

Agradecimientos:

Quiero agradecer en primer lugar a D. Juan Carlos Marín por haber confiado en mí para llevar a cabo este Proyecto Fin de Carrera y ofrecerme su conocimiento en esta línea de investigación.

A mis compañeros, pero ante todo amigos del Departamento y del Laboratorio, ellos me lo han enseñado todo, y gracias a ellos, también he conseguido disfrutar, conocer y enfrentarme a la vida tras la Escuela. Pepe, Antonio, Isabel, Migueles, Rafa, José Ramón, Rocío y todo el personal de TEAMS con el que he trabajado, gracias

A mis amigos de la Escuela, por estar siempre juntos, en los buenos y malos momentos, haciendo que este arduo camino sea más sencillo.

A mis amigos ordenados por distraerme cuando más falta me hacía, y confiar siempre en mis posibilidades.

A Germán por su cansino pero motivador “Juan, estudia” y “Juan, el proyecto”.

A mi padre y mis abuelos, para que se sientan muy orgullosos de mí, y me vean como una persona de provecho.

A Cristina, por su ánimo constante, por su apoyo, por sus horas y horas intentando comprender todas las palabrejas empleadas en el proyecto.

Y por último a mi madre. Por haberme aportado tantísimo en la vida, unos valores, unos principios, y sobre todo por el esfuerzo para que yo haya podido estudiar esta carrera. Por todo esto y muchísimo más, gracias.



| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 5 |
| 1.1. Orígenes históricos | 7 |
| 1.2. Objetivos del proyecto | 11 |
| 1.3. Contenido | 12 |
| 2. Antecedentes | 13 |
| 2.1. Introducción | 15 |
| 2.2. Caracterización a cizalladura de materiales compuestos | 16 |
| 2.2.1. Indirectos | 17 |
| 2.2.2. Directos | 18 |
| 2.3. El ensayo Off-Axis | 19 |
| 2.3.1. Descripción del ensayo | 20 |
| 2.3.2. Problemas asociados | 24 |
| 2.3.3. Soluciones planteadas | 25 |
| 3. Estudios experimentales preliminares | 27 |
| 3.1. Introducción | 29 |
| 3.2. Ensayos con orientación 10º | 29 |
| 3.3. Ensayos con orientación 30º | 38 |
| 3.4. Valoración de los resultados | 41 |
| 4. Ensayos para la evaluación de la resistencia a cizalladura S | 49 |
| 4.1. Introducción | 51 |
| 4.2. Ensayos con tacones rectos | 52 |
| 4.3. Ensayos con tacones oblicuos | 61 |
| 5. Análisis de los resultados | 73 |
| 5.1. Introducción | 75 |
| 5.2. Análisis de Elementos Finitos | 75 |
| 5.3. Valoración resultados numéricos | 78 |
| 5.4. Criterios de fallo empleados | 79 |
| 5.5. Evaluación de la resistencia a cizalladura | 84 |
| 5.5.1. Tratamiento de resultados experimentales | 84 |
| 5.5.2. Tratamiento de resultados numéricos | 85 |
| 6. Conclusiones | 91 |
| 6.1. Introducción | 93 |
| 6.2. Conclusiones | 93 |
| 6.3. Desarrollos futuros | 96 |
| Bibliografía | 97 |

