NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA: CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
13 - 16 DE SEPTIEMBRE 2022 CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI

Rediseño y actualización de estructura de izamiento y traslado para la aeronave de vuelos de entrenamiento para la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez

Andrés Julián Valdeleón Alarcón, Gustavo Adolfo Rojas, Fernando Delgado Gómez

Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez
Cali, Colombia

Resumen

Las labores de mantenimiento predictivo y correctivo son actividades de vital importancia para las aeronaves de la Escuela Militar de Aviación, ya que permiten garantizar la seguridad en la operación de las naves durante los vuelos de instrucción. Por esta razón, los equipos utilizados para el mantenimiento deben estar en perfectas condiciones para realizar dichas tareas. El equipo que permite izar aeronaves y trasladarlas de un lugar a otro, conocido como sistema de "gateo", es un dispositivo de alta relevancia para llevar a cabo las labores del mantenimiento. En este documento se presenta un análisis de la estructura de gateo de la aeronave T-34 de la Fuerza Aérea Colombiana con el fin de ser utilizado para nuevos estados de carga en la aeronave T-90. Se realizaron análisis de carga estática a la parte superior de la estructura de gateo, generando dos escenarios de simulación. En el primer escenario de simulación se considera el total del peso (carga) distribuido sobre el área 1 (dos puntos de soporte delantero). Cada soporte delantero tiene una carga equivalente al 50% de la carga total (2300 Lbf). En el segundo escenario de simulación se considera el total del peso (carga) distribuido sobre el área 1 y el área 2 (un punto de soporte trasero) en una relación de 75% - 25% respectivamente. Cada soporte delantero tiene una carga equivalente al 37.5% de la carga total (2300Lbf) y el soporte trasero tiene una carga equivalente al 25% de la carga total (2300 Lbf). Se verificaron los esfuerzos máximos de Von Mises en la estructura y se obtuvo un factor de seguridad que cumple con la exigencia.

Palabras clave: aeronave de entrenamiento; gato hidráulico; mantenimiento de aeronaves

Abstract

Predictive and corrective maintenance activities are crucial for aircrafts in Military Aviation School because they guarantee security during training flights. Therefore, the equipment used in maintenance activities should be in perfect condition. The hydraulic jack is a relevant equipment to raise and translate the aircraft during maintenance activities. This paper presents an analysis of a jacking system used in a former aircraft (T-34) and adapted to new load conditions as new jacking system for T-90 aircraft. A static load analysis was performed, considering two load conditions. The first condition considers 100% of total load (2300 lb) applied on a frontal area (50% on each frontal support point) , while the second condition considers 75% of total load applied on frontal area (37,5% on each frontal support point) and 25% of the load applied on the rear support. Von Mises stresses were verified, and a satisfactory security factor was obtained.

Keywords*: training aircraft; hydraulic jack; aircraft maintenance*

1. Introducción

El curso de vuelo en la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) es la fase primaria de la formación de los futuros oficiales pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC); estos cursos se imparten en aeronaves especiales diseñadas para tal fin, denominadas aeronaves de entrenamiento primario en las cuales vuelan un instructor y su alumno, quien recibe la instrucción. En este sentido, EMAVI posee dos aeronaves de entrenamiento primaria llamadas T-41 "Mescalero" y T-90 "Calima". Particularmente, el T-90 Calima (ver figura 1) es la nave más utilizada actualmente por la FAC. El T-90, es de tipo monoplano de ala baja con capacidad para dos tripulantes lado a lado (biplaza side by side) fabricado en material compuesto (fibra de vidrio), con tren de aterrizaje fijo.

Fig 1. Aeronave de entrenamiento primario T-90 "Calima". Fuente: www.xataka.com.co,2022.

El T-90, por ser una aeronave de entrenamiento debe realizar un estimado de 63,62 horas de vuelo semanal, lo que indica que las labores de mantenimiento son arduas, aproximadamente 0,78 horas de mantenimiento por hora de vuelo semanal (FAC GRUPO TECNICO EMAVI,2022). Este estudio se centra en el dispositivo utilizado en izamiento y traslado de la aeronave, que es crucial para tener operativa la aeronave de forma segura y en el menor tiempo posible.

En la Figura 2 se muestra, los bancos de izaje convencionales de la aeronave, de tipo fijo, requiriéndose tres por cada aeronave, dos debajo de los planos (alas) y uno en la cola. Para elevar la aeronave los tres utilajes deben ser operados a la vez, lo que implica un proceso lento y que requiere tres técnicos al tiempo, y no permite mover la aeronave ya elevada.

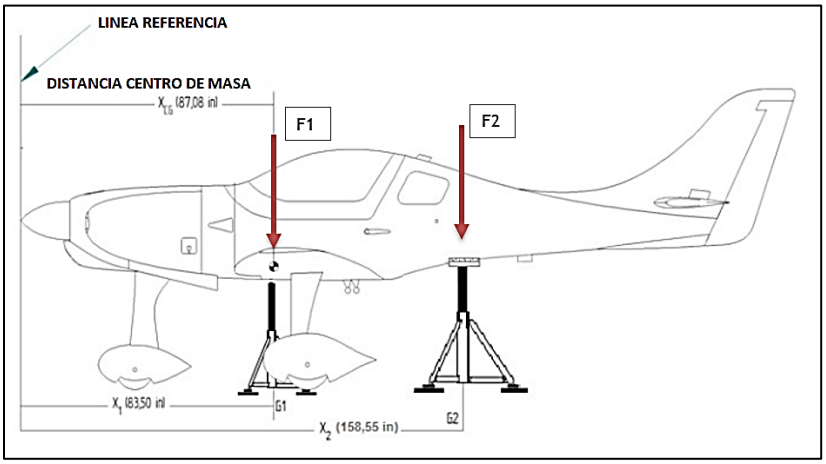

Fig 2. Aeronave de entrenamiento primario T-90 "Calima" sobre bancos de izaje tradicionales. Fuente: FAC,2020

Observándose la necesidad de mejorar el proceso de izar y trasladar la aeronave T-90, se requiero la adaptación de un dispositivo de izaje (mecanismo metálico con ruedas y cilindros hidráulicos) utilizado para el mantenimiento del avión de entrenamiento primario T-34 Mentor, sin embargo, este avión no tiene las mismas características geométricas que el T-90, por tal razón se realizó una modificación para adecuar el dispositivo existente a los puntos duros (según la geometría alar y el fuselaje) de la aeronave T-90 y poder prescindir de los 3 bancos fijos individuales. En el presente estudio se realizó el análisis de una adaptación estructural al dispositivo izaje del T-34 para poder ser utilizado en el izaje y traslado del T-90, desde el punto de vista económico y técnico cumpliendo con requerimientos del manual de mantenimiento de la aeronave T-90 Calima, validando la utilización segura de este sistema para disminuir los tiempos en el proceso de izaje y traslado de la aeronave.

2. Metodología

La Figura 3 muestra un diagrama de la metodología implementada, la cual sigue las recomendaciones de "diseño y desarrollo de productos" (Ulrich,2013)

La recopilación de información, suministrada por el grupo de ingeniería y mantenimiento de la aeronave, dio a conocer las necesidades a satisfacer por la máquina. Posteriormente se realizó una especificación de los objetivos de diseño con el fin de totalizar toda la información y condensarla en sentencias simples a cumplir. Para este caso el sistema tuvo las siguientes especificaciones:

1. Soportar una carga máxima de 2300Lbf.
2. Permitir la elevación y descenso de la aeronave siempre en posición horizontal
3. Fácil proceso de manufactura

4. Bajo costo

Acto seguido, se utilizó el dispositivo de izaje (mecanismo metálico con ruedas y cilindros hidráulicos) del T-34 Mentor adaptando su parte superior a la geometría del T-90 con una armadura metálica con apoyos en cojinería sobre madera. En la Figura 4 se observa la aeronave T-90 soportada en el dispositivo de izaje adaptado.

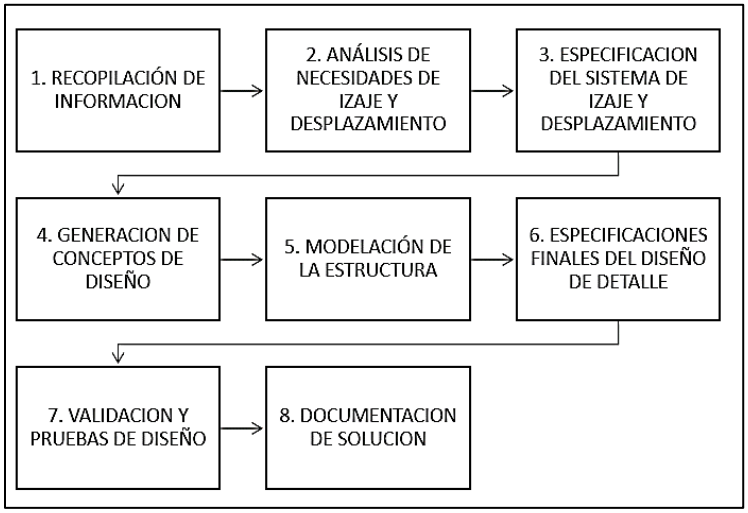

Fig 3. Metodología de diseño para sistema de izaje y desplazamiento. (Adaptado de Ulrich et al,2013)

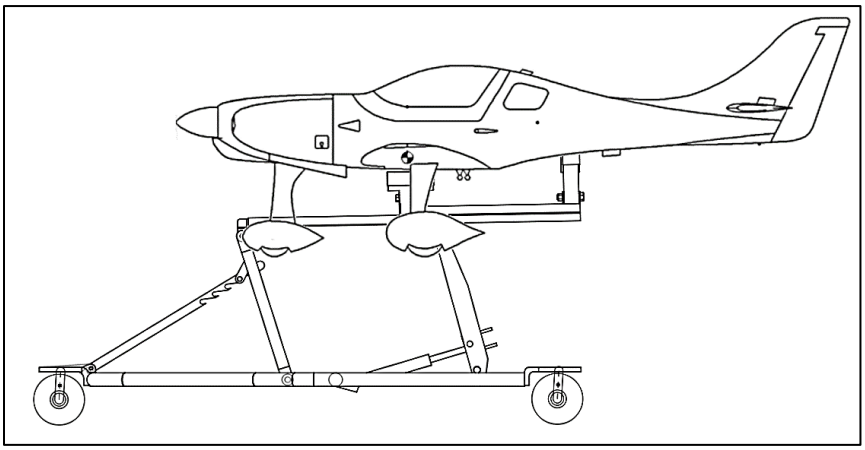

Fig 4. Aeronave de entrenamiento primario T-90 "Calima" sobre banco adaptado. Fuente: FAC,2020

Se desarrollaron conceptos de diseño que fueron evaluados según tablas de calificación que categorizan los conceptos de diseño de acuerdo con el nivel de importancia.

A continuación, en la Figura 5, se muestran los tres (3) conceptos de diseño planteados

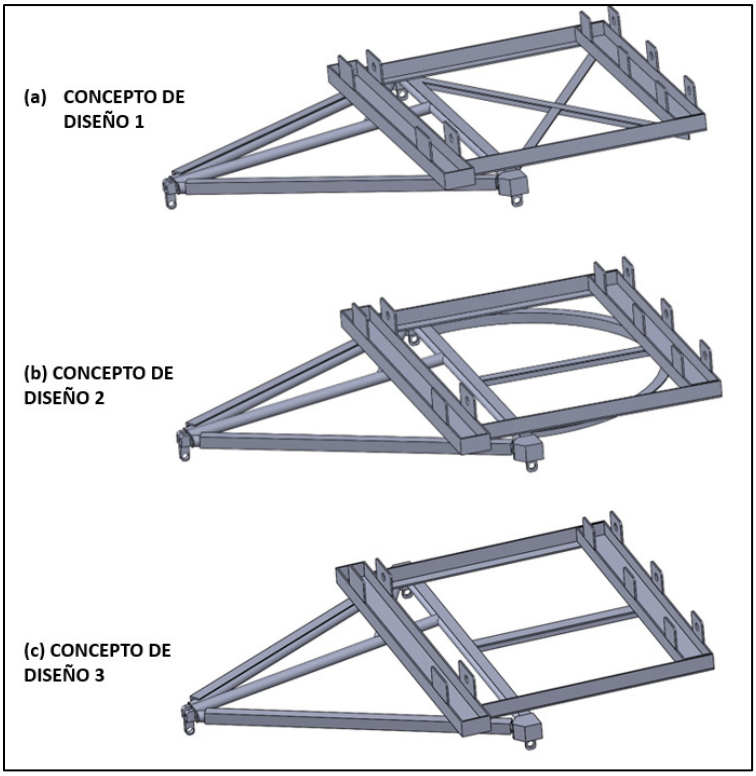

Fig 5. Conceptos de diseño planteados. (a) estructura en X, (b) estructura en U, (c) estructura en L.

Se consideró que el concepto (b) no cumple con los requerimientos 3 y 4, donde se indica que la fabricación de una estructura con refuerzo en U es considerablemente difícil ya que no se cuenta con dobladora de perfiles, resultando en un costo mayor por tener que recurrir a la fabricación externa.

El concepto (a) por su parte, presenta una construcción simple, pero requiere de más perfiles estructurales que el concepto (c) considerándose el concepto como no viable. Por este motivo, se seleccionó el concepto (c) por ser el más simple y fácil de fabricar, por ende, el más económicamente viable.

La posición de la carga con respecto a los puntos de apoyo define dos escenarios: a) escenario 1: El total del peso (carga) distribuido sobre el área 1. Cada apoyo (2 en total) tiene una carga equivalente al 50% de la carga total (2300Lbf). b) escenario 2: El total del peso (carga) distribuido sobre el área 1 y el área 2 en una relación de 75% - 25% respectivamente. Cada soporte delantero (2 en total) tiene una carga equivalente al 37,5% de la carga total (2300Lbf) y una carga equivalente al 25% de la carga total (2300Lbf) sobre soporte trasero. (Ver Figura 6).

(a) (b)

Fig 6. Puntos de apoyo de aeronave de entrenamiento primario T-90 "Calima". (a) Área 1 con dos apoyos principales. (b) Área 2 con apoyo trasero.

Se consideraron las condiciones de frontera para la validación por el método de elementos finitos: a) los puntos de conexión de la estructura superior se consideran fijos y sin rotación (Ver Figura 7). b) Sobre las áreas de aplicación de las cargas se aplicaron cargas normales en dirección Y negativo, correspondiente a 862,5 Lbf en las áreas de apoyo 1-A y 1-B, y 575 Lbf sobre el área de apoyo 2 (Figura 8).

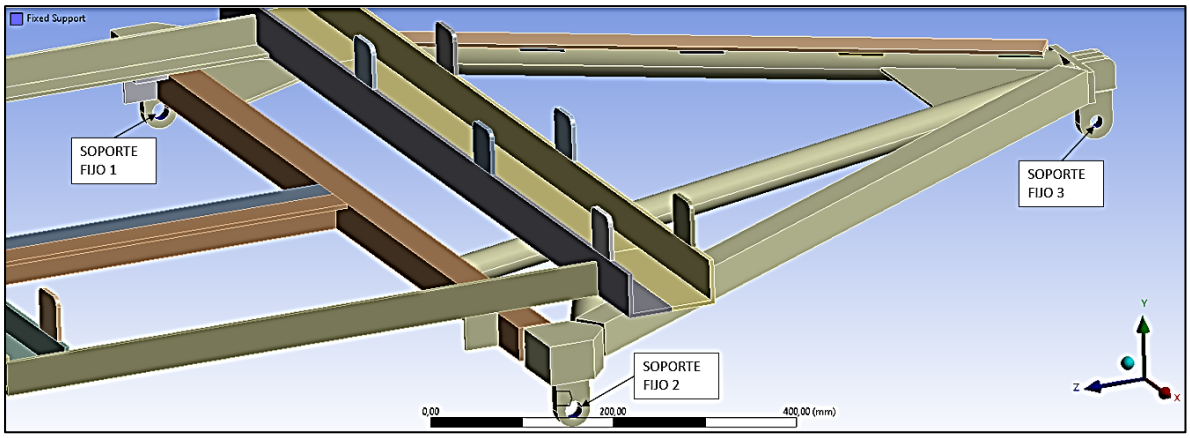

Fig 7. Condición de frontera de desplazamiento. Tres áreas de soporte "fijo"

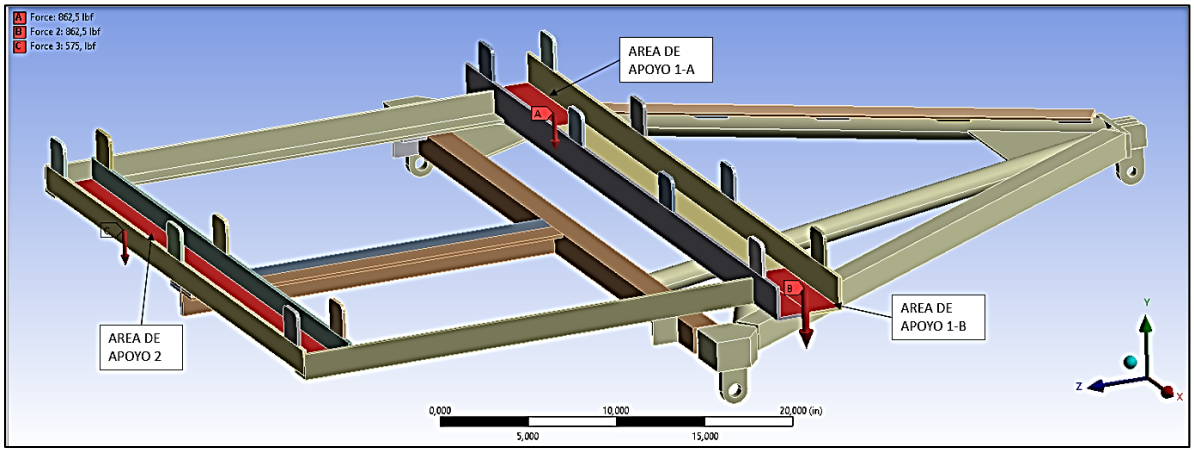

Fig 8. Condición de frontera de fuerzas. Tres áreas de "fuerza normal dirección (-) Y ".

3. Resultados

La validación del concepto de diseño (c) se realizó por medio de verificación de resistencia mecánica utilizando el método de elementos finitos. La validación se realizó utilizando el software ANSYS con los parámetros de simulación detallados en la Tabla 1 y Tabla 2.

MATERIAL DE LA ESTRUCTURA: ACERO A36	
Densidad	7.85 g/cc
Resistencia a la tensión (σu)	550 MPa
Límite de fluencia (σy)	250 MPa
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa
Relación de Poisson	0.26

Tabla 1. Propiedades mecánicas de material A36. (www.matweb,2022)

En la Tabla 2 se listan los parámetros de configuración de la malla.

Parámetros de mallado	
Tipo de malla	Malla solida
Tamaño máximo del elemento	10mm
Número total de elementos	96203
Porcentaje e elementos con relación de aspecto >10	1.08%

Tabla 2. Parámetros de configuración de la malla

Se consideró la simulación del escenario 2 más crítica que la simulación del escenario 1 porque parte del peso del avión recae en el soporte trasero generando momentos flectores sobre los perfiles longitudinales.

La Figura 9 evidencia los esfuerzos de Von Mises con un valor máximo de 124,26 MPa cerca de la unión soldada que une la viga longitudinal trasera con la estructura delantera.

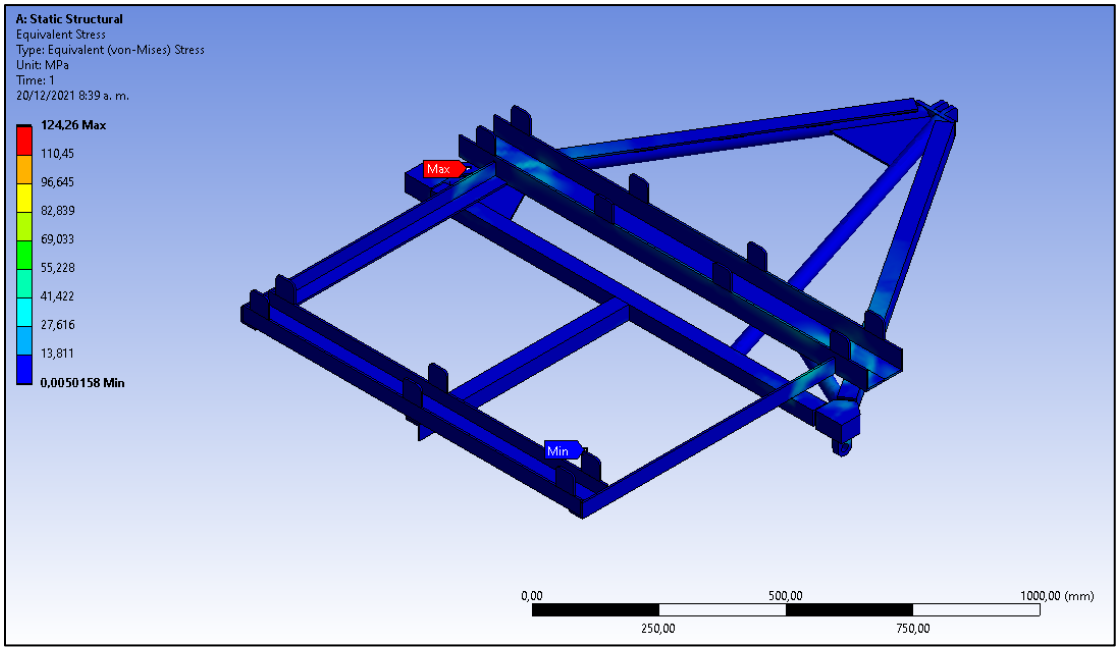

Fig 9. Resultados de simulación de esfuerzo de Von Mises.

La Figura 10 muestra los desplazamientos en milímetros con valores máximos de 0,369 mm en el área 1 que soporta el 75% de la carga (tonos rojos). Presentan valores intermedios (tonos verdes) en el área 2 (extremos de los elementos longitudinales que son similares a vigas en voladizo).

La Figura 11 muestra los resultados del factor de seguridad con valores mínimos de 2,01.

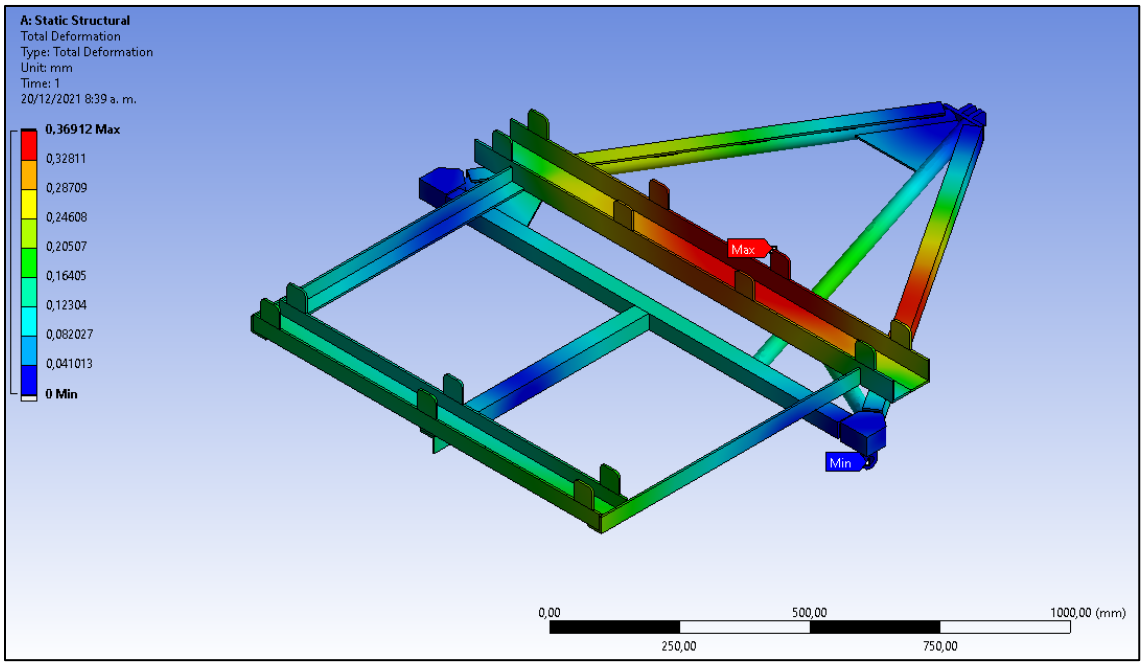

Fig 10. Resultados de simulación de desplazamientos.

El factor de seguridad mínimo obtenido (2,01) se observa en la Figura 11.

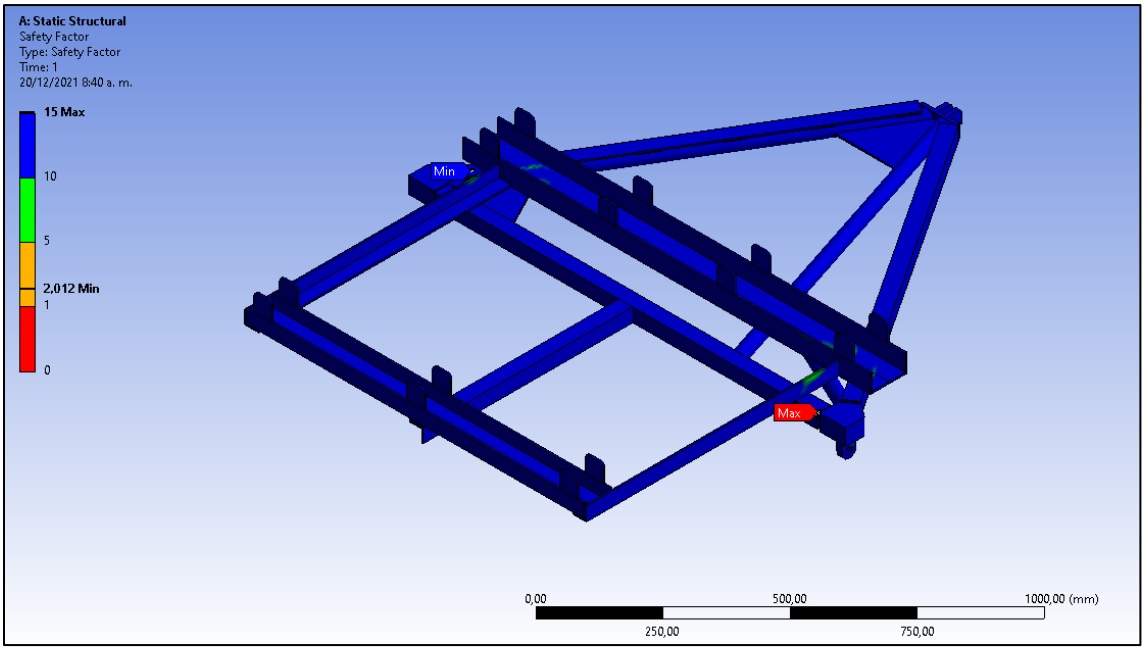

Fig 11. Resultados de simulación de factor de seguridad.

4. Conclusiones

Se realizaron análisis de carga estática a la adaptación de la parte superior de la estructura de izaje y desplazamiento de la aeronave T-90, el análisis consideró dos escenarios resultando el segundo de ellos más crítico, dicho escenario consideró el total del peso (carga) distribuido sobre el área 1 y el área 2 (un punto de soporte trasero) en una relación de 75% - 25% respectivamente. Cada soporte delantero tiene una carga equivalente al 37,5% de la carga total (2300 Lbf) y el soporte trasero tiene una carga equivalente al 25% de la carga total (2300 Lbf).

El esfuerzo máximo de Von Mises fue 124,26 MPa inferior al esfuerzo de fluencia del material, 250 MPa, indicando que la estructura puede soportar la carga sin sufrir daños.

El valor de desplazamiento máximo fue solo 0,369 milímetros, lo que significa que la estructura es bastante rígida y segura para izar y trasladar la aeronave mientras se realiza mantenimiento.

El factor de seguridad de la estructura es 2,01 suficiente para la aplicación, en la cual se consideró el máximo peso que puede tener la aeronave, y no se presentarán cargas de impacto dado el ascenso y descenso gradual de la plataforma.

5. Referencias

- FAC, Grupo Técnico, Escuela Militar de Aviación. (2020) Manual del usuario banco de gateo pnf 45-590080: T-90, aplicación: T-90 Calima. Documento reservado.
- FAC,Grupo Técnico Escuela. Escuela Militar de Aviación. (2022, mayo). Reporte de fallas y horas Mayo. Archivo Excell Reservado. Consultado el 01 de mayo de 2022.

- Material Property Data. (1996-2022). ASTM A-36 Steel plate Final report: Ad Hoc Group for Learning Technologies. Consultado el 29 de mayo de 2022 en https://www.matweb.com
- Ulrich, K., Eppinger, S. (2013). Diseño y desarrollo de productos. Mc Graw Hill Education, México D.F., pp. 409.
- Xataka Colombia. T-90 Calima. La única aeronave made in Colombia ya acumulo 10000 horas de vuelo. https://www.xataka.com.co. Consultado el 03 de mayo de 2022.

Sobre los autores

- **Andrés Julián Valdeleón Alarcón**: Estudiante de Ingeniería Mecánica, Cadete de tercer año en Escuela Militar de Aviación. ajvaldeleona@emavi.edu.co
- **Gustavo Adolfo Rojas,** Autor 2: Ingeniero Mecánico, Magíster en Automática. Profesor titular en Escuela Militar de Aviación. gustavo.rojasro@emavi.edu.co
- **Fernando Delgado Gómez** Autor 3: Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería Mecánica. Profesor titular en Escuela Militar de Aviación. fernando.delgado@emavi.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)