

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN TRIÁNGULO DE IZADA
DE LAS ALAS DEL AVIÓN MIRAGE F-1**

POR:

**CORRALES BENAVIDES FAUSTO HUMBERTO
CBOS. TEC. AVC.**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial
para la obtención del Título de:**

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Cbos. Téc. Avc. Corrales Fausto como requisito parcial para la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica.

Ing. Guillermo Trujillo

Latacunga, Octubre del 2007

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida quienes con sacrificio y esmero me formaron moral y espiritualmente.

A mi adorable y amorosa esposa que con su incansable apoyo me hace ver lo hermoso de la vida y me ayuda a seguir luchando por un mañana mejor.

A mi hija que con sus travesuras y su cariño me alegra cada mañana, permitiéndome dar lo mejor de mí en beneficio de mi familia y de nuestra institución la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Cbos. Téc. Avc. Corrales Fausto

AGRADECIMIENTO

A mis abuelitos y padres por el apoyo que me brindan día tras día ya que así he llegado a cumplir la meta que me planteé al ingresar a esta prestigiosa Institución.

A mi esposa y a mi hija que han estado siempre junto a mi apoyándome y brindándome su amor incondicional.

A mi asesor que a su vez es mi amigo, quien con sus consejos y conocimientos me ayudó a culminar mi proyecto de Grado.

Cbos. Téc. Avc. Corrales Fausto

INDICE

| | |
|--------------------------------|-----|
| Portada. | I |
| Certificación | II |
| Dedicatoria. | III |
| Agradecimiento. | IV |
| Resumen | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| Antecedentes | 2 |
| 1. Planteamiento del Problema. | 3 |
| 1.1. Enunciado del Tema. | 4 |
| 1.2. Justificación. | 4 |
| 1.3. Alcance. | 4 |
| 1.4. Objetivos. | 5 |
| 1.4.1. Objetivo General. | 5 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos. | 5 |
| 1.5. Conceptos Fundamentales | 5 |
| 1.5.1. Espacio. | 5 |
| 1.6. Sistema de Referencia. | 6 |
| 1.7. Fuerza. | 6 |
| 1.8. Materia. | 7 |
| 1.9. Masa. | 7 |
| 1.10. Cuerpo Rígido. | 7 |
| 1.11. Cuerpo Deformable. | 7 |

| | |
|--|----|
| 1.12. Sistema de Fuerzas. | 8 |
| 1.12.1. Fuerzas Distribuidas. | 8 |
| 1.13. Centro de Gravedad. | 9 |
| 1.14. Centro de Masa. | 9 |
| 1.15. Equilibrio. | 10 |
| 1.15.1. Condiciones para el Equilibrio. | 10 |
| 1.16. Tipos de Materiales. | 10 |
| 1.16.1. Propiedades. | 11 |
| 1.16.2. Materiales Dúctiles y Frágiles. | 11 |
| 1.17. Fundamentos Teóricos de Resistencia de Materiales. | 12 |
| 1.17.1. Tracción y Compresión. | 12 |
| 1.17.2. Barra Cargada Axialmente. | 12 |
| 1.17.2.1. Tensión Normal. | 13 |
| 1.17.2.2. Deformación Normal. | 13 |
| 1.17.3. Flexión. | 14 |
| 1.18. Coeficiente de Seguridad. | 14 |
| 1.18.1. Grado o Coeficiente de Seguridad. | 14 |
| 1.19. Cables. | 17 |
| 1.19.1. Designación del Cable. | 17 |
| 1.19.1.2. Alambre. | 19 |
| 1.19.1.3. Resistencia Longitudinal. | 19 |
| 1.19.2. Coeficiente de Seguridad en los Cables. | 20 |
| 1.19.3. Conservación y Mantenimiento. | 21 |
| 1.19.3.1. Revisiones Periódicas. | 21 |
| 1.19.3.2. Mantenimiento. | 22 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 1.19.3.3. Sustitución de Cables. | 22 |
|----------------------------------|----|

CAPITULO II

Estudio de Alternativas

| | |
|---|----|
| 2.1. Identificación de Alternativas. | 24 |
| 2.2. Estudio Técnico. | 24 |
| 2.2.1. Primera Alternativa. | 24 |
| 2.2.2. Segunda Alternativa. | 26 |
| 2.3. Estudio de Factibilidad. | 26 |
| 2.3.1. Primera Alternativa. | 26 |
| 2.3.1.1. Ventajas. | 26 |
| 2.3.1.2. Desventajas. | 26 |
| 2.3.2. Segunda Alternativa | 26 |
| 2.3.2.1. Ventajas | 26 |
| 2.3.2.2. Desventajas. | 27 |
| 2.4. Parámetros de Evaluación. | 27 |
| 2.4.1. Factor Técnico. | 28 |
| 2.4.2. Factor Económico. | 28 |
| 2.4.3. Factor Ergonómico. | 28 |
| 2.5. Selección de la Mejor Alternativa. | 30 |

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCIÓN

| | |
|---|----|
| 3.1. Consideraciones Generales. | 31 |
| 3.2Características Técnicas del Ala del Avión Mirage F-1. | 31 |
| 3.3. Cálculos. | 32 |
| 3.4. Confeccionamiento de la Estructura | 35 |

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

| | |
|--|----|
| 4.1. Descripción de un Manual. | 39 |
| 4.2. Tipos de Manuales. | 39 |
| 4.3. Manual de operación. | 40 |
| 4.4. Manual de Mantenimiento. | 41 |
| 4.5. Manual de Funcionamiento. | 42 |
| 4.6. Procedimientos a seguir para realizar el izamiento de un ala del avión Mirage F-1. | 43 |

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

| | |
|--------------------------|----|
| 5.1. Estudio Económico. | 54 |
| 5.2. Análisis Económico. | 54 |
| 5.3. Factor Económico. | 54 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|-----------------------|----|
| 6.1. Conclusiones. | 57 |
| 6.2. Recomendaciones. | 57 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|-----------|--------------------------------|
| Tabla 1 | Características de Materiales. |
| Tabla 2.1 | Matriz de Evaluación. |
| Tabla 2.2 | Matriz de Decisión. |

Tabla 3 Lista de materiales del proyecto de Grado.

Tabla 4 Mano de Obra.

Tabla 5 Costo de Otros Gastos.

Tabla 6 Costo Total del Proyecto.

LISTADO DE GRÁFICOS

Fig. 1.1 Avión Mirage F-1.

Fig. 1.2 Fuerzas de Tracción y Fuerzas de Compresión.

Fig. 1.3 Designación de Cables.

Fig. 1.4 Disposición del cable respecto a la polea.

Fig. 2.1. Diseño de la segunda alternativa de un Triángulo de Izada de las alas de avión Mirage F-1 con acoples que utilizan pasadores con su respectivo seguro.

Fig.3.1. Gráfico representativo del perfil del ala con una configuración de flecha y diedro negativo.

Fig. 3.2. Gráfico representativo de las medidas del ala.

Fig. 3.3 Gráfico que muestra los tres tubos de acero cortados los cuales van a ser la estructura del triángulo.

Fig. 3.4. Gráfico en el cuál se muestra una de las tres platinas cortadas las cuales van a ser los soportes en cada uno de los vértices del triángulo

Fig. 3.5 En los gráficos anteriores se indica una de las esquinas del tubo de acero soldada con la respectiva platina.

Fig. 3. 6. Gráfico que indica como se empieza a armar los cables en cada

una de las poleas va a ser acopladas al triángulo de izada.

- Fig. 3.7. Gráfico representativo de los grilletes que son utilizados para sujetar los cables de acero al momento de ser conectados a las poleas.
- Fig. 3.8. Gráfico en el cual se indica el momento de la colocación del grillete alrededor del cable para sujetarlos.
- Fig. 3.9. Grafico en el cual se indica el cable unido a la polea sujetado por el grillete.
- Fig. 4.1 En esta fotografía se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables al gancho que sostiene al conjunto de cables de acero.
- Fig. 4.2 En esta figura se muestra los cables de acero acoplados a la estructura del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.3 En esta figura se indica al personal de mantenimiento conectando los pines de las poleas y verificando que las mismas se encuentre bien aseguradas.
- Fig. 4.4 En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables más pequeños a la estructura del triángulo, los mismos que posteriormente serán acoplados al ala del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.5 En esta figura se muestra el personal realizando el acople de toda la estructura del triángulo de izada y su eslinga al tecele.
- Fig. 4.6 En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando la llamada presentación del conjunto de izamiento del ala del avión Mirage F-1.

- Fig. 4.7. Se muestra al técnico de mantenimiento realizando la colocación de unos pernos especiales que van acoplados a los cables del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.8. En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables de acero en la estructura del ala del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.9. En esta figura se muestra al personal de mantto. Colocando al triángulo de izada en una posición correcta para poder llevar a cabo el izamiento del ala del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.10 En esta figura se muestra al personal de Mantenimiento realizando el izamiento del ala del avión Mirage F-1.
- Fig. 4.11 En estas figuras se muestra al ala completamente izada y sostenida por la estructura de la eslinga y del triángulo que a su vez están sujetas al tecele.

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo A Avión Mirage F-1.
- Anexo B Lámina explicativa de todos los puntos de izada del avión.
- Anexo C Triángulo de Izada de las alas del avión Mirage F-1.
- Anexo D Sección del triángulo de izada unido por un pasador.
- Anexo E Pasador de seguridad.
- Anexo F Mueble de Apoyo para el ala del avión Mirage F1.
- Anexo G Chariot que se utiliza para montar el ala con su respectivo mueble antes de realizarse el montaje o desmontaje en el avión.

- Anexo H Gráfico representativo de la colocación del triángulo de Izada para desmontar el ala.
- Anexo I Grafico representativo de la presentación del Triángulo de Izada de las Alas antes de realizar el izaje.
- Anexo J Gráfico explicativo del desmontaje del ala del Avión Mirage F1.
- Anexo K Lámina explicativa de los puntos en los cuales se acopla el ala en el Mueble de apoyo.
- Anexo L Ala montada en el mueble de apoyo respectivo después de haber sido desmontada del avión Mirage F1.
- Anexo M Lámina Explicativa de las características de varios ensambles del avión.
- Anexo N Base Aérea Cotopaxi vista desde arriba.
- Anexo O Taller de mantenimiento GV-1 visto desde arriba.
- Anexo P Tabla explicativa de los cables de acero.
- Anexo Q Gráficos explicativos de los ángulos formados por los cables al momento de estar conectados al triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.
- Anexo R Gráfico representativo de los ángulos formados por la estructura del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.

RESUMEN

En vista que los manuales de mantenimiento del Escuadrón Mirage indican que la flota de aviones Mirage F-1 de fabricación Francesa deben ser realizados una inspección mayor (GV-1) cada 12 años, deciden que la primera GV, no se realizará enviando los aviones a Francia, como lo hacen otros países que poseen un tipo similar de aeronaves, sino que rompiendo con todo esquema tradicionalmente de que solo lo internacional es bueno, motivados por la realidad económica de nuestro País; toman la iniciativa de demostrar la capacidad técnica, de los miembros de la Fuerza Aérea Ecuatoriana; resolviendo que la Inspección Mayor de la flota F-1 se realice en Ecuador con asesoramiento Francés.

El 15 de Julio de 1991 se inicia La GV-1 con el Avión Mirage F1JA 807. El mismo que sale a volar el 06 de Mayo de 1993, luego de 22 meses de inspección.

En la actualidad se sigue realizando con dificultad la Inspección Mayor a los aviones restantes de la flota, puesto que no se cuenta con la totalidad de las herramientas necesarias para realizar algunos trabajos especiales; como por ejemplo se cita el caso del Triángulo de Izada de las Alas, herramienta que sufrió un daño irreparable quedando obsoleta, razón por la cual por pedido del Comandante del Escuadrón se plantea la realización de otro triángulo de Izada nuevo como proyecto de grado para obtener el título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica. Este proyecto fue aceptado pensando en ayudar a la Patria ya que resultaría muy costoso comprar otro nuevo al fabricante en Francia, por este motivo La Fuerza Aérea Ecuatoriana se encuentra brindando el apoyo necesario para la realización de este proyecto.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS

ANTECEDENTES



Fig. 1.1 Avión Mirage F-1

El Ecuador realizó la adquisición en el año de 1979 de aviones Supersónicos mirage F-1 a la empresa Marcel Dassault ubicada en el país de Francia, con el pasar de los años los técnicos ecuatorianos se fueron dando cuenta de que los aviones se iban deteriorando cada día más y cuando se aproximaba una inspección mayor, se tenía que enviar el avión hacia los talleres de la fábrica ubicados en Francia; para evitar esto se designó la creación de un escuadrón llamado GV-1 en el cuál se encargaría de llevar a cabo este tipo de inspecciones ahorrando muchos miles de dólares al gobierno, pero para poder llevar acabo dicho propósito se requiere muchas herramientas especiales diseñadas para cada una de las partes con las que se encuentra ensamblado el avión.

Antes de comenzar a realizar los trabajos de mantenimiento es necesario llevar a cabo una planificación tomando en cuenta los tiempos que deben demorar cada una de las especialidades al momento de realizar la inspección. Además para que el mantenimiento se realice de una mejor manera se dispuso que la inspección se la realice por fases ya que si se lo lleva a cabo en forma desordenada no se podría obtener un trabajo de calidad.

Fase 1 Trabajos a la llegada

Fase 2 Limpieza y decapado del avión.

Fase 3 Desmontajes de todos los equipos.

Fase 4 Inspecciones a cada uno de los equipos desmontados, dependiendo de las horas de vuelo de cada uno de los mismos.

Fase 5 Reparaciones y/o modificaciones.

Fase 6 Montajes de los diferentes equipos.

Fase 7 Reglajes y pruebas.

Fase 8 Retoques y acabados.

Fase 9 Pintura.

Fase 10 Trabajos en pista.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El triángulo de Izada, es utilizado para desmontar y montar las alas del avión Mirage F-1, dicha herramienta fue adquirida conjuntamente con la flota de aviones en el año de 1979. Este triángulo es muy importante ya que sin el no se podría llevar a cabo la inspección en las alas del avión Mirage F-1.

En el mes de Mayo del año 2005 mientras se realizaba el desmontaje de las alas de uno de los aviones el triángulo sufrió una fuerte deformación en su estructura quedando inoperativo cuidando así la integridad física del personal que labora en el hangar.

1.1. ENUNCIADO DEL TEMA.

“CONSTRUCCIÓN DE UN TRIÁNGULO DE IZADA DE LAS ALAS DEL AVIÓN
MIRAGE F-1”.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Al haber sufrido una deformación la estructura del Triángulo de Izada para las Alas del avión, se vio la necesidad de ser reemplazarlo inmediatamente, pero por ahorrar tiempo en la adquisición de dicha herramienta se dispuso la construcción de un nuevo triángulo de Izada para las Alas por parte de un alumno del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico como proyecto de grado.

1.3. ALCANCE.

Con la realización de este proyecto se verán beneficiados todos los técnicos que laboran en el avión Mirage F-1 específicamente quienes realizan las inspecciones en las alas, desempañándose de una manera eficiente y sin ningún tipo de inconvenientes.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Construir e implementar un Triángulo de Izada de las Alas del Avión Mirage F-1 para ejecutar con eficacia la Fase N° 3 y N° 6 de mantenimiento, en las cuales se realiza el desmontaje y montaje de las alas respectivamente.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar los trabajos de mantenimiento contando con una herramienta que cumpla con las normas necesarias de seguridad.
- Mejorar las normas de seguridad del personal de mantenimiento al utilizar la herramienta en el desmontaje y/o montaje de las alas del Avión Mirage F-1.

1.5. Conceptos Fundamentales.

Es necesario realizar un análisis dimensional del material que se va a destinar para la construcción del triángulo de izada para las ala del avión Mirage F-1, por tal razón es fundamental recordar los conceptos básicos para realizar el dimensionamiento, en vista de lo mencionado anteriormente a continuación se describen algunas definiciones importantes que están relacionadas con la construcción de dicha herramienta.

1.5.1. ESPACIO.

Es fundamental tener en cuenta el significado de espacio por cuanto las herramientas que se utiliza para dar mantenimiento o manipular piezas y

elementos del avión ocupa un lugar en el espacio y se necesita medir de alguna manera el volumen ocupado por cada uno de estos dispositivos.

Espacio es la región geométrica en la cuál se desarrollan diferentes sucesos en el transcurso del tiempo.

1.6. SISTEMA DE REFERENCIA.

Conjunto definido de un origen y de tres ejes perpendiculares entre sí y que pasan por aquel.

Los sistemas de referencia son indispensables para determinar la posición de un cuerpo y para describir si el cuerpo se mueve o está en reposo. Sin embargo, tanto el movimiento como el reposo son conceptos relativos, pues no se dispone de ningún sistema de referencia que sea inmóvil. El sistema de referencia básico para las leyes de la Mecánica de Newton es el sistema inercial primario o sistema astronómico de referencia, que es un sistema imaginario de ejes rectangulares que se supone no tiene traslación ni rotación en el espacio.

1.7. FUERZA.

Todos los elementos que forman parte del triángulo de izada que va a ser construido estará sometido a grandes fuerzas como por ejemplo la compresión, tensión entre otras, por esta razón es importante conocer los efectos y sobre todo los valores de estas fuerzas para de esta manera diseñarlos con las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier tipo de accidentes.

La Fuerza es cualquier acción o influencia que modifica el estado de reposo o de movimiento de un objeto. La fuerza que actúa sobre un objeto de masa m es igual

a la variación del momento lineal (o cantidad de movimiento) de dicho objeto respecto del tiempo.

1.8. MATERIA.

Es un término general que se aplica a todo lo que ocupa espacio y posee los atributos de gravedad e inercia.

1.9. MASA.

La masa es la propiedad intrínseca de un cuerpo, que mide su inercia, es decir, la resistencia del cuerpo a cambiar su movimiento.

1.10. CUERPO RÍGIDO.

Es un cuerpo ideal que no cambia su forma bajo la acción de fuerzas externas. Para ello, las distancias entre dos partículas cualesquiera permanecen constantes en toda circunstancia, pero se conoce bien que esta condición es solo teórica puesto que todo cuerpo que está expuesto a una o varias fuerzas sufre una deformación ya sea por más mínima que esta sea y se tiene que tomar muy en cuenta especialmente cuando se pone en riesgo vidas humanas.

1.11. CUERPO DEFORMABLE.

Se considera como cuerpo deformable a todo cuerpo que al ser sometido a una fuerza sufre deformación.

Se conoce bien que en la naturaleza no existe un cuerpo rígido ya que todo cuerpo sufre deformación al ser expuesto a una fuerza externa, a partir de esta propiedad se puede llegar a conocer por medio de cálculos matemáticos cuál de

los materiales existentes en nuestro planeta es el más idóneo para construir ciertas piezas o herramientas para ser usadas en la vida diaria.

1.12. SISTEMA DE FUERZAS.

Para poder llevar a cabo la construcción de el triángulo de izada primeramente se debe llevar a cabo un análisis de todas las fuerzas que van a estar actuando sobre el material de tal forma que todas las fuerzas se las va a tomar en cuenta como un solo sistema.

Si las fuerzas que actúan sobre el material tienen el mismo punto de aplicación se habla de fuerzas concurrentes. Si son paralelas y tienen distinto punto de aplicación se habla de fuerzas paralelas. Cuando sobre un objeto actúan varias fuerzas, éstas se suman vectorialmente para dar lugar a una fuerza total o resultante. Si la fuerza resultante es nula, el objeto no se acelerará: seguirá parado o detenido. Esto quiere decir que todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo y uniforme mientras no actúe sobre él una fuerza resultante que no sea nula.

1.12.1. FUEZAS DISTRIBUIDAS.

Se conoce que toda fuerza que es aplicada a un cuerpo será distribuida por toda el área del cuerpo, y la fuerza distribuida viene medida en cada punto por su intensidad; así una fuerza distribuida sobre una superficie recibe el nombre de presión o esfuerzo y se mide como fuerza por unidad de superficie sobre la cual actúa.

Para poder calcular la presión o esfuerzo se cuenta con la unidad de medida que es el Newton por metro cuadrado (N/m^2). La palabra esfuerzo se utiliza para designar la fuerza que se distribuye internamente en los sólidos.

1.13. CENTRO DE GRAVEDAD.

Es el punto en el cual se aplica la fuerza peso en un cuerpo, y este punto no variará sea cual sea la posición del cuerpo. Para determinar el centro de gravedad hay que tener en cuenta que toda partícula de un cuerpo situada cerca de la superficie terrestre está sometida a la acción de una fuerza, dirigida verticalmente hacia el centro de la Tierra, llamada fuerza gravitatoria.

1.14. CENTRO DE MASA.

Centro de masa es considerado el punto en el cual se encuentra concentrada toda la masa de un cuerpo y sirve para poder calcular varios aspectos del movimiento de los cuerpos.

El centro de masa de una esfera de densidad uniforme está situado en el centro de la esfera. El centro de masa de una varilla cilíndrica de densidad uniforme está situado a la mitad de su eje. En algunos objetos, el centro de masa puede estar fuera del objeto.

Para tratar de comprender y calcular el movimiento de un objeto, suele resultar más sencillo fijar la atención en el centro de masas. Por ejemplo, si se arroja una varilla al aire, ésta se mueve de forma compleja. La varilla se mueve por el aire y al mismo tiempo tiende a girar. Si se siguiera el movimiento de un punto situado en el extremo de la varilla, su trayectoria sería muy complicada. Pero si se sigue

el movimiento del centro de masas de la varilla, se comprueba que su trayectoria es una parábola que puede describirse matemáticamente con facilidad.

1.15. EQUILIBRIO.

Se dice que un cuerpo se encuentra en equilibrio cuando la resultante de una fuerza y momentos que actúan sobre dicho cuerpo son nulas.

1.15.1. CONDICIONES PARA EL EQUILIBRIO.

Existen varias condiciones que se deben cumplir para que un cuerpo se encuentre en equilibrio, las cuales son descritas a continuación:

- La suma algebraica de las fuerzas aplicadas a un cuerpo en cualquier dirección deben ser cero.

Quando esta condición se haya cumplido el cuerpo no poseerá aceleración lineal.

- La suma algebraica de los momentos de todas las fuerzas aplicadas a un cuerpo deben ser cero.

Quando esta condición se haya cumplido el cuerpo no poseerá aceleración angular.

1.16. TIPOS DE MATERIALES.

Los materiales se clasifican según su uso, en cuatro grupos: metales, cerámicos, polímeros y materiales compuestos.

Los metales y aleaciones, que incluyen el acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, cobre, níquel, y muchos otros tipos de metales, tienen como

características generales una adecuada conductividad tanto eléctrica como térmica, relativamente alta resistencia mecánica, alta rigidez, ductibilidad o conformabilidad y resistencia al impacto. Son particularmente útiles en aplicaciones estructurales o de carga. Aunque ocasionalmente se utilizan en forma pura, se prefieren el empleo de sus combinaciones, denominadas aleaciones, para mejorar ciertas propiedades deseadas.

1.16.1. PROPIEDADES.

Se considera que las propiedades de un material son de dos tipos:

- Mecánicas, esta propiedad determina como responde el material al aplicársele una fuerza o esfuerzo. El esfuerzo se define como la fuerza dividida entre el área transversal sobre la cual actúa. Las propiedades mecánicas más comunes son la resistencia mecánica, la ductilidad y la rigidez del material , aunque a menudo es interesante saber cómo se comporta el material cuando el material se expone a esfuerzos repetidos cíclicamente en un periodo largo (fatiga),o cuando se somete a acciones abrasivas (desgaste).
- Físicas, dentro de este tipo de propiedades se incluye el compartimiento eléctrico, magnético, óptico, térmico y elástico.

1.16.2. MATERIALES DÚCTILES Y FRÁGILES.

Los materiales metálicos que generalmente se usan en la ingeniería se clasifican en dúctiles y frágiles.

Un material dúctil es aquel que después de estar expuesto a una fuerza que a producido un alargamiento a tracción relativamente grande puede llegar al punto

de rotura, mientras que el material frágil tiene una deformación relativamente pequeña hasta el mismo punto.

Frecuentemente se toma como línea divisoria entre las dos clases de materiales un alargamiento arbitrario de 0,05.Kg./cm², la fundición y el hormigón son ejemplos de materiales frágiles.

1.17. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE RESITENCIA DE MATERIALES.

1.17.1. TRACCIÓN Y COMPRESIÓN.

Al momento de referirse a la tracción y a la compresión, necesariamente se tiene que referir a las fuerzas que lo producen.

1.17.2. BARRA CARGADA AXIALMENTE.

Para poder comprender un poco mejor se explicará probablemente el caso más sencillo que se pueda considerar para poder empezar con la explicación así que se tomará como ejemplo una barra metálica inicialmente recta, de sección constante, sometida sus dos extremos a fuerzas colineales (que se encuentran en línea recta), dirigidas en sentidos opuestos y que actúen en el centro de las secciones de la barra metálica.

Se sabe que para que haya equilibrio estático se requiere que las magnitudes de las fuerzas deben ser iguales, si están dirigidas hacia fuera de la barra, se dice que están sometidas a tracción, mientras que si las fuerzas actúan hacia dentro de la barra existe un estado de compresión.

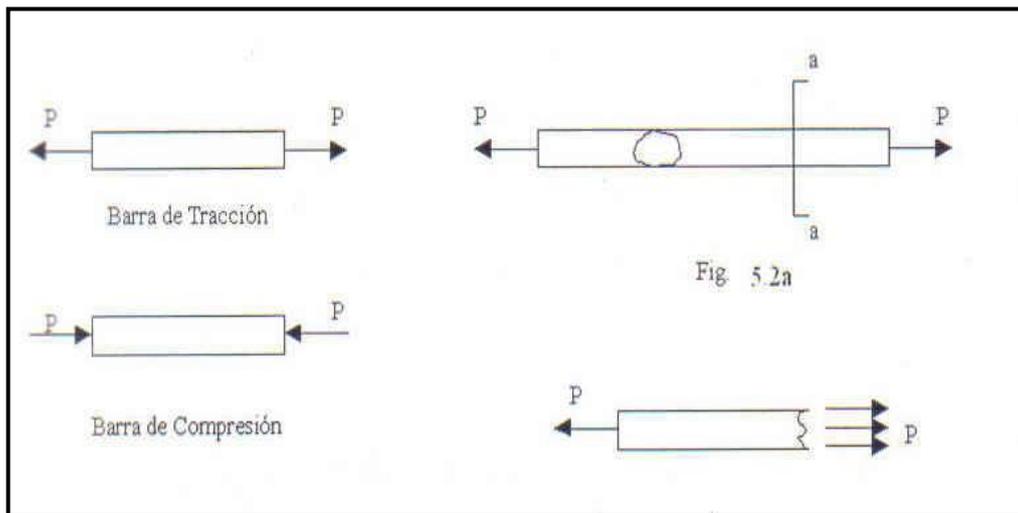


Fig. 1.2 Fuerzas de Tracción y Fuerzas de Compresión

1.17.2.1. TENSIÓN NORMAL.

La intensidad de la fuerza normal por unidad de superficie se llama tensión normal y se mide en Kg. /cm².

1.17.2.2. DEFORMACIÓN NORMAL.

Se puede medir el alargamiento total para cualquier incremento predeterminado por medio de un aparato de medida mecánico y hallar a partir de estos valores, el alargamiento llamado deformación normal y representada por “ ϵ ”, dividiendo el alargamiento total “ Δ ” por la longitud del patrón L, es decir:

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Donde:

ϵ = Deformación Normal

Δ = Alargamiento Total

L = Longitud del Patrón

Generalmente se expresa en centímetros por centímetro, por lo que el resultado es adimensional.

1.17.3 FLEXIÓN.

Es la deformación transversal producida en un cuerpo elástico al ser sometido a una fuerza capaz de superar su resistencia.

1.18. COEFICIENTE DE SEGURIDAD.

1.18.1. GRADO O COEFICIENTE DE SEGURIDAD.

El grado o coeficiente de seguridad, es la relación entre la tensión límite y la máxima admisible de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas externas.

$$V = \frac{\text{tensión límite}}{\text{tensión máxima admisible}} \geq 1$$

Como tensión límite suele tomarse la rotura. σ_R , o la del límite de elasticidad (inclinación de las deformaciones permanentes) σ_E .

Tensión máxima admisible, $T_{ad} = (\text{tensión límite} / \text{coeficiente de seguridad})$;

La tensión máxima admisible será inferior al coeficiente de elasticidad, para evitar que las deformaciones sean permanentes.

En la tabla 1.1 se indica las características de materiales utilizados en la construcción de maquinaria y los coeficientes de tensión o de trabajo admisibles para los mismos, considerando como casos de carga, I la estática permanente, II la alternativa de un valor máximo a cero, III la oscilante de un valor máximo positivo a máximo negativo.

En construcciones metálicas, la **Norma MV-103** (De obligada observancia en el proyecto de estructuras o elementos estructurales de acero laminado) dispone las condiciones de seguridad de estas estructuras, y prescribe las acciones ponderadas correspondientes, estableciendo coeficientes de ponderación, la tensión admisible puede alcanzar la del coeficiente de elasticidad σ_E , resultando así la barra o pieza calculada, con un grado de seguridad respecto al expresado coeficiente de elasticidad, igual al coeficiente de mayoración (de 1,33 a 1,50).

Los tipos de acero laminado, utilizados en la construcción de elementos o de estructuras metálicas de edificación, son el A42 y A52, con límites elásticos $\sigma_e = 2600 \text{ Kg. / cm}^2$ y $\sigma_e = 3600 \text{ Kg. / cm}^2$ respectivamente; para tipos de acero no garantizados como los citados A42 y A52, la resistencia de cálculo se hará por medio de la fórmula que a continuación se indica:

$$\sigma_u = \frac{\sigma_e}{1,10} \quad (\text{Ec. 1.2}).$$

Donde:

- σ_e = Coeficiente de Elasticidad
- σ_u = Coeficiente de Seguridad
- **1.10** = Coeficiente de Mayoración

Tabla 1.1. Características de Materiales.

| Material | Módulos | | Características | | Coeficiente de trabajo admisibles en Kg. / cm. ² | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|---|---------------|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | Elasticidad | Desgarra miento | Carga. Rotura | Alarga miento | Tracción | | | Compresión | | Flexión | | | Cortadura | | | Torsión | | |
| | Kg. / cm. ² | Kg. / cm. ² | Kg. / mm. ² | % | I | II | III | I | II | I | II | III | I | II | III | I | II | III |
| ASTM A589 | 2 150000 | 830000 | 35-50 | 25-15 | 900 a 1500 | 600 a 1000 | 300 a 500 | 900 a 1500 | 600 a 1000 | 900 a 1500 | 600 a 1000 | 300 a 500 | 720 a 1200 | 480 a 800 | 240 a 400 | 600 a 1200 | 400 a 800 | 200 a 400 |
| Acero 1045 | 2`200000 | 850000 | 50-70 | 20-Oct | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 400 a 600 | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 400 a 600 | 960 a 1440 | 640 a 960 | 320 a 480 | 900 a 1440 | 600 a 960 | 300 a 480 |
| Acero al Níquel | 2'150000 | 850000 | 45-60 | 20-16 | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 400 a 600 | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 1200 a 1800 | 800 a 1200 | 400 a 600 | 960 a 1440 | 640 a 960 | 320 a 480 | 900 a 1440 | 600 a 960 | 300 a 480 |

Casos de carga.- I, Carga estática o permanente. II, Carga alternativa, de un valor máximo a cero. III, Carga oscilante de un valor máximo Positivo a máximo negativo.

1.19. CABLES.

Los cables son elementos flexibles debido a sus dimensiones transversales pequeñas en relación con la longitud, por lo cual su resistencia es solo a tracción dirigida a lo largo del cable. La tensión es dividida por igual entre cada uno de los hilos del cable permitiendo que cada hilo se someta a la misma tensión admisible.

1.19.1. DESIGNACIÓN DEL CABLE.

La composición de un cable se expresa en la práctica de forma abreviada, mediante una notación compuesta por tres signos, cuya forma genérica es:

A x B + C siendo **A** el número de cordones; **B** el número de alambres de cada cordón y **C** el número de almas textiles. Cuando el alma del cable no es textil o sea formada por alambres, se sustituye la última cifra **C**, por una notación entre paréntesis que indica la composición de dicha alma. Si los cordones o ramales del cable son otros cables, se sustituye la segunda cifra **B** por una notación entre paréntesis que indica la composición.

A efectos de designación debe considerarse también las distintas formas de disposición de los alambres en los cordones, el tipo de arrollamiento y si el material que lo constituye es preformado o no.

Ejemplo:

Un cable constituido por 6 cordones de 25 alambres cada cordón, dispuestos alrededor de un alma compuesta por un cordón metálico formado por 7 cordones que contienen 7 hilos cada uno, se representaría por:

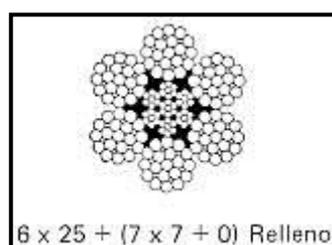


Fig. 1.3 Designación de Cables.

Se debe tener en cuenta que cuando se van a usar los cables conjuntamente con poleas y tambores la fatiga por flexión en un cable está íntimamente relacionada con el diámetro del arrollamiento en los tambores y poleas. Para evitar que estos valores sean excesivos es conveniente tener en cuenta dos mínimos:

- a. Relación entre el diámetro de la polea o tambor y el del cable.
- b. Relación entre el diámetro de la polea o tambor y el del mayor alambre.
- c. Cada fabricante los tiene establecidos para sus fabricados.

La Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en su **Art. 112.6**, dispone que el diámetro de los tambores de izar no sea inferior a 30 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor.

Para las poleas, los fabricantes recomiendan que en la relación entre su diámetro y el del cable, se cumpla $D/d \geq 22$. El diámetro de la polea se considera medido desde el fondo de la garganta.

Es conveniente que los tambores sean de tipo acanalado y tengan la disposición que se refleja en la figura 1.4.

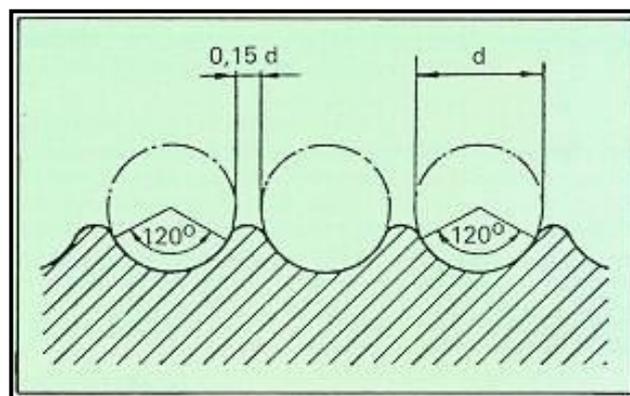


Fig. 1.4 Disposición del cable respecto a la polea

El ángulo α de desviación lateral que se produce entre el tambor y el cable debe ser inferior a $1,5^\circ$.

1.19.1.2. ALAMBRE.

Filamento o barra fina de un metal flexible que tiene una sección uniforme. Los metales que suelen utilizarse para hacer alambres son cobre, aluminio, acero, latón, hierro, oro, plata y platino.

El diámetro de un alambre de una sola hebra se determina por su calibre, que en los alambres realizados con muchos hilos se determina por el diámetro de su conjunto. Hay diversas clases de calibradores para medir los diversos tipos de alambres.

Los alambres tienen muchas aplicaciones, tanto tecnológicas como domésticas. Hasta el descubrimiento de la fibra óptica las conexiones telefónicas se realizaban con cables de cobre, buen conductor. Las líneas de alta tensión se fabrican con cables de aluminio, que también es un buen conductor pero resulta más barato y más ligero que el cobre.

También son de acero los cables de suspensión de puentes y vallas, que requieren alta resistencia longitudinal.

1.19.1.3. RESISTENCIA LONGITUDINAL.

Es la resistencia de un cuerpo a las fuerzas longitudinales que intentan romperlo. El término también se aplica a la resistencia a la tracción, y se define como la fuerza por unidad de sección que resiste un cuerpo antes de romperse. En teoría, la máxima resistencia longitudinal la presentan los cristales puros, en los que la fuerza longitudinal sería la requerida para romper las moléculas.

De hecho no existe una resistencia tan alta debido a defectos de las estructuras cristalinas, que en realidad son conjuntos de cristales, o debido a las impurezas que suelen estar presentes.

Las resistencias longitudinales más altas, para su utilización en ingeniería, se han conseguido elaborando, con tratamientos controlados de calor, aleaciones de acero, que se usan sobre todo para fabricar alambres. Los cables de sustentación de puentes, por ejemplo, se elaboran trenzando miles de cables finos, que presentan mayor resistencia que barras más gruesas con la misma sección total. En la tabla que en el Anexo "P" se detallan características de composición (formal), y la resistencia a la rotura por tracción, de cables de acero normalizados en aparatos de arrastre y de elevación de cargas.

Según su aplicación, se considera en cargas y servicio, como se indica a continuación:

- Grupo 1.- Cables sometidos a cargas parciales y de poco servicio frecuente.
- Grupo 2.- Cables sometidos a cargas totales y servicio normal.
- Grupo 3.- Cables sometidos a cargas totales y servicio frecuente.

1.19.2. COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN LOS CABLES.

Se tiene conocimiento que antes de construir una herramienta el constructor tiene la obligación de garantizar la seguridad del personal técnico que va a estar trabajando con dicha herramienta, por lo tanto se debe realizar un sobre dimensionamiento en lo que respecta al material, es decir se tiene que buscar un material más fuerte para que pueda soportar mucho más fuerza que a la que va a estar sometido.

El coeficiente de seguridad "s" a la rotura de los cables, se establece en tres grupos:

- Grupo 1, s = 6-7
- Grupo 2 , s = 7-8
- Grupo 3, s = 8-10

El diámetro del cable se calcula por medio de la siguiente formula:

$$d \approx k \sqrt{T} \quad (\text{Ec. 1.3}).$$

Donde:

- **d** = Diámetro del cable.
- **T** = La carga total o tracción a que está sometido el cable.
- **K** = Coeficiente, que se dispone de:
 - ❖ K = 0,32 - 0,34 para el grupo 1.
 - ❖ K = 0,34 – 0,36 para el grupo 2.
 - ❖ K = 0,36 – 0,39 para el grupo 3.

1.19.3. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

1.19.3.1. REVISIONES PERIÓDICAS.

Los cables deben ser sometidos a un programa de revisiones periódicas conforme a las recomendaciones establecidas por el fabricante y teniendo presente el tipo y condiciones de trabajo a que se encuentre sometido. Este examen debe extenderse a todos aquéllos elementos que pueden tener contacto con el cable o influir sobre él. Fundamentalmente debe comprender: los tambores de arrollamiento, las poleas por las que discurre, los rodillos de apoyo; y de forma especial debe comprobarse el estado de los empalmes, amarres, fijaciones y sus proximidades.

El **Art. 103.3** de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo dispone que los cables de izar deben ser revisados a fondo, al menos, cada trimestre.

1.19.3.2. MANTENIMIENTO.

En general el mantenimiento se concreta a operaciones de limpieza y engrase. Para el engrase es conveniente proceder previamente a una limpieza a fondo y seguidamente engrasarlo por riego al paso por una polea, pues se facilita la penetración en el interior del cable. Por la incidencia que tiene el engrase respecto a la duración del cable es conveniente seguir las instrucciones del fabricante y utilizar el lubricante recomendado.

1.19.3.3. SUSTITUCIÓN DE CABLES.

Para cables de gran responsabilidad como ascensores, pozos de mina, teleféricos para personas, etc. existen reglamentos especiales que fijan tanto las inspecciones como las condiciones de sustitución.

En los casos no sometidos a Reglamentaciones específicas, la sustitución de un cable debe efectuarse al apreciar visiblemente:

- Rotura de un cordón.
- Formación de nudos.
- Cuando la pérdida de sección de un cordón del cable, debido a rotura de sus alambres visibles en un paso de cableado alcance el 40% de la sección total del cordón.

- Cuando la disminución de diámetro del cable en un punto cualquiera del mismo alcance el 10% en los cables de cordones o el 3% en los cables cerrados.
- Cuando la pérdida de sección efectiva, por rotura de alambres visibles, en dos pasos de cableado alcance el 20% de la sección total.

Existen aparatos de control especiales, que detectan los defectos, tanto visibles como interiores de los cables. Ello permite determinar con certidumbre la conveniencia o no de la sustitución.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Para este proyecto se han planteado 2 alternativas las mismas que se enuncian a continuación:

- Triángulo de Izada sin seccionar el tubo en dos partes.
- Triángulo de Izada seccionado el tubo en dos partes y unido con pasadores de acero.

2.2. ESTUDIO TÉCNICO.

2.2.1. PRIMERA ALTERNATIVA.

La primera alternativa se trata de un Triángulo de Izada de las alas del avión mirage F-1 el cual consta de las siguientes partes:

1. Tres tubos de acero.
2. Dos cables de 1500m.m.
3. Un cable de 1250m.m.
4. Tres cables de 240m.m.

Este triángulo permitirá izar las alas del avión Mirage F-1 con facilidad procurando tener el equilibrio necesario para que no exista ningún tipo de movimiento brusco evitando de esta manera cualquier tipo de daños en la estructura.

2.2.2. SEGUNDA ALTERNATIVA.

Esta es una propuesta en la cual se construirá un triángulo de izada para las alas del avión Mirage F-1 que consta de las siguientes partes:

1. Tres tubos de acero.
2. Tres platinas de Acero de 10mm. de espesor.
3. Dos cables de 1500mm.
4. Un cable de 1250mm.
5. Tres cables de 240mm.
6. Tres pasadores de acero con su respectivo seguro.



Fig. 2.1 Diseño de la segunda alternativa de un Triángulo de Izada de las alas de avión Mirage F-1 con acoples que utilizan pasadores con su respectivo seguro.

Este triángulo de izada para las alas del avión Mirage F-1 presta la facilidad de al desarmarse se desacoplan los pasadores que van en cada uno de los lados del triángulo y de esta manera se reduce el espacio que ocuparía al transportarlo.

2.3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

En el estudio de factibilidad se debe tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa para determinar cuál de las alternativas sería la mejor y analizar requerimientos técnicos de la misma.

2.3.1. PRIMERA ALTERNATIVA.

Construcción de un Triángulo de Izada para las alas del Avión Mirage F-1.

2.3.1.1. VENTAJAS.

- Su función principal es equilibrar el ala e izarla para poder colocarla en su mueble respectivo.
- Su operación es sencilla.
- Este triángulo puede ser llevado a cualquier lugar en el que se lo requiera.
- Bajo costo.

2.3.1.2. DESVENTAJA.

- Al momento de transportarlo ocupa mucho espacio ya que no puede ser doblado.

2.3.2. SEGUNDA ALTERNATIVA.

Construcción de un Triángulo de Izada para las alas de avión Mirage F-1 con acoples que usan pasadores en cada uno de los lados del triángulo.

2.3.2.1. VENTAJAS.

- Fácil manejo.
- Puede dividirse al triángulo en dos partes, sacando los pasadores que existen en cada lado del triángulo.
- Se lo puede girar fácilmente para poder izar el ala izquierda o derecha.
- Posee agujeros en los filos de la platina de acero que sirven para regular la inclinación del ala.

2.3.2.2. DESVENTAJAS.

- Los agujeros en los que se acoplan los cables que van directo al ala no tienen una medida fija por cuanto se tiene que cambiar de agujero para equilibrar el ala, caso contrario podría ocurrir un accidente.

2.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.

Para elegir la mejor alternativa se tomará muy en cuenta las ventajas y desventajas que presentan cada alternativa y la opción que tenga la mayor calificación será la elegida para posteriormente ser construida.

Los parámetros de evaluación tendrán un factor de importancia o ponderación llamado "X" y su valor estará comprendido entre cero y diez, de tal manera que las alternativas serán evaluadas en función de ciertos parámetros y aquella que obtenga el valor más alto en su calificación será seleccionada para la construcción.

Los tres factores a considerar dentro de los parámetros de selección son: Técnico, Económico y Ergonómico:

2.4.1. FACTOR TÉCNICO:

- Accesibilidad.
- Seguridad.
- Proceso de Construcción.
- Didáctico.
- Materiales.
- Facilidad de Operación y Control.
- Fiabilidad.
- Mantenimiento.

2.4.2. FACTOR ECONÓMICO.

- Costo de fabricación

2.4.3. FACTOR ERGONÓMICO.

- Tamaño y forma

Definidos así:

- **ACCESIBILIDAD.-** Se refiere a los procesos de montaje y desmontaje, así como la facilidad de acceso de sus partes en el momento de la operación y mantenimiento. Tendrá un valor de 8.
- **SEGURIDAD.-** Es necesario para desarrollar el trabajo de mantenimiento en el ala de manera segura y con un buen ambiente de trabajo. Tiene un valor de 6.
- **PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.-** Es importante contar con un taller bien equipado en cuanto a variedad de herramientas, para construir las partes de la herramienta y su ensamblaje. Tiene un valor de 8.

- **DIDÁCTICO.-** Se refiere a la capacidad que la herramienta brinda al técnico para entender de una manera rápida el uso de dicha herramienta. Tiene un valor de 6.
- **MATERIALES.-** Analiza las características, el tipo de material más adecuado y que sea de fácil adquisición para la construcción de la herramienta. Tiene un valor de 8.
- **FACILIDAD DE OPERACIÓN Y CONTROL.-** Trata acerca de la sencillez de operación y control. Tiene un valor de 7.
- **FIABILIDAD.-** Las alternativas a elegir deben tener un funcionamiento satisfactorio por lo que es un factor muy importante. Tiene un valor de 8.
- **MANTENIMIENTO.-** La facilidad con que se puede adquirir los repuestos en el mercado local para establecer un adecuado funcionamiento para que la herramienta cumpla con su objetivo. Tiene un valor de 5.
- **COSTO DE FABRICACIÓN.-** Implica el costo de los componentes que involucra a cada alternativa. Tiene un valor de 7.
- **TAMAÑO Y FORMA.-** Tanto el tamaño que es el espacio físico que ocupará la herramienta, su forma física y estética. Tiene un valor de 2.

Tabla 2.1 Matriz de Evaluación

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | X | ALTERNATIVAS | |
|----------------------------------|---|---------------|---------------|
| | | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 |
| Accesibilidad | 8 | 6 | 6 |
| Seguridad | 6 | 4 | 6 |
| Proceso de Construcción | 8 | 5 | 6 |
| Materiales | 8 | 6 | 6 |
| Facilidad de Operación y Control | 7 | 6 | 6 |

| | | | |
|----------------------|---|---|---|
| Didáctico | 6 | 4 | 7 |
| Fiabilidad | 8 | 6 | 7 |
| Mantenimiento | 8 | 6 | 7 |
| Costo de fabricación | 7 | 4 | 5 |
| Forma y Tamaño | 2 | 4 | 4 |

Tabla 2.2 Matriz de Decisión

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | ALTERNATIVAS | |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 |
| Accesibilidad | 48 | 48 |
| Seguridad | 24 | 36 |
| Proceso de Construcción | 40 | 48 |
| Materiales | 48 | 48 |
| Facilidad de Operación y Control | 42 | 42 |
| Didáctico | 42 | 42 |
| Fiabilidad | 48 | 56 |
| Mantenimiento | 48 | 56 |
| Costo de fabricación | 28 | 49 |
| Forma y Tamaño | 8 | 8 |
| TOTAL | 376 | 433 |

2.5. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Una vez que se ha llevado a cabo el estudio técnico, económico y ergonómico de las alternativas en base de parámetros de evaluación, se ha decidido que la segunda alternativa es la más adecuada.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

- Antes de iniciar la construcción de la herramienta se realiza el diseño de la tubería y de los cables de acero a utilizarse.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ALA DEL AVIÓN MIRAGE F-1.

En el avión Mirage F-1 antiguamente se utilizaba un ala en Delta pero al rediseñarla se adoptó un ala con configuración de flecha y diedro negativo. Esta mejoraría sustancialmente las prestaciones del avión en cuanto a despegues y aterrizajes cortos, y optimizando la maniobrabilidad (Uno de los problemas de las alas deltas simples) mediante flaps y slats de borde de ataque.

Esta ala tiene un peso 1750 Lbr. al vacío y a demás tiene una capacidad de almacenamiento de combustible de 50 galones en cada una.

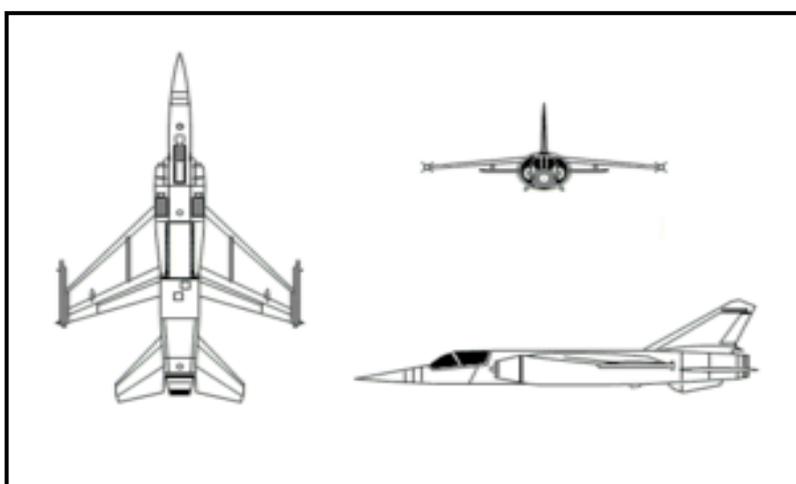


Fig. 3.1 Gráfico representativo del perfil del ala con una configuración de flecha y diedro negativo.

El ala de un avión de combate es una estructura muy compleja, su construcción se basa en varios parámetros, como por ejemplo: La resistencia producida con el choque del aire, la aerodinámica para disminuir las corrientes parásitas, el tamaño del ala, entre otras.

A continuación se muestra en forma clara las medidas principales del ala en la Fig.3.2.

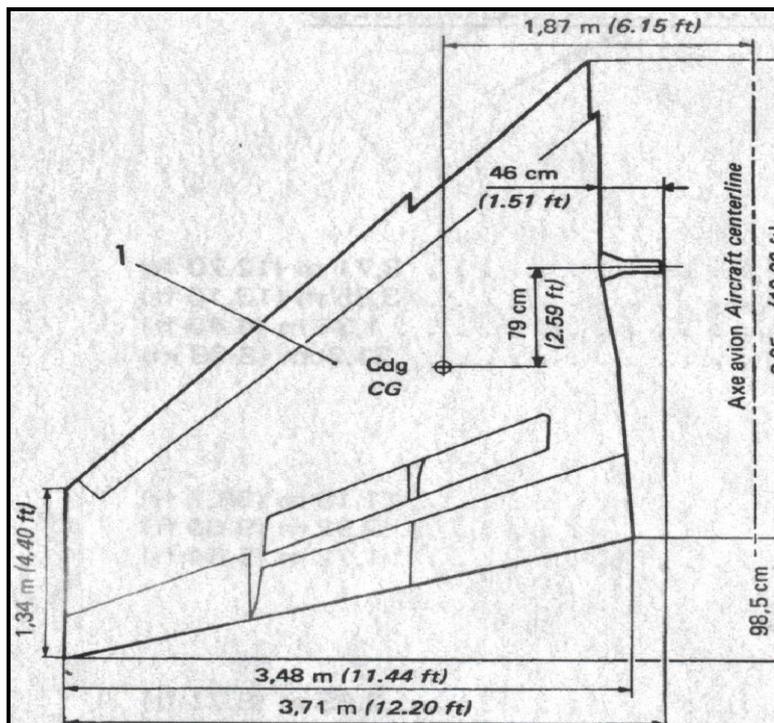


Fig. 3.2. Gráfico representativo de las medidas del ala.

3.3. CÁLCULOS

Para la construcción de esta herramienta es importante dimensionar la estructura y los cables de acero para utilizarlo en este proyecto.

A continuación se describen los cálculos realizados para dimensionar los cables de acero:

DATOS:

- Peso del Ala al vacío: 750Kg. – 1650 Lbr.
- Por factor de seguridad se toma en cuenta el peso de: 909.09Kg. - 2000lbr.
- $T1 = T2 = 600\text{lbr.}$
- $T3 = 680 \text{ lbr.}$

Nota: Para poder calcular el T1, T2 y T3 fue necesario tomar en cuenta los ángulos de inclinación de los cables que se conectan al triángulo de izada de las alas (ver Anexo Q)

FORMULA:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 3.1}).$$

SIENDO:

- **F** = Fuerza Aplicada
- **A** = Área de la Sección Transversal
- **A** = 14.3mm²

FORMULA:

$$\tau_{\text{teor}} = \frac{S_{yt}}{N} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

SIENDO:

- **N** = 2 = Factor de Seguridad
- **Material del Cable** = Acero Suave
- **S_{yt}** = Factor de elasticidad que tiene el material que se va a usar.

CÁLCULOS:

$$S_{yt} = 2150000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{yt} = 215 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$F = \frac{680 \text{ lbf}}{1} \times \frac{1 \text{ Kgt}}{2,2 \text{ lbf}} = 309,1 \text{ Kgt}$$

$$\tau = \frac{309,1 \text{ Kgt}}{14,3 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 21,61 \frac{\text{Kgt}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{\text{teor}} = \frac{21,61 \text{ Kgf} / \text{mm}^2}{2} = 107,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{\text{teor}} > \tau_{\text{pract}}$$

$$107,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} > 21,6 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2}$$

∴ EL DISEÑO SE ACEPTA

3.4. CONFECCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

A continuación se detalla con fotografías de una manera rápida la manera en la cuál fue construido el triángulo de izada de las Alas del avión Mirage F-1:



Fig. 3.3 Gráfico que muestra los tres tubos de acero cortados, los cuales van a ser la estructura del triángulo.



Fig. 3.4. Gráfico en el cuál se muestra una de las tres platinas cortadas las cuales van a ser los soportes en cada uno de los vértices del triángulo.



Fig. 3. 5 En los gráficos anteriores se indica una de las esquinas del tubo de acero soldada con la respectiva platina.

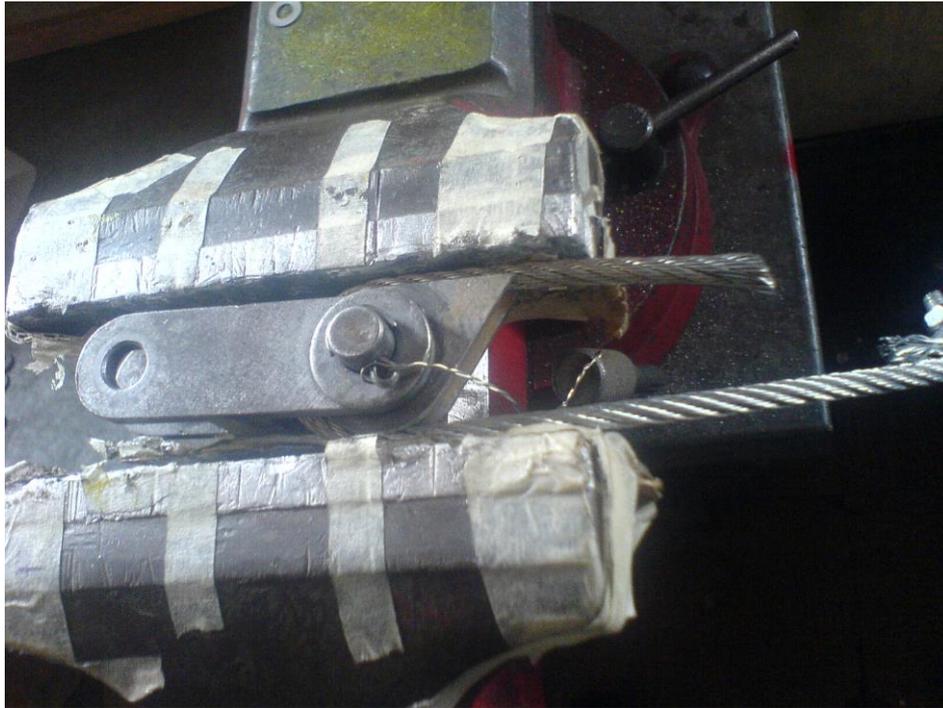


Fig. 3. 6 Gráfico que indica como se empieza a armar los cables en cada una de las poleas que van a ser acopladas al triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.



Fig. 3. 7 Gráfico representativo de una los grilletes que son utilizadas para sujetar los cables al momento de ser conectados a las poleas



Fig. 3.8 Grafico en el cual se indica el momento de la colocación del grillete alrededor del cable para sujetarlos.



Fig. 3.9 Grafico en el cual se indica el cable unido a la polea sujetado por el grillete.

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DE MANUALES

4.1. DESCRIPCIÓN DE UN MANUAL.

Cada folleto tendrá una descripción detallada de los pasos y procesos necesarios a seguir para realizar una correcta inspección

4.2. TIPOS DE MANUALES.

A continuación se describen los tipos de manuales que se realizarán para la elaboración de esta herramienta:

- Manual de Operación.
- Manual de Mantenimiento.
- Pruebas de Funcionamiento.

4.3. MANUAL DE OPERACIÓN.

| | | | |
|---|--|---------------|------------------------|
| MANTENIMIENTO GV-1 | | | |
|  | MANUAL DE OPERACIÓN | | PAG.: 1 de 1 |
| | DEL TRIÁNGULO DE IZADA DE LAS ALAS DEL AVIÓN MIRAGE F-1 | | CODIGO: S/C |
| | ELABORADO POR: Cbos.Tec. Avc. Corrales F. | | REVISIÓN No.- 1 |
| | APROBADO POR: Ing. GUILLERMO TRUJILLO | FECHA: | FECHA: |
| <p>1. OBJETIVO.</p> <p>Documentar el procedimiento que se realiza el momento de la utilización del triángulo de izada.</p> | | | |
| <p>2. ALCANCE.</p> <p>Realizar los procedimientos de izada con seguridad en las tareas de montaje y desmontajes de las alas y cambios de soportes en el interior del hangar.</p> | | | |
| <p>3. PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Extraer todo el combustible existente en el ala antes de ser desmontada 2.- Ubicar en buena posición el triángulo de izada. 3.- Verificar que no existan objetos extraños 4 metros a la redonda. 4.- Desmontamos los tapones protectores de las alas. 5.- Identificar el lado del triángulo que corresponda al ala que se va a izar. 6.- Armar la Eslinga. 7.- Izado de la eslinga con el triángulo utilizando el tecele. 8.- Se ajustan los pernos en los orificios correspondientes para el izaje hasta el tope para luego Desajustar hasta un cuarto de vuelta. 9.- Una vez izado el tecele se realiza la presentación, para saber si los cables se encuentran Paralelos para que el ala se encuentre totalmente equilibrada. 10.- Se procede a realizar el izamiento del ala <p>4. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p> | | | |

4.4. MANUAL DE MANTENIMIENTO.

| | | | |
|--|--|---------------|------------------------|
| MANTENIMIENTO GV-1 | | | |
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO | | PAG.: 1 de 1 |
| | DEL TRIÁNGULO DE IZADA DE LAS ALAS DEL AVIÓN MIRAGE F-1 | | CODIGO: S/C |
| | ELABORADO POR: Cbos.Tec. Avc. Corrales F. | | REVISIÓN No.- 1 |
| | APROBADO POR: Ing. GUILLERMO TRUJILLO | FECHA: | FECHA: |
| <p>1. OBJETIVO.</p> <p>Documentar el mantenimiento que se realiza a la herramienta.</p> | | | |
| <p>2. ALCANCE.</p> <p>Dar el correcto mantenimiento al triángulo de izada para que se pueda prolongar el tiempo de vida de la herramienta para poderla utilizar cuando se la requiera.</p> | | | |
| <p>3. PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Semanalmente realizar una limpieza a todas las partes del triángulo. 2.- Realizar un chequeo cada seis meses de los cables de la herramienta. 3.- Cada dos años pintar la herramienta. 4.- Anualmente realizar un chequeo de las partes del triángulo. 5.- Antes de realizar el izamiento del ala cerciorarse de que los grilletes se encuentren asegurados. | | | |
| <p>4. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p> | | | |

4.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

| | | | |
|---|--|---------------|------------------------|
| MANTENIMIENTO GV-1 | | | |
|  | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO | | PAG.: 1 de 1 |
| | DEL TRIÁNGULO DE IZADA DE LAS ALAS DEL AVIÓN MIRAGE F-1 | | CODIGO: S/C |
| | ELABORADO POR: Cbos.Tec. Avc. Corrales F. | | REVISIÓN No.- 1 |
| | APROBADO POR: Ing. GUILLERMO TRUJILLO | FECHA: | FECHA: |
| <p>1. OBJETIVO.</p> <p>Realizar pruebas de funcionamiento del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F1 para verificar el buen funcionamiento del mismo.</p> | | | |
| <p>2. ALCANCE.</p> <p>Analizar el correcto funcionamiento del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F1.</p> | | | |
| <p>3. PROCEDIMIENTOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Asegurar de manera correcta los cables al ala. 2.- Asegurar de manera correcta los cables a la estructura del triángulo. 3.- Asegurar de una manera precisa la eslinga al tecele. 4.- Asegurarse de que los cables estén en la posición correcta para que se equilibre el ala. | | | |
| <p>4. FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p> | | | |

4.6. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA REALIZAR EL IZAMIENTO DE UN ALA DEL AVIÓN MIRAGE F-1.

A continuación se detalla cada uno de los pasos a seguir para poder llevar a cabo el montaje del ala del avión Mirage F-1:

1.- En la figura 4.1 se muestra la instalación de los cables con sus respectivas poleas al gancho el cual sostendrá al conjunto de los cables de acero.



Fig. 4.1 En esta fotografía se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables al gancho que sostiene al conjunto de cables de acero.

2.- A continuación se muestra en la Fig. 4.2 los cables acoplados a la estructura de el triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.



Fig. 4.2. En esta figura se muestra los cables de acero acoplados a la estructura del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.

3.- En la Fig. 4.3 se indica al personal de mantenimiento conectando y verificando que los pines que van conectados a la estructura del triángulo se encuentren bien asegurados, para de esa manera evitar cualquier tipo de accidentes.



Fig. 4.3. En esta figura se indica al personal de mantenimiento conectando los pines de las poleas y verificando que las mismas se encuentre bien aseguradas.

4.- A continuación en la fig. 4.4 se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables más pequeños a la estructura del triángulo, los mismos que posteriormente serán acoplados al ala del avión Mirage F-1.



Fig. 4.4. En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables más pequeños a la estructura del triángulo, los mismos que posteriormente serán acoplados al ala del avión Mirage F-1.

5.- En la Fig. 4.5 se muestra al personal de mantenimiento realizando el acople de toda la estructura del triángulo de izada con su eslinga hacia el tecele.



Fig. 4.5 En esta figura se muestra al personal de mantto. Realizando el acople de toda la estructura del triángulo de izada con su eslinga hacia al tecele.

6.- En la Fig. 4.6 se muestra al personal de mantenimiento realizando la llamada “Presentación”, que consiste en izar a todo el conjunto de izamiento con el tecele para verificar que se encuentren bien asegurados los pines de acero en cada uno de los vértices de la estructura del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.



Fig. 4.6 En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando la llamada presentación del conjunto de izamiento del ala del avión Mirage F-1

7.- En la Fig. 4.7 se muestra al técnico de mantenimiento realizando la colocación de unos pernos especiales que van acoplados a los cables del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.



Fig. 4.7 Se muestra al técnico de mantenimiento realizando la colocación de unos pernos especiales que van acoplados a los cables del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1.

8.- En la Fig. 4.8 se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables de acero en la estructura del ala del avión Mirage F-1.



Fig. 4.8 En esta figura se muestra al personal de mantenimiento realizando el acoplamiento de los cables de acero en la estructura del ala del avión Mirage F-1.

9.- En la Fig. 4.9 se muestra al personal de mantenimiento colocando al triángulo de izamiento en la posición más adecuada para poder realizar el izamiento del ala del avión Mirage F-1.



Fig. 4.9 En esta figura se muestra al personal de mantto. Colocando al triángulo de izada en una posición correcta para poder llevar a cabo el izamiento del ala del avión Mirage F-1.

10.- En la Fig. 4.10 se muestra al personal de mantenimiento realizando el respectivo izamiento del ala del avión Mirage F-1.



Fig. 4.10 En esta figura se muestra al personal de Mantenimiento realizando el izamiento del ala del avión Mirage F-1.

11.- En la Fig. 4.11 se muestra al personal de mantenimiento controlando el tecele una vez que se ha llevado a cabo sin ninguna novedad el izamiento del ala del avión Mirage F-1.



Fig. 4.11 En estas figuras se muestra al ala completamente izada y sostenida por la estructura de la eslinga y del triángulo que a su vez están sujetas al tecele.

CAPÍTULO V

ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. ESTUDIO ECONÓMICO.

En este capítulo se detallará el costo de la construcción del Triángulo de Izada de las alas del avión Mirage F-1.

5.2. PRESUPUESTO.

Antes de realizar este proyecto de Grado se hizo un presupuesto, valorado en \$300.

5.3. FACTORES ECONÓMICOS.

En la construcción de este proyecto se ha considerado 3 factores económicos muy importantes como son los siguientes:

1. Materiales.
2. Mano de obra.
3. Otros

1. MATERIALES.- En este factor se tomarán en cuenta todos los materiales estructurales que se utilizarán para la construcción de la herramienta.

Tabla 5.1. Lista de materiales del proyecto de Grado

| MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO | | | | |
|--|-----------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Detalle | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| Tubo estructural de 2 pulg. de Ø | Metros | 6 | 20,00 | 20,00 |
| Cables de Acero 6mm de Ø. | Metros | 5 | 6,00 | 30,00 |
| Pasadores de Acero | 3 | 3 | 4,00 | 12,00 |
| Electrodos | libras | 6 | 1,50 | 9,00 |
| Lijas | Paquete | 1 | 3,00 | 3,00 |
| Pintura | Galón | 1/2 | 10,00 | 10,00 |
| Thiñer | Litros | 4 | 2,00 | 8,00 |
| | TOTAL | | | 92,00 |

2. Mano de Obra.- En este factor se toma en cuenta los gastos realizados en la construcción y en la pintura de la estructura.

Tabla 5.2. Mano de Obra.

| MANO DE OBRA | |
|--------------------------|------------------|
| Detalle | Valor USD |
| Alquiler de Herramientas | 75,00 |
| Pintada de la Estructura | 25,00 |
| Total | 100,00 |

Tabla 5.3. Costo Total del Proyecto.

| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | |
|---------------------------------|------------------|
| Detalle | Valor USD |
| Materiales | 91,00 |
| Mano de Obra | 100,00 |
| Total | 191,00 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La construcción del triángulo de izada ha culminado con éxito y esta aportando a la ejecución de los trabajos en la fase 3 y 6 de la inspección.
- Al pasar todas las pruebas funcionales a las que fue sometido el Triángulo de Izada se puede observar fácilmente que cumple con las expectativas planteadas desde el momento de su construcción.

6.2. RECOMENDACIONES

- Instruir al personal sobre el manejo de la herramienta.
- Realizar el mantenimiento adecuado al triángulo y sus cables, para asegurar su buen funcionamiento y su larga duración.
- Utilizar la herramienta siguiendo los pasos que se detallan en los manuales de operación y funcionamiento.

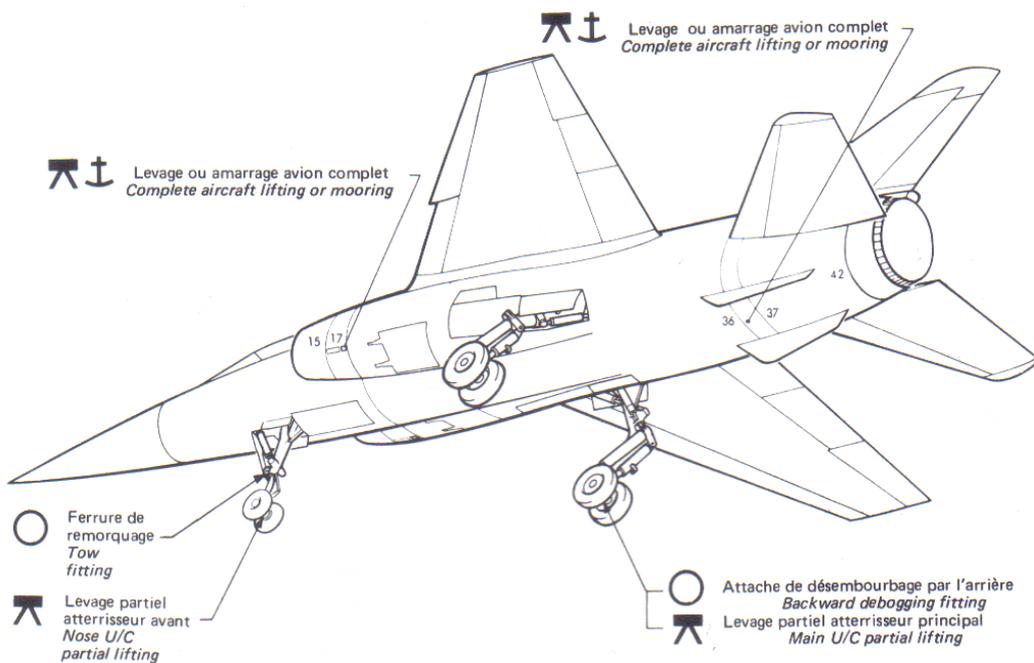
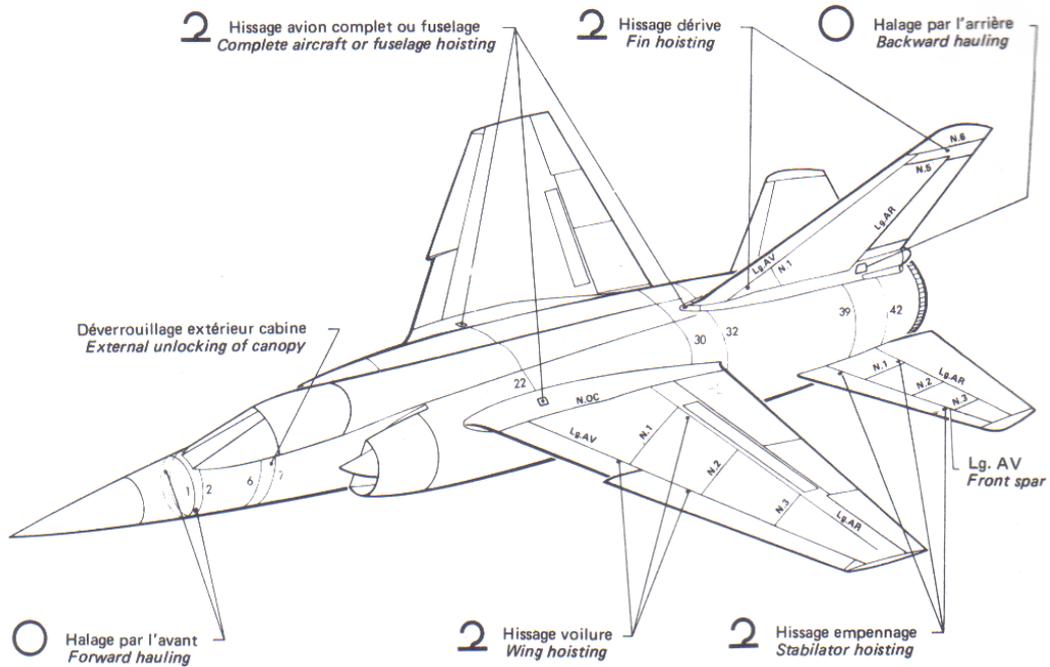
BIBLIOGRAFÍA

- Manual d` Entrein Mirage F-1JA, (1978) ,1F-F1K50JA-2 Manual de Mantenimiento, Actualización Julio de 1991 Paris.
- Avions Marcel Dassault-Breguet Aviation, Catalogue des Materiels de Servitude de L´Avion Mirage F1 (57 06 001 A), Actualización Julio de 1991 Paris.
- www.dintel-gid.com.ar
- www.marcedassault.com
- www.breguetaviation.com
- www.google.com
- www.microsoftencarta.com

A N N E X O S



ANEXO A (Avión Mirage F-1)



POINTS DE SERVITUDE - MANUTENTION
SERVICING POINTS : GROUND HANDLING

ANEXO B. (Lámina explicativa de todos los puntos de izada del avión.)



ANEXO C. (Triángulo de Izada de las alas del avión Mirage F-1)



ANEXO D. (Sección del triángulo de izada unido por un pasador.)



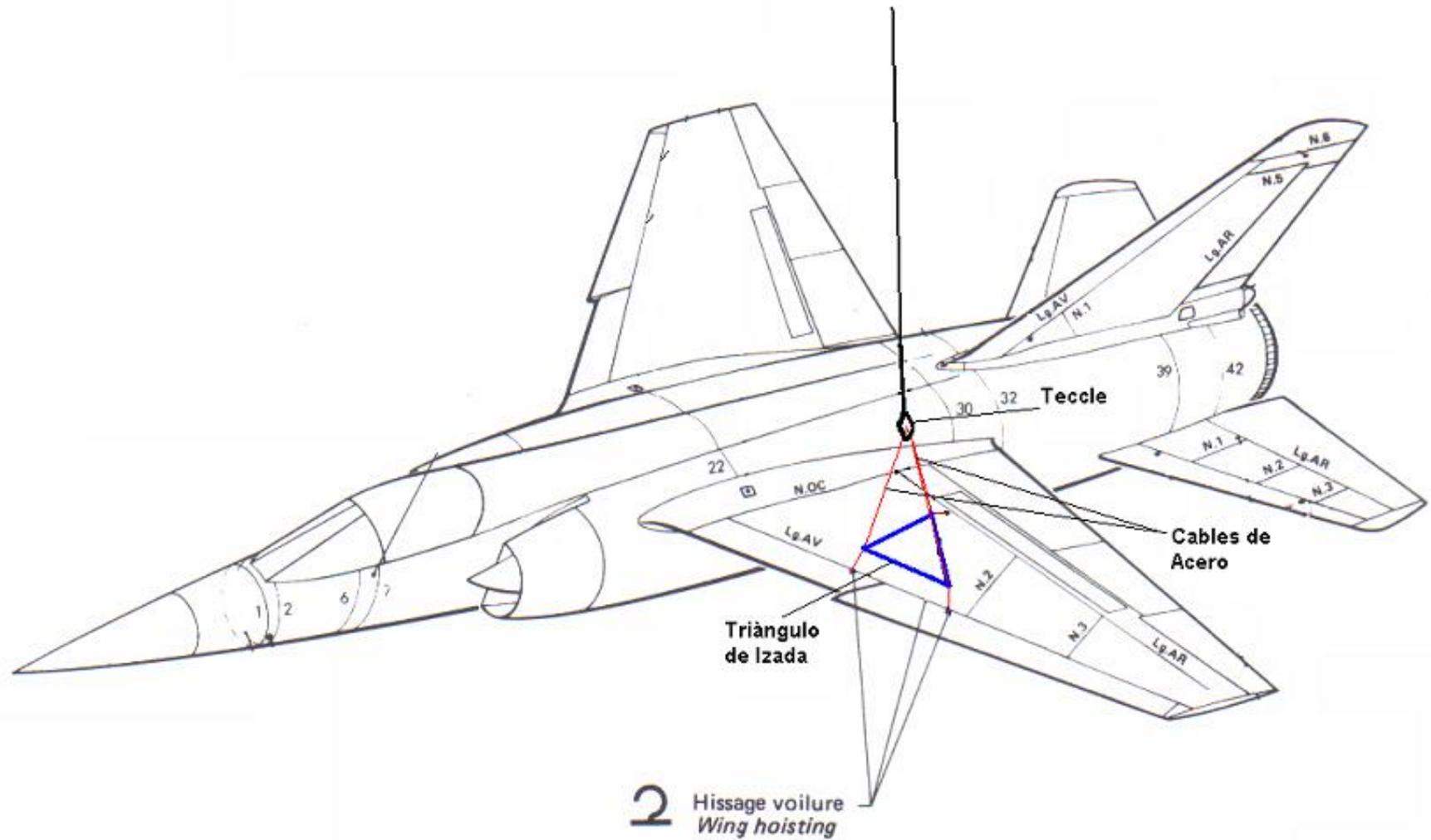
ANEXO E. (Pasador de seguridad)



ANEXO F. (Mueble de Apoyo para el ala del avión Mirage F-1)



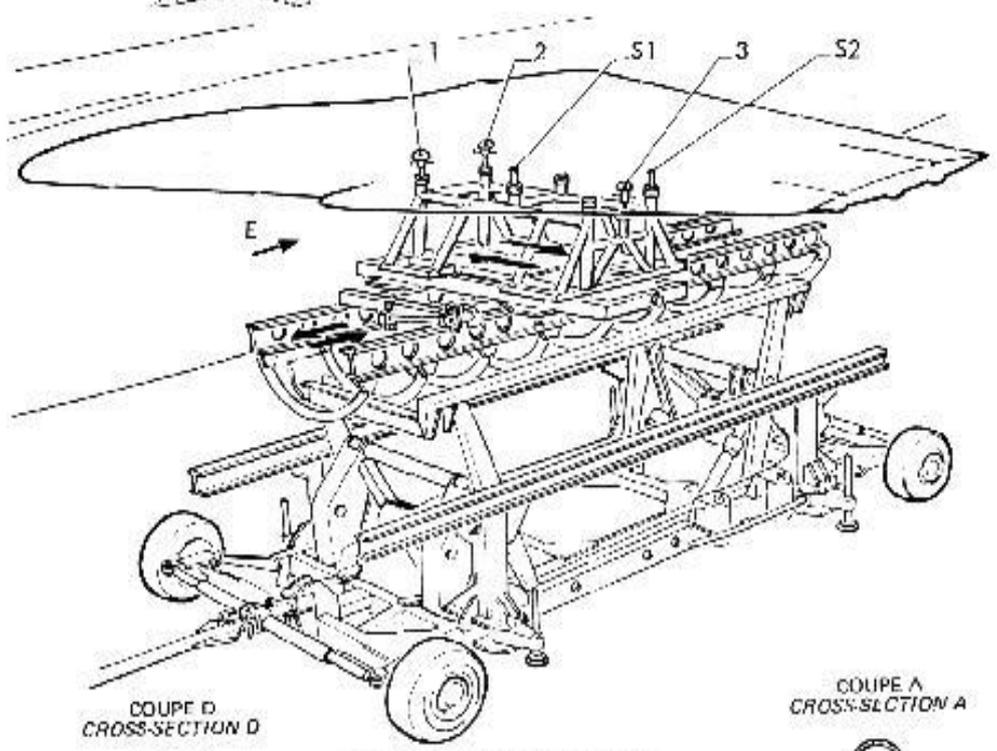
ANEXO G. (Chariot que se utiliza para montar el ala con su respectivo mueble antes de realizarse el montaje o desmontaje en el avión.)



Anexo H. (Gráfico representativo de la colocación del triángulo de Izada para desmontar el ala).



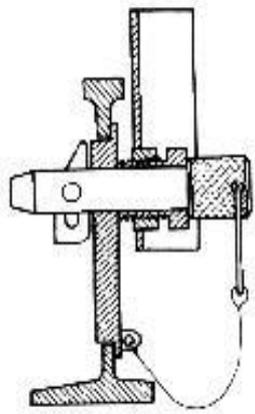
ANEXO I. (Grafico representativo de la "presentación" del Triángulo de Izada de las Alas antes de realizar el izaie)



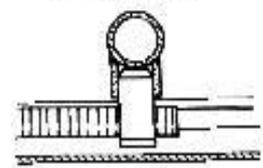
COUPE D
CROSS-SECTION D

COUPE A
CROSS-SECTION A

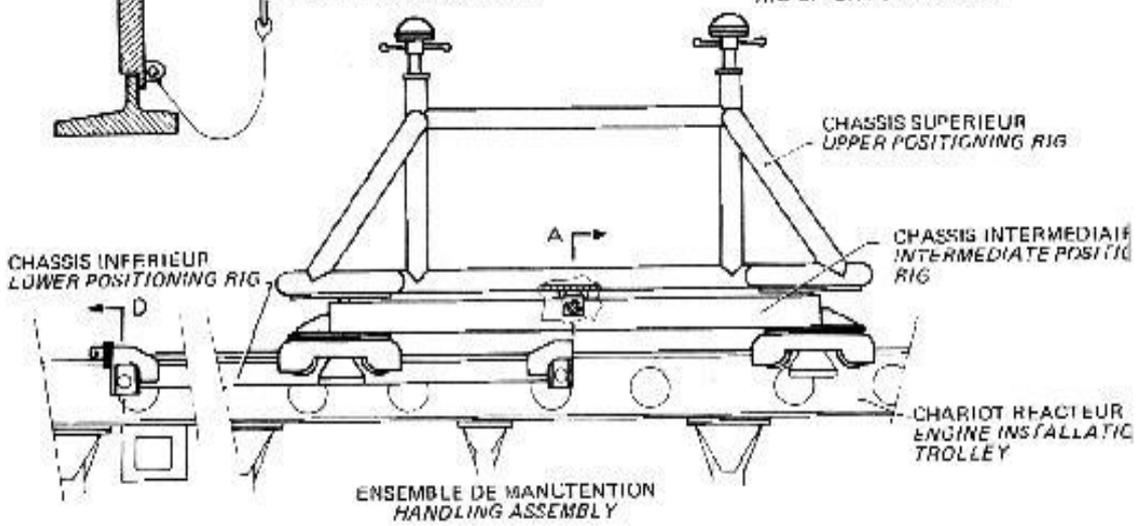
PRESENTATION DE L'ENSEMBLE
DE MANUTENTION
GENERAL VIEW OF
HANDLING ASSEMBLY



BROCHAGE
CHARIOT REACTEUR
CHASSIS INFÉRIEUR
PINNING
ENGINE INSTALLATION
TROLLEY
LOWER POSITIONING RIG



ACCOUPLÉMENT
CHASSIS INTERMÉDIAIRE
CHASSIS SUPÉRIEUR
COUPLING
INTERMEDIATE POSITIONING
RIG UPPER POSITIONING



CHASSIS SUPÉRIEUR
UPPER POSITIONING RIG

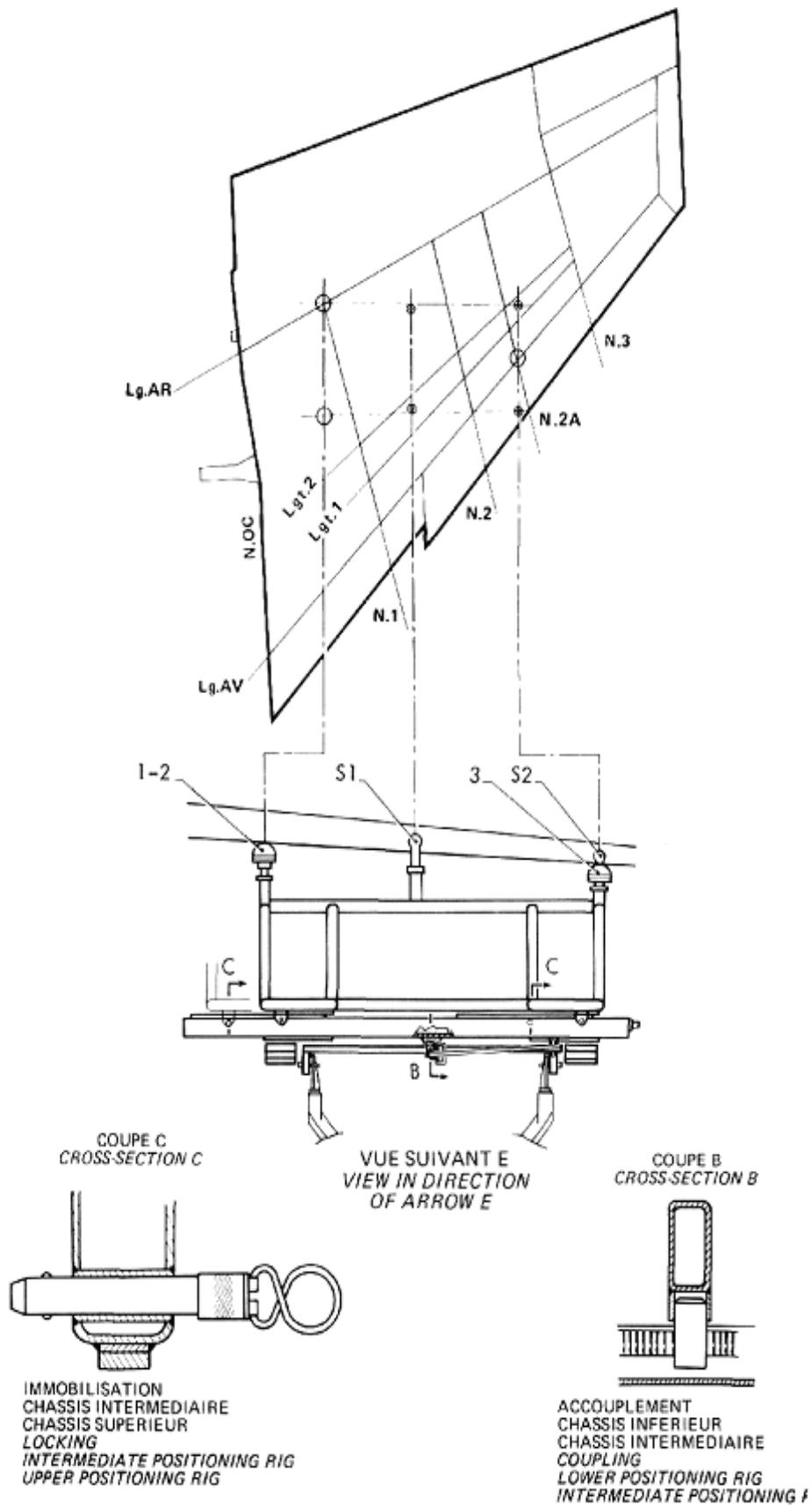
CHASSIS INTERMÉDIAIRE
INTERMEDIATE POSITIONING
RIG

CHASSIS INFÉRIEUR
LOWER POSITIONING RIG

CHARIOT REACTEUR
ENGINE INSTALLATION
TROLLEY

ENSEMBLE DE MANUTENTION
HANDLING ASSEMBLY

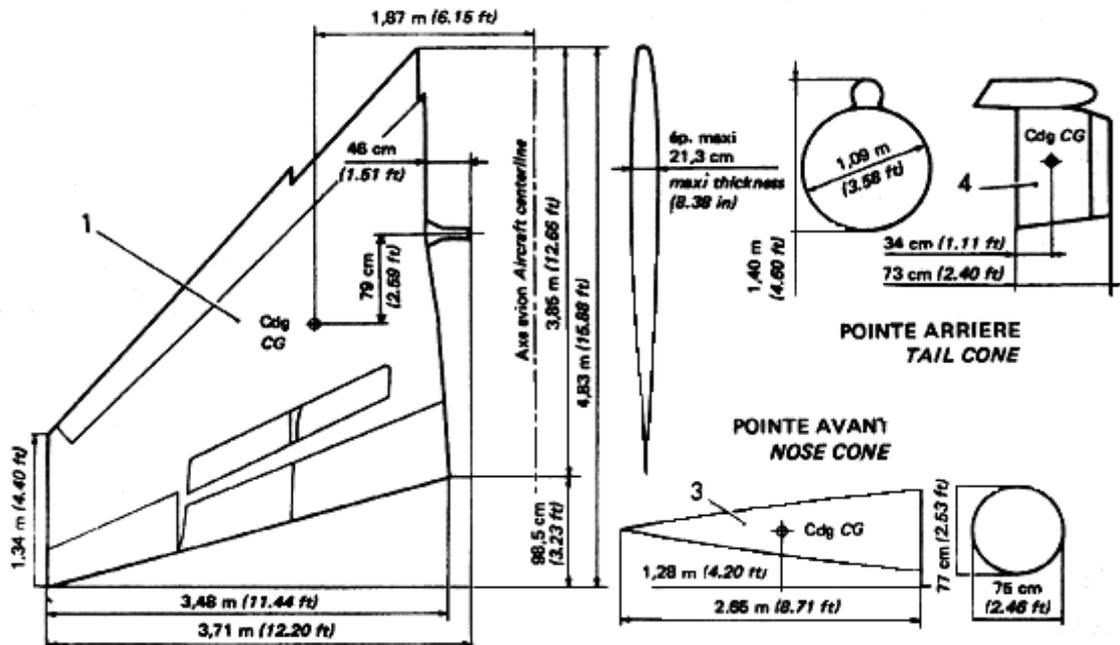
DEPOSE-POSE DE LA VOILURE - MANUTENTION
REMOVAL-INSTALLATION OF WING GROUP - HANDLING



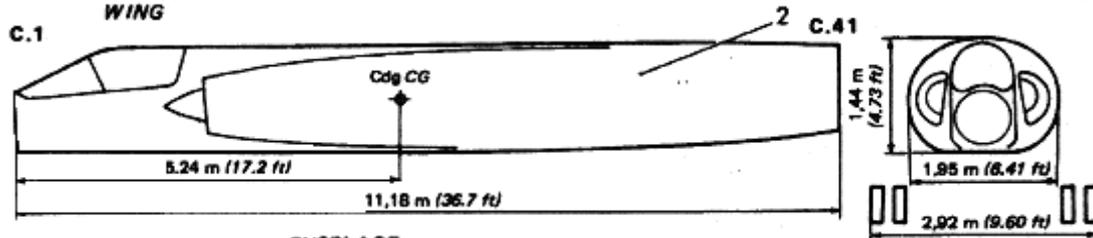
ANEXO K. (Lámina explicativa de los puntos en los cuales se acopla el ala en el Mueble de apoyo.)



ANEXO L. (Ala montada en el mueble de apoyo respectivo después de haber sido desmontada del avión Mirage F-1)

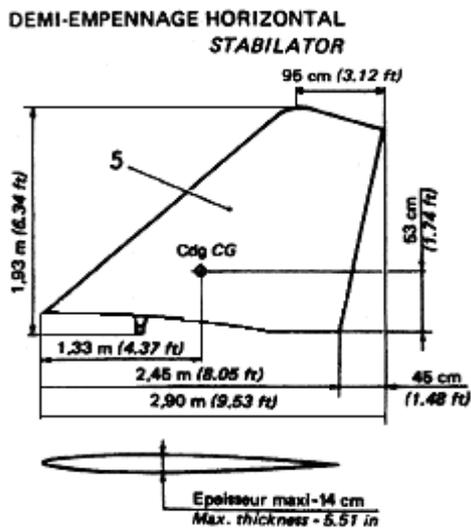


DEMI-VOILURE WING

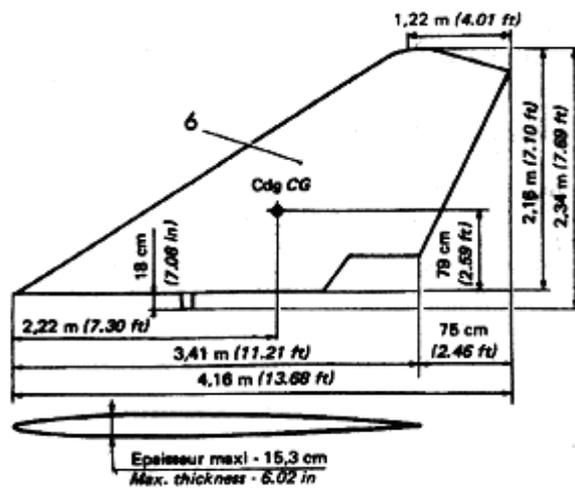


FUSELAGE

EMPENNAGE VERTICAL VERTICAL STABILIZER

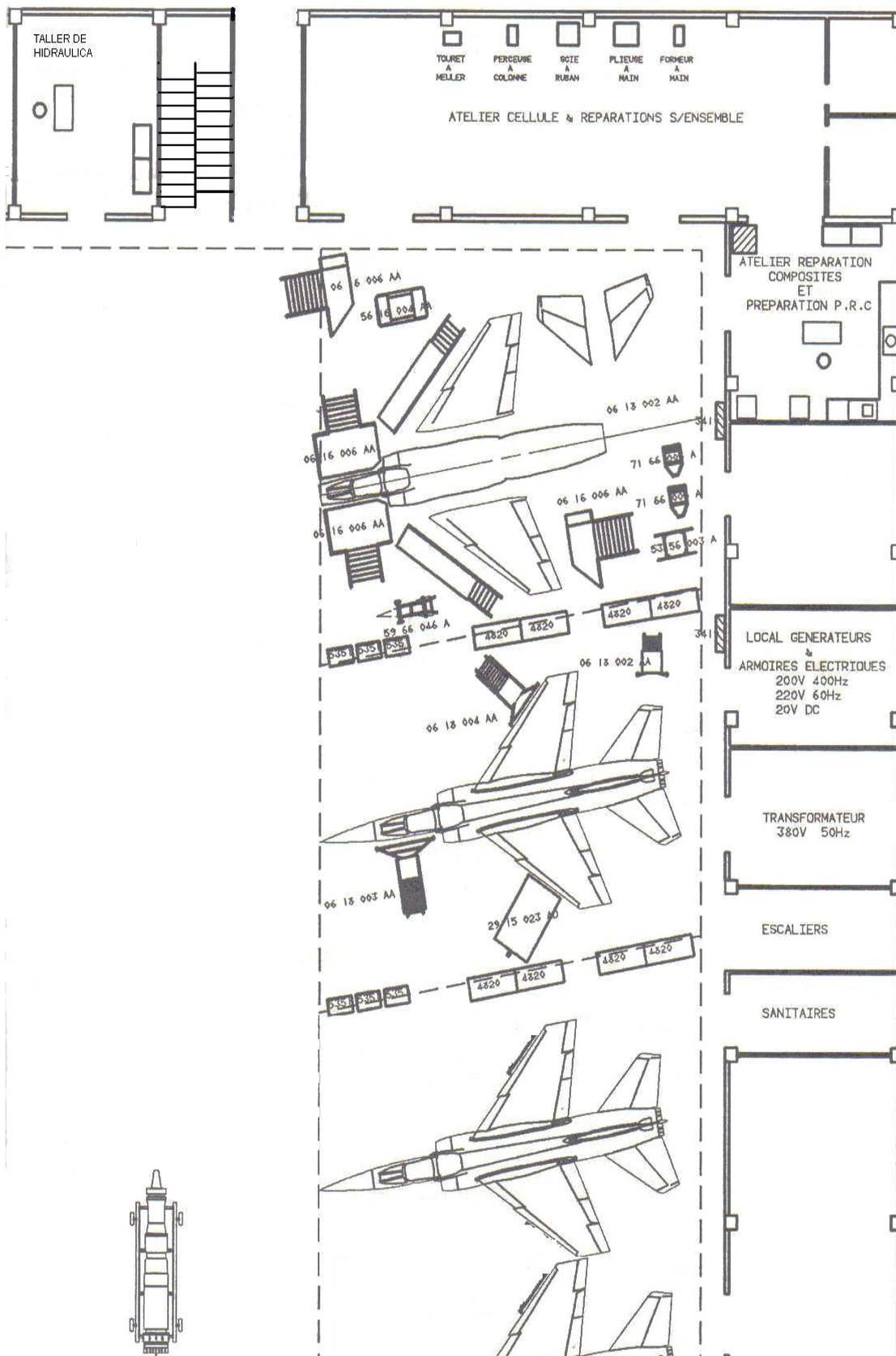


DEMI-EMPENNAGE HORIZONTAL STABILATOR

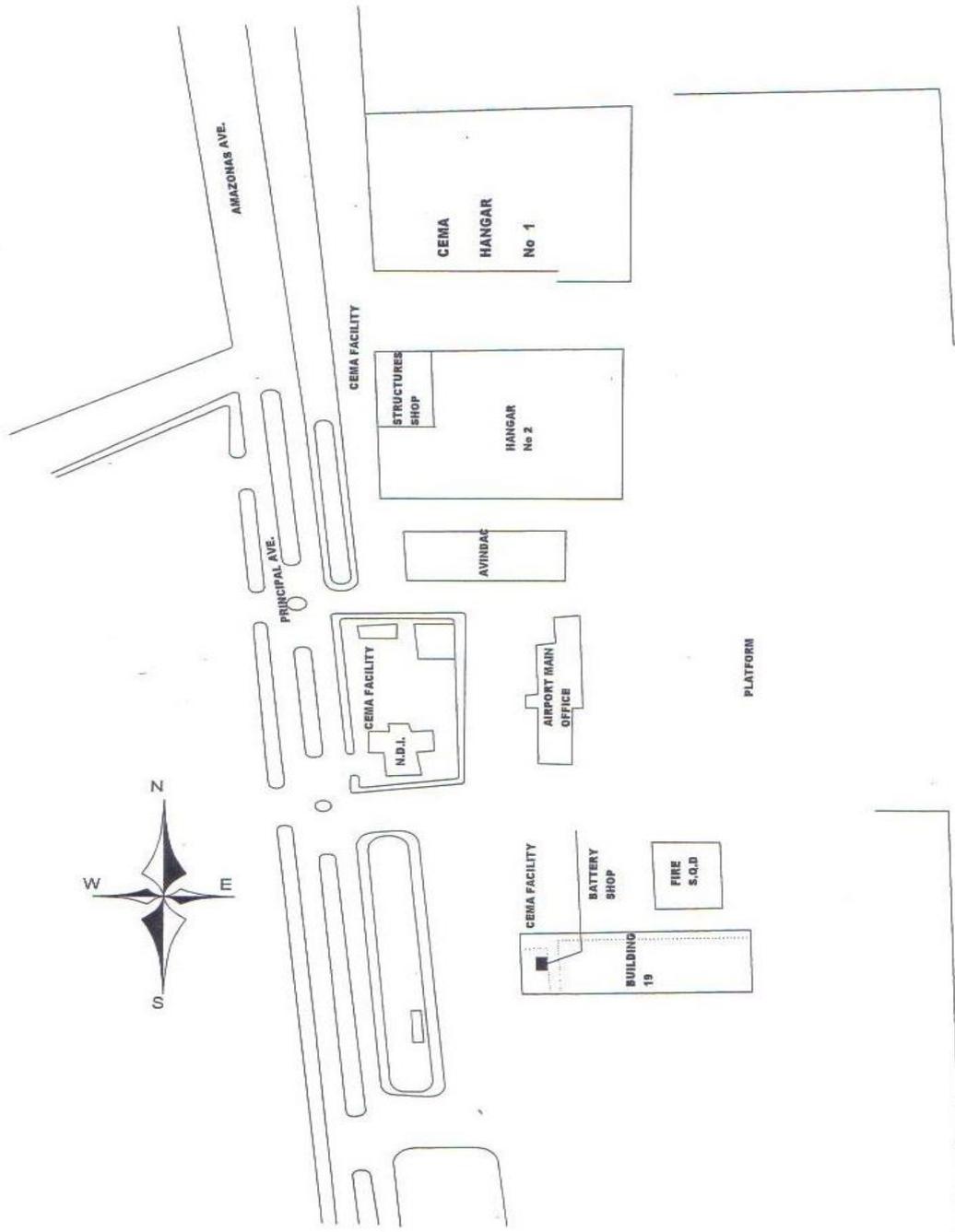


CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DES DIFFERENTS ENSEMBLES
DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF THE VARIOUS ASSEMBLIES

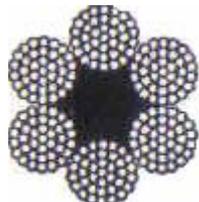
ANEXO M. (Lámina Explicativa de las características de varios ensambles del avión)



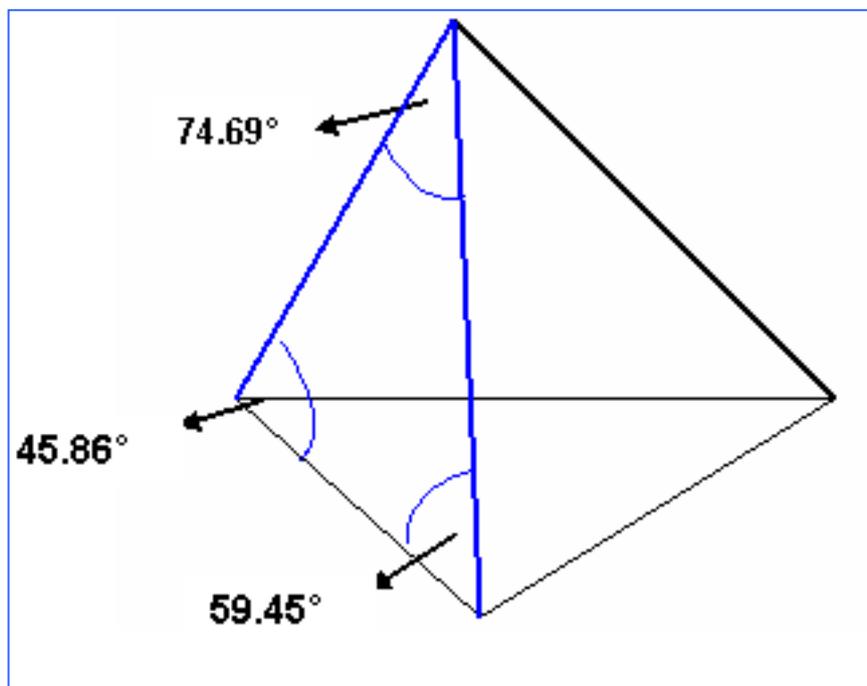
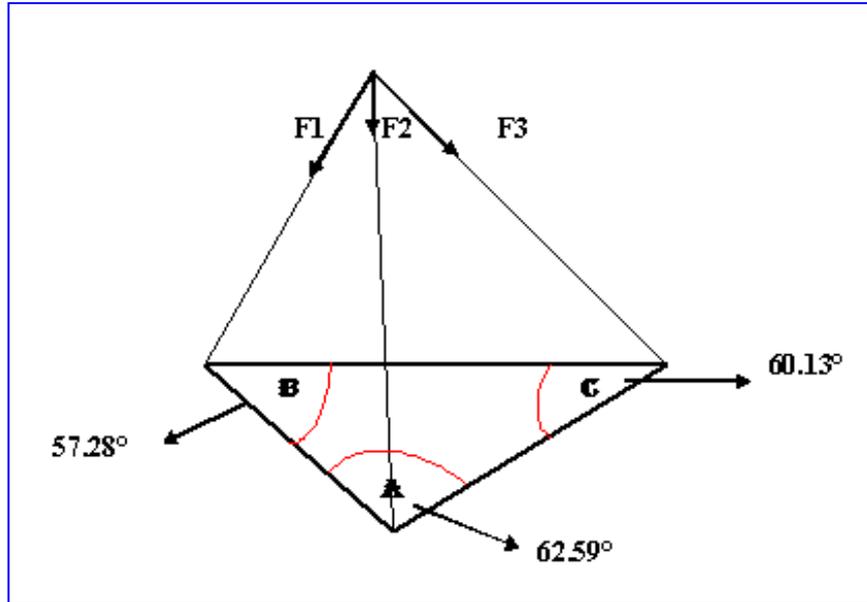
ANEXO N (Taller de Mantenimiento GV-1 visto desde arriba)

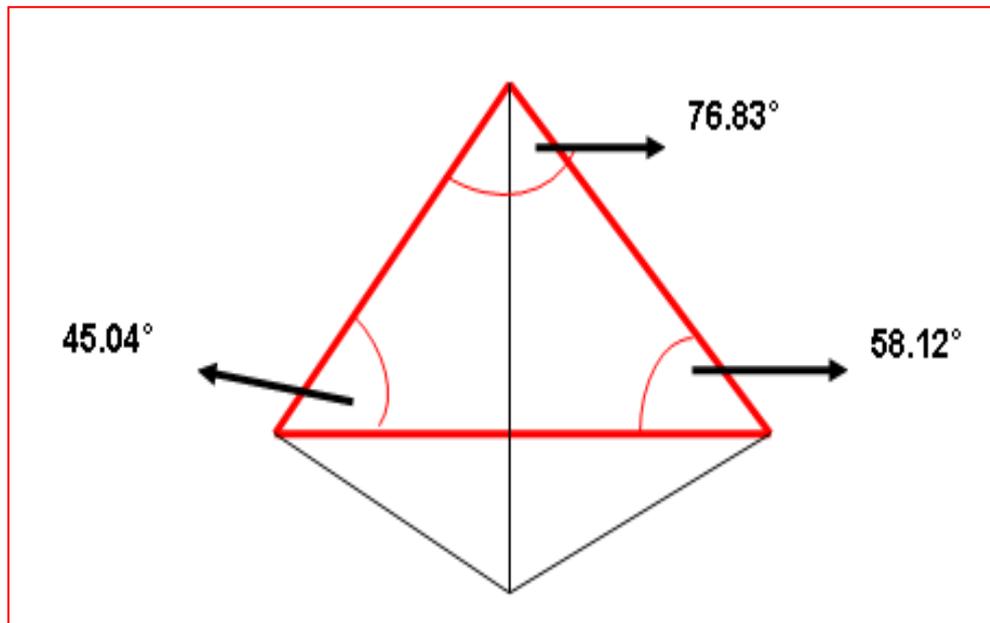
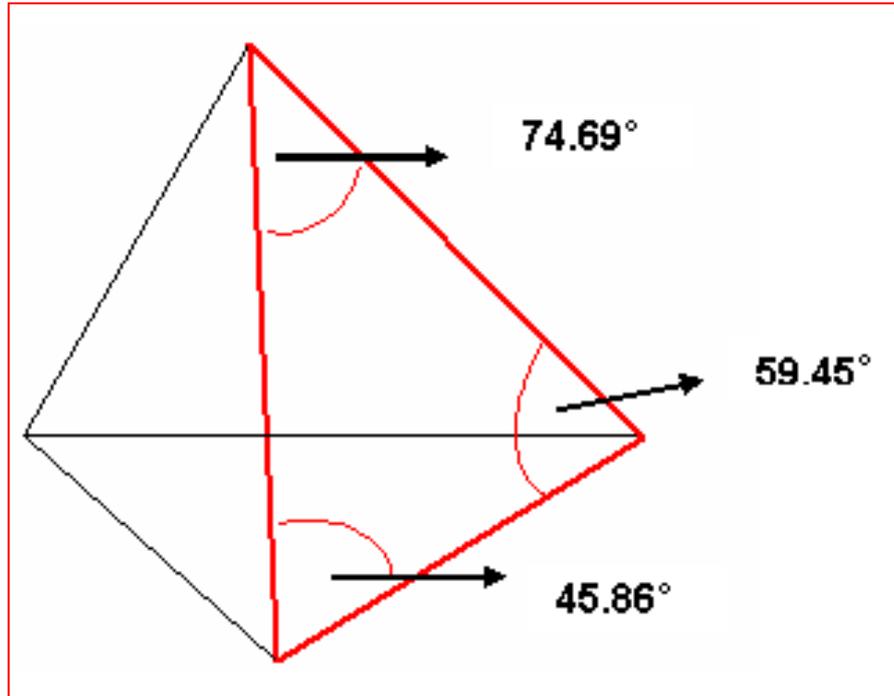


ANEXO O. (Base Aérea Cotopaxi vista desde arriba.)

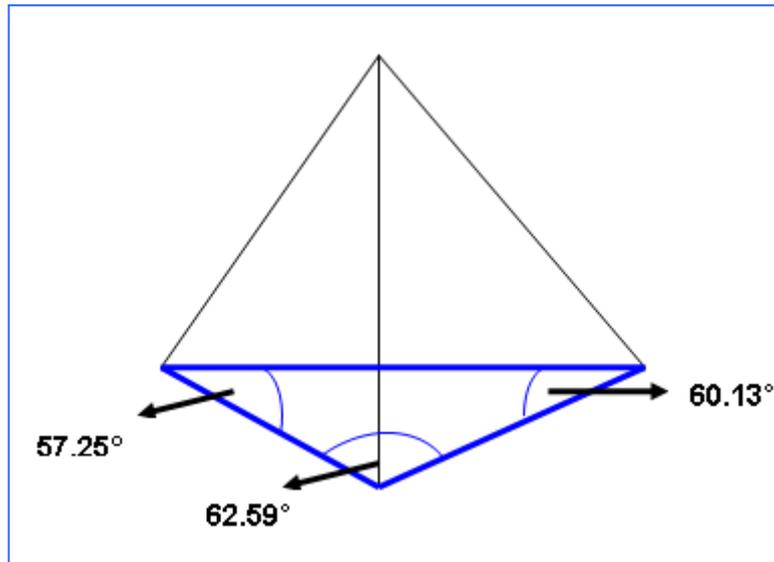
| Órganos de tracción y de sustentación | Cables normalizados de acero Composición y resistencia a la rotura (1º) | | | | | | | |
|--|--|--------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|---|--------|-----|
| | Composición Del Cable | Diámetro del cable d mm. | Diámetro de los alambres d' mm. | Sección total de los alambres A mm. ² | Peso por metro del cable g Kg. | Resistencia de los alambres Kg. / m.m. ² | | |
| | | | | | | 130 | 160 | 180 |
| | | | | | | Resistencia del cable a la rotura kg. | | |
|  <p>6 x 19 = 144 y un alma de cáñamo</p> | 6,5 | 0,4 | 14,3 | 0,135 | 1800 | 2300 | 2550 | |
| | 8 | 0,5 | 22,4 | 0,21 | 2900 | 3600 | 4050 | |
| | 9,5 | 0,6 | 32,2 | 0,3 | 4200 | 5150 | 5800 | |
| | 11 | 0,7 | 43,9 | 0,41 | 5700 | 7000 | 7900 | |
| | 12,5 | 0,8 | 57,3 | 0,54 | 7450 | 9150 | 10300 | |
| | 14 | 0,9 | 72,5 | 0,68 | 9450 | 11600 | 13050 | |
| | 16 | 1 | 89,5 | 0,85 | 11650 | 14300 | 16100 | |
| | 17 | 1,1 | 108,3 | 1,02 | 14100 | 17350 | 19500 | |
| | 19 | 1,2 | 128,9 | 1,22 | 16750 | 20600 | 23200 | |
| | 20 | 1,3 | 151,3 | 1,43 | 19650 | 24200 | 27250 | |
| 22 | 1,4 | 175,5 | 1,66 | 22800 | 28050 | 31600 | | |
|  <p>6 x 37 = 222 alambres y un alma de cáñamo</p> | 9 | 0,4 | 27,9 | 0,26 | 3650 | 4450 | 5000 | |
| | 10 | 0,45 | 35,3 | 0,34 | 4600 | 5650 | 6350 | |
| | 11 | 0,5 | 43,6 | 0,41 | 5650 | 7000 | 7850 | |
| | 12 | 0,55 | 52,7 | 0,5 | 6850 | 8450 | 9500 | |
| | 13 | 0,6 | 62,8 | 0,59 | 8150 | 10050 | 11300 | |
| | 14 | 0,65 | 73,7 | 0,7 | 9600 | 11800 | 13250 | |
| | 15 | 0,7 | 85,4 | 0,81 | 11100 | 13650 | 15350 | |
| | 16 | 0,75 | 98,1 | 0,93 | 12750 | 15700 | 17650 | |
| | 18 | 0,8 | 111,6 | 1,06 | 14500 | 17850 | 20100 | |
| | 20 | 0,9 | 141,2 | 1,34 | 18350 | 22600 | 25400 | |
| | 22 | 1 | 174,4 | 1,65 | 22650 | 27900 | 31400 | |
| | 24 | 1,1 | 211 | 2 | 27450 | 33750 | 38000 | |
| | 27 | 1,2 | 251,1 | 2,38 | 32650 | 40200 | 45200 | |
| | 29 | 1,3 | 294,7 | 2,8 | 38300 | 47150 | 53050 | |
| | 31 | 1,4 | 341,7 | 3,24 | 44400 | 54650 | 61500 | |
| | 33 | 1,5 | 392,3 | 3,72 | 51000 | 62750 | 70600 | |
| | 35 | 1,6 | 446,4 | 4,24 | 58050 | 71400 | 80350 | |
| | 37 | 1,7 | 503,9 | 4,78 | 65500 | 80600 | 90700 | |
| 40 | 1,8 | 564,9 | 5,36 | 73450 | 90400 | 101700 | | |
| 42 | 1,9 | 629,4 | 5,97 | 81800 | 100700 | 113300 | | |
| 44 | 2 | 697,4 | 6,62 | 90650 | 111600 | 125550 | | |
|  <p>8 x 37 = 296 alambres y un alma de cáñamo</p> | 16 | 0,6 | 83,7 | 0,84 | 10900 | 13400 | 15050 | |
| | 19 | 0,7 | 113,9 | 1,14 | 14800 | 18200 | 20500 | |
| | 20 | 0,75 | 130,8 | 1,31 | 17000 | 20950 | 23550 | |
| | 21 | 0,8 | 148,8 | 1,49 | 19350 | 23800 | 26800 | |
| | 23 | 0,85 | 168 | 1,68 | 21850 | 26900 | 30250 | |
| | 25 | 0,95 | 209,8 | 2,1 | 27250 | 33550 | 37750 | |
| | 27 | 1 | 232,5 | 2,32 | 30250 | 37200 | 44850 | |
| | 30 | 1,1 | 281,3 | 2,81 | 36550 | 45000 | 50650 | |
| | 32 | 1,2 | 334,8 | 3,35 | 43500 | 53550 | 60250 | |
| | 35 | 1,3 | 392,9 | 3,93 | 51050 | 62850 | 70700 | |
| | 37 | 1,4 | 455,7 | 4,56 | 59200 | 72900 | 82000 | |
| | 40 | 1,5 | 523,1 | 5,24 | 68000 | 83700 | 94150 | |
| | 43 | 1,6 | 595,1 | 5,95 | 77350 | 95200 | 107100 | |
| | 45 | 1,7 | 671,9 | 6,72 | 87350 | 107500 | 120950 | |
| | 48 | 1,8 | 752,2 | 7,52 | 97800 | 120350 | 135400 | |
| | 51 | 1,9 | 839,2 | 8,39 | 109100 | 134300 | 151050 | |
| 54 | 2 | 929,9 | 9,3 | 120900 | 148800 | 167400 | | |
| 58 | 2,2 | 1125,1 | 11,25 | 146250 | 180000 | 202500 | | |

ANEXO P. (Tabla explicativa de los cables de acero)





ANEXO Q (Gráficos explicativos de los ángulos formados por los cables al momento de estar conectados al triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1).



ANEXO R (Gráfico representativo de los ángulos formados por la estructura del triángulo de izada de las alas del avión Mirage F-1).

HOJA DE VIDA

NOMBRES Y APELLIDOS: CORRALES BENAVIDES FAUSTO HUMBERTO

ESTADO CIVIL: CASADO

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

CEDULA DE IDENTIDAD: 171630540-2

FECHA DE NACIMIENTO: 03 DE Mayo de 1981

EDAD: 26 AÑOS

TIPOS DE SANGRE: ORH+

DOMICILIO: LATACUNGA ANTONIA VELA Y MONS.
BENIGNO CHIRIBOGA 1-90

ESTUDIOS PRIMARIOS: ESCUELA PARTICULAR MIXTA TARQUI
ESCUELA FISCAL REPÚBLICA DE ARG

ESTUDIOS SECUNDARIOS: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO

OTROS ESTUDIOS: SUFICIENCIA EN INGLES (ITSA)
CURSO BÁSICO MOTORES TURBO JET (ETFA)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

CORRALES BENAVIDES FAUSTO HUMBERTO

DIRECTOR DE CARRERA

ING. GUILLERMO TRUJILLO

Latacunga, Octubre del 2007