variedad de herrajes se utilizan como elementos de unión de las terminaciones de cables y otros elementos de la estructura, siendo los diseños propios de cada fabricante. Véase en las figuras 14 y 15.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)



Figura 14 Herraje Del Tensor De Transversal.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)



Figura 15 Vista Interior Del Ala.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.11 DIRECCIÓN Y CONTROL

El Ala Delta es el único aerodino que carece de mandos o palancas de control, siendo el piloto, que con sus desplazamientos, altera la posición del centro de gravedad, provocando las reacciones previstas: alabeo para girar a izquierda y derecha, y cabeceo para modificar el ángulo de ataque y con ello la velocidad de vuelo y descenso.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.12 SISTEMAS DEL ALA

2.12.1 Sistemas de Reflex

Siempre el borde de fuga debe permanecer alto en situaciones de bajos o negativos ángulos de ataque para mantener un momento de profundidad positivo. Existen una serie de sistemas que consiguen esto en situaciones de emergencia. Véase en la figura 16.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

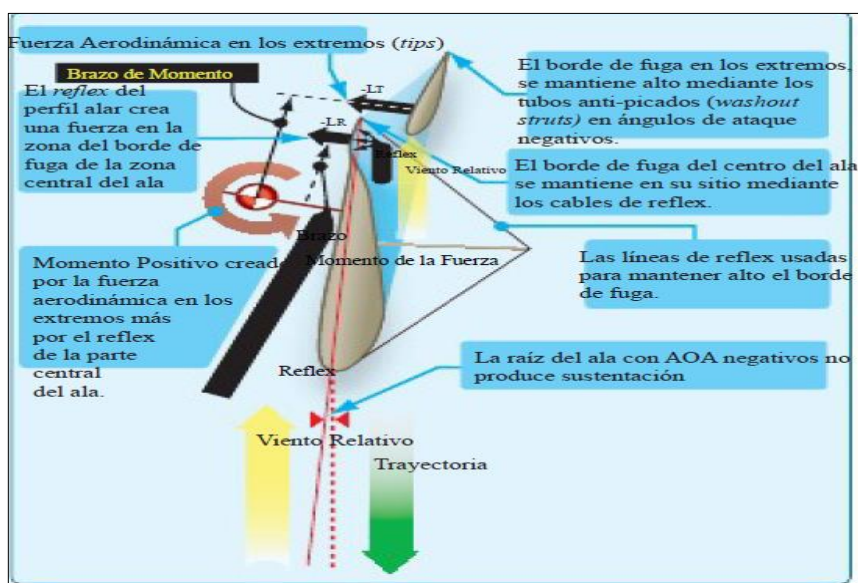


Figura 16 Recuperación De Picada Profunda En Un Perfil Alar.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

El reflex también ayuda a dar estabilidad a un perfil cuando este vuela en ángulos de ataque normales. Cuanto mayor es el reflex de un perfil, mayor el momento positivo (tendencia a elevar el morro). Este efecto es usado en algunos diseños de ala como mecanismo para modificar la velocidad del Ala Delta en vuelo.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.12.2 Cables de Reflex

Las alas con mástil utilizan cables que mantienen el borde de fuga alto en ángulos de ataque bajos o negativos. Estos cables de reflex van sujetos a lo alto del mástil y se reparten a diferentes puntos del borde de fuga en los puntos de salida de los sables. La situación de estos puntos de anclaje sobre el borde de fuga varía según el fabricante. Estos cables de reflex, aumentan su efectividad a más altas velocidades al aumentar su resistencia y combarse más, elevando más el borde de fuga.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)



Figura 17 Cables De Reflex.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.12.3 Tubos de Torsión

Son tubos anclados a los tubos de borde de ataque cerca del extremo y que mantienen la torsión correcta del ala con ángulos de ataque bajos o negativos. Pueden estar dentro o fuera de la doble vela del ala. Normalmente los cables de reflex no llegan hasta el extremo.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)



Figura 18 Tubos De Torsión.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.12.4 Tubos Anti-picado

En alas arriostradas sin mástil ni cables de reflex, se utilizan en su lugar tirantes o tubos anti-picados que mantienen el borde de ataque alto en bajos o negativos ángulos de ataque. Un cable anclado al lado superior del borde de ataque limita cuanto puede bajar el tubo anti-picado y por tanto el borde de fuga.



Figura 19 Tubos Anti-Picado En Alas Arriostradas.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

El sistema de cuelgue del arnés al ala es diferente para cada fabricante. El punto de cuelgue del arnés puede coincidir o no con el punto de anclaje del triángulo a la quilla, pero este último se situará siempre de forma que el triángulo forme un ángulo recto con la quilla, para que las tensiones de los cables laterales (o de las arriostras) no carguen los cables delanteros y traseros del triángulo.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

2.12.5 Sistema de Control de Alabeo

El movimiento lateral de la barra de control realiza el control de alabeo. El sistema de cuelgue del piloto al ala permite que este pueda rotar respecto al eje de la quilla. Igualmente, analizado desde el punto de vista del piloto, el ala puede rotar respecto al piloto lateralmente al desplazar la barra de control lado a lado.

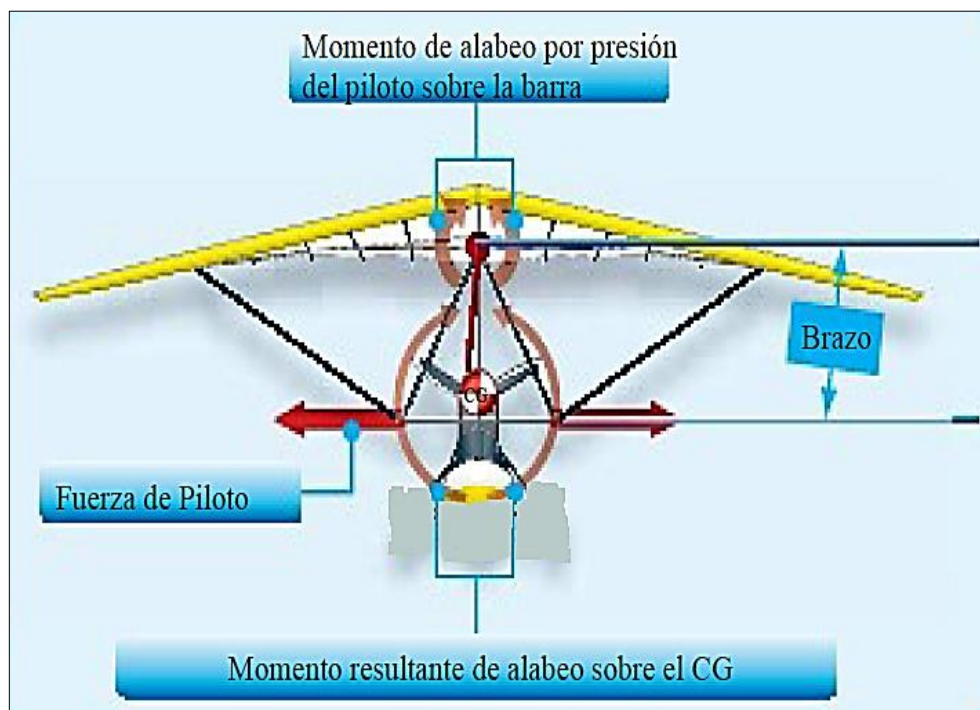


Figura 20 Momentos Inducidos Por El Piloto.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Podría pensarse que simplemente el mover la barra de control a un lado y por lo tanto desplazar el peso a el lado contrario sería suficiente para alabear fácilmente. Ciertamente esto haría que el Ala Delta alabeará, pero no lo haría de la manera rápida y eficaz necesario en la práctica para un adecuado control de alabeo.

Al desplazar el peso a un lado, la quilla se desplazará hacia ese lado acercándose más al borde de ataque. Este desplazamiento de la quilla está limitado a unos 3 o 5 cm a cada lado. Este corto desplazamiento es sin embargo suficiente para aumentar la comba de la vela, cambiar la torsión y la sustentación de ambos semi-planos y permitir por lo tanto un adecuado alabeo.

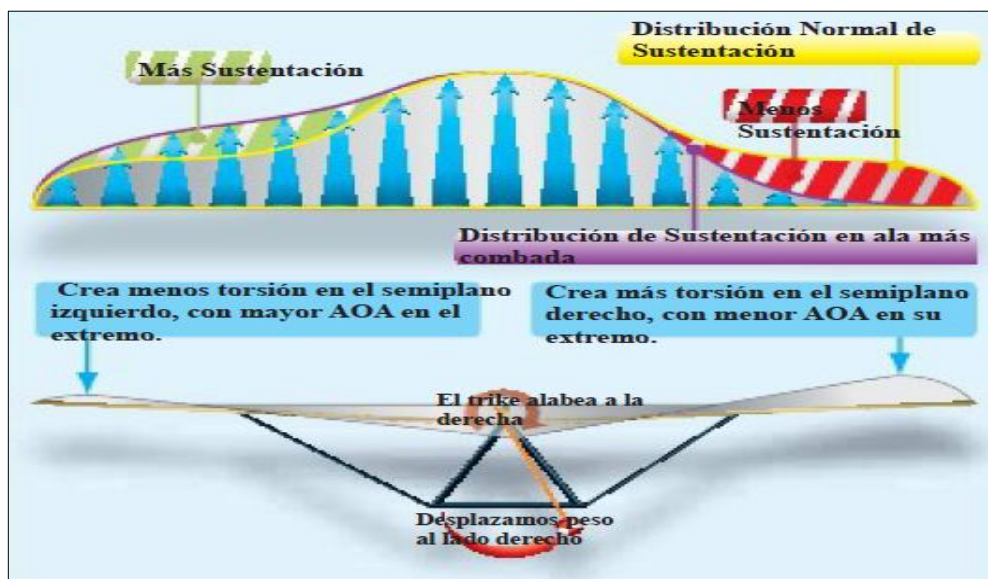


Figura 21 Desplazamiento De Peso A Un Lado.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Además del desplazamiento de la quilla hacia el borde de ataque, las características del control de alabeo se ajustan por los diseñadores utilizando diferentes rigideces en el material de la vela, la mayor o menor torsión del ala, el perfil alar y la forma en planta del ala. Véase en las figuras 22 y 23.

<http://es.scribd.com/document/335460143/Manual-de-Trikes-FAA-H-8083-5-Capitulo-3>: (citado el 10/09/2016)

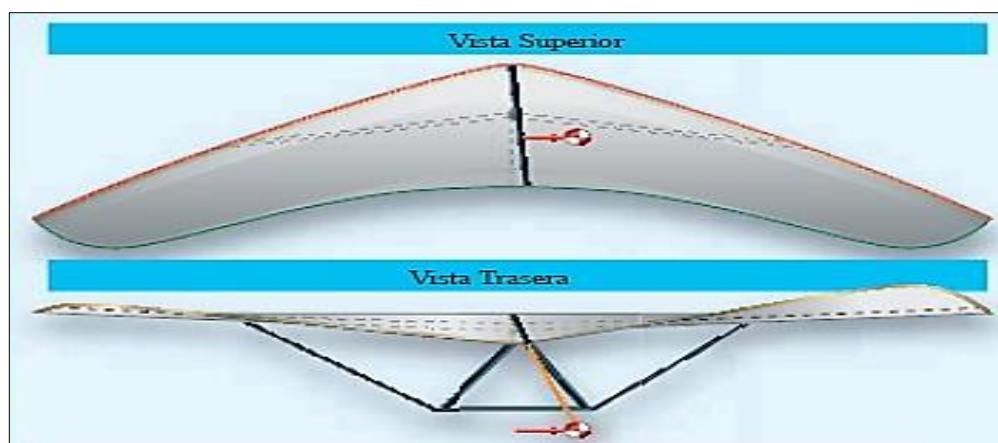


Figura 22 Desplazamiento De Peso Hacia La Derecha.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)



Figura 23 Limitador de recorrido lateral de la transversal.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.13 CONDICIONES DE OPERACIÓN

2.13.1 Aerodinámica

En esta fracción del capítulo actual nos referimos a los fundamentos aerodinámicos específicos de las aeronaves controladas por desplazamiento de centro de gravedad, también denominados Alas Delta.

2.13.2 Términos Aerodinámicos

2.13.2.1 Superficie Alar

Superficie de una aeronave que produce sustentación, generalmente el ala misma, denominándose perfil aerodinámico a una sección de dicha superficie. Existen diferentes tipos de superficies aerodinámicas y perfiles, aunque todos ellos producen sustentación de una manera similar.

2.13.2.2 Curvatura

Se refiere a la curva del ala cuando miramos el perfil o sección del ala. Un ala posee una determinada curvatura en su extradós (superficie superior) y otra

en su intradós (superficie inferior). La superficie alar de un Ala Delta puede ser de simple superficie, en las que una sola tela forma toda la superficie, y son alas para bajas velocidades. Superficies alares para mayores velocidades están formadas por dos capas de tejido o alas de doble superficie, las cuales forman un perfil más parecido al ala de un avión. Véase en la figura 24.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

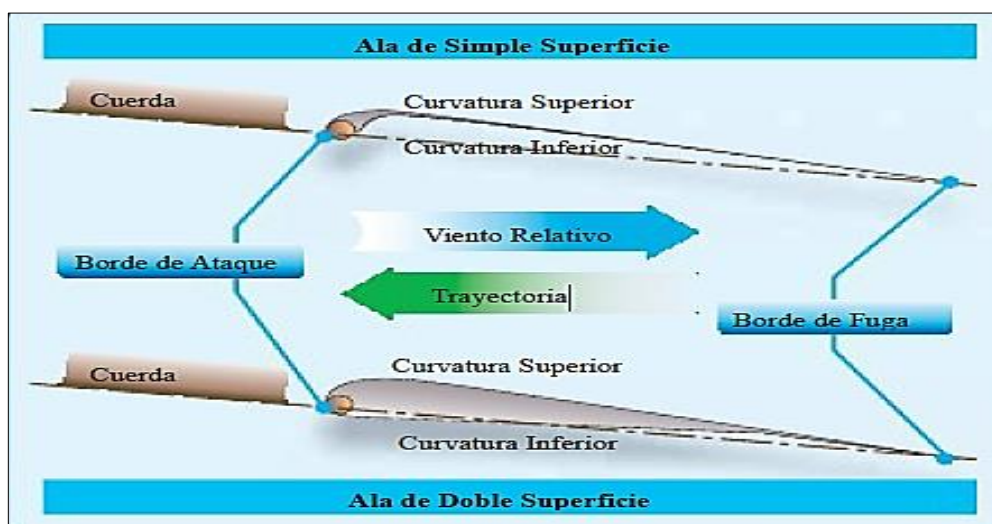


Figura 24 Términos De Perfiles De Ala Delta, En Simple Y Doble Superficie.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Estas Alas de doble superficie permiten que la estructura del ala se aloje en el interior del perfil, reduciendo resistencia y permitiendo mayores velocidades para un mismo empuje.

2.13.2.3 Borde de Ataque

Es el borde del ala sobre el que incide el viento relativo y el borde de fuga el borde del ala por donde sale dicho viento relativo.

El ala de un Ala Delta utiliza típicamente, en comparación con un ala de avión, un perfil alar cuya curvatura tiene su punto de mayor altura más adelantado que un ala normal de avión, lo cual da lugar a un perfil más estable.

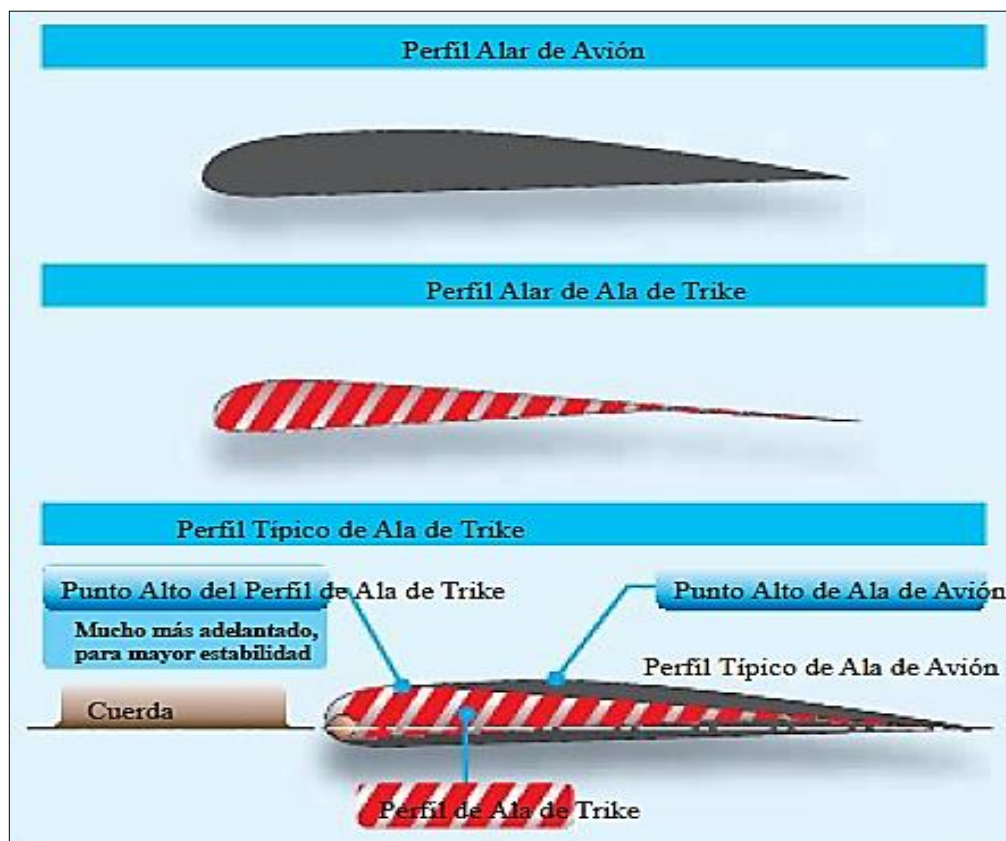


Figura 25 Perfil De Ala De Un Ala Delta Comparado Con Perfil De Ala De Avión.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

El Ala Delta, tiene un diseño único de superficie alar, cuyo perfil varía de forma continua desde la raíz a los extremos. Mirando un ala en planta, en el centro veremos lo que llamamos raíz y en ambos extremos las puntas de ala.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.13.2.4 La Cuerda

Es la línea recta que une el borde de ataque y el borde de fuga, para cualquier sección del ala paralelo a la raíz de la misma. Véase en las figuras 25 y 26. La cuerda en el extremo es la que tiene el punto de fuga lo más atrasado de toda el ala. Puede estar situada en el punto más exterior del ala o algo más adentro, dependiendo de los diseños.

2.13.2.5 Ángulo de Morro

Es el ángulo formado por los bordes de ataque, normalmente entre 120° y 130° para las alas de Ala Delta.

2.13.2.6 La Flecha

Es el ángulo que forman las líneas de un cuarto de las cuerdas y una línea perpendicular a la cuerda raíz. Véase en la figura 26.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

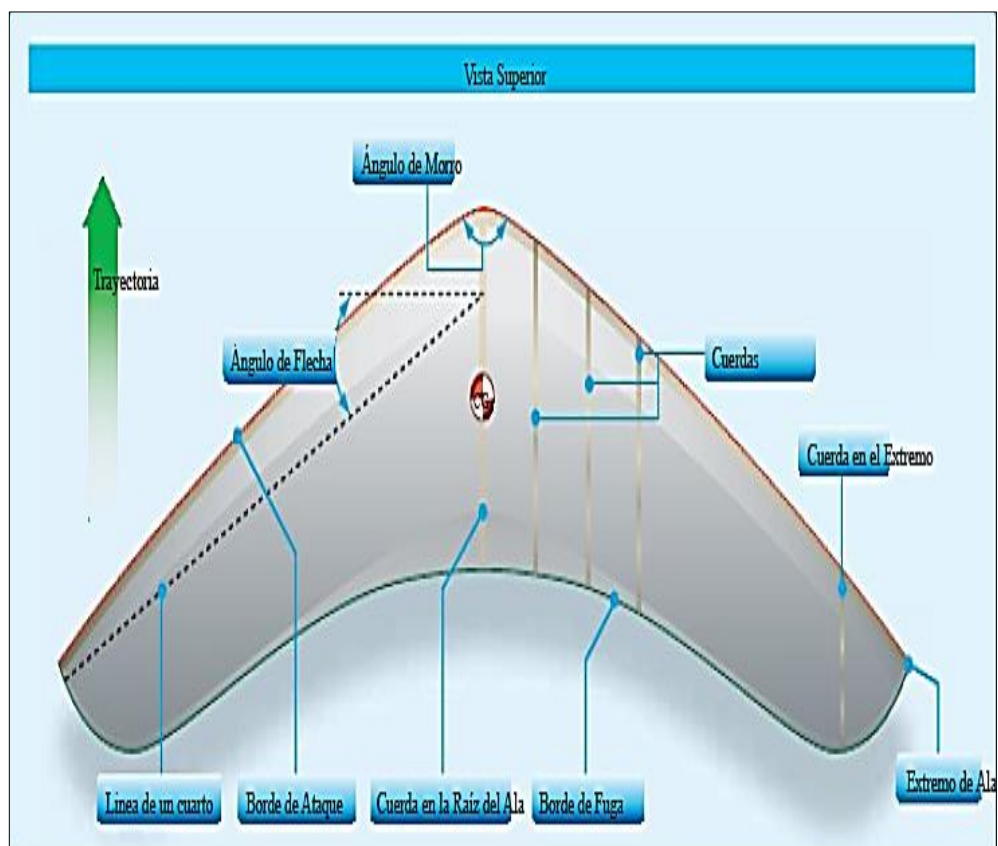


Figura 26 Vista Superior De Un Ala Delta Y Términos Aerodinámicos.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

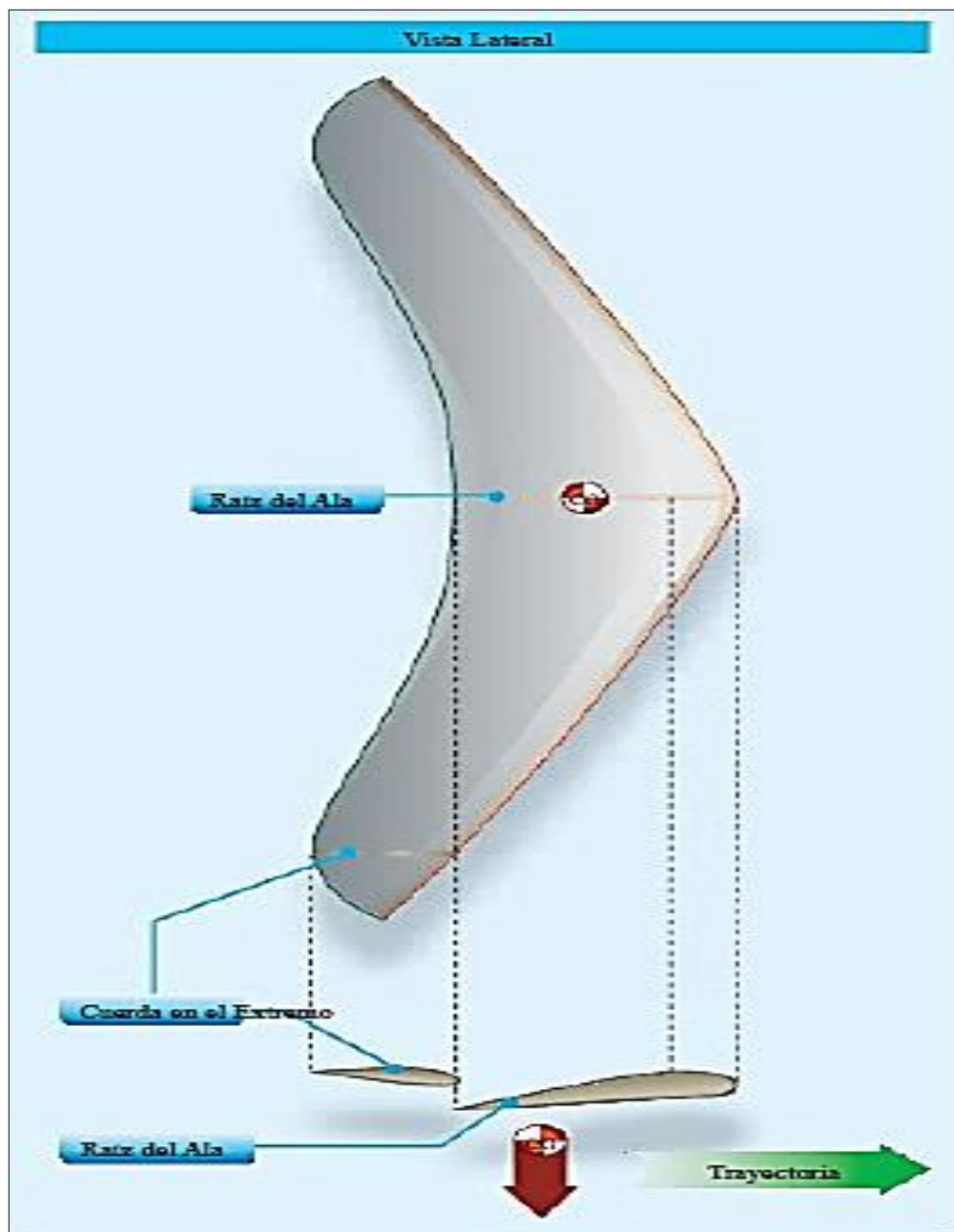


Figura 27 Vista Lateral Del Ala Y Términos Aerodinámicos.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Mirando el ala desde atrás, se dice que un ala tiene anhedro si ambos planos de las alas bajan desde la raíz, o que tiene diedro si los planos ascienden desde la raíz.

2.13.2.7 Ángulo Diedro

Se define como positivo, se mide entre el borde de ataque y el eje lateral del ala. Si este ángulo es de sentido contrario, negativo, se denomina anhedro. Las alas que tienen flecha, poseen una característica de “diedro efectivo” que contrarresta el anhedro real que poseen la gran mayoría de alas delta, lo que les aporta una mayor estabilidad en alabeo.

A diferencia de los aviones, los cuales tienen típicamente un diedro muy significativo para mejorar su estabilidad, las alas delta tienen un leve anhedro, tal y como observamos en la figura 27, típico de las alas en flecha.

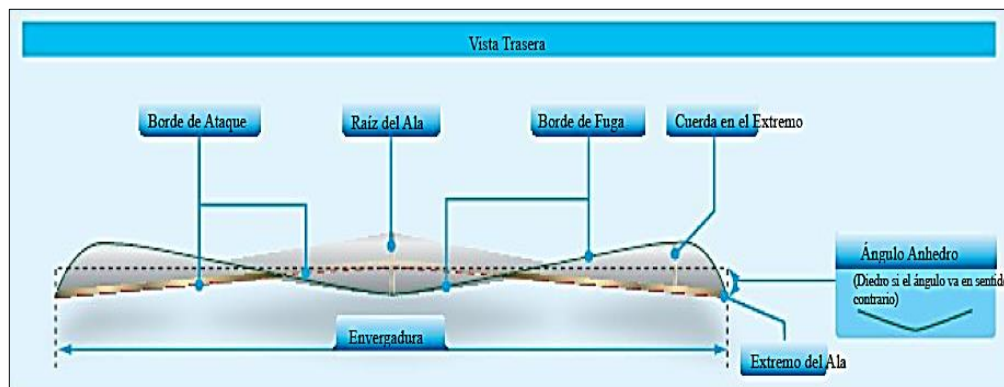


Figura 28 Vista Trasera De Un Ala Delta Y Términos Aerodinámicos.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.13.2.8 Torsión de Ala

Es la progresiva disminución del ángulo de la cuerda desde la raíz hasta las puntas, común en todas las alas delta y que varía entre 5° y 15° . Esta torsión, o washout en inglés, hace que el ángulo de ataque disminuya desde la raíz hacia las puntas. La torsión del ala puede no ser perceptible cuando el ala no está en vuelo, y sólo cuando las presiones aerodinámicas aparecen en vuelo, esta torsión se hace visible, por la naturaleza flexible del ala delta.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

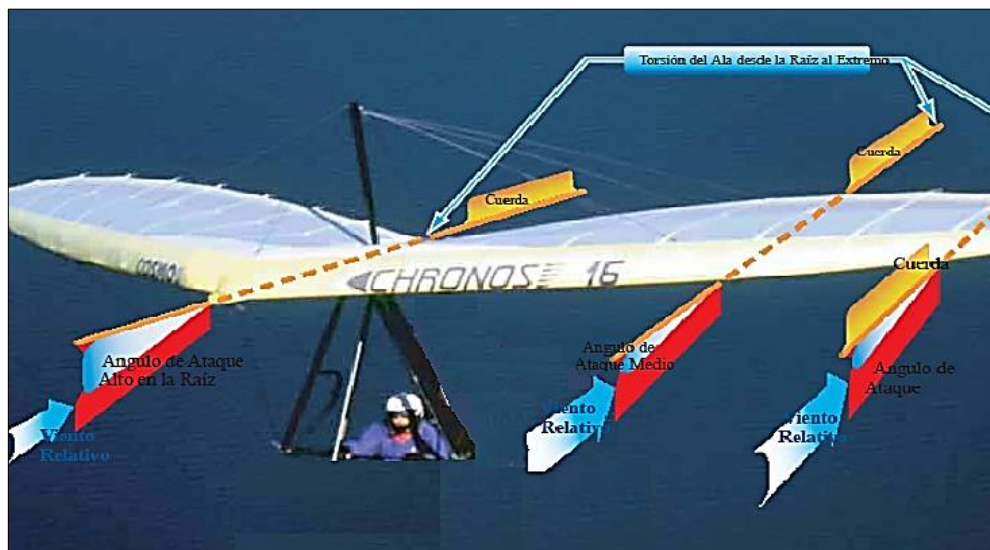


Figura 29 Torsión Del Ala Vista En Vuelo.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.13.2.9 El Eje Longitudinal

Es un eje imaginario que pasa por el centro de gravedad (CG); se denomina también eje de alabeo. El eje longitudinal no es necesariamente una línea fija sobre el piloto, ya que en un Ala Delta, cambia de posición para diferentes configuraciones de vuelo, pero puede ser aproximado al eje que pasa por el centro del arnés y tiene la dirección paralela a la senda de vuelo, para un Ala Delta bien diseñada.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.13.2.10 Ángulo de Incidencia

Es el ángulo formado por la línea de cuerda raíz del ala y el eje longitudinal del Ala Delta.

Al contrario de lo que sucede en un avión, en un Ala Delta el ángulo de incidencia cambia de forma muy significativa en vuelo, ya que el piloto oscila con respecto al ala sobre el punto de cuelgue, movimiento necesario para el control.

2.13.2.11 El Ángulo de Profundidad

Es el ángulo que forma la cuerda del ala en la raíz con el plano del horizonte. Muchos pilotos confunden dicho ángulo, que es fácilmente visible, con el ángulo de ataque (AOA) el cual no es tan perceptible. Por ejemplo, si estamos planeando con el morro bajo, el ángulo de profundidad puede estar por debajo del horizonte.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.13.2.12 El Ángulo de Ataque (AOA)

Es el ángulo que forma el viento relativo con la cuerda de la raíz del ala. Debido a la torsión, el ángulo de ataque es mayor en la raíz y disminuye a lo largo de la envergadura hasta las puntas del ala. Este es un concepto importante, que se trata en profundidad en el apartado de la estabilidad. Variar el AOA es el control primario para variar nuestra velocidad en cualquier tipo de maniobra, tanto en vuelo nivelado, en planeos, ascensos o descensos. Bajo ángulo de ataque produce alta velocidad, mientras que alto ángulo de ataque da lugar a bajas velocidades.

El piloto controla el AOA moviendo la barra de control adelante, mayor ángulo de ataque, baja velocidad. Moviendo la barra de control hacia atrás, tenemos menor ángulo de ataque, lo que da lugar a mayor velocidad.

Gran parte del tiempo, el piloto vuela con el AOA de crucero (o de trim), que es el AOA en el cual no hacemos fuerza ninguna sobre la barra. Este AOA corresponde con nuestra velocidad de trim, y podremos volar a dicha velocidad en vuelo recto y nivelado con la barra suelta en aire estable.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

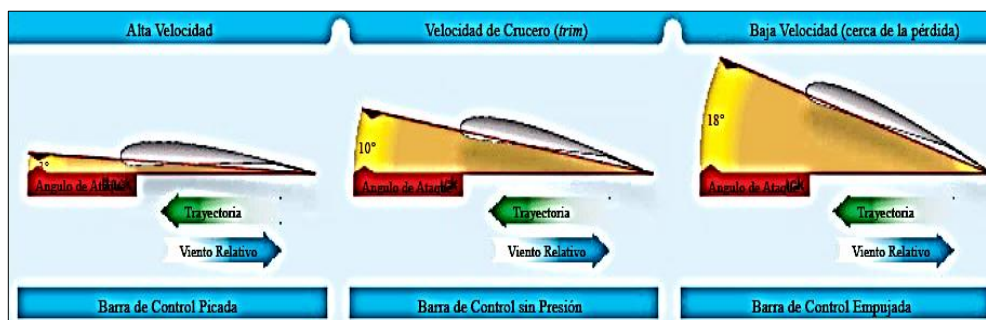


Figura 30 Efectos Del Ángulo De Ataque Sobre Viento Relativo Y Trayectoria En Vuelo Nivelado.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Existen numerosas formas de ala de un Ala Delta, con mayores o menores envergaduras y relación de aspecto, dando lugar a alas más o menos rápidas y con mayor o menor rendimiento.

2.13.2.13 La Relación de Aspecto

Es la envergadura dividida por la cuerda media. Un ala delta de escuela típica de 18 m² (200 pies cuadrados) de unos 10,5 mts (35 pies) de envergadura y con una cuerda media de 2 metros (7 pies), nos da una relación de aspecto de 5. Este relativo bajo aspecto es menos eficiente produciendo sustentación. Un ala de mayor rendimiento de 13,5 m² (140 pies cuadrados) 10,5 mts (35 pies) de envergadura y una cuerda media de 1,6 mts (5 pies), nos da una relación de aspecto de 7. En el ala de un Ala Delta, al igual que en el de un avión, existen diferentes relaciones de aspecto para los diferentes diseños, dependiendo de las características de vuelo que se busquen. Para la misma superficie alar y similar diseño, el ala de menor relación de aspecto produce menos sustentación y más resistencia; alas de mayor relación de aspecto tendrán mayor sustentación y menor resistencia, pero normalmente y dependiendo del diseño, serán también más duras de volar requiriendo más esfuerzo físico del piloto.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

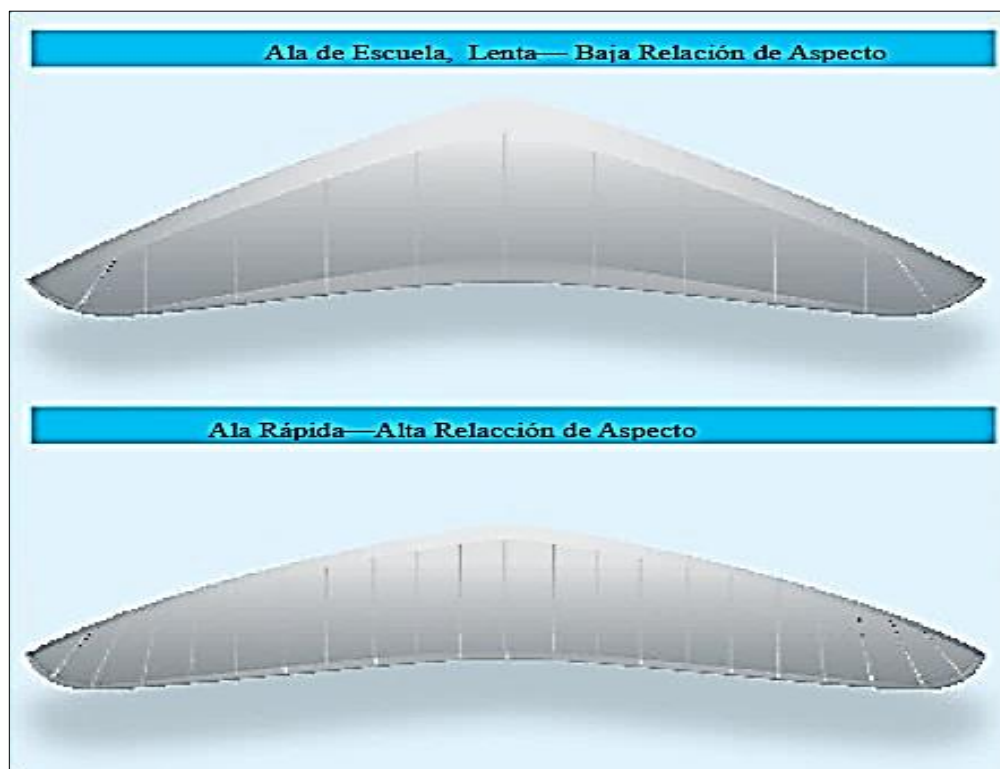


Figura 31 Diversas Formas En Planta De Ala, Ala Lenta Y Ala Rápida.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.13.2.14 Carga Alar

Es la relación entre el peso total cargado por el ala y la superficie de la misma. Es el peso que carga cada metro cuadrado de ala. Lo calculamos pues dividiendo el peso total de la aeronave cargada en Kilos (o libras) por la superficie del ala en metros (pies) cuadrados.

2.13.2.15 Coeficiente de Planeo

Es la relación entre la distancia volada horizontalmente y la altura perdida. Por ejemplo, un coeficiente de planeo de 5 significa que por cada metro que descendemos, avanzamos 5 metros. Los coeficientes de planeo varían mucho dependiendo del tipo y modelo de ala.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.14 LA FLEXIBILIDAD DEL ALA DELTA

El ala delta mantiene relativamente su forma de perfil alar mediante las costillas semi-rígidas llamados sables, los cuales se encuentran insertados en las diferentes secciones desde la raíz del ala hasta el extremo del ala, de forma similar a las costillas del ala de un avión. El borde de ataque se intenta rigidizar reforzando el tejido con láminas de mylar y de espuma hasta el punto alto del perfil, para mantener la forma de perfil en las zonas entre sables. Véase en la figura 32.

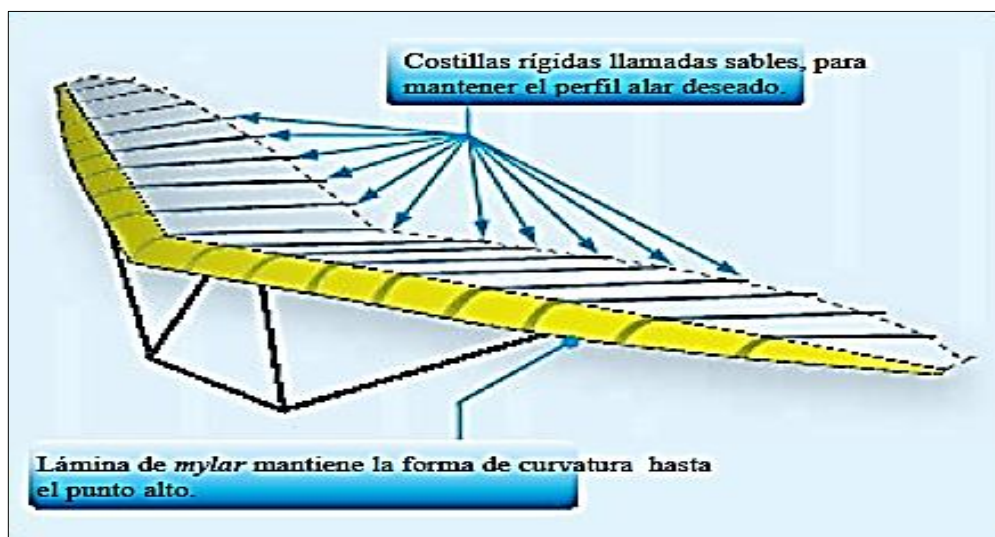


Figura 32 Costillas Rígidas Y Rigidizadores.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Algunas alas de doble superficie, utilizan conexiones de tejido entre la superficie superior y la inferior para mantener inalterable el perfil alar y la distancia entre ambas superficies, además de los sables.

Aunque las secciones del ala son relativamente rígidas, las alas delta en general y las alas de trike en particular, se denominan “alas flexibles”. Primero porque están diseñadas para que la parte exterior de las alas flexen hacia arriba y hacia atrás al cargarse en vuelo. Esta flexión de la parte exterior de las alas permite una relajación de cargas incrementándose la torsión y disminuyendo el

ángulo de ataque. Cuanto más se incrementa la carga, mayor flexión y mayor torsión. Esto permite a este tipo de alas reducir automáticamente cargas en aire inestable, mejorando estabilidad y mando con relación a un ala más rígida. Como el ala flexa y reduce su carga para un determinado ángulo de ataque en la raíz, no será capaz de soportar cargas tan altas como las de un ala más rígida, pero esta flexibilidad será también necesaria para ayudar a iniciar un giro.

Segundo, el ala está diseñada de forma que la flexión y la torsión serán diferentes en un plano y en el otro al estar sometidos a diferentes cargas cuando desplazamos lateralmente el centro de gravedad, permitiendo que el ala alabee. Esto se denomina “combar el perfil” (wing warping), de forma similar a lo que los hermanos Wright utilizaban en sus aviones. Ellos lo hacían deformando el perfil por cables, mientras que en un ala delta el perfil se deforma variando la distribución de carga.

Esta flexibilidad se diseña para que el ala pueda alabear (y por lo tanto virar), sin necesidad de tener superficies de control como alerones, elevadores o timones, típicos de un avión.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15 FUERZAS EN VUELO

Las cuatro fuerzas que intervienen en el vuelo son empuje, resistencia, sustentación y el peso. Véase en la figura 33.

En vuelo recto y nivelado:

1. La suma de todas las fuerzas verticales es cero.
2. La suma de todas las fuerzas horizontales es cero.
3. La suma de todos los momentos de fuerzas es cero. (momento= fuerza x distancia)

Notar que las fuerzas de sustentación y peso son muy superiores a las fuerzas de empuje y resistencia. Como puede demostrarse, la reacción entre ambas es igual al coeficiente de planeo en cada instante, normalmente para un trike, entre 5 a 8 veces, dependiendo de diseños.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

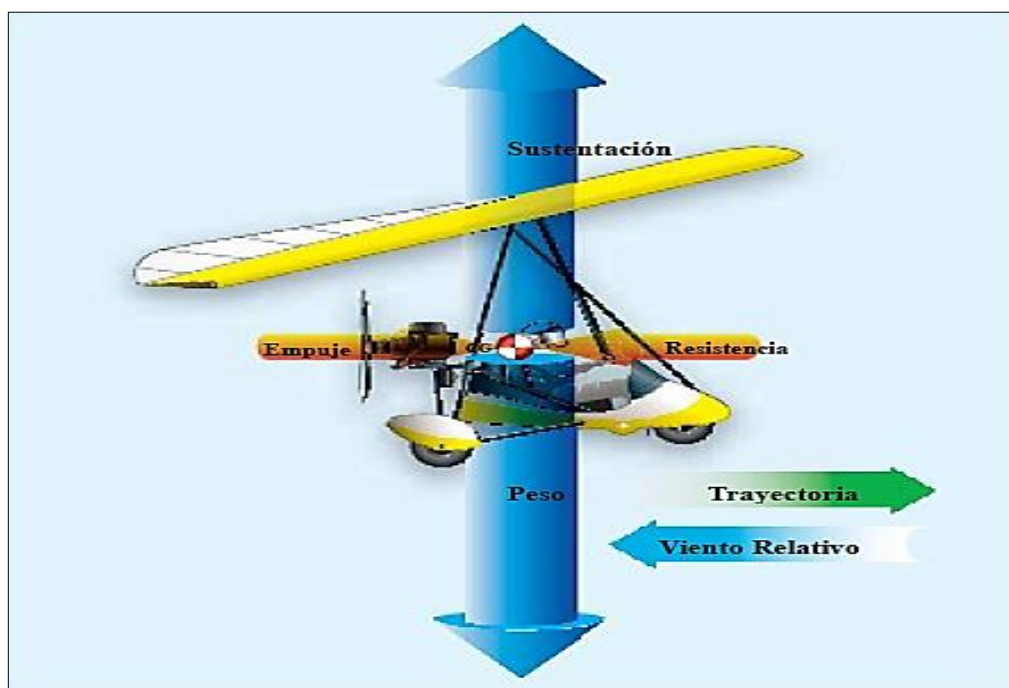


Figura 33 Las Cuatro Fuerzas En Vuelo Recto Y Nivelado.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.15.1 Empuje

La fuerza hacia delante producida peso del piloto hacia la parte trasera de la aeronave (usualmente actúa paralelamente al eje longitudinal, viento relativo y trayectoria).

A una velocidad constante, la cantidad de empuje determina si la aeronave asciende, desciende, o vuela nivelada. Manteniendo una velocidad constante, si aumentamos el empuje lo suficiente, conseguiremos nivelar nuestra trayectoria

y que el viento relativo sea horizontal, para un mismo ángulo de ataque. Se consigue así que el empuje iguale a la resistencia, y que la sustentación iguale al peso, en vuelo nivelado.

Por lo tanto, en vuelo recto y nivelado y sin aceleraciones:

Sustentación (L) = Peso (W)

Empuje = Resistencia Total (DT)

A una velocidad constante, cuando aumentamos en exceso el empuje, dicho exceso de energía se convertirá en ganancia de altura, convirtiéndose la senda de vuelo en una trayectoria ascendente, siendo el viento relativo de esa misma dirección y manteniendo un ángulo de ataque similar. El exceso de empuje determina la tasa de ascenso y el ángulo de inclinación de la trayectoria.

En vuelo recto y en ascenso, sin aceleraciones:

Sustentación (L) = Componente del Peso que se opone a la Sustentación

Peso (W) = Fuerza Resultante (FR) de la Sustentación (L) y exceso de empuje para ascender (TE)

Empuje = Resistencia Total (DT) más la componente hacia atrás del Peso.

Como ya sabemos, el ángulo de ataque es el control primario de la velocidad, y un aumento del empuje no necesariamente produce mayores velocidades, aunque si necesitamos aumentar algo dicho empuje si queremos mantener vuelo nivelado a mayores velocidades.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15.2 Resistencia

La fuerza aerodinámica que actúa sobre las alas y el perfil del piloto en el mismo plano y dirección que el viento relativo.

2.15.3 Sustentación

La sustentación se opone al peso, y es resultado de la circulación de aire alrededor del perfil del ala. La sustentación actúa sobre un punto denominado centro de presiones o de sustentación. La fórmula matemática de la sustentación relaciona ángulo de ataque, superficie alar y la presión dinámica. Estos factores se expresan en la ecuación en términos de “q”, coeficiente de sustentación “CL”, y la superficie del ala “S”. Véase en el cuadro 2.

Cuadro 1:

Ecuación De La Sustentación.

$$L = C_L V^2 \frac{\rho}{2} S$$

L = Sustentación (Newtons)

CL= Coeficiente de sustentación
(Este número adimensional es específico para cada ala y por encima de la velocidad de pérdida es proporcional al ángulo de ataque)

V = Velocidad relativa(m/s)

S = Superficie del ala (m²)

ρ =Densidad del aire(Kg/m³)

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

En el cuadro 2 se muestra que para que la sustentación aumente, uno o más de los términos del lado derecho de la ecuación han de aumentar. Generalmente, la sustentación necesaria es muy similar para la mayor parte de las situaciones de vuelo. Una baja velocidad requiere un mayor ángulo de ataque. Mayores velocidades requieren menores ángulos de ataque para tener la misma sustentación.

Como la sustentación es función del cuadrado de la presión dinámica (q), también será proporcional al cuadrado de la velocidad relativa. Por lo tanto, pequeños cambios en la velocidad relativa producen mucho mayores cambios en la sustentación. Por otro lado, y si los demás factores permanecen constantes, vemos que al incrementar CL también se incrementa la sustentación, ya que CL sabemos que aumenta linealmente con el ángulo de ataque (AOA). Vemos también como al aumentar la densidad también aumenta la sustentación. Importantísimo para un piloto hacer la lectura inversa de esto: que la sustentación disminuye cuando disminuimos la densidad: en un día caluroso o si operamos en un campo de cierta altitud.

Un ala produce sustentación por dos fenómenos:

1. La forma del perfil alar crea una mayor velocidad del aire por la parte superior del perfil que por la inferior, lo cual por el principio de Bernoulli (efecto Venturi), aumenta la presión en la parte inferior, creando sustentación.
2. La deflexión hacia abajo del ala provoca que el aire sea empujado hacia abajo, lo cual, por el principio de acción y reacción (tercera ley de Newton) provoca una fuerza vertical sobre el ala hacia arriba.

Ambos principios determinan la fuerza de sustentación.

En la figura 33 (arriba) muestra la fuerza de sustentación producida sobre el ala a lo largo de la envergadura para un ala de planta elíptica. Notar como la sustentación es menor en las puntas y va incrementándose poco a poco hacia la raíz. Es lo que se denomina “distribución elíptica de sustentación”, y se considera la distribución óptima.

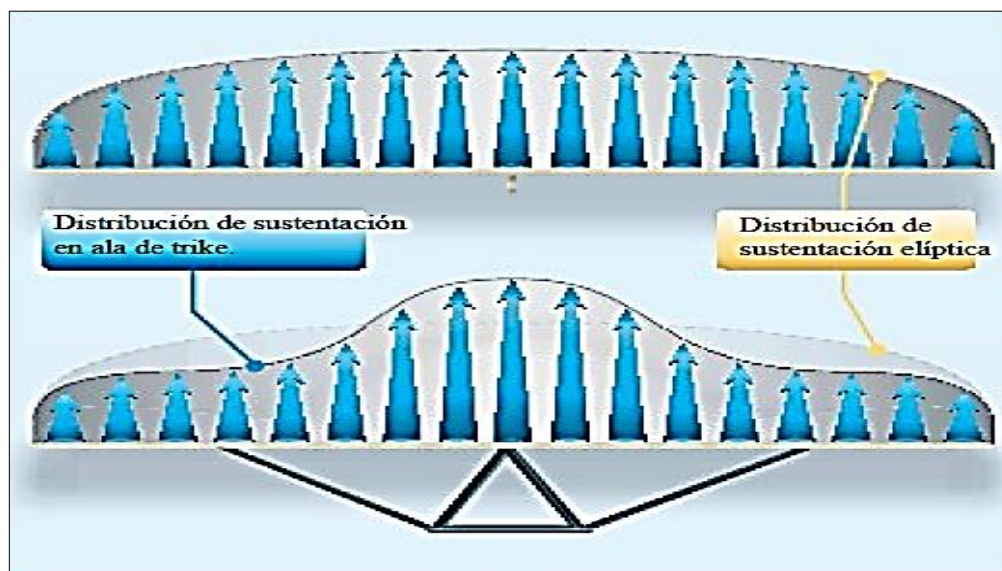


Figura 34 Comparación De Distribuciones De Sustentación En Ala Delta Y Elíptica.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

La distribución de sustentación de un ala delta es diferente porque debido a la torsión, el ángulo de ataque es mayor en la raíz que los extremos del ala. Gran parte de la sustentación se produce en la raíz del ala. En la figura 56 podemos comparar ambas distribuciones, la de ala delta y la elíptica.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15.4 Peso

La fuerza de la gravedad que actúa sobre todo cuerpo en dirección vertical, hacia el centro de la Tierra.

El Peso es una medida de la fuerza con que la gravedad actúa sobre la masa de la aeronave. Cualquier elemento asociado a la aeronave o cargada sobre él (ala, cables, cascos, equipaje, cartas, libros, guantes, GPS de mano, etc...) hace aumentar el peso total.

Durante el vuelo en planeo, el peso podemos descomponerlo en dos componentes: la que se opone a la sustentación y que actúa en dirección perpendicular a la dirección de movimiento, y la componente que se opone a la resistencia y actúa en dirección del movimiento. En vuelo de planeo, esta componente es la que hace desplazarse a la aeronave, constituyendo su único empuje.

Durante un planeo, en línea recta y sin aceleraciones:

Sustentación (L) y Resistencia (D) = Fuerza Resultante (RF) = Peso (W)

Resistencia Total (DT) = Componente del Peso (WD) en la dirección de vuelo

Sustentación (L) = Componente del Peso (WL) opuesta a la sustentación.

Similarmente a cualquier otro tipo de avión, durante el vuelo en planeo, se necesita menos sustentación, porque la fuerza resultante de sumar sustentación y resistencias contrarresta el peso. En otras palabras, en el vuelo de planeo, parte de la resistencia ayuda a soportar el peso.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15.5 Presión Dinámica (q)

Tanto la sustentación como la resistencia son resultado directo de la presión dinámica del aire. La presión dinámica (q), se crea por la velocidad del aire y la densidad. Un incremento en la velocidad del aire tiene un efecto dramático sobre la presión dinámica, ya que dicha presión aumenta con el cuadrado de la velocidad. Doblar la velocidad significa que “q” aumenta 4 veces. Aumentar la velocidad 3 veces, significa aumentar la presión dinámica (q) nueve veces. Este es un concepto muy importante para entender la aerodinámica de cualquier aeronave.

La fórmula de la presión dinámica: $q = V \times \rho/2$

V = velocidad del aire

ρ = densidad del aire

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15.6 Resistencia Aerodinámica

La resistencia aerodinámica es la resistencia que ofrece la aeronave al movimiento hacia adelante a través del aire. Hay dos tipos de resistencias:

1. **Resistencia Inducida.**- o componente de las fuerzas de sustentación en la dirección opuesta al movimiento.
2. **Resistencia Parásita.**- resistencia al flujo de aire ofrecida por el piloto, cables, la propia ala, o cualquier otro objeto y producto de la fricción del aire sobre los mismos.

La resistencia inducida es resultado de la propia sustentación y por lo tanto varía en los mismos términos que esta, aumentando al disminuir la velocidad. Crea vórtices circulares en los extremos de las alas que fluyen aguas abajo del flujo de aire.

Estos vórtices de extremo de ala son característicos de todo tipo de ala, tanto de Ala Delta como de avión, helicóptero, velero y cualquier aeronave de ala fija. Cuanto mayor y pesada sea la aeronave, mayores y más potentes serán los vórtices de extremo de ala. Estos organizados torbellinos afectan a un importante factor de seguridad que debemos comprender para evitar sus riesgos: la estela turbulenta. Toda aeronave genera este tipo de turbulencia, y debemos evitar el vuelo en las zonas donde aeronaves de tamaño superior acaban de generar dicha estela turbulenta, generalmente por debajo de su trayectoria.

La resistencia parásita es causada por la fricción del aire en movimiento sobre cualquier elemento de la aeronave. Al igual que con la inducida, la parásita aumenta con la superficie total de la aeronave, pero se incrementa de forma dramática al aumentar la velocidad (con el cuadrado de la velocidad) Al doblar la velocidad la resistencia parásita se cuadruplica. Véase en la figura 35.

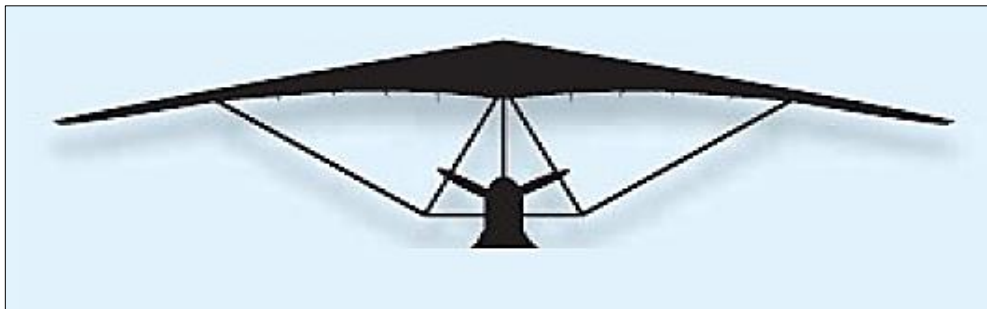


Figura 35 Vista Frontal Del Área Proyectada, La Cual Produce Resistencia.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

El Ala Delta se diseña con un ala grande para usos de vuelo lento, donde la resistencia no tiene mucha trascendencia o bien se diseña con alas pequeñas para usos de vuelo más rápidos en las cuales se busca tener la menor resistencia aerodinámica.

Una aeronave tiene muchos de sus elementos expuestos al choque del aire, como por ejemplo las alas, los cables, las arriostras, el propio piloto, el arnés, tubos varios, etc. La resistencia parásita puede ser reducida carenando estos elementos. Los tubos redondos pueden ser carenados reduciendo su resistencia en un tercio. Igualmente, el piloto puede ser carenado casi completamente pero lógicamente a consta de añadir peso. El carenar todos estos elementos modificar de forma notable la velocidad en un Ala Delta, sobre todo en los modelos más rápidos.

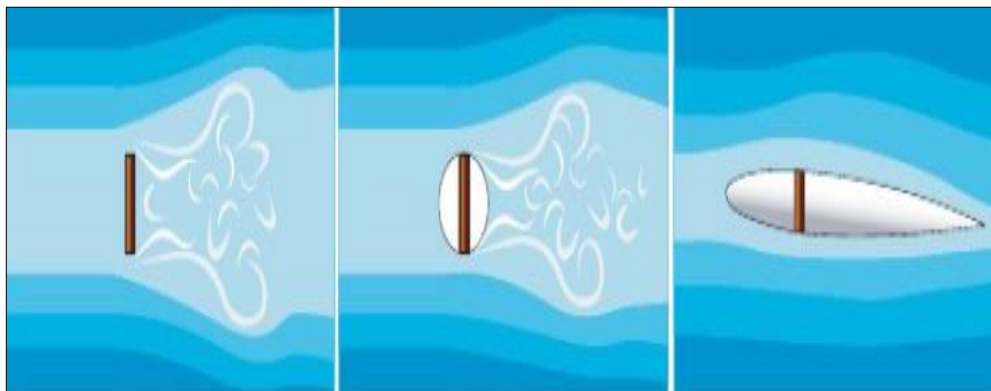


Figura 36 Fluidez De Aire Alrededor De Los Objetos.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Resistencia total es la combinación de resistencias parásitas e inducidas:

Resistencia total = Resistencia Parásita + Resistencia Inducida

La fuerza de resistencia se expresa mediante la ecuación matemática:

$$D = C_D \times q \times S$$

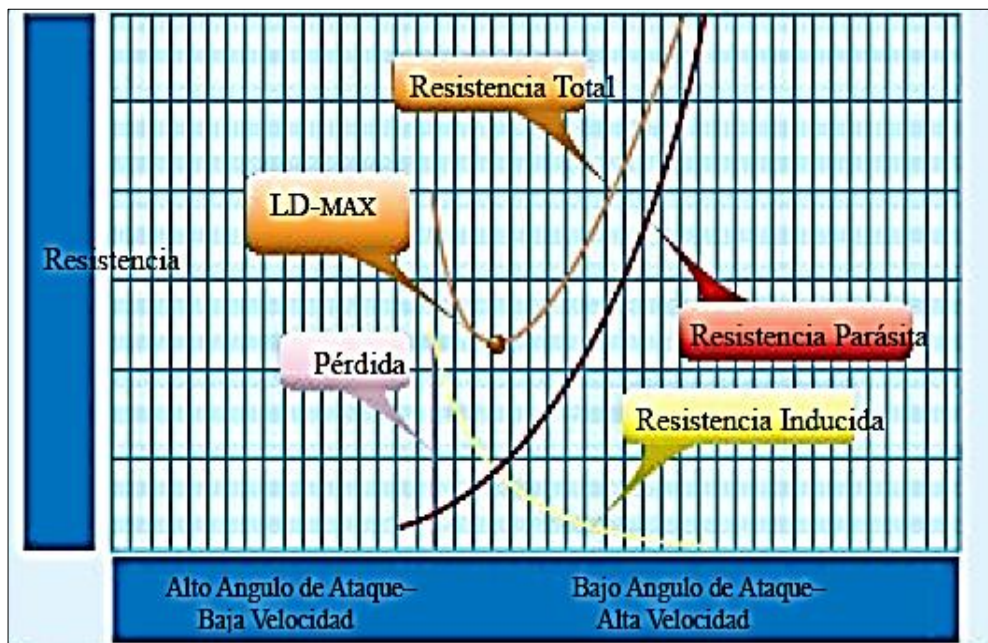
Vemos que dicha fórmula es similar a la de la sustentación, pero donde C_D sustituye a C_L , y S es la superficie frontal total expuesta al flujo de aire (ala más resto de elementos). El coeficiente de resistencia C_D es el ratio entre la presión de resistencia y la presión dinámica.

La resistencia inducida y la parásita tienen efectos opuestos cuando variamos el ángulo de ataque (y por tanto la velocidad). Véase en el cuadro 3.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

Cuadro 2

Velocidad Versus Resistencia.



Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

La inducida es alta a bajas velocidades (por un ángulo de ataque alto) y va descendiendo al aumentar la velocidad. La parásita, por el contrario, es baja a poca velocidad, pero se va incrementando al aumentar la velocidad (mayor rozamiento del aire). Esto hace que la suma de ambas, o resistencia total, es alta a bajas velocidades, va descendiendo hasta un mínimo a las velocidades óptimas de vuelo, y luego vuelve a aumentar al seguir aumentando la velocidad.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.15.7 Efecto Suelo

El efecto suelo se produce cuando un ala vuela tan cerca del suelo que se produce una interferencia del flujo de aire con el mismo. Para un mismo ángulo de ataque, la sustentación se incrementa ligeramente y la resistencia disminuye

de manera significativa. La indicación más aparente del efecto suelo es este aumento de sustentación que notaremos en despegues y aterrizajes.

2.15.8 Centro de Gravedad (CG)

El CG es el punto imaginario donde parece estar situado todo el peso de la aeronave. Es el punto respecto al cual la suma de todos los momentos de fuerzas que tratan de hacer rotar a la aeronave da un resultado nulo. La diferencia más obvia de la posición del CG respecto a la de un avión es que su posición en sentido vertical es mucho más baja con relación al ala, ya que en el Ala Delta, el piloto posee casi toda la masa y se encuentra mucho más bajo que el ala.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

2.15.9 Ejes de Rotación

Los tres ejes de rotación se cruzan en el Centro de Gravedad CG.

2.15.9.1 Eje Lateral (Profundidad)

El movimiento respecto al eje lateral, o eje de profundidad, se controla de forma primaria mediante el ángulo de ataque, pero es también afectado de forma secundaria por el empuje.

Bajando ángulo de ataque, aumentamos la velocidad y el morro baja. Aumentando ángulo de ataque, disminuimos velocidad y el morro sube.

2.15.9.2 Eje longitudinal—Alabeo

Un giro se inicia alabeando, esto es, inclinando el Ala Delta respecto a su eje longitudinal, de la misma manera que lo hace un avión dotado de alerones y timón. Para provocar el alabeo, desplazamos el peso hacia el lado hacia el que queremos girar, cargando más peso en dicho semiplano. Este incremento de carga aumenta la torsión de la semi-ala más cargada reduciendo el AOA en el

extremo y disminuyendo la sustentación (lo contrario el semiplano menos cargado) provocando una diferencia de sustentación que hace alabeo al Ala Delta.

Así, desplazando el peso hacia un lado, se comba más un semiplano que el otro, cambiamos su torsión y hacemos que un plano baje y la otra suba, uno con respecto a otro, provocando el alabeo. Véase en la figura 22.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

2.15.9.3 Eje Vertical—Guiñada

Toda Ala delta, vuela siempre directamente frente al viento relativo, ya que no dispone de un control que permita girar respecto al eje vertical. Los giros serán siempre coordinados, pero por contra no disponemos de la posibilidad de hacer resbales, como en una aeronave de control a los tres ejes.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

2.16 ESTABILIDAD Y MOMENTOS

Un cuerpo que gira libremente, realiza sus rotaciones alrededor de su CG. Expresado en términos aerodinámicos, definimos un momento como el producto de una determinada fuerza por la distancia al centro de gravedad del punto donde dicha fuerza es aplicada (brazo de la fuerza).

Las alas normales de avión generalmente tienden a picar o bajar el morro, debido al diseño de perfil, lo que se denomina momento de profundidad negativo. Este es uno de los motivos por los que es necesario dotarlos de una cola que realiza una fuerza hacia abajo para neutralizar dicho momento, y poder así tener un vuelo estabilizado.

El Ala Delta es muy diferente en esto. No necesita una cola por dos motivos:

1. El perfil es un perfil mucho más estable en sí mismo, teniendo superficies de sustentación más alejadas del CG tanto delante como detrás del mismo.
2. El específico diseño de un ala delta, tal y como vemos en la figura 25, tiene su punto alto o de máximo espesor de perfil, mucho más adelantado que en un ala de avión. Esto hace que el centro de presiones, o punto donde parece actuar las fuerzas aerodinámicas, esté también creando un momento de profundidad positivo o neutro. Este es un parámetro de diseño fundamental y específico de un ala delta, el cual permite junto con otras características que veremos a continuación, que estas puedan carecer de cola estabilizadora.

Adicionalmente, para entender la estabilidad longitudinal de un Ala Delta vamos a analizarla como dos partes separadas: la parte central del ala, por un lado y sus extremos, por otro.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.16.1 Vuelo Normal Estabilizado

En la Figura 37A, durante el vuelo normal estabilizado, la sustentación en la parte central del ala (LR) multiplicado por el brazo (AR) iguala la sustentación de la puntas (LT) multiplicado por su brazo (AT).

$$(LR \times AR) + (LT \times AT) = 0$$

$$LR + LT = \text{Sustentación Total del Ala (LW)}$$

La suma de ambas sustentaciones actuará sobre el centro de presiones, y este se situará directamente por encima del centro de gravedad en vuelo estabilizado. Véase en la figura 37B.

Si el piloto desea incrementar la velocidad de *trim* o velocidad sin presión en la barra, habrá que desplazar el CG más adelante. Esto se hace desplazando el

punto de cuelgue hacia adelante. Lo opuesto, lógicamente, para reducir la velocidad.

2.16.2 Altos Ángulos de Ataque.

En la Figura 37 A, si el ángulo de ataque es aumentado hasta llegar a la mínima velocidad controlable, la parte central del ala comenzará a entrar en pérdida, disminuyendo la sustentación en esta zona de forma considerable. El centro de presiones, CLW se desplazará hacia atrás una distancia “b”, creando un momento de fuerza que hará bajar el morro. En el cuadro 4 podemos ver una curva típica que relaciona el coeficiente de sustentación CL con el ángulo de ataque AOA. Vemos que mientras la raíz del ala está parcialmente en pérdida.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

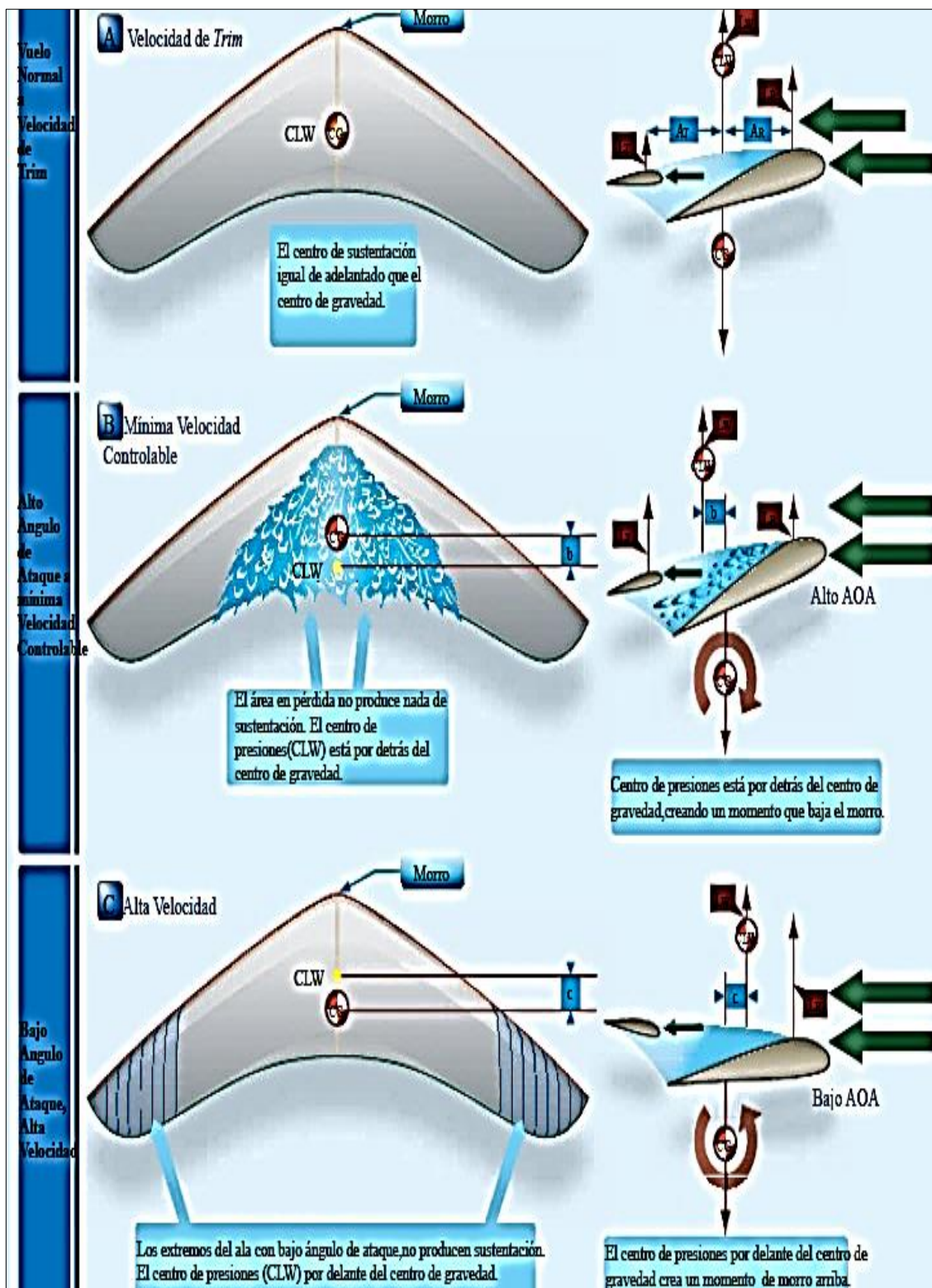


Figura 37 Momentos De Profundidad A Diferentes Velocidades.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Las características de entrada en pérdida son diferentes para cada modelo de ala, por lo que los gráficos mostrados aquí son solo un ejemplo.

2.16.3 Bajos Ángulos de Ataque

A muy bajos AOA, los puntas del ala están a casi cero grados o incluso negativo, y no producen ascendencia alguna, tal y como vemos en la Figura 37 C. En este punto, la raíz del ala está produciendo toda la sustentación. El CLW se desplazará hacia adelante una distancia “c,” creando un momento estabilizador positivo que elevará el morro.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.16.4 Presiones de Picada.

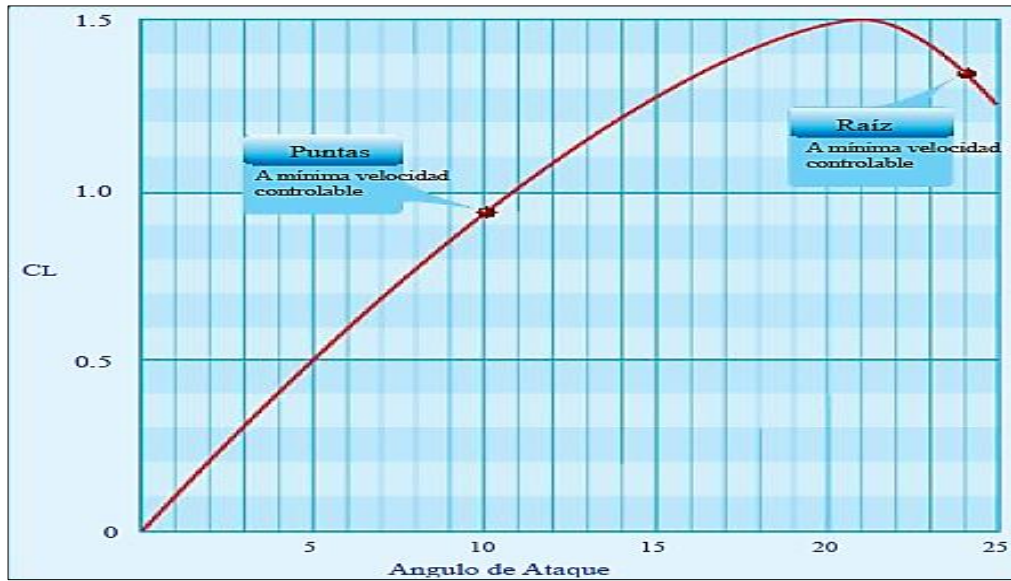
Cuando el piloto empuja la barra de control, este está aplicando una fuerza a una determinada distancia del punto de cuelgue.

El momento producido por esta fuerza provoca que el ángulo de ataque aumente por igual tanto en la raíz como en los extremos del ala. Sin embargo, tal y como vemos en los cuadros 4 y 5, mientras que el cambio de CL que se produce en la raíz es mucho menor. Por lo tanto, un incremento en el AOA del ala, da como resultado que una proporción mucho mayor de la sustentación se produzca en las puntas de ala y que el centro de presiones se desplace por detrás del CG, creando un momento que tiende a bajar el morro.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

Cuadro 3

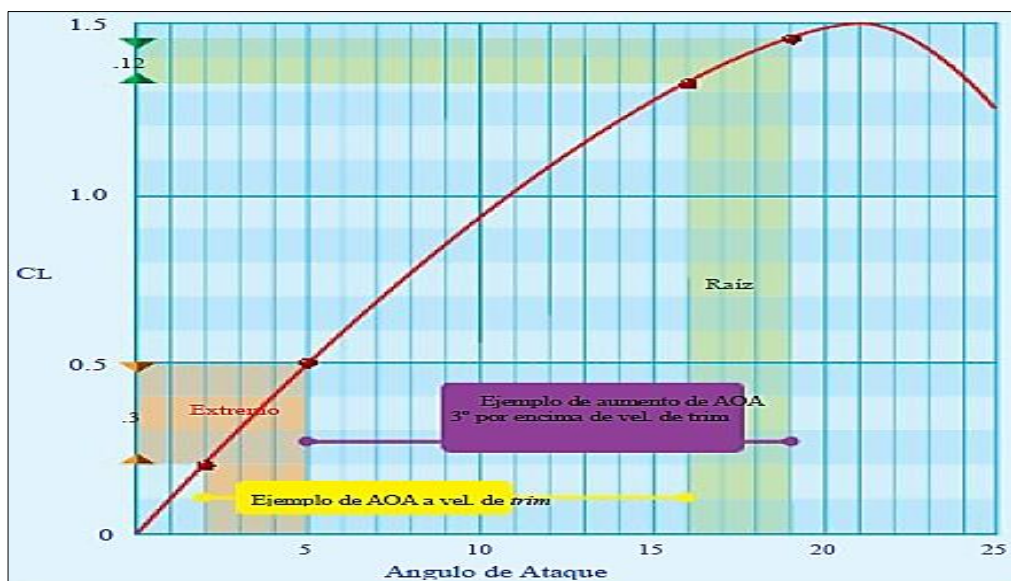
Ejemplo De Relación De AOA Frente A CL Para Mínima Velocidad Controlable.



Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Cuadro 4

Ejemplo De Relación De AOA Frente A CL En Incrementos De 3°, Donde Se Aprecia Que CL Se Incrementa Más En Las Puntas Que En La Raíz.



Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

De forma análoga, cuando disminuimos el AOA por debajo del trim, el CL disminuye más en las puntas que en la raíz, desplazándose el centro de presiones hacia adelante y creando un momento positivo que tiende a subir el morro.

En situaciones donde volamos en turbulencias fuertes, tales como cizalladuras, etc., o donde simplemente el piloto está excediendo las limitaciones de planeo de la aeronave, el Ala Delta puede llegar incluso a encontrarse en una situación donde la raíz del ala está en un ángulo de ataque negativo y no produciendo nada de sustentación. Esto puede provocar una situación de emergencia con una profunda picada, o Perdida Súbita y Vuelco. El Ala Delta está diseñada para que a muy bajo ángulo de ataque, (o incluso negativos), esta tenga estabilidad positiva, esto quiere decir, que tenga un momento positivo que tienda a levantar el morro. Esto se consigue mediante diversos sistemas: tubos anti-picados (struts y sprogs) y las líneas de reflex, que consiguen que en una situación de extrema picada y de nulo o negativo AOA, el borde de fuga se mantenga en una posición elevada. En la Figura 37 vemos que la zona central del ala posee reflex, el cual crea un momento positivo que tiende a elevar el morro hacia una actitud de vuelo normal. El reflex es una leve curva en el borde de fuga de un ala en dirección hacia arriba. Al mismo tiempo, los extremos están trabajando con AOA negativos, lo cual produce una sustentación también negativa que también ayuda a subir el morro. Vemos como los extremos de las alas, están de alguna manera funcionando tal y como lo hace la cola de un avión.

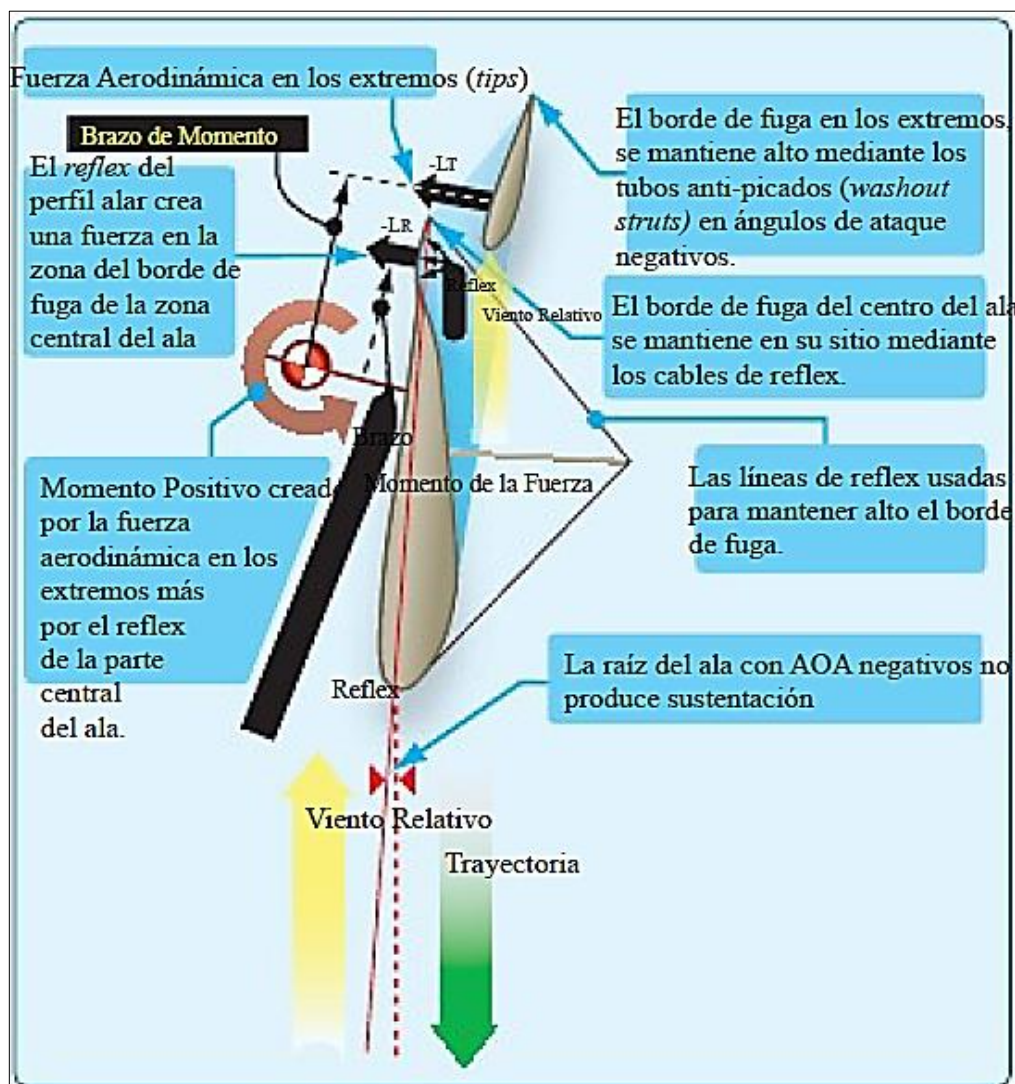


Figura 38 Recuperación De Picada Profunda En Un Ala Delta.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.16.5 Estabilidad en Alabeo y Momentos

Más diedro (o menos anhedro) da lugar a más estabilidad de alabeo. Más estabilidad de alabeo puede ser deseable para un ala de escuela o para un ala rápida para viajes y mucho vuelo recto, pero normalmente un piloto desea un equilibrio entre la estabilidad en alabeo y la posibilidad de realizar ágiles y rápidos giros. Por lo tanto, ha de buscarse un equilibrio jugando con el ángulo

anhedro y con otros importantes parámetros de diseño tales como el ángulo de morro, torsión del ala y el perfil a lo largo de toda su envergadura.

Una característica aerodinámica de las alas en flecha es su “diedro efectivo”, basado en el ángulo de flecha y el ángulo de ataque. La combinación del ángulo anhedro físico y del diedro efectivo debido a la flecha y a la flexión del borde de ataque, da lugar al buscado equilibrio entre estabilidad y facilidad de giro para cada diseño de ala.

El diseño del ala puede tener un diedro o anhedro real, pero incluso con anhedro real en la parte central del ala, las secciones exteriores del ala pueden tener diedro debido a la flexión de los bordes de ataque. Al cargarse más el ala, por incrementar el peso o por mayor factor de carga en un giro, los extremos flexarán más y aumentará su diedro, mejorando la estabilidad de alabeo. Véase en la figura 39.

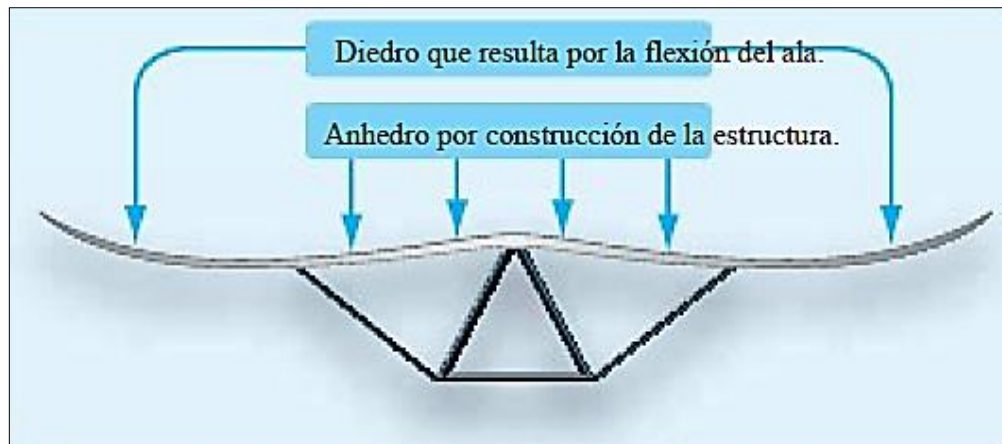


Figura 39 Vista Frontal Del Ala.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Podría pensarse que al hacer un giro, el ala permanece nivelada y el piloto es lo que se desplaza a un lado. Otra manera de analizar el giro es desde el punto de vista del piloto, analizando las fuerzas y momentos que hacemos sobre el ala. Por ejemplo, si el CG cuelga debajo de un ala que pesa $\frac{1}{8}$ del peso del Ala Delta y desplazamos la barra de control creando un momento con

respecto al punto de cuelgue, el piloto permanecerá vertical y el ala se inclina respecto a él. Por lo tanto, hay dos momentos de giro que contribuyen al giro del Ala Delta:

1. El piloto aplica una fuerza sobre la barra de control que varía el ángulo entre ala y el peso del piloto alrededor del punto de cuelgue.
2. Desplazar el peso a un lado del ala, lo que hace combar la vela de manera diferente en ambos semi-planos y produciendo así diferente sustentación en ambos, lo que hará que esta alabee. Véase en la figura 38.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

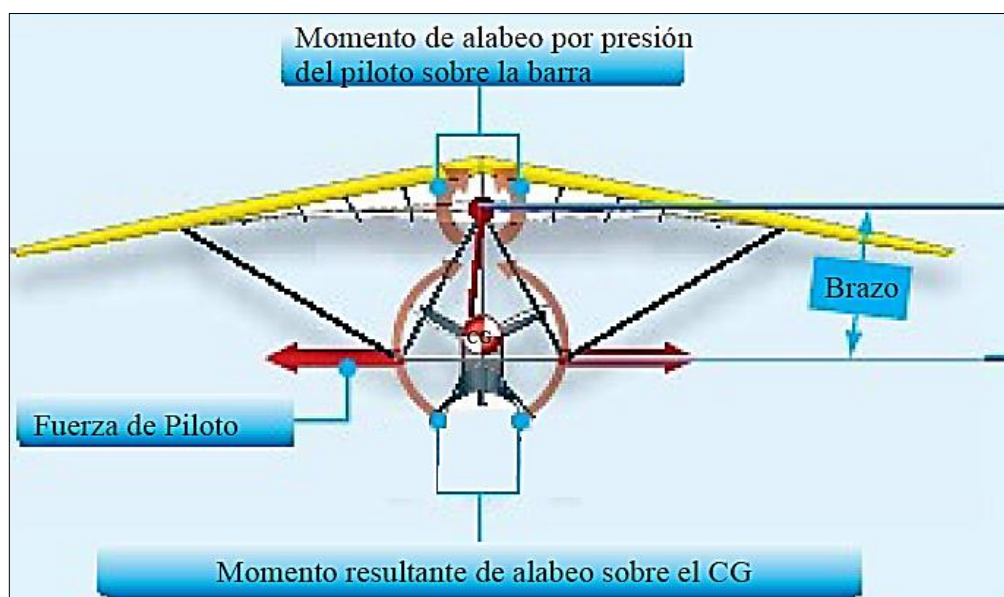


Figura 40 Momentos Inducidos Por El Piloto.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

2.16.6 Estabilidad y Momentos en Guiñada

En un Ala Delta no existe la posibilidad de provocar un giro de guiñada, porque está diseñado para volar directamente frente al viento relativo. Cualquier inicio de resbale o derrape es automáticamente neutralizado por el específico

diseño del ala delta, principalmente debido a su diseño en flecha, pero también por su torsión y forma del perfil, produciéndose una corrección sobre el eje vertical. Una sencilla manera de entender la estabilidad en guiñada es viendo como cualquier desviación del equilibrio sobre el eje vertical, produce un aumento de superficie frontal en el semiplano que se adelanta, lo cual aumenta su resistencia, tendiendo por lo tanto dicho semiplano a frenarse y volver a la posición de equilibrio.

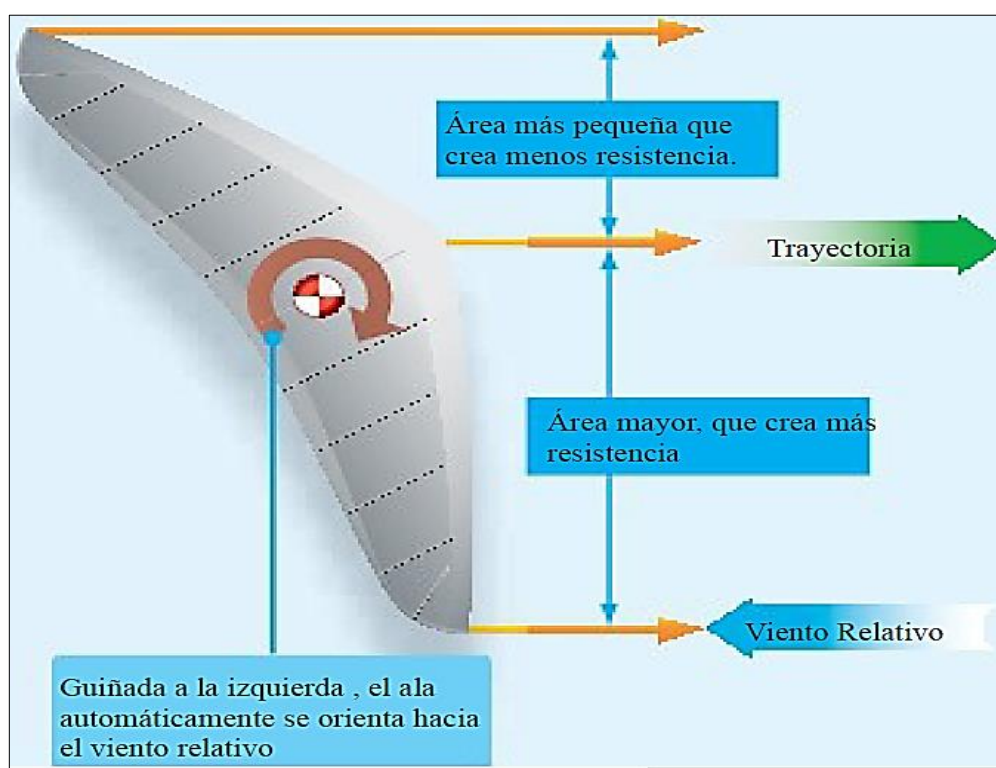


Figura 41 Corrección De Guiñada, Sobre El Eje Vertical.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Las alas de mayor rendimiento, poseen menor torsión y un mayor ángulo de morro, por lo que su estabilidad de guiñada es menor. Estas alas también requieren mayor atención al mando y habilidad para minimizar la inestabilidad, siendo necesario para ello jugar también con el control de profundidad. Algunas alas incluso necesitan utilizar pequeños estabilizadores verticales colocados en la quilla o en los extremos de ala, al igual que los utilizados en otro tipo de

aeronaves. Generalmente, un Ala Delta ha de ser estable en guiñada, aunque a veces necesite leves correcciones del piloto para minimizar pequeñas oscilaciones.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

2.17 ENTRADA EN PÉRDIDA

2.17.1 Excediendo el Ángulo de Ataque Crítico

Cuando el ángulo de ataque (AOA) alcanza valores muy altos en la raíz del ala, el flujo de aire empezará a levantarse del perfil, primeramente en la parte posterior del mismo. Si el AOA sigue aumentando, la zona donde el flujo está levantado progresa hacia el borde de ataque. El AOA crítico es el punto donde ya todo el perfil está en pérdida, y la producción de sustentación es nula en dicha sección, independientemente de la velocidad, la altitud o el peso.

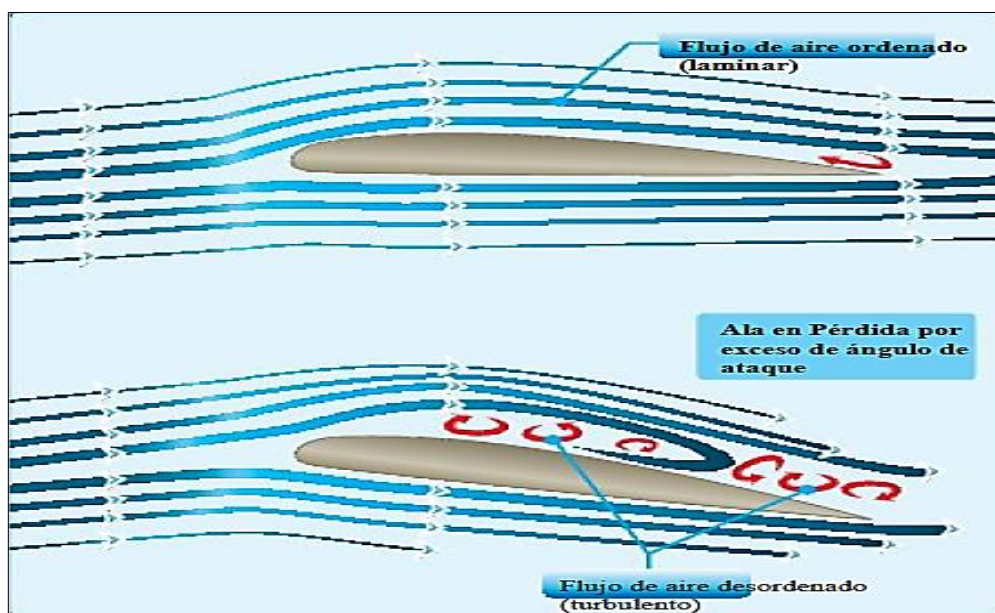


Figura 42 Progresión De La Pérdida En El Perfil Al Aumentar El Ángulo De Ataque.

Fuente: (Manual de Trikes FAA H 8083, 2014)

Como el AOA en la sección central es mucho mayor que en los extremos del ala, esta zona entra en pérdida antes. Es similar a como el canard delantero de un avión dotado del mismo entra primero en pérdida mientras que el ala principal (los extremos del Ala Delta) continua volando, cayendo el morro debido a la falta de sustentación.

En la mayoría de las situaciones normales, el proceso es el indicado, con el morro entrando en pérdida antes y las puntas continuando en vuelo y ayudando a automáticamente recuperar la pérdida. Un piloto puede incluso poner el Ala Delta en una actitud de gran ángulo de ataque y seguir empujando la barra, que el morro entrará en pérdida y bajará al perder sustentación, recuperando control y velocidad de vuelo.

Todo esto es así dentro de las limitaciones de vuelo normales establecidas para nuestro aparato. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cada modelo de Ala Delta tendrá unas características diferentes de entrada y recuperación de la pérdida. Por ejemplo, las alas de alto rendimiento tienen menor torsión para mejorar su rendimiento, por los que su entrada en pérdida será mucha más abrupta que en un ala de escuela con mucha mayor torsión.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.17.2 Pérdida Súbita –Abatimiento–Vuelco (Whip Stall-Tuck-Tumbling)

Un Ala Delta puede verse repentinamente volando a un ángulo de ataque muy por encima de las limitaciones normales de vuelo por culpa de extrema turbulencia. Si el ala llega a esa extrema situación en la que incluso los extremos del ala están en pérdida, se produce la llamada pérdida súbita o pérdida de latigazo (whip-stall).

Este momento de rotación provocará una violenta bajada de morro que según el grado de severidad de la pérdida súbita, podrá llevarnos a una situación de extrema falta de control.

A continuación se describe una pérdida súbita y las diferentes fases en las que puede desarrollarse, dependiendo de su severidad.

- **Fase 1.**-Una pérdida súbita de menor severidad da lugar a una fuerte caída de morro, pero con suficiente AOA positivo que posibilita la vuelta del mismo a la posición de vuelo nivelado.
- **Fase 2.**-Si el movimiento de rotación es suficientemente violento, podremos llegar a alcanzar un picado vertical, del cual las resultante aerodinámicas es posible que puedan sacarnos por la tendencia del morro a recuperar su posición normal.
- **Fase 3.**-El momento de rotación es suficientemente grande como para provocar que el morro supere la vertical, el morro ha abatido (tuck), pero incluso en dicha posición podría recuperar la posición vertical y eventualmente recuperar también una condición de vuelo normal.
- **Fase 4.**-El momento de rotación es tan severo que la rotación continua hasta llegar al vuelco, donde ya no es posible la recuperación y la rotura del ala es casi inevitable.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 30/09/2016).

2.17.3 Pesos, Cargas y Velocidad

De forma similar a cualquier otro tipo de aeronaves, un incremento de peso produce un incremento de velocidad y de la tasa de descenso. Sin embargo, el Ala Delta flexible, tiene una característica especial: al aumentar el peso el ala aumenta su torsión debido a que los bordes de ataque flexan más. Con menos sustentación en los extremos del ala, el morro tiende a subir en alguna medida y la velocidad de trim disminuye.

Por lo tanto, añadir peso puede incrementar las velocidades de vuelo, pero la velocidad neutra sin presión en la barra (velocidad de trim) será menor. A cada modelo de Ala Delta le afectará este fenómeno de manera diferente. Tal y

como se describe en el Manual de Conocimientos Aeronáuticos (Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge), la velocidad de pérdida se incrementa al aumentar el peso o carga. Normalmente cada Ala Delta dispone de diferentes puntos posibles de cuelgue del piloto al ala, para poder ajustar en tierra la velocidad de trim en función de nuestros gustos y los diferentes pesos.

http://airtrike.es/wp-content/uploads/2014/06/Manual-Trikes-FAA-H-8083-5_Capitulo-2.pdf : (citado el 02/10/2016)

2.18 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES

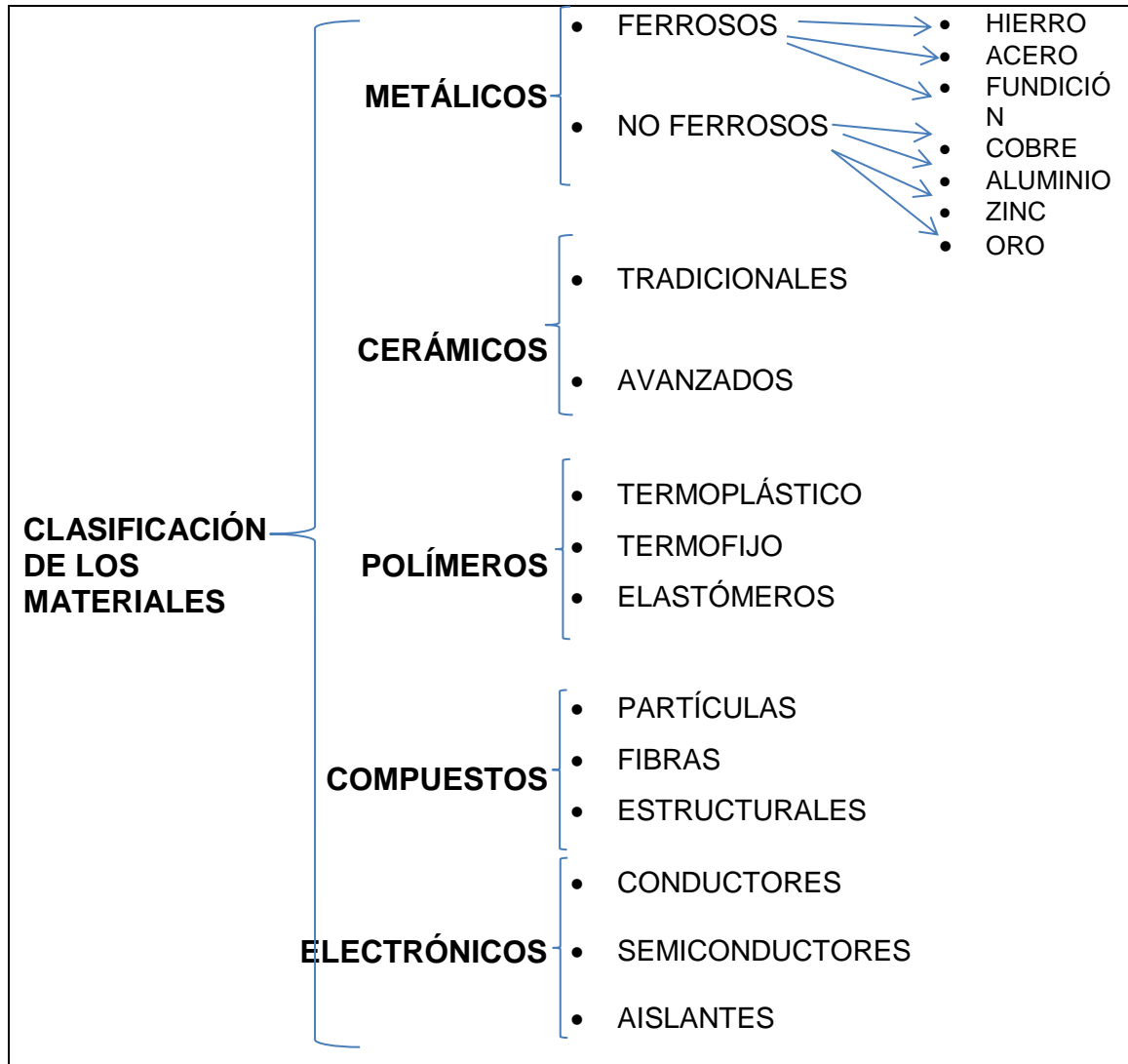


Figura 43 Clasificación de los Materiales.

Los materiales compuestos son aquellos que están formados por combinaciones de metales, cerámicos y polímeros. Las propiedades que se obtienen de estas combinaciones son superiores a la de los materiales que los forman por separado, lo que hace que su utilización cada vez sea más imponente sobre todo en aquellas piezas en las que se necesitan propiedades combinadas, en la que un material (polímero, metal o cerámico) por sí solo no

nos puede brindar. Las propiedades que se obtienen son un producto de la combinación de los refuerzos que se utilicen y de la matriz que soporta al refuerzo en los materiales compuestos.

En general, la desventaja más clara de los materiales compuestos es el precio. Las características de los materiales y de los procesos encarecen mucho el producto. Para ciertas aplicaciones las elevadas propiedades mecánicas, tales como la alta rigidez específica, la buena estabilidad dimensional, la tolerancia a altas temperaturas, la resistencia a la corrosión, la ligereza o una mayor resistencia a la fatiga que los materiales clásicos compensan el alto precio.

<http://www.monografias.com/trabajos61/materiales-compuestos-aluminio/materiales-compuestos-aluminio.shtml>: (citado el 10/01/2017).

2.18.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

A continuación se describen las propiedades físicas y mecánicas así como también las ventajas de los materiales utilizados en la construcción de un Ala Delta.

METALES

Aluminio Aeronáutico 6061-T6

Es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado "aleación 61S" fue desarrollada en 1935. Tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones más comunes de aluminio para uso general, especialmente estructuras de alta resistencia que requieran un buen comportamiento frente a la corrosión, camiones, barcos, aviones, vehículos ferroviarios, mobiliario y tuberías.

http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica: (citado el 10/01/2017).

Ventajas:

- Dúctil.
- Ligero.
- Alta resistencia (parecida a la del acero), especialmente a la tensión.
- Resistencia a la corrosión.
- Conductor.
- Óptima conformación con el frío.

Tabla 1.

Propiedades mecánicas del aluminio aeronáutico.

Tensión				
Aleación	Dureza (ksi)		Elongación % en 2 in.	
	Ultimo	Cadena	1/6" Espesor	1/2" Diámetro
6061-T6	45	40	12	17
Aleación	Dureza	Corte	Fatiga	
	Brinell	Dureza máxima de corte	Límite de fatiga	
	500 Kg de carga 10 mm cada esfera	(ksi)	(ksi)	
6061-T6	95	30	14	
Aleación	Módulo de Corte	Resistencia a la fluencia	Resistencia de carga última	
	Ksi	Ksi	ksi	
6061-T6	3770	56	88	
Aleación	Tenacidad	Módulo de elasticidad		
	Ksi-in ^{1/2}	(ksi X 10) ³		

Fuente: (www.academia.edu/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica, 2013)

Tabla 2.**Propiedades físicas del aluminio aeronáutico.**

Propiedad	Sistema Métrico	Sistema Ingles
Densidad	2.7 g/cm ³	0.0975 lb/in ³
Coeficiente de Poisson	0.33	0.33
Módulo de elasticidad	68.9 GPa	10000 Ksi
Punto de Fusión	582-652 °C	1080-1205 °f
Conductividad Térmica	167W/m*K	1160 btu*in/h*ft ² *°f

Fuente: (www.academia.edu/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica, 2013)

Acero inoxidable.

En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de acero (con un mínimo del 10 % al 12 % de cromo contenido en masa.) Otros metales que pueden contener por ejemplo son el molibdeno y el níquel.

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas.

Ventajas:

- Alta resistencia.
- Alta dureza.
- Excelente resistencia a la corrosión.
- Posee excelentes características de mecanizado.

[http://www.academia.edu/4984205/Propiedades de Materiales en Aeronautica](http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica): (citado el 10/01/2017).

Tabla 3.

Propiedades físicas del acero inoxidable.

Temp de interval °C	Coef. De expansión térmica ($\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$)	°C	Conductividad térmica ($\text{w. m}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}$)	Módulo de deformación térmica
0-100	10.8	20	14	197
0-200	11	100	16	193
0-300	11.3	200	18.5	186
0-400	11.6	300	20	180
0-500	12	400	22	175

Fuente: (www.academia.edu/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica, 2013)

Titanio.

El titanio es un elemento químico de símbolo Ti y número atómico 22 que se sitúa en el grupo 4 de la tabla periódica de los elementos. Es un metal de transición de color gris, baja densidad y gran dureza. Es muy resistente a la corrosión por agua del mar, agua regia y cloro.

Fue descubierto en Cornwall, Gran Bretaña, William Gregor en 1791 y Martin Heinrich Klaproth lo llamó así por los titanes de la mitología griega. Este elemento se produce en varios depósitos de minerales, principalmente de rutilo e ilmenita, que se distribuyen ampliamente en la corteza terrestre y la litosfera, además de ser parte de muchas formas de vida, Rocas, cuerpos de agua y suelos.³ La extracción de este metal a partir del mineral se realiza mediante el método de Kroll⁴ o por el método de Hunter. El compuesto más común es el dióxido de titanio, habitual en la fotocatalisis y se utiliza en la fabricación de pigmentos de color blanco.⁵ Otros compuestos habituales incluyen el tetracloruro de titanio (TiCl_4), un componente catalizador, y el tricloruro de titanio (TiCl_3), que se utiliza como catalizador en la producción de polipropileno.

El titanio puede formar aleaciones con el hierro, el aluminio, el vanadio y el molibdeno entre otros elementos, produciendo aleaciones ligeras y resistentes para aplicaciones aeroespaciales (motores de reacción, misiles y naves espaciales), aplicaciones militares, aplicaciones industriales (productos químicos y petroquímicos, plantas de desalinización), en la automoción, para prótesis médicas e implantes ortopédicos, instrumentos e implantes dentales, aparatos deportivos, joyería o teléfonos móviles entre otras aplicaciones.

Ventajas:

- Excelente en dureza.
- Baja densidad.
- Alta ductilidad.
- Baja conductividad eléctrica y térmica.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Titanio>: (citado el 10/01/2017)

Tabla 4.

Propiedades físicas del titanio.

Estado ordinario	Sólido
Densidad	4507 kg/m ³
Punto de fusión	1941 k (1668 °C)
Punto de ebullición	3560 k (3287 °C)
Entalpia de vaporización	421 KJ/mol
Entalpia de fusión	15,45 KJ/mol
Presión de vapor	0,49 Pa a 1933 K

Fuente: (es.wikipedia.org/wiki/Titanio#Caracter.C3.ADsticas, 2017)

NO METALES

Resina Epoxi.

La Resina Epóxi o poliepóxido es un polímero termoestable (la resina) que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor. Las resinas epóxi más frecuentes son producto de una reacción entre bisfenol-a y la epíclorohidrina, el bisfenol A se obtiene de fenol y acetona. Las resinas epoxi están constituidas comúnmente de dos componentes que se mezclan previamente antes de ser usados; al mezclarse reaccionan causando la solidificación de la resina, su curado se realiza a temperatura ambiente, durante ese curado o secado se forman enlaces cruzados lo que hace que su peso molecular sea elevado.

Ventajas:

- Humectación y adherencia óptima.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Buena resistencia mecánica.
- Resiste la humedad.
- Resiste el ataque de fluidos corrosivos.
- Resiste temperaturas elevadas.
- Excelente resistencia química.
- Poca contracción al curar.
- Excelentes propiedades adhesivas.

[http://www.academia.edu/4984205/Propiedades de Materiales en Aeronautica](http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica): (citado el 10/01/2017).

Tabla 5.

Propiedades físicas de la resina polyester y epoxy.

	Polyester	Epoxy
Tensile Strength, Ksi (MPa)	6-13 (40-90)	8-19 (55-130)
Tensile Modulus of Elasticity, Msi (GPa)	0.30-0.64(2.0-4.4)	0.41-0.61 (2.8-4.2)
Flexural yield strength, Ksi (MPa)	8.5-2.3 (60-160)	18.1 (125)
Impact Strength	0.2-0.4 (10.6-21.2)	0.1-1.0 (5.3-53)
Density (g/cm³)	1.10-1.46	1.2-1.3

Fuente: www.academia.edu/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica

Fibra de carbono.

Este polímero es obtenido a partir de otro polímero llamado poliacrilonitrilo, el cual consiste en hebras muy finas de carbono (tan delgadas como el cabello humano) que son trenzadas, las cuales se tuercen y se agrupan continuamente para la formación de un hilo de varias hebras, se coloca sobre un molde y encima se le vierte una resina o plástico para pegar estos hilos tejidos y darles forma a sus diversas aplicaciones.

Ventajas:

- Alta flexibilidad.
- Alta resistencia.
- Muy ligero.
- Tolerancia a altas temperaturas.
- Baja expansión térmica.

http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica: (citado el 10/01/2017).

Dacron

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termo-conformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con lo que se logra una mayor transparencia. La razón de su transparencia al enfriarse rápidamente consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere (scattering en inglés) con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

Ventajas:

- Actúa como barrera para los gases, como el CO₂, humedad y el O₂.
- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes.
- Liviano, permite que una botella pese 20 veces menos que su contenido.
- Impermeable.
- Levemente tóxico.
- Inerte (al contenido).
- Resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza.
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas: posee una gran indeformabilidad al calor.
- Totalmente reciclable.
- Superficie barnizable.
- Estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- No es biodegradable.

https://es.wikipedia.org/wiki/Tereftalato_de_polietileno: (citado el 10/01/2017).

Kevlar.

Se usa típicamente como refuerzo en tiras por sus buenas propiedades mecánicas, o para tejidos, sus fibras están tratadas superficialmente para favorecer la unión con la resina, compuesto de poliamidas con grupos aromáticos que generan interacciones de hidrogeno entre las amidas de baja densidad, alta resistencia y modulo elástico, se utiliza para reforzar plásticos de materiales compuestos para aplicaciones aeroespaciales, marina, automoción y otras aplicaciones industriales. También ofrecen alta resistencia térmica.

Ventajas:

- Alta resistencia química;
- Contracción termal baja;
- Alta dureza;
- Estabilidad dimensional excelente;
- Alta resistencia al corte.

http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica: (citado el 10/01/2017).

Nylon.

El nylon es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no precisa planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nylon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc.

Con este invento se revolucionó en 1938 el mercado de las medias, con la fabricación de las medias de nylon, pero pronto se hicieron muy difíciles de conseguir, porque al año siguiente los Estados Unidos entraron en la Segunda Guerra Mundial y el nylon fue necesario para hacer material de guerra, como cuerdas y paracaídas. Pero antes de las medias o de los paracaídas, el primer

producto de nailon fue el cepillo de dientes con cerdas de nylon. Las primeras partidas llegaron a Europa en 1945.

Ventajas:

- Dureza.
- Capacidad de amortiguación de golpes, ruido y vibraciones.
- Resistencia al desgaste y calor.
- Resistencia a la abrasión.
- Inercia química casi total.
- Antiadherente.
- Inflamable
- Excelente dieléctrico.
- Alta fuerza sensible.

<https://villalbaestano.wordpress.com/fibras-textiles-el-nylon/>: (citado el 12/01/2017).

Metacrilato.

Entre las propiedades del metacrilato encontramos:

- Transparencia de alrededor del 93%. El más transparente de los plásticos.
- Alta resistencia al impacto, de unas diez a veinte veces la del vidrio.
- Resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta. No hay un envejecimiento apreciable en diez años de exposición exterior.
- Excelente aislante térmico y acústico.
- Ligero en comparación con el vidrio (aproximadamente la mitad), con una densidad de unos 1190 kg/m³ es sólo un poco más denso que el agua.
- De dureza similar a la del aluminio: se raya fácilmente con cualquier objeto metálico, como un clip. El metacrilato se repara muy fácilmente con una pasta de pulir.

- De fácil combustión, no es autoextinguible (no se apaga al ser retirado del fuego). Sus gases tienen olor afrutado y crepita al arder. No produce ningún gas tóxico al arder por lo que se puede considerar un producto muy seguro para elementos próximos a las personas al igual que la madera.
- Gran facilidad de mecanización y moldeo.
- Se comercializa en planchas rectangulares de entre 2 y 120 mm de espesor. Existe con varios grados de resistencia (en unas doce calidades diferentes) y numerosos colores. Se protege su superficie con un film de polietileno para evitar que se raye al manipularlo.
- Se puede mecanizar en frío pero no doblar (serrado, esmerilado, acuchillado, pulido, etc.). Para doblarlo hay que aplicar calor local o calentar toda la pieza. Esto último es un proceso industrial complejo que requiere moldes y maquinaria especializada.
- El metacrilato presenta gran resistencia al ataque de muchos compuestos pero es atacado por otros, entre ellos: Acetato de etilo, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico, alcohol amílico, bencol, butanol, diclorometano, triclorometano (cloroformo), tolueno.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Polimetilmetacrilato>: (citado el 17/01/2017).

2.19 MANTENIMIENTO DE AERONAVES.

Concepto.

Inspección, revisión, reparación, conservación y cambio de partes; tendientes a conservar las condiciones de aeronavegabilidad de una aeronave y/o componente de ella.

2.20 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

En principio, se pueden distinguir dos tipos de mantenimiento: el No Programado y el Programado.

2.20.1 Mantenimiento No Programado.

Es el que se realiza ante cualquier avería surgida en un punto y momento determinado.

2.20.2 Mantenimiento Programado.

Tiene como finalidad mantener la aeronavegabilidad de los aviones y restaurar el nivel especificado de fiabilidad.

El mantenimiento programado se divide en tres categorías distintas que cubren inspecciones determinadas cuyos intervalos y tareas van siendo progresivamente más extensos. En primer lugar, se desarrolla un Mantenimiento en Línea dividido en tres apartados: Tránsito, Diaria y Revisión S.

2.20.2.1 Tránsito.

Es una inspección rápida que se realiza siempre antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida del avión para comprobar el estado general del mismo: daños estructurales, registros y paneles de acceso, servicio a la aeronave, etc.

2.20.2.2 Diario.

Es una revisión que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas, durante la que se comprueba el estado general del avión, pero disponiendo de tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.

<http://www.monografias.com/trabajos99/sobre-mantenimiento-aeronautico/sobre-mantenimiento-aeronautico2.shtml>: (citado el 26/01/2017)

2.20.2.3 Revisión S.

Incluye a la anterior, tiene lugar cada cien horas de vuelo. Durante la misma, se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad alrededor del avión, se desarrollan instrucciones específicas, se corrigen posibles anomalías y se realiza un servicio al avión, con comprobación de los niveles de fluidos necesarios para el vuelo.

2.20.3 Mantenimiento Menor.

Integrado por otras tres inspecciones que se denominan R, A, B y C.

2.20.3.1 Revisión R.

Se puede definir como un mantenimiento de rutina y consiste en una inspección de seguridad alrededor del avión, la revisión de algunos elementos específicos y la corrección de aquellos que lo necesiten.

2.20.3.2 Revisión A.

Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad.

2.20.3.3 Revisión B.

Desarrolla, de mayor intensidad que la anterior, comprueba la seguridad de sistemas, componentes y estructura, junto con el servicio del avión y la corrección de los elementos que así lo precisen.

2.20.3.4 Revisión C.

Se lleva a cabo una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

<http://www.monografias.com/trabajos99/sobre-mantenimiento-aeronautico/sobre-mantenimiento-aeronautico2.shtml>: (citado el 26/01/2017).

2.20.4 Mantenimiento Mayor.

Con el que se cubre completamente el denominado Programa de Inspección Estructural. Este programa define inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales.

2.20.5 La Gran Parada.

Con tal nombre se conoce a la revisión más completa que se puede realizar a un avión. En ella, se engloban trabajos como el decapado completo de la pintura exterior del aparato, el cambio de motores, trenes de aterrizaje y mandos de vuelo. Además, también se lleva a cabo el desmontaje, la inspección – reparación si es necesaria – y el posterior montaje de un importante número de elementos del avión, la pintura completa del mismo y, para acabar, diversas pruebas funcionales en las que se incluye un vuelo de pruebas.

En La gran parada se somete al avión a un proceso de desmontado completo que, en el caso de los Jumbo, es necesario realizar cada sesenta meses, aproximadamente. El objetivo es revisar meticulosamente todos y cada uno de los elementos o herramientas que conforman la estructura de un avión y cumplir con las exigencias requeridas para la confirmación del buen estado de todos los aparatos.

De este modo, cada vez que un avión despegue después de pasar esta revisión lo hace con cero horas de vuelo, es decir, como recién salido de fábrica.

<http://www.monografias.com/trabajos99/sobre-mantenimiento-aeronautico/sobre-mantenimiento-aeronautico2.shtml>: (citado el 26/01/2017).

2.21 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL. (EPP)

En la actualidad existen muchas carreras especializadas para mecánicos en el mantenimiento aeronáutico y como cualquier carrera técnica, cada parte de la carrera va asociada con actividades que pueden exponer al técnico a algún grado de riesgo físico si no cumple con determinados cuidados. Esta parte del capítulo intenta ayudar al técnico en el mantenimiento aeronáutico a identificar los diferentes equipos de protección personal y su funcionalidad.

Los EPP varían según las tareas a ejecutar.



Figura 44 Cascos de Protección.

Fuente: (<http://www.sumhiprot.com/>, 1999)

Los cascos protectores (bump caps) le protegen contra golpes accidentales en partes del avión. Un casco de seguridad (hard hat) le protege contra objetos que caen.

<http://mecanicadeaviones.blogspot.com/2010/10/seguridad-industrial-de-aviacion.html>: (citado el 26/01/2017).



Figura 45 Careta de Protección

Fuente: (<http://www.ferrovicmar.com/>, 2010)

Las gafas, careta o anteojos de seguridad le protegen la cara y los ojos, dependiendo de la tarea y los materiales con que trabaja.



Figura 46 Overoles, Guantes y Botas de Protección

Fuente: (http://es.123rf.com/photo_40357296_proteccion-guantes, 2005)

Los overoles, y los guantes y botas de hule, le protegen las manos y los pies contra sustancias químicas. Unos guantes resistentes le protegen las manos contra cortaduras y rasguños, mientras que las botas con punta de acero y suelas antideslizantes le protegen los dedos de los pies y disminuyen el peligro de caídas.



Figura 47 Tapones, Mascarillas y Gafas de Protección

Fuente: (<http://www.directindustry.es/>, 1998)

Use equipos de protección para los oídos (tapones, orejeras, etc.) para protegerse contra el ruido de los aviones. Asimismo, es posible que deba usar un equipo de respiración para controlar el polvo proveniente de operaciones de esmerilado o lijado.

<http://mecanicadeaviones.blogspot.com/2010/10/seguridad-industrial-de-aviacion.html>: (citado el 26/01/2017).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES

Este capítulo hace referencia al proceso que se siguió en la reparación mayor de un aerodeslizador o alas delta de una manera secuencial y describiendo cada uno de los pasos, denotando las propiedades de los materiales, las herramientas utilizadas, identificando las fallas y las averías del Ala delta.

REPARACIÓN MAYOR DE UN AERODESLIZADOR O ALAS DELTA PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

PROCEDIMIENTO.

Para que la reparación del planeador tenga éxito el técnico en mantenimiento deberá realizar el siguiente procedimiento en orden:

- Montaje del Ala Delta.
- Inspección del Ala Delta (pre-vuelo).
- Identificación de posibles fallas en la estructura y tela del ala.
- Ejecutar la reparación del Ala Delta.

3.2 MONTAJE DEL ALA DELTA

Se busca un lugar adecuado para montar el ala, como césped, cemento o pavimento. Es preferible realizar el montaje dentro de un hangar grande donde las ráfagas de viento no sean un problema. Si se monta en el exterior, se alinea el ala perpendicularmente con el viento.



Figura 48 Ala Posicionada Para Su Montaje.

Se gira la bolsa que contiene el ala hasta que la cremallera quede mirando hacia arriba. Véase en la figura 46.

Abra la cremallera. Cuando se monta el ala se permanece atento al acolchado que la protege, donde se encuentra y como se acopla a cada componente del ala. Véase en la figura 49, el almohadillado específico del triángulo el cual se encuentra entre los tubos inferiores y la barra de control. Si no se emplea todo el almohadillado cuando lo se desmonta y se realiza el transporte pueden aparecer desgastes y con ellos daños estéticos y estructurales en el ala. El POH especifica donde debe de colocarse el almohadillado durante el montaje y la descarga. Sin embargo, cuando se monta un ala es una buena idea realizar fotografías, dibujar esquemas o tomar notas sobre la localización de las almohadillas protectoras de tal manera que puedan volver a ser colocadas en su lugar durante el desmontaje.



Figura 49 Bolsa Abierta Enseñando El Almohadillado.

Se ensambla el triángulo sin unir los cables con el morro.



Figura 50 Ensamble Del Triángulo.

Se gira el ala hacia arriba dentro del triángulo.



Figura 51 Giro Del Ala Sobre El Triángulo.

Se coloca los cables frontales cerca del triángulo de tal manera que nadie pueda pisarlos, se retira y se gira hacia arriba la bolsa que los recubre.



Figura 52 Colocación De Cables Frontales En El Triángulo.

Se retira las tiras de sujeción del ala que mantienen los bordes de ataque juntos



Figura 53 Extracción De La Tira Que Mantiene Ambas Alas Juntas.

Se abre el ala ligeramente. Se retira las almohadillas de la quilla y el tubo principal. Se observa que las almohadillas protectoras continúan en las puntas de las alas protegiéndolas del suelo durante la mayor parte del procedimiento de montaje del ala.



Figura 54 Separación De Las Alas Para Levantar El Mástil.

Aun no se retira las almohadillas de las alas y las tiras de sujeción, se gira las almohadillas hacia la bolsa protectora de tal manera que no pueden ser arrancadas.



Figura 55 Almohadillas Y Tiras De Sujeción Del Ala Enrolladas.

Se observa que las almohadillas protectoras siguen aún en las puntas de las alas de tal manera que siguen protegiéndolas.



Figura 56 Alas Separadas Y Sables Listos A Introducir.

Insertamos los sables dentro de sus huecos, empezando por la raíz y hacia las puntas.



Figura 57 Inserción De Sables En El Hueco.

Un gran número de enganches de los sables son de doble tiro.

Muchas manufacturas utilizan cuerda o elástico y otros utilizan un sistema que se introduce él mismo dentro de la vela.



Figura 58 Fijación Del Doble Tiro Del Sable (Recuadro).

Se inserta los sables desde la raíz hacia las puntas sobre $\frac{3}{4}$ de la salida de cada lado. Se deja las puntas de los sables para luego. Estiramos las alas tanto como pueda.

Se comprueba los cables asegurándose de que estén rectos, no estén enganchados y se hallen despejados para dar tensión al ala. Se da tensión al ala tirando hacia atrás de la barra cruzada dando tensión al cable y tirando de la barra hacia atrás en dirección a su posición.



Figura 59 Ala Lista Para Darle Tensión.

Esto requerirá de un esfuerzo considerable para algunas alas. Se asegura el cable de tensión hacia la parte trasera de la quilla.



Figura 60 Fijación De Los Cables De Tensión.

Si la quilla no se extiende hacia afuera, entonces levantamos el soporte a la parte final de la quilla dejando las puntas suspendidas sobre el suelo.



Figura 61 El Ala Una Vez Ajustada La Tensión.

Se mueve hacia delante y se asegura los cables de vuelo del triángulo frontal al anclaje del morro del intradós.

Se Retira los protectores de la bolsa de las puntas y se inserta los sables de las puntas, se siguen moviéndolos desde la raíz hacia las puntas de cada lado. Insertamos el anti-picado en el borde de ataque. Cada manufactura tiene sus propios sistemas anti-picado y largueros de punta. Algunas alas carecen de anti-picados. Para obtener las especificaciones del ala lea el POH.



Figura 62 Cables De Vuelo Frontales Fijados Al Morro.

Se inserta la parte inferior del sable de superficie doble. Si se encuentra dentro de un hangar protegido del viento, se puede hacer con el morro hacia abajo instalando más fácilmente los sable inferiores. Si aún no se termina, se levanta la parte trasera de la quilla y se coloca el ala sobre su morro.



Figura 63 Instalación De Los Sables De La Punta Del Ala.



Figura 64 Instalación De Los Sables Del Intradós.

Pre-vuelo

Como en las aeronaves de motor, el Ala Delta también posee su propia y específica lista de chequeo rutinaria pre-vuelo, pero lo siguiente puede utilizarse como ejemplo y guía general:

3.3 INSPECCIÓN DEL ALA

Se empieza por el morro inspeccionando las placas del morro y la unión del borde de ataque con la quilla. Verificamos que las placas del morro no se hallen agrietadas y que los pernos están fijados de manera segura. Se comprueba las uniones superiores e inferiores de los cables.

Revisión del triángulo, los tubos descendentes y la barra de control en busca de abolladuras y asegurándose de que estén rectos. Se Comprueba la unión del triángulo con la quilla. Se inspecciona la barra de control hacia el soporte del tubo que baja y los pernos. Se revisa el estado de los cables de vuelos anteriores y posteriores, las uniones con la quilla y los soportes del codo de control inferior.



Figura 65 Inspección De Los Soportes Del Triángulo.

Inspección de la unión del cable de vuelo izquierdo con el soporte de la barra de control y el estado de la unión del cableado de vuelo con el ala. Se examina la unión del cable de vuelo con el borde de ataque y la barra cruzada así como también el soporte de esta barra cruzada y la junta del borde de ataque.



Figura 66 Inspección Del Anclaje Del Cable.

Revisión del estado de la barra cruzada y del borde de ataque desde el morro hasta la punta. Cualquier defecto o grieta en el tejido del borde de ataque debe de conllevar la comprobación detallada del tubo frontal.

Examinación del área de la punta, incluyendo su estado general y el anti-picado. Si es un ala de doble superficie, observamos dentro de la punta y se examina el interior del ala y sus componentes.

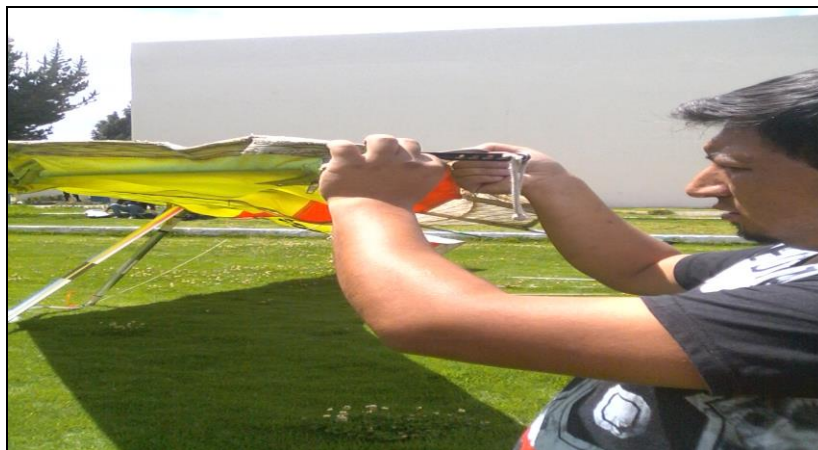


Figura 67 Inspección Del Interior De La Punta.

Desde la punta, se examina el estado de la superficie del tejido. Generalmente, si el tejido no ha sido expuesto a la luz del Sol durante largos períodos de tiempo y ha estado guardado adecuadamente, el tejido del ala debería mantenerse en buen estado.

Se recorre a lo largo el borde de salida del ala, inspeccionando el borde de salida y los anclajes de los cables de la punta con la parte trasera de la quilla.

Inspección del material de la vela. La parte alta y baja del ala.



Figura 68 Inspección Del Borde De Salida Del Ala.

Inspección de los soportes de tensión del ala donde los cables de tensión de la barra cruzada se fijan a la parte posterior de la quilla. Se repite esta misma secuencia en la parte derecha (Lado opuesto) del ala, en el orden inverso. Se revisa el estado de las fijaciones del ala con el arnés, incluido el cable de reserva.



Figura 69 Inspección Del Anclaje Del Ala Con El Triángulo.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FALLAS EN LA VELA Y LA ESTRUCTURA DEL ALA DELTA.

3.4.1 La Vela.- La vela, o tela, está construida con tejidos de materiales plásticos muy resistentes a los esfuerzos, erosiones mecánicas y al deterioro producido por el plegado y la incidencia de luz solar. Los diferentes paños de la vela están cosidos con hilo de Polyester.

3.4.1.1 Por el plegado de la Vela (intrados).- existen puntos críticos a lo largo de la tela de la vela, normalmente se encuentran de par en par este punto crítico de roce, es decir que en el constante armado y desarmado del Ala Delta, como se observa en el procedimiento anterior de montaje del ala, la vela del ala se dobla por la mitad para poder ingresar al capuchón, pero en este proceso la tela (dacron) sufre fuertes rozos con tubos de aluminio, acoples, fibras de carbono, alambres tensores, tubos de titanio (barra de mando). Estos rozos con el tiempo crean rupturas en la tela lo que puede ocasionar ligeras turbulencias o hasta producir en algunos casos el desprendimiento de la capa límite en el perfil alar y posteriormente la entrada en pérdida de la aeronave, como se aprecia en las siguientes figuras.



Figura 70 Agujero En El Intrados Del Ala.



Figura 71 Ruptura En El Intrados Del Ala.

3.4.1.2 Por la incidencia de luz solar en la vela (estrados).- comúnmente en este tipo de Alas Delta de alto rendimiento, se utiliza diferentes capas de telas y combinaciones de polímeros, hilos de nylon y fibra de vidrio. Adicional a esto para que esta combinación de polímeros pueda adoptar la forma de un perfil alar, tiene una ligera capa de resina poliéster por supuesto con su porcentaje de acelerador de cobalto y su catalizador.

En las siguientes figuras, se puede identificar en los estrados de la vela, el desprendimiento de algún nylon e hilos de fibra de vidrio, también aberturas considerables entre los bordados de la vela.



Figura 72 Nylon Roto En El Estrados Del Ala.



Figura 73 Abertura En El Capuchón Del Perfil Alar.



Figura 74 Deformación Del Perfil Alar.

3.4.2 Estructura del Ala.- El ala delta se compone de una estructura de tubos de aluminio recubiertos de una vela. Aunque la estructura es rígida, se diseña de forma que esta flexe y permita que la vela se deforme y se combe. Esto hace que el ala posea un simple pero eficaz control sin necesidad de poleas, varillas, bisagras, cables de control o superficies de control, como en otro tipo de aeronaves.

Un daño estructural es sinónimo de un daño grave. Esto es debido a que la estructura del ala cumple varias funciones: de sostener y formar la vela del ala, sostiene el arnés del piloto, sostiene y forma el triángulo y la barra de mando. El

más ligero hundimiento o deformación del tubo quiere decir que la aeronave no puede ser utilizada para volar.

El hundimiento o deformación del tubo de aluminio aeronáutico es producido por dos factores:

3.4.2.1 Factor externo.- nos referimos por factor externo a la causa o probabilidad de accidente o mala manipulación del equipo. Siendo este transportado en su estuche o aplastado por algún objeto de peso considerable.

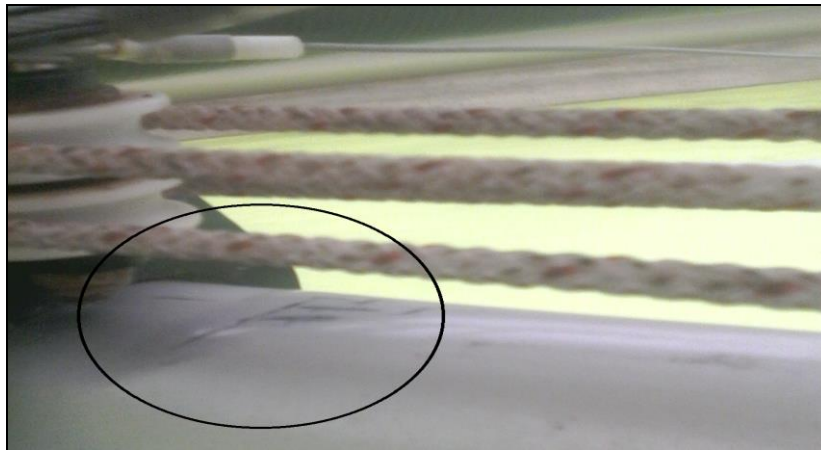


Figura 75 Hundimiento De La Quilla.

Descripción.

Este hundimiento fue causa de un factor externo, esta Ala Delta se encontraba parqueada en una bodega en Canoa – Manabí, el 16/04/016 Manabí y Esmeraldas fueron sacudidas por un terremoto de magnitud 7.8, la bodega no resistió el terremoto y una pared de más de 4 metros de alto impactó sobre el Ala Delta, dañando la Quilla del ala.

3.4.2.2 Capacidad de maniobrabilidad.- el piloto debe conocer muy bien la capacidad de maniobra del ala, en vuelo la estructura del ala sufre fuertes cargas de compresión, peso, gravedad, viento relativo, turbulencias, etc. Recordemos que en aviación más del 90% de los accidentes fatales es culpa del piloto.

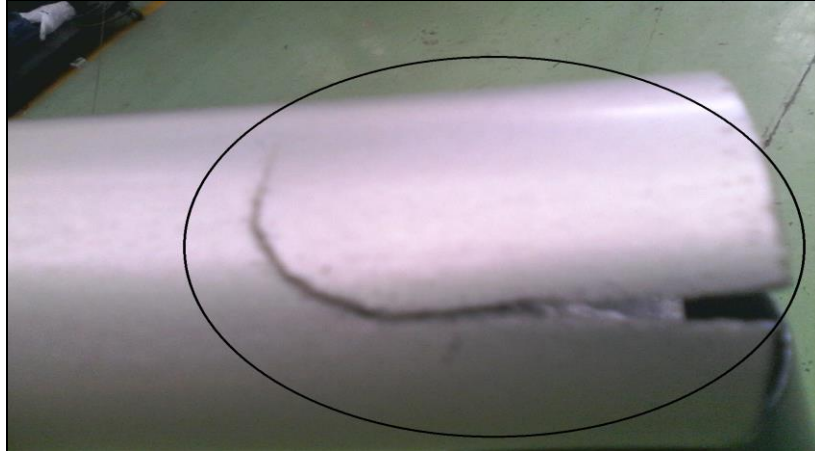


Figura 76 Ruptura Del Fin De Carrera De La Quilla.

Descripción.

Esta ruptura se encuentra ubicada en el fin de carrera de la Quilla, es producto de una mala maniobra de parte del piloto, al momento de decolar, el ala delta sufrió un fuerte viento ascendente por lo cual el ala fue empujada para atrás golpeando el tubo fuertemente contra el risco.

3.5 REPARACIÓN DEL ALA DELTA.

Una vez que realizamos el montaje, pre-vuelo e identificación de los daños en el Ala Delta, se procede a la reparación sistemática de nuestra aeronave.

3.5.1 Reparación de la estructura del Ala

Materiales a usar:

- Metacrilato tubular de 1 ½" de diámetro
- Abrazadera sin fin inoxidable de 1 ½" de diámetro

Véase en la figura 77.



Figura 77 Abrazadera Sin Fin Y Metacrilato Tubular.

Herramientas a usar:

- Destornillador estrella y plano
- Alicate
- Arco y hoja de sierra de metal
- Flexómetro

Véase en la figura 78.



Figura 78 Herramientas Manuales.

Procedimiento:

A continuación en las siguientes imágenes se describe el procedimiento realizado de reparación del Ala Delta.



Figura 79 Acople De Metacrilato A La Quilla Hundida.

Descripción.

Se ubicó el metacrilato tubular alrededor del hundimiento en la quilla, sobre este las abrazaderas sin fin de acero inoxidable de 1 ½ "de diámetro. A continuación ajustamos con un desarmador hasta que el metacrilato se tense perdiendo el hundimiento del tubo de aluminio aeronáutico.



Figura 80 Ajuste De Abrazadera Sin Fin.

Descripción.

El tubo se encontraba con una ruptura de más de 3 pulgadas de largo, este fin de carrera es importante porque ahí se acopla una extensión de la quilla para balancear correctamente el peso del Ala Delta.

Con la ayuda de dos destornilladores planos y el alicate se abre más la abertura para que vuelva el aluminio a su forma original, luego se colocó por encima de la ruptura una abrazadera sin fin de acero inoxidable de 1 ½” de diámetro y se ajustó con el destornillador hasta que la abertura se pierda. A continuación se comprobó el juego entre el fin de carrera y la extensión de la quilla.

3.5.2 Reparación de la Vela del Ala

Materiales a usar:

- Hilo de cerdas de nylon
- Polímero Dacron
- Resina poliéster
- Pegamento para PVC

Véase en la figura 81.



Figura 81 Material Necesario Para La Reparación De La Vela.

Herramientas a usar:

- Aguja de tres pulgadas
- Estilete
- Tijera
- Brocha

Véase en la figura 82.



Figura 82 Herramientas A Utilizar En La Reparación De La Vela.

Procedimiento de reparación:

A continuación en las siguientes imágenes se describe la reparación realizada en la vela del Ala Delta.



Figura 83 Cosido Del Capuchón Del Perfil Alar.

Descripción.

Este capuchón se encuentra ubicado justo donde el viento relativo incide más fuerte, debido a esto el capuchón que forma el perfil alar sede ante el desgaste. Con la ayuda de la aguja y el hilo nylon unimos los paños de la vela cruzando el punto de costura para que nuestra unión no se separe fácilmente.

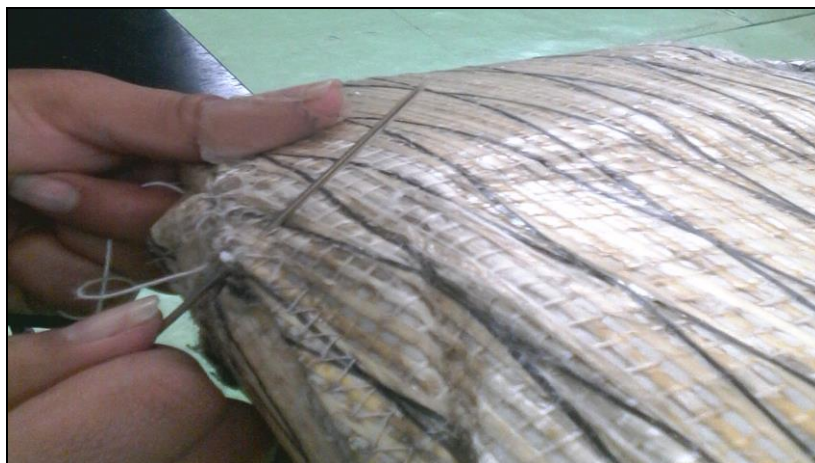


Figura 84 Cosido Overlock En El Estrados De La Vela.

Descripción.

Se observa un cosido en el borde de ataque del ala, en esta parte tratamos de que el cosido tome la apariencia de un cosido Overlock en X, creando un nudo a cada paso de la unión.



Figura 85 Parche Dacron En El Intrados De La Vela.

Descripción.

Anteriormente se cortó pedazo de Dacron lo unguimos en pegamento PVC, se limpió la superficie a parchar con thinner, y se aplicó con el mismo procedimiento en tres diferentes partes del estrados de la vela del Ala, recubrimos con resina el parche.



Figura 86 Configuración De La Resina Poliéster.

Descripción.

A nuestra resina de poliéster con cobalto le se le añade un porcentaje del peso total de la resina, luego removemos bien hasta que la resina tome la apariencia de agua cristalina, eso quiere decir que esta lista para aplicarse a la superficie del Ala.







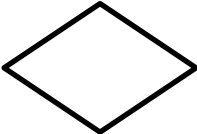

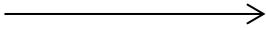
Figura 87 Aplicación De Resina En El Estrados De La Vela.

Descripción.

Se aplica la resina de poliéster con una brocha a lo largo de todo el estrados de nuestra vela, se vuelve a pasar otra mano en las partes donde los hilos de nylon se han comenzado a desprender producto de la incidencia de radiación solar poco a poco mientras se seca la resina observamos que la vela toma su forma de perfil alar.

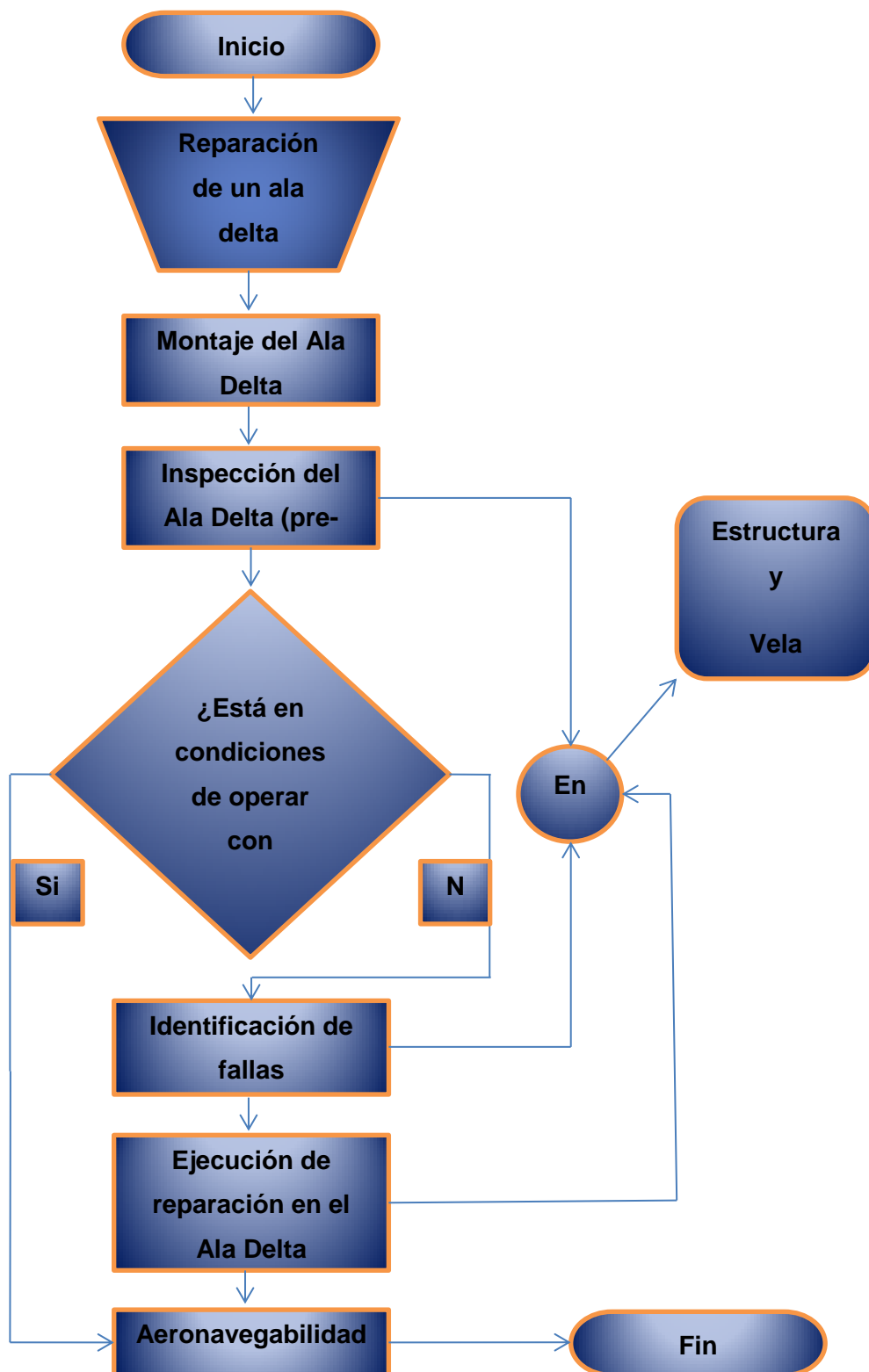
Tabla 6

Simbología Del Proceso.

N°	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		INICIO, FIN
2		OPERACIÓN MANUAL
3		PROCESO
4		PROCESO ALTERNATIVO
5		DECISIÓN
6		CONECTOR
7		LÍNES DE UNION

Fuente: Microsoft Word.

3.6 DIAGRAMA DE PROCESOS



CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 CONCLUSIONES

- Se realizó de una manera satisfactoria la reparación del Ala Delta, pese a que no existe ninguna referencia técnica real para este tipo de reparaciones, pero con la información bibliográfica se logró concretar este tipo de proyectos.

- La utilización de las herramientas convencionales fueron de gran ayuda en este tipo de trabajo, especialmente en la reparación del Ala Delta debido a la introducción de materiales compuestos para su correcto uso.

- Este tipo de reparación es de gran interés en cuanto al estudio de mantenimiento, técnicas de uso, aeronavegabilidad, queda en manos del personal profesional y estudiantil de la UGT-ESPE aprovechar estos conocimientos y porque no, indagar y aportar al tema ya tratado.

4.2 RECOMENDACIONES.

- Debido a que el Ala de nuestra aeronave se compone en más de un 90% de tela, esta es susceptible a rupturas y desgarramiento por mala manipulación y/o mal ensamblado, para evitar este tipo de daños es necesario utilizar los manuales de seguridad agregados en Anexos.
- Inferir en el cuidado y prevención de los puntos críticos del Ala Delta para preservar la aeronavegabilidad del planeador.
- Profundizar el estudio de este tipo de perfil aerodinámico, ya que se ha convertido en un deporte en nuestro país y en la actualidad existen varias escuelas de vuelo y algunos distribuidores de planeadores y repuestos, algunos de estos ubicados dentro y fuera del país, aportando con esto al desarrollo de la aeronáutica.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

TÉRMINOS:

A

Alerón.- Cada una de las piezas salientes y móviles situadas en la parte trasera de las alas de un avión, que sirven para cambiar la inclinación del aparato o facilitar otras maniobras.

C

Canard.- Es una configuración de aeronave de ala fija en la que el estabilizador horizontal está en una posición adelantada frente a las alas, en contraposición a un avión convencional donde está por detrás de estas.

Carenado.- En aviones, trenes, motocicletas y algunos tipos de automóviles de competición, se denomina carenado al revestimiento externo realizado con duraluminio, titanio, fibra de vidrio, fibra de carbono, plástico u otro material que se adapta al chasis con fines principalmente aerodinámicos.

D

Dacron.- Fibra sintética de poliéster que se utiliza principalmente en la industria textil para fabricar tejidos resistentes.

Dureza Brinell.- Escala de medición de la dureza de un material mediante el método de indentación.

G

Glider.- Planeador.

M

Morro.- En aeronáutica morro se refiere a la nariz de la aeronave.

Mylar.- Las hojas de mylar están hechas de film de poliéster de tereftalato de polietileno orientado biaxialmente que se usa por su alta resistencia a la tracción, estabilidad química y dimensional y transparencia.

N

Niko-press.- Mangas de cobre de forma ovalada utilizadas en la fabricación de empalmes de ojo o de regazo en cable flexible.

P

Principio de Bernoulli.- También denominado ecuación de Bernoulli o trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente.

R

Rogallo.- Término que infiere a la primera ala delta desarrollada en la era moderna.

S

Semi-plano.- Se utiliza en el ámbito de la geometría para denominar a las porciones de un plano que están delimitadas por cualquiera de sus rectas.

T

Torsión.- Es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico.

Tercera ley de Newton.- Establece que siempre que un objeto ejerce una fuerza sobre un segundo objeto, este ejerce una fuerza de igual magnitud y dirección pero en sentido opuesto sobre el primero.

ABREVIATURAS:**A**

AOA.- Ángulo de ataque.

C

CL.- Coeficiente de sustentación.

CO₂.- Dióxido de Carbono.

D

DHV.- Pruebas de seguridad en planeadores.

F

FAA.- Administración Federal de Aviación.

FAI.- Federación Aeronáutica Internacional.

O

O₂.- Oxígeno.

P

POH.- Pilot Operation Handbook

PVC.- Policloruro de Vinilo.

T

TiO₂.- Oxido de Titanio.

U

USHGMA.- Normas de aeronavegabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo I
- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo II
- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo III
- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo IV
- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo V
- Manual de trikes FAA-H 8083 capítulo VI

NETGRAFÍA:

- <http://www.moyes.com.au/>
- <http://www.albatros.es/>
- <http://www.yumping.com/ala-delta/cataluna>
- <http://www.acanomas.com/Reglamentos-Juegos-Deportivos/1178/Ala-Delta.htm>
- http://www.academia.edu/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica
- http://www.academia.edu/4984205/Propiedades_de_Materiales_en_Aeronautica
- <http://mecanicadeaviones.blogspot.com/2010/10/seguridad-industrial-de-aviacion.html>
- <http://www.ferrovicmar.com/>
- http://es.123rf.com/photo_40357296_proteccion-guantes
- <http://www.aeroclubcasilda.com/>
- <http://aviacion-mundial.blogspot.com/p/historia.html>
- <http://seguidorfurtivo47.blogspot.com>
- <http://www.servikios.com/lamuela/aladelta2.htm>
- <http://www.3djuegos.com/comunidad-foros>
- <http://www.librosmaravillosos.com>
- <https://sites.google.com/site/deportesderiesgoproyecto1bach/20-ala-delta>

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS


ANEXO A: Manual De Inspección

ANEXO B: Manual De Montaje


ANEXO C: Lista De Chequeo “ I’m Safe

ANEXO D: Manual De Propietario De Moyes Litespeed

ANEXO A
MANUAL DE INSPECCIÓN


	“INSPECCIÓN DE UN ALA DELTA MOYES LITESPEED”	1 de 2
		FECHA:
		Código : INS-SEG
	Elaborado por: Fernando Proaño	Aprobado por: TLG. Rolando Sarmiento

<p>1. OBJETIVO. Identificar correctamente posibles daños en la estructura y tela de Ala Delta.</p> <p>2. ALCANCE. Contempla al personal autorizado para manipular, ensamblar e inspeccionar el Ala Delta.</p> <p>3. PROCEDIMIENTO.</p> <ul style="list-style-type: none">• Revisión del triángulo, los tubos descendentes y la barra de control en busca de abolladuras y asegurándose de que estén rectos.• Se Comprueba la unión del triángulo con la quilla.• Se inspecciona la barra de control hacia el soporte del tubo que baja y los pernos.• Se revisa el estado de los cables de vuelos anteriores y posteriores, las uniones con la quilla y los soportes del codo de control inferior.• Inspección de la unión del cable de vuelo izquierdo con el soporte de la barra de control y el estado de la unión del cableado de vuelo con el ala.• Se examina la unión del cable de vuelo con el borde de ataque y la barra cruzada así como también el soporte de esta barra cruzada y la junta del borde de ataque.

	“INSPECCIÓN DE UN ALA DELTA MOYES LITESPEED”	2 de 2
		FECHA:
		Código : INS-SEG
	Elaborado por: Fernando Proaño	Aprobado por: TLG. Rolando Sarmiento
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del estado de la barra cruzada y del borde de ataque desde el morro hasta la punta. Cualquier defecto o grieta en el tejido del borde de ataque debe de conllevar la comprobación detallada del tubo frontal. • Examinación del área de la punta, incluyendo su estado general y el anti-picado. Si es un ala de doble superficie, observamos dentro de la punta y examinamos el interior del ala y sus componentes. • Desde la punta, se examina el estado de la superficie del tejido. • Se recorre a lo largo el borde de salida del ala, inspeccionando el borde de salida y los anclajes de los cables de la punta con la parte trasera de la quilla. • Inspección del material de la vela. La parte alta y baja del ala • Inspección de los soportes de tensión del ala donde los cables de tensión de la barra cruzada se fijan a la parte posterior de la quilla. Se repite esta misma secuencia en la parte derecha (Lado opuesto) del ala, en el orden inverso. • Se revisa el estado de las fijaciones del ala con el arnés, incluido el cable de reserva. 		

ANEXO B

MANUAL DE MONTAJE

	“MONTAJE DE UN ALA DELTA MOYES LITESPEED”	1 de 2
		FECHA:
		Código : MAN-SEG
	Elaborado por: Fernando Proaño	Aprobado por: TLG. Rolando Sarmiento

4. OBJETIVO.


Prevenir daños por mala manipulación en la estructura y tela de Ala Delta.

5. ALCANCE.

Contempla al personal autorizado para manipular y ensamblar el Ala Delta.

6. PROCEDIMIENTO.

- Busque un lugar amplio para montar el ala.
- Gire la bolsa que contiene el ala hasta que la cremallera quede mirando hacia arriba y abra la cremallera.
- Cuando monte el ala permanezca atento al acolchado que la protege, donde se encuentra y como se acopla a cada componente del ala.
- Ensamble el triángulo sin unir los cables con el morro.
- Rote el ala hacia arriba dentro del triángulo.
- Coloque los cables frontales cerca del triángulo de tal manera que nadie pueda pisarlos, quite y gire hacia arriba la bolsa que los recubre.
- Retire las tiras de sujeción del ala que mantienen los bordes de ataque juntos.
- Abra el ala ligeramente. Retire las almohadillas de la quilla y el tubo principal.

	“MONTAJE DE UN ALA DELTA MOYES LITESPEED”	2 de 2
		FECHA:
	Elaborado por: Fernando Proaño	Código : MAN-SEG
		Aprobado por: TLG. Rolando Sarmiento

- No retire aún las almohadillas de las alas y las tiras de sujeción, gire las almohadillas hacia la bolsa protectora de tal manera que no pueden ser arrancadas.
- Observe que las almohadillas protectoras siguen aún en las puntas de las alas de tal manera que siguen protegiéndolas.
- Inserte los sables dentro de sus huecos, empezando por la raíz y hacia las puntas.
- Inserte los sables desde la raíz hacia las puntas sobre $\frac{3}{4}$ de la salida de cada lado.
- Deje las puntas de los sables para luego.
- Estire las alas tanto como pueda.
- Compruebe los cables asegurándose de que estén rectos, no estén enganchados y se hallen despejados para dar tensión al ala.
- De tensión al ala tirando hacia atrás de la barra cruzada dando tensión al cable y tirando de la barra hacia atrás en dirección a su posición.
- Asegure el cable de tensión hacia la parte trasera de la quilla.
- Si la quilla no se extiende hacia afuera, entonces levante y soporte la parte final de la quilla dejando las puntas suspendidas sobre el suelo.
- Mueva hacia delante y asegure los cables de vuelo del triángulo frontal al anclaje del morro del intradós.
- Retire los protectores de la bolsa de las puntas e instale los sables de las puntas, continúe moviéndolos desde la raíz hacia las puntas de cada lado.
- Inserte el anti-picado en el borde de ataque.
- Inserte la parte inferior del sable de superficie doble.

ANEXO C

LISTA DE CHEQUEO “ I’M SAFE ”

Illness (enfermedad) ¿Tengo una enfermedad o algún síntoma de una enfermedad?

Medication ¿He estado tomando medicamentos recetados o de venta libre?

Stress ¿Estoy bajo presión psicológica en mi trabajo?
¿Preocupado por cuestiones financieras, problemas de salud o de familia?

Alcohol ¿He estado bebiendo en las últimas ocho horas? ¿En las últimas 24 horas?

Fatigue ¿Estoy cansado y no he descansado adecuadamente?

Eating (Alimentación) ¿Estoy adecuadamente alimentado?

ANEXO D

MANUAL DE PROPIETARIO DE MOYES LITESPEED



LITESPEED S
owners manual

INTRODUCTION

Thank you for choosing the Moyes Litespeed S. You have chosen wisely. The Litespeed S incorporates the latest high performance hang gliding design technology.

Since 1967, Moyes Delta Gliders has strived to be on the cutting edge of developing hang gliders of the highest calibre. A family owned business operating under homespun values, we aim to provide a comprehensive international network to service all pilots. Even further, we work with some of the best pilots in the world to ensure that our gliders are stringently made and tested in order to improve their performance, handling, and safety.

We wish you the very best flying
The Moyes Team



Moyes Delta Gliders Pty.Ltd.

1144 Botany Road, Botany NSW 2019 Australia T: +61 (0)2 9316-4644 F: +61 (0)2 9316-8488 E: moyes@moyes.com.au

WWW.MOYES.COM.AU

SPECIFICATIONS

Model Size	Litespeed S 3	Litespeed S 3.5	Litespeed S 4	Litespeed S 4.5	Litespeed S 5
Area	12.9 sq m 139 sq ft	13.6 sq m 146 sq ft	14 sq m 151 sq ft	14.4 sq m 155 sq ft	14.8 sq m 159 sq ft
Span	9.7 m 31.8.8 ft	10 m 32.8 ft	10 m 32.8 ft	10.4 m 34 ft	10.4 m 34 ft
Nose Angle	130 to 132 deg	130 to 132 deg	130 to 132 deg	130 to 132 deg	130 to 132 deg
Aspect Ratio	7.3	7.5	7.3	7.6	7.4
Glider Weight	32 kg 71 lb	33.6 kg 74 lb	33.6 kg 74 lb	34.5 kg 76 lb	34.5 kg 76 lb
Optimal Pilot Weight	55 kg 121 lbs	68 kg 150 lbs	75 kg 165 lb	85 kg 187 lb	90 kg 198 lb
Hook-In-Weight	60-80 kg 132-176 lb	68-109 kg 150-240 lb	68-109kg 150-240 lb	75-120kg 165-265 lb	75-120kg 165-265 lb
Packed-Length	4900 mm 16.1 ft	4950 mm 16.2 ft	4950 mm 16.2 ft	5150 mm 16.9 ft	5150mm 16.9 ft
Short-Packed Length	3800 mm 12.5 ft	4330 mm 14.2 ft	4330 mm 14.2 ft	4500mm 14.8 ft	4500mm 14.8 ft
C of G Front of Keel	1310 mm 51.6 inches	1343mm 52.9 inches	1353 mm 53.3 inches	1360mm 53.5 inches	1370mm 53.9'
Number of Battens:					
Mainsail	21	23	23	23	23
Undersurface	6	6	6	6	6
VNE	85kph 53mph	85kph 53mph	85kph 53mph	85kph 53mph	85kph 53mph
VA	74kph 46mph	74kph 46mph	74kph 46mph	74kph 46mph	74kph 46mph
Trim Speed	34kph 21mph	34kph 21mph	34kph 21mph	34kph 21mph	34kph 21mph
Stall Speed	26kph 16mph	26kph 16mph	26kph 16mph	26kph 16mph	26kph 16mph
Max Speed	124kph 77mph	124kph 77mph	124kph 77mph	124kph 77mph	124kph 77mph
Best Glide Speed	45kph 28mph	45kph 28mph	45kph 28mph	45kph 28mph	45kph 28mph
Best Glide Angle	15:1	15:1	15:1	15:1	15:1
Glide Angle 10:1	74kph 46mph	74kph 46mph	74kph 46mph	72kph 45mph	72kph 45mph

OPERATING LIMITATIONS

Your Moyes Litespeed S is a sophisticated state of the art high performance hang glider. If maintained correctly it will give you years of safe enjoyable soaring. However, it is important that you display a healthy respect for all aspects of aviation and that you especially understand the increased risks of flying in dangerous conditions or in a manner that exceeds the glider's operating limitations.

- Flight operation should be limited to non-aerobatic manoeuvres where the pitch angle doesn't exceed 30 degrees up and down to the horizon and bank angles don't exceed 60 degrees
- The Moyes Litespeed S has been designed for foot launched soaring flight and should not be flown by more than one person at a time
- It should not be flown backwards or inverted
- The recommended minimum pilot skill level is Advanced (Hang 4)
- The Moyes Litespeed S should not be flown with auxiliary power
- The Moyes Litespeed S should not be flown in excess of the placarded VNE or VA
- VNE (speed never to exceed): 53 mph / 84.8 kph
- VA (maximum rough air manoeuvring speed): 46 mph / 73.6 kph
- Stall speed with maximum pilot weight: Less than 25 mph / 40 kph
- Maximum speed with minimum pilot weight: Less than 55 mph / 80 kph

The Moyes Litespeed S will resist spinning and will recover quickly if control pressures are relaxed. Recovery from a stalled turn can be achieved without extreme height loss or without extreme attitude change if the angle of attack is reduced. Recovery from such an incipient spin will be achieved within half a turn if the angle of attack is lowered to a normal flying angle.

The Moyes Litespeed S has been tested and certified to the USHGMA and DHV standards. These standards require ultimate load tests at

- Maximum lift angle of attack at a speed of 65 mph / 104 kph
- Negative 30 degrees angle of attack at a speed of 46 mph / 73.6 kph
- Negative 150 degrees angle of attack at a speed of 32 mph / 51.2 kph
- Pitching moment tests at 20/32, 37/59 and 54/86 mph/kph respectively, to display the gliders inherent positive pitch stability through a broad range of angles of attack

The Moyes Litespeed S is capable of easily flying at speeds greater than the VA and VNE. We recommend you use an accurate airspeed indicator and familiarise yourself with control bar positions at these speeds and normal flying speeds.

PRE-FLIGHT CHECK

As with most high performance hang gliders, much of the hardware and structure is well enclosed to give a streamlined finish to the wing. This means that you must look inside the sail to check many of the important structural components. You should develop a consistent routine that incorporates all the necessary checks. If you are distracted during the routine, you should start again to ensure nothing has been missed.

1. As you should have already attached your harness to the glider, check that it is set up correctly. Ensure that your parachute is well maintained and stowed appropriately and that the bridle runs cleanly to the carabineer which is attached vertically to the hang loops. If your harness height from base bar needs adjustment, it is best to acquire the correct length loop from your Moyes dealer.
2. Move up to the suspension system and verify that the dingle-dangle is rotated perpendicular to the keel and is free from the nose batten pocket. Check the hang loop and backup.
3. Open the under surface zip and inspect the cross-bar retainer wire. Pull the VG on and off a few times to check that the crossbars are moving freely and the VG system is operating smoothly and is tied firmly to the clip. Inspect the interior of each wing, looking at the back side of the leading edges, the crossbar, and the crossbar junctions. Check that the cross bar centring wire is free. This wire is partly loose in VG full off and should become tight when VG is 3/4 on.

! IMPORTANT

Check that all internal Velcro's are attached and are of equal length. If one side is disconnected or too loose, it may cause a significant turn.

5. Check the apex of the control frame ensuring all nuts are secure and thread is showing beyond the nut on the bolt end.
6. Sight along keel and move to the nose section, checking all nuts and bolts. Test nose catch and ensure keel batten is located correctly. Re-attach nose fairing.
7. Sight along each leading edge to confirm a similar amount of leading edge deflection (curve). Uneven curves will indicate a bent or damaged leading edge. While sighting down the leading edges check each wing for dive stick symmetry, i.e. equal twist for left and right wing.

! NOTE

It is easiest to inspect for tube damage when wings are slightly opened with no battens in the sail. The entire length of the leading edge tubes can be easily seen at this stage of the set up procedure through the under surface zippers and centre zip. It is recommended to check for dents or bends at this stage of set up before each flight.

8. Move out along the wing looking and feeling for any damage. Open the zip where the side wires enter the sail and check that bottom wires are not kinked, twisted or damaged. Check the cross-bar/leading edge junction bolts and nuts and check that the ball joint is not bent. Close zip on inspection port.
9. Open the long cord-wise zippers at sprog location and check both the front and rear of each dive strut. Check that the wires are not kinked or twisted and check that the ball joint thread is not bent. Close zip.
10. Continue out to wing tip and make sure the tip levers are properly installed and that the zipper is closed.
11. Check all battens as you move along the trailing edge and be sure that the spring tips are secure inside of the trailing edge pocket.
12. At the keel, check the top VG rope and the cross-bar restraining wire. Check that rear wires are properly secured by the Bailey Block bolt.
13. Moving across to the other wing, repeat the process as you work your way back to the nose of the glider. Carefully check the front bottom wires and nose catch before inspecting the base of the control bar. Check bottom side wires for frayed strands between thimble and inner nico, and just outboard of the outer nico.
14. Ensure that the control frame assembly bolt passes through the base bar and the corner knuckle.
15. Check the rigging, nuts, and bolts are in good order and that the VG rope is threaded through the jam cleat and is secure.
16. Re-check harness, hang loops, and carabineer.
17. When finally preparing to fly, do a proper hang check ensuring that legs are through leg loops, that harness zippers work, and that all buckles or clips etc. are closed and working. Look again at your hangloops and carabineer(s).

MAINTENANCE SCHEDULE

Every 10 Hours

1. Check all battens against airfoil template.
2. Sight through the sail zippers to inspect for any tube dents or bends.

Every 50 Hours (or Six Monthly)

1. Inspect the sail. Check the stress areas and apply sail repair tape where necessary. Special attention should be directed to the wire slots.
2. Inspect all cross-barwires, fittings and hardware.
3. Check all bars/tubing for damage or possible wear caused by set-up, fold-up or transportation.
4. Inspect all rigging for frays and other signs of damage or deterioration and replace if necessary.
5. Inspect the carbon spar at the centre section junction by removing the bolts and stainless steel caps and check that the titanium bushings are still affixed to the spar.
6. Replace lower side wires every 50 hours or 6 months

Every 100 Hours (or Annually)

This inspection is best carried out by your local Moyes dealer or the Moyes factory. The sail must be removed allowing for all components to be exposed and thoroughly examined.

Check the sail for any wear or abrasions. Small holes in low stress areas such as the under surface can be repaired with sail repair tape. Damage in higher stress areas such as the trailing edge or centre seam need to be fixed by a professional sail maker. It is always best to consult your local dealer or consult Moyes directly about repair of sail damage.

Thoroughly inspect all tubing for dents, bends and corrosion and replace when necessary. All bolts should be examined closely for wear and bends. Remove all cross bar junction bolts and A-frame top bolt and closely examine for bends and corrosion. If there is any damage, replace.

Sight through the inside of each carbon cross bar as damage may show only on the inside. You may need a torch to assist in this inspection. Run your hands around the outside of each spar across the length to feel for any cracks. Damage to the carbon spar usually shows up as a long significant longitudinal crack which can be seen on close inspection and can be easily felt by hand. Carefully examine the titanium centre bushings and stainless steel pins for deformation or damage. You will need to remove the centre bolts and pins to properly complete this inspection.

SAIL REMOVAL

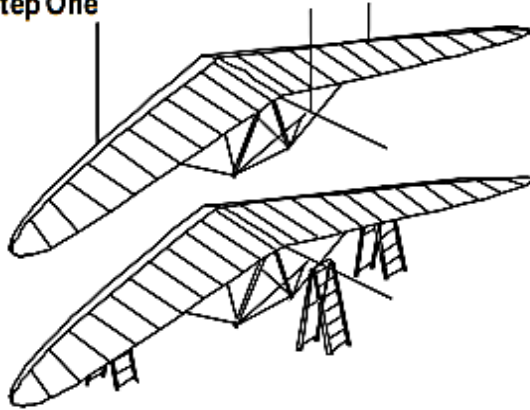
We strongly suggest that you do not attempt this if you are not familiar with this glider. We recommend that you take the glider to your nearest Moyes dealer for such procedure.

1. Lay the glider flat on the ground and unzip the glider bag, roll glider so that it is top-side up, remove all the ties, and spread the wings a few feet.
2. Remove sail attachment screws from the nose of the glider and rear of keel pocket.
3. Undo central zipper entirely and remove plastic cable tie at nose of sail.
4. Disconnect bottom side wires from bottom of down tubes by removing the hinge pin. Be sure not to lose any of the hardware as the pin is removed.
5. Disconnect the rear wires from the keel by undoing the Bailey block bolt.
6. Open the tip zippers and disconnect sail attachment straps from the clevis pins at the end of each leading edge tip.
7. Carefully slide frame forward and out of sail.

To re-assemble the glider reverse the order in which it was disassembled.

CHECKING THE LITESPEED S STABILITY SYSTEM

Step One



Option One

Hang the glider from three points to simulate its flying position.

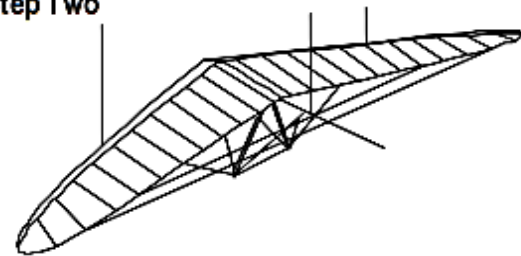
The three positions are;

1. the keel behind the rearwires,
2. the left side wing where the bottom side wire exits the sail, and
3. the right side wing where the bottom side wire exits the sail

Option Two

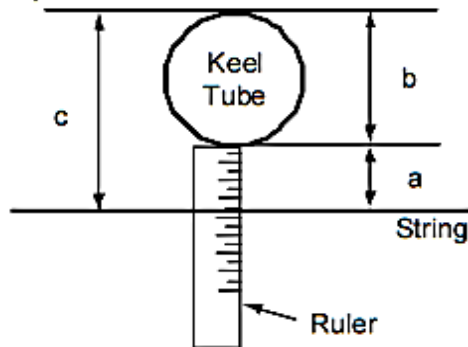
An alternative to hanging the glider is to raise the glider by using three support structures, such as ladders.

Step Two



With the VG system fully applied, tie a piece of thin thread between the two sets of batten ends (number 8 and 10 battens), ensuring the string is taut.

Step Three



Obtain the correct measurement for your glider from one of the tables below. The measurement is the distance between the string and the top of the keel.

NOTE: If the string is fouled by the keel, it may be necessary to remove the rear keel section and tape a straight edge to the top of the keel.

a = Distance between bottom of keel and string

b = Outer diameter of keel (42mm)

c = a + b (obtain the correct distance from the tables on the next page)

! IMPORTANT

All measures are taken from the top of the keel, if string line falls below the keel, measure from bottom of keel and add the diameter of the keel (42mm).

PURCHASE RECORD

Glider Model and Size	Litespeed S – 3 3.5 4 4.5 5
Manufactured Date & Serial Number	Date: _____ No: _____
Mainsail / Colours	Main : Px / 205 Sq Colours :
Options:	Zoom Carbon Inserts Back sections Dive sticks Battens
Dealer Name & Address	_____ _____

THE MEASURED STABILITY SETTINGS AT THE TIME OF MANUFACTURE OF YOUR GLIDER ARE INDICATED ON THE CHART BELOW. THE STABILITY SETTING LISTED RELATES ONLY TO THE SERIAL NUMBER OF THE GLIDER LISTED ABOVE.

LITESPEED S – STANDARD A-FRAME

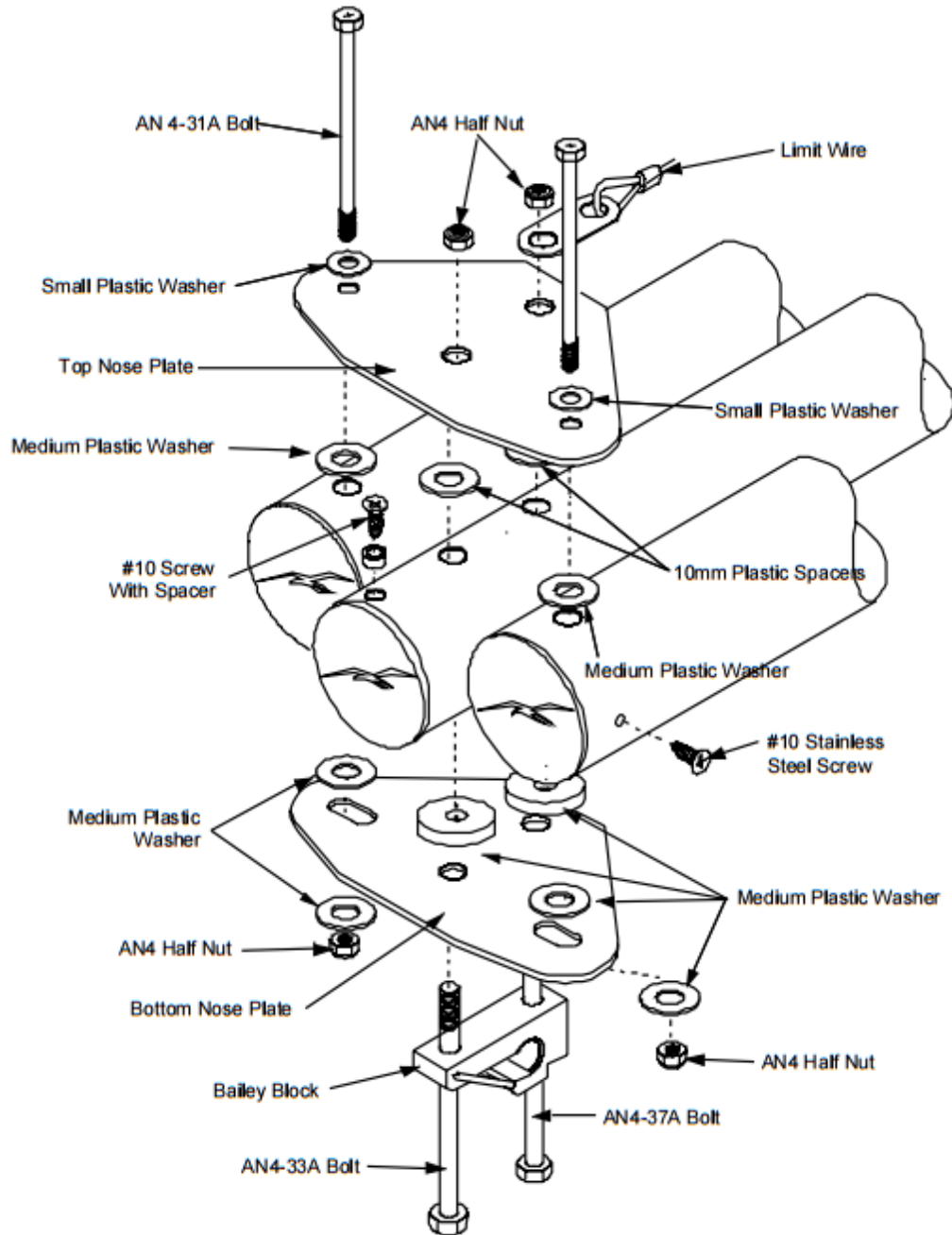
Model	VG Setting	Batten Numbers		
		8	9	10
Litespeed S3	Tight			
Litespeed S3.5	Tight			
Litespeed S4	Tight			
Litespeed S4.5	Tight			
Litespeed S5	Tight			

LITESPEED S – ZOOM A-FRAME

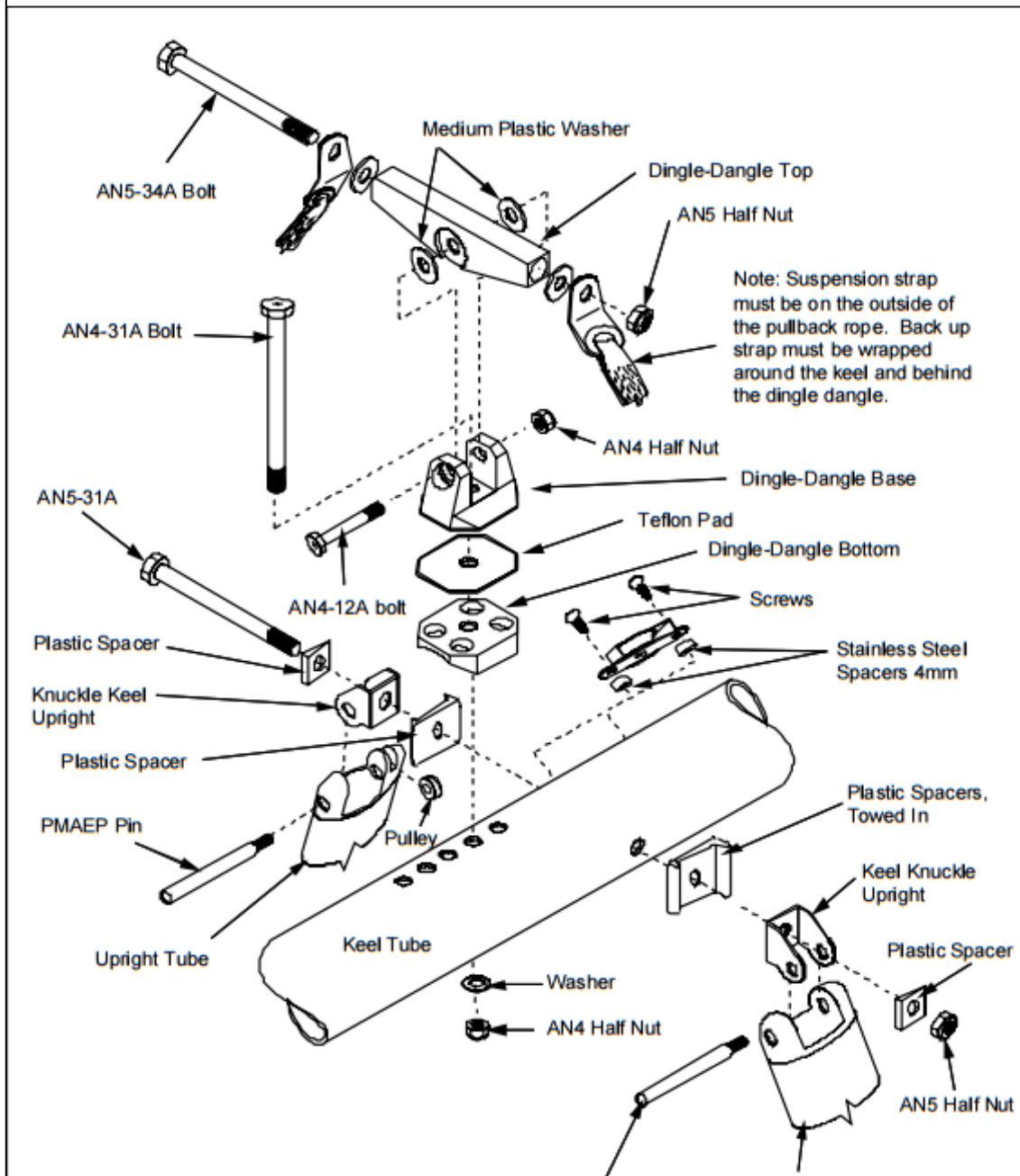
Model	VG Setting	Batten Numbers		
		8	9	10
Litespeed S3	Tight			
Litespeed S3.5	Tight			
Litespeed S4	Tight			
Litespeed S4.5	Tight			
Litespeed S5	Tight			

! WARNING

The correct stability setting is of the utmost importance to the pitch stability and safe flying characteristics of our glider. The stability settings have been set by the factory and should not be adjusted.

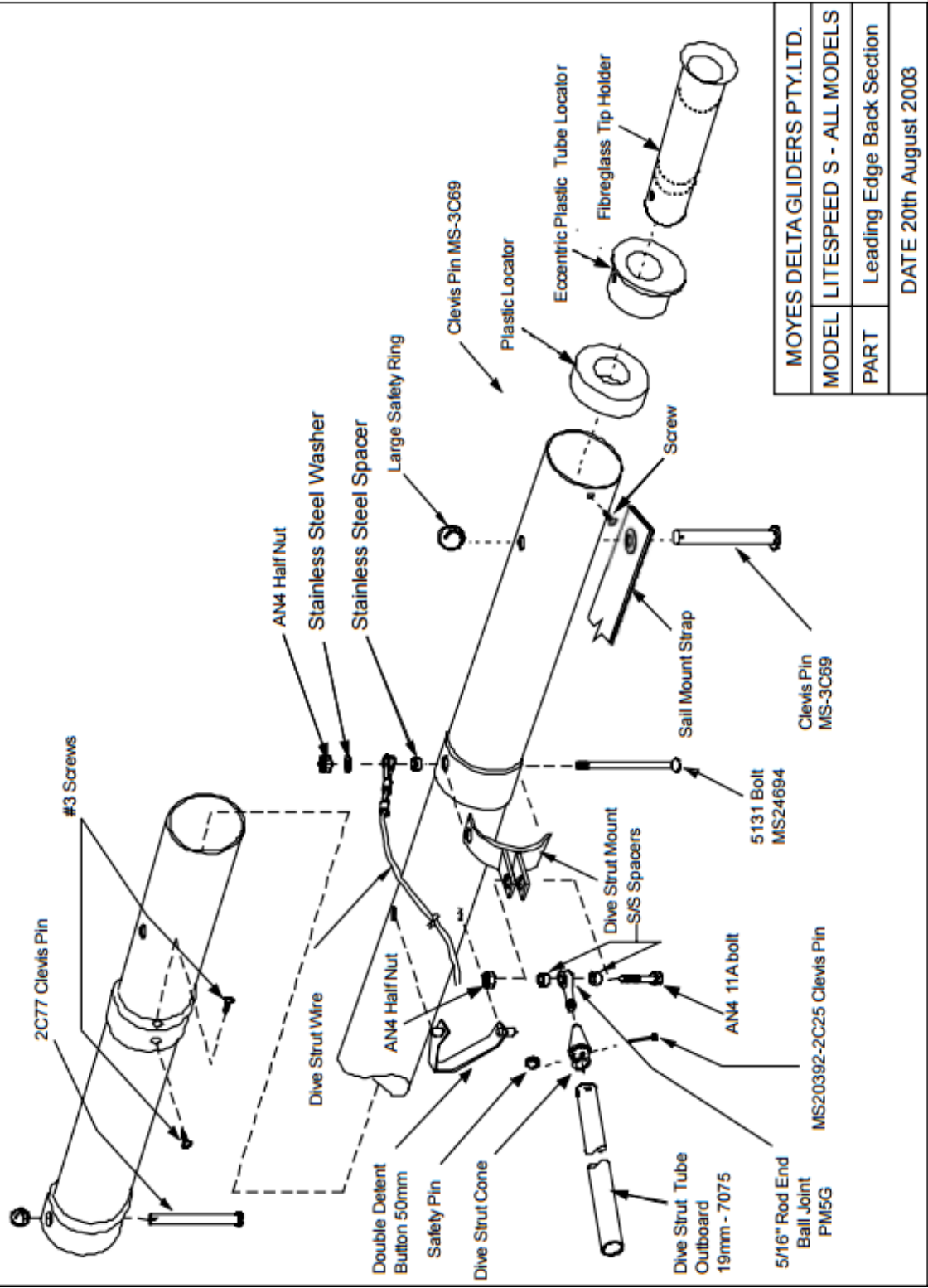


MOYES DELTA GLIDERS PTY.LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Nose Plate assembly
DATE 20th August 2003	

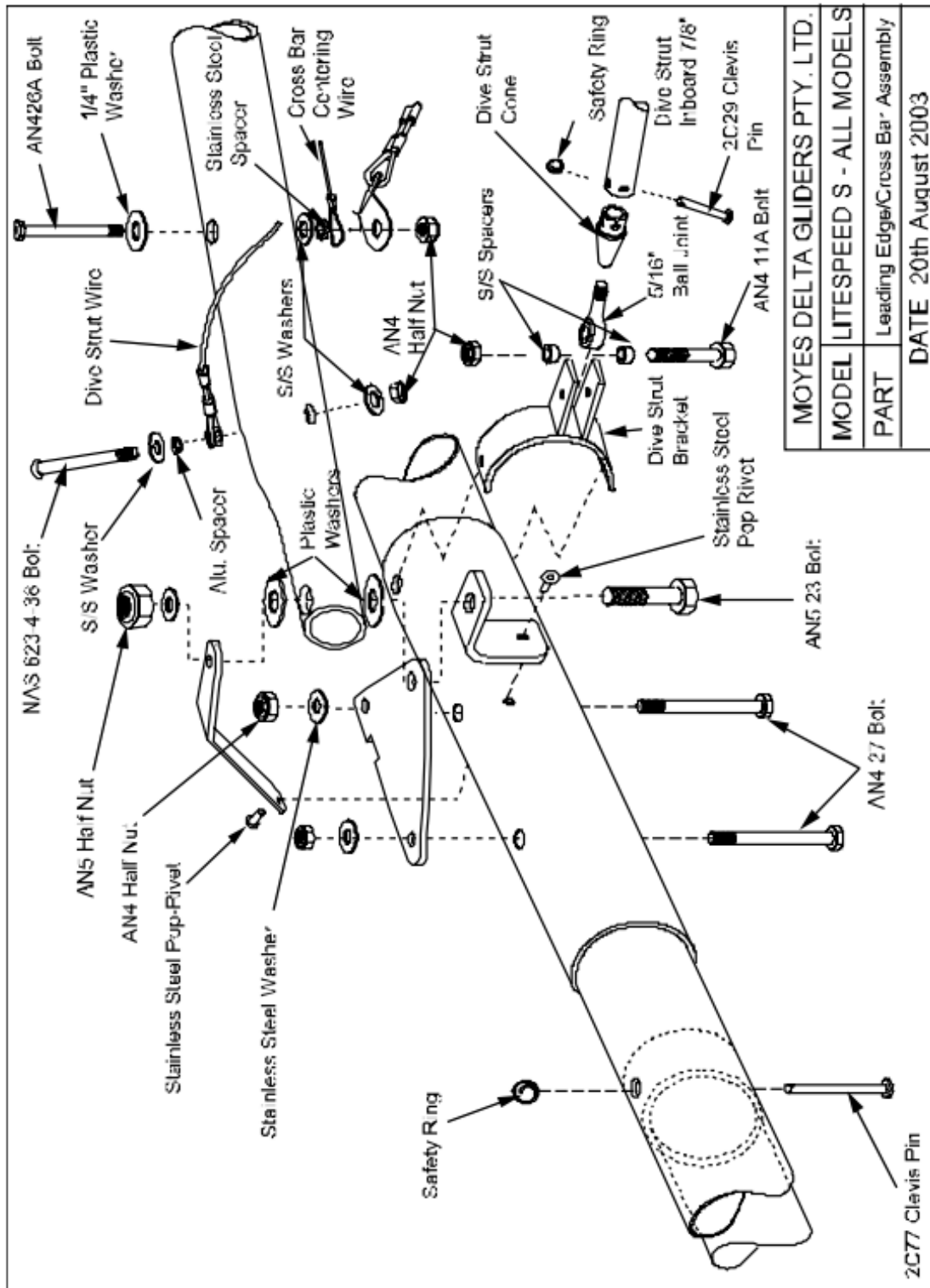


MOYES DELTA GLIDERS PTY.LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Control Bar - Keel Assembly
DATE 20th August 2003	

PMAEP Pin Upright Tube

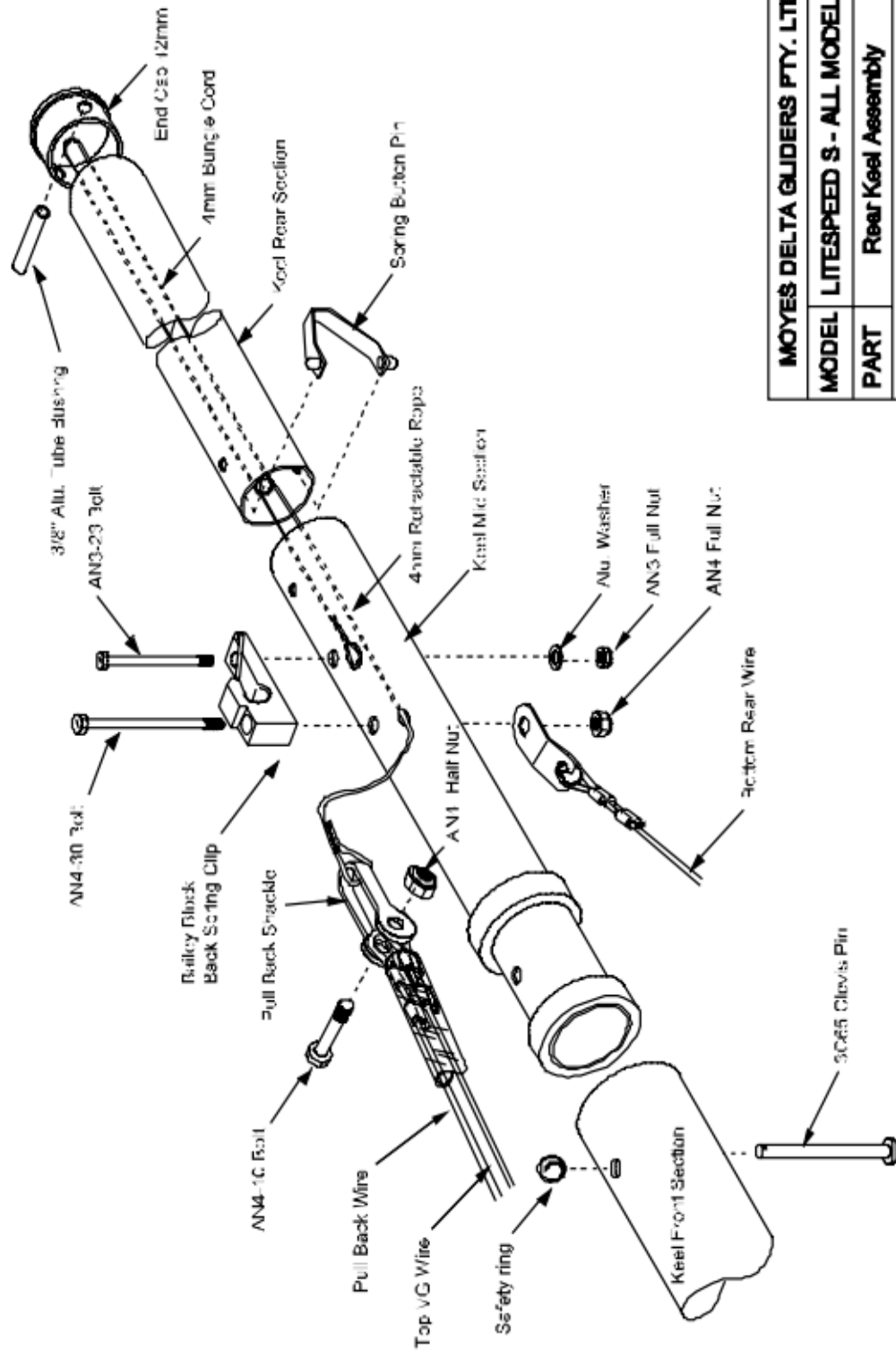


MOYES DELTA GLIDERS PTY.LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Leading Edge Back Section
DATE 20th August 2003	

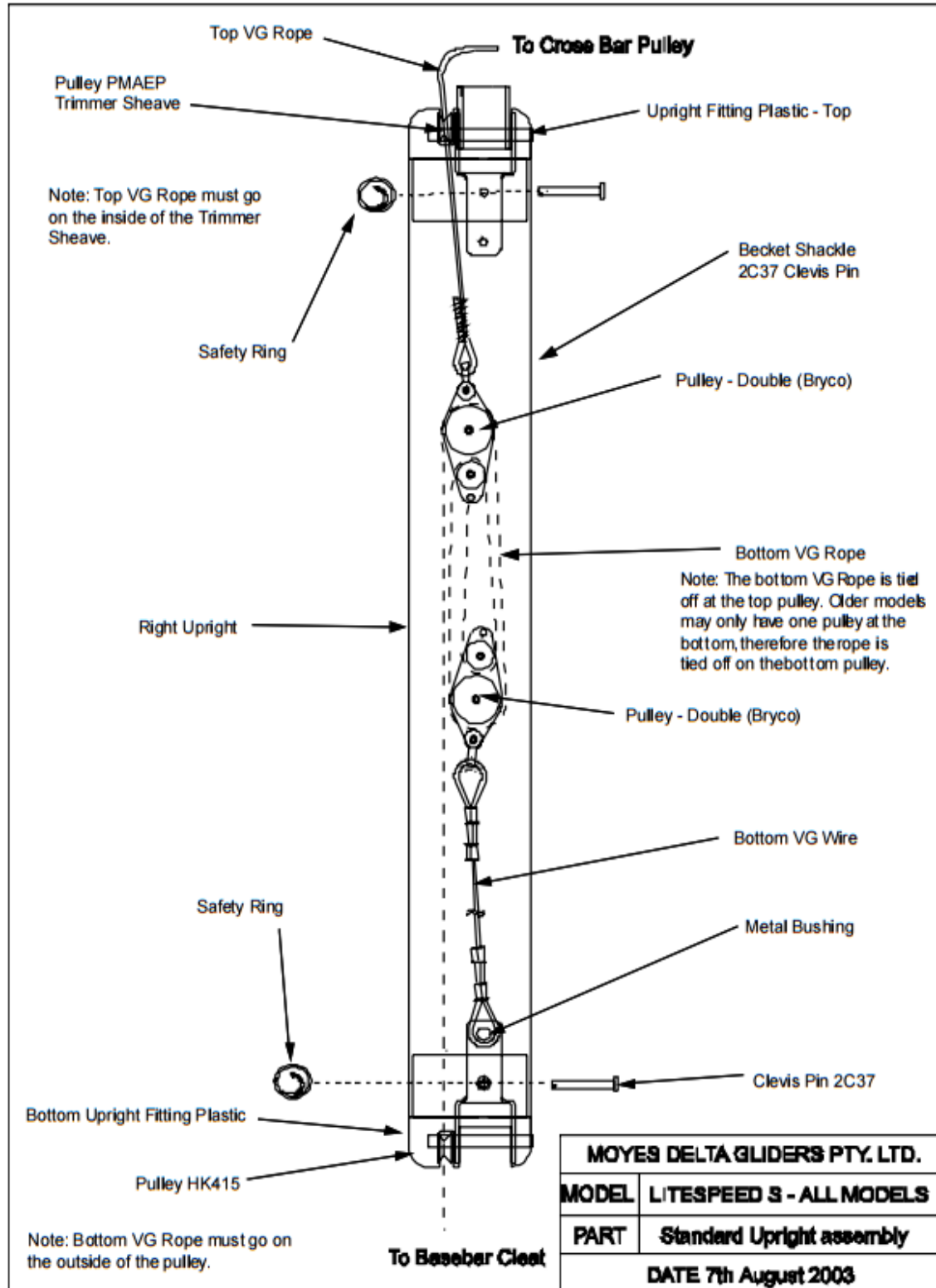


MOYES DELTA GLIDERS PTY. LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Leading Edge/Cross Bar - Assembly
DATE 20th August 2003	

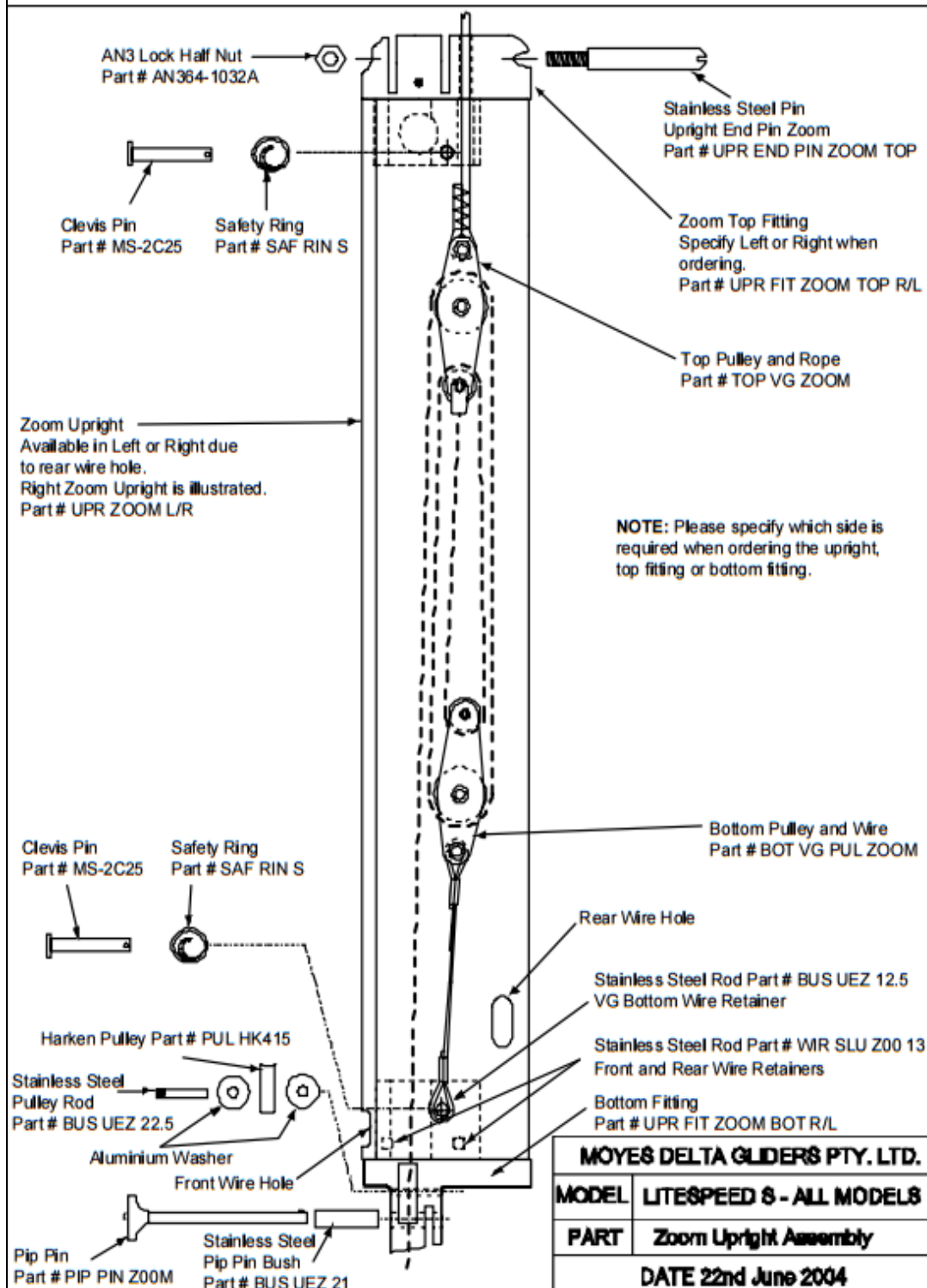
2C77 Clevis Pin



MOYÉS DELTA GLIDERS PTY. LTD.		
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS	
PART	Rear Keel Assembly	
DATE: 20th August 2003		



MOYES DELTA GLIDERS PTY. LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Standard Upright assembly
DATE 7th August 2003	



MOYES DELTA GLIDERS PTY. LTD.	
MODEL	LITESPEED S - ALL MODELS
PART	Zoom Upright Assembly
DATE 22nd June 2004	

CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES

Nombre y Apellidos: Fernando Vinicio Proaño Herrera

Fecha de nacimiento: 25 de Septiembre del 1986

Lugar de nacimiento: Pichincha / Quito / San Blas

Tipo de sangre: ORH (-)

D.N.I. Número: 050262144-4

Dirección: Quito Pichincha- Turubamba Bajo

Teléfono: 0988684946

Email: viofernand@hotmail.es

FORMACIÓN ACADÉMICA

Primaria: Escuela fiscal "Isidro Ayora"

Secundaria: Instituto Tecnológico Superior "Ramón Barba Naranjo"

Superior: tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Especialidad Aviones
"UGT- ESPE"

OTROS CURSOS Y SEMINARIOS

- Curso de sistemas de refrigeración industrial (Anglo ecuatoriana)
- Curso de mantenimiento de aire acondicionado y sistemas de ventilación (SERMOINGENIERIA)
- Curso de instalación, montaje y mantenimiento de sistemas de ventilación para edificaciones (INDETEC CIA. LTDA.)
- Curso de ventilación mecánica y aire acondicionado (SOLDEIN)
- Curso de actualización de mantenimiento para aire acondicionado de volumen variable MULTI V PLUS 2 Y SALES & DESIGN (LG ELECTRONICS INC.)

EXPERIENCIA LABORAL

- Convenio en prácticas; mediante el programa gestionado por el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico “ITSA-FAE”; en el departamento de mantenimiento aéreo-militar “SID-FAE”, realizado durante dos meses.
- Prácticas laborales acreditadas de 200 horas por la “UGT-ESPE” en calidad de técnico de mantenimiento en la empresa aérea “ALAS DE ESPERANZA”
- Técnico en diseño e instalación de sistemas hidráulicos para riego (sustento familiar)
- Floricultor de la variedad de flor ornamental “Clavel” (sustento familiar)
- Ayudante de instalación para mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y ventilación “SOLDEIN”

IDIOMAS

Inglés nivel medio, título de la escuela de idiomas de la “UGT-ESPE”

INFORMÁTICA

- Conocimiento medio-alto a nivel usuario:
- Windows
- Procesadores de Texto: Microsoft Word
- Hojas de Cálculo: Excel
- Internet
- AutoCAD 2012

OTROS DATOS DE INTERÉS

- Licencia de conducir tipo B
- Gran habilidad en arpegio de guitarra
- Practicante de andinismo y cayakin

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

.....
PROAÑO HERRERA FERNANDO VINICIO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

.....
ING. RODRIGO BAUTISTA

Latacunga, Febrero del 2017