

# Proyecto Fin de Carrera Ingeniería Aeronáutica

## Diseño y Análisis de Mejora de Utillaje Aeronáutico para el Montaje del Lower de un Helicóptero

Autor: Jorge de los Santos García

Tutor: Francisco Hernández Rodríguez

**Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2014





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería Aeronáutica

# **Diseño y Análisis de Mejora de Utillaje Aeronáutico para el Montaje del Lower de un Helicóptero**

Autor:

Jorge de los Santos García

Tutor:

Francisco Hernández Rodríguez

Profesor titular

Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2014



Proyecto Fin de Carrera: Diseño y Análisis de Mejora de Utillaje Aeronáutico para el Montaje del Lower de un Helicóptero

Autor: Jorge de los Santos García

Tutor: Francisco Hernández Rodríguez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2014

El Secretario del Tribunal



*A José Ramón, Manuel y Víctor  
por prestar su experiencia,*

*a Isabel por su don de gentes en  
la búsqueda del presupuesto que  
nadie encontró,*

*a Antonio, sin quien esta idea no  
hubiera sido posible;*

*a Francisco, que ayudó a  
materializarla;*

*a Carmina y Jorge que siempre  
creyeron;*

*y a Consuelo, que endulzó el  
camino que empezó conmigo y  
que hoy acaba.*

*A todos ellos, gracias.*





# Resumen

---

Una empresa del sector aeronáutico dedicada a la fabricación y ensamblaje de conjuntos de aeronaves, acoge entre sus múltiples proyectos la producción de las denominadas barcas delantera y trasera y el posterior ensamblaje de ambas para conformar el Lower Structure o, comúnmente conocido, panza o suelo de un helicóptero.

Cuando el Lower Structure está ensamblado y listo un puente grúa debe evacuarlo de la grada donde el cuerpo de montadores ha trabajado sobre él. Esta operación presenta una serie de complicaciones y riesgos para el personal que trabaja en el ensamblaje del Lower Structure.

El presente documento pretende cubrir la necesidad de diseño y fabricación de un útil aeronáutico cuya implantación a nivel empresarial supone una inversión en el campo de la Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales.



# Abstract

---

An aeronautical sector company dedicated to the manufacture and assembly of aircraft assemblies, hosting multiple projects between its production of so-called front and rear boats and the subsequent assembly of the two to form the Lower Structure or commonly known, tummy or floor from a helicopter.

When the Lower Structure is assembled and ready overhead crane must evacuate tier where assemblers has worked on it. This operation presents some complications and risks to personnel working in the assembly of Lower Structure.

This document aims to meet the need for design and manufacture of an aeronautical tool whose implementation at the enterprise level is an investment in Safety and Risk Prevention.



# Índice

---

<b>Resumen</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Índice</b>	<b>v</b>
<b>Memoria</b>	
<b>1 Objeto</b>	<b>3</b>
<b>2 Alcance</b>	<b>9</b>
<b>3 Antecedentes</b>	<b>9</b>
<b>4 Normas y Referencias</b>	<b>12</b>
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	12
4.2 Aplicaciones y Herramientas Informáticas	12
4.3 Bibliografía	13
<b>5 Definiciones y Abreviaturas</b>	<b>14</b>
<b>6 Requisitos de Diseño</b>	<b>16</b>
<b>7 Análisis de Soluciones</b>	<b>16</b>
<b>8 Montaje y Desmontaje del Útil de Izado</b>	<b>19</b>
<b>9 Resultados Finales</b>	<b>28</b>
<b>Anexo I: Estimación de la Carga a Soportar</b>	
<b>I.1 Introducción</b>	
AI.¡Error! Marcador no definido.	
<b>I.2 Masa de la STRUCTURE ARRIERE</b>	<b>AI-3</b>
<b>I.3 Estimación de la Carga a Soportar por el Útil de Izado</b>	<b>AI-4</b>
<b>Anexo II: Selección del Reductor</b>	
<b>II.1 Objeto</b>	<b>AII-3</b>
<b>II.2 Alcance</b>	<b>AII-3</b>
<b>II.3 Antecedentes</b>	<b>AII-3</b>
<b>Anexos Adicionales</b>	
AII.A_STM_INTRODUCCIÓN	
AII.B_STM_CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	
AII.C_STM_DESPIECE	
AII.D_STM_POSICIONES DE MONTAJE	

AII.E\_STM\_INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO  
AII.F\_STM\_FUNCIONAMIENTO  
AII.G\_STM\_ANÁLISIS

### **Anexo III: Definición del Mecanismo**

<b>III.1 Introducción</b>	<b>AIII-3</b>
<b>III.2 Parámetros de las Distintas Estaciones</b>	<b>AIII-3</b>
<b>III.3 Dimensiones del Sistema piñón-cremallera</b>	<b>AIII-8</b>
<i>III.3.1 Piñón</i>	<i>AIII-8</i>
<i>III.3.2 Cremallera</i>	<i>AIII-10</i>

### **Anexo IV: Dimensiones Críticas del Útil de Izado**

<b>IV.1 Introducción</b>	<b>AIV-3</b>
<b>IV.2 Dimensiones del Soporte Estructural</b>	<b>AIV-3</b>
<i>IV.2.1 Dimensiones de la sección de las placas de empotramiento</i>	<i>AIV-3</i>
<i>IV.2.2 Profundidad de todo el Soporte Estructural</i>	<i>AIV-4</i>
<i>IV.2.3 Dimensiones de la placa soporte lateral y de los angulares inferiores</i>	<i>AIV-4</i>
<i>IV.2.4 Dimensiones de los refuerzos</i>	<i>AIV-5</i>
<i>IV.2.5 Dimensiones del perfil de la placa soporte inferior</i>	<i>AIV-6</i>
<b>IV.3 Dimensiones del Mecanismo</b>	<b>AIV-8</b>
<i>IV.3.1 Dimensiones del perfil del piñón y la cremallera</i>	<i>AIV-8</i>
<i>IV.3.1 Recorrido de la cremallera, base de la cremallera y guía de la cremallera</i>	<i>AIV-9</i>

### **Anexo V: Uniones y Accesorios**

<b>V.1 Introducción</b>	<b>AV-3</b>
<b>V.2 Soldadura</b>	<b>AV-3</b>
<b>V.3 Rodamientos</b>	<b>AV-7</b>
<b>V.4 Chavetas</b>	<b>AV-9</b>
<b>V.5 Tornillería y Comerciales</b>	<b>AV-10</b>

#### **Anexos Adicionales**

*AV.A\_RESULTADOS SENSOR DE FUERZA EJE 2-3*

### **Anexo VI: Cálculo Estructural**

<b>VI.1 Introducción</b>	<b>VI-3</b>
<b>VI.2 Definición de Materiales</b>	<b>VI-3</b>
<b>VI.3 Cálculo Estructural</b>	<b>VI-7</b>
<i>VI.3.1 Introducción</i>	<i>VI-7</i>
<i>VI.3.2 Mallado</i>	<i>VI-8</i>
<i>VI.3.3 Librería de Materiales</i>	<i>VI-8</i>
<i>VI.3.4 Modelado de Uniones entre Partes</i>	<i>VI-9</i>
<i>VI.3.5 Modelado de Condiciones de Contorno</i>	<i>VI-11</i>
<i>VI.3.6 Acción de la gravedad</i>	<i>VI-12</i>
<i>VI.3.7 Cálculo y Representación de Resultados</i>	<i>VI-12</i>
<i>VI.3.8 Análisis FEM de Subconjuntos</i>	<i>VI-13</i>
<i>VI.3.8.1 Placa de Teflón</i>	<i>VI-13</i>
<i>VI.3.8.2 Brazo Elevador</i>	<i>VI-16</i>

VI.3.8.3 Eje 2-3	VI-21
VI.3.8.4 Base del Mecanismo	VI-26
VI.3.8.5 Soporte Estructural sin Palometas	VI-30
VI.3.8.6 Soporte Estructural con Palometas	VI-35

#### **Anexos Adicionales**

<i>AVI.A_ANALISIS_TEFLON</i>	
<i>AVI.B_ANALISIS_MECANISMO2</i>	
<i>AVI.C_ANALISIS_EJE_23</i>	
<i>AVI.C.1_TENSION_CARA_INF_CHAVETA_EXT</i>	
<i>AVI.C.2_TENSION_CARA_LAT_CHAVETA_EXT</i>	
<i>AVI.C.3_TENSION_CARA_SUP_CHAVETA_EXT</i>	
<i>AVI.C.4_TENSION_CARA_INF_CHAVETA_INT</i>	
<i>AVI.C.5_TENSION_CARA_LAT_CHAVETA_INT</i>	
<i>AVI.C.6_TENSION_CARA_SUP_CHAVETA_INT</i>	
<i>AVI.D_ANALISIS_BASE_MECANISMO</i>	
<i>AVI.E_ANALISIS_SOPORTE2_SINPAL</i>	
<i>AVI.F_ANALISIS_SOPORTE2</i>	

#### **Planos**

<b>Montaje en grada Lower. Vista isométrica</b>	<b>Hoja 1</b>
<b>Montaje en grada Lower. Alzado y planta</b>	<b>Hoja 2</b>
<b>Útil de Izado de Eslinga ARRIERE. Vista isométrica</b>	<b>Hoja 3</b>
<b>Soporte Estructural. Vistas del subconjunto y detalles 1-01 y 1-02</b>	<b>Hoja 4</b>
<b>Soporte Estructural. Detalles 1-03 a 1-09</b>	<b>Hoja 5</b>
<b>Mecanismo de Izado. Vista general del conjunto y detalle 2-02.</b>	<b>Hoja 6</b>
<b>Mecanismo de Izado. Detalles 2-03 a 2-06 y 2-23</b>	<b>Hoja 7</b>
<b>Mecanismo de Izado. Detalle 2-08</b>	<b>Hoja 8</b>
<b>Mecanismo de Izado. Detalles 2-09, 2-11, 2-16 y 2-20 a 2-22</b>	<b>Hoja 9</b>
<b>Mecanismo de Izado. Detalle 2-10</b>	<b>Hoja 10</b>
<b>Mecanismo de Izado. Detalle 2-12</b>	<b>Hoja 11</b>
<b>Conjunto Manivela. Vista isométrica y detalle 3-01</b>	<b>Hoja 12</b>
<b>Conjunto Manivela. Detalle 3-02</b>	<b>Hoja 13</b>
<b>Elementos de Fijación</b>	<b>Hoja 14</b>
<b>Guías de la Manivela</b>	<b>Hoja 15</b>

#### **Pliego de Condiciones**

<b>PC.1 Descripción del Producto</b>	<b>PC-3</b>
<b>PC.2 Especificaciones de los Materiales</b>	<b>PC-4</b>
<b>PC.3 Ejecución del Producto</b>	<b>PC-10</b>
<i>PC.3.1 Soldadura</i>	<i>PC-10</i>
<i>PC.3.2 Preparación superficial y pintura</i>	<i>PC-10</i>
<i>PC.3.3 Tornillería y accesorios comerciales</i>	<i>PC-10</i>









