



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN AVIONES

MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

AVIONES

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEVADORES MECÁNICOS Y
BARRA DE REMOLQUE DEL HELICÓPTERO LAMA SA315B SEGÚN
LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO Y DATOS TÉCNICOS

AUTOR: TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

DIRECTOR: TLGO. ARELLANO REYES, MILTON ANDRÉS

LATACUNGA

2020



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, ***“IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEVADORES MECÁNICOS Y BARRA DE REMOLQUE DEL HELICÓPTERO LAMA SA315B SEGÚN LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO Y DATOS TÉCNICOS”*** fue realizado por el señor ***TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditarlo y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 03 febrero 2020

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del Sr. Arellano Reyes, sobre un fondo blanco rectangular.

ARELLANO REYES, MILTON ANDRÉS

C.C.: 1723064513



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEVADORES MECÁNICOS Y BARRA DE REMOLQUE DEL HELICÓPTERO LAMA SA315B SEGÚN LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO Y DATOS TÉCNICOS** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 03 febrero 2020

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Tandalla Cando Holguer Rafael".

TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

C.C.: 0503066979



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE LOS ELEVADORES MECÁNICOS Y BARRA DE REMOLQUE DEL HELICOPTERO LAMA SA315B SEGÚN LOS MANUALES DE MANTENIMIENTO Y DATOS TÉCNICOS** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 03 febrero 2020

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Rafael Holguer Cando'. La firma está sobre una línea horizontal punteada.

TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

C.C.: 0503066979

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la oportunidad de culminar mi carrera profesional, guiar mis pasos a lo largo de mi vida poniendo en el camino a las personas indicadas, sabiendo valorar cada día las bendiciones que me brinda.

A mis padres que son los seres que más amo, quienes me han dado los ejemplos de vida más grandes y con humildad me han brindado su apoyo en todo el trayecto de mi vida enseñándome que todo se lo gana con esfuerzo, constancia y perseverancia, que un tropezón no es caído.

A mis hermanos con quienes he pasado los mejores años de mi vida y me han enseñado el maravilloso sentimiento de hermandad y unión familiar demostrando su apoyo incondicional a mi hija que ha sido el motor impulsor cada logro se lo dedico a ella.

TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

AGRADECIMIENTO

Al culminar una etapa muy importante en mi vida y destacar el duro trabajo que realicé en el transcurso como estudiante, es para mí muy grato utilizar este espacio para agradecer a las personas que me han apoyado durante este largo proceso, pero no imposible de alcanzar gracias a su apoyo.

Agradezco también al grupo de docentes que conforman la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi carrera profesional y su capacidad para guiar nuestra educación, ya que ha sido un aporte invaluable el cual debe ser destacado en todos los ámbitos correspondientes por el esfuerzo constante y dedicación.

Como no agradecer a las personas más importantes en mi vida quienes me han brindado amor y llenado de valor para alcanzar el éxito, mi familia, mis padres, quienes día a día se han esforzado por que sea una persona de bien tanto en valores como en lo profesional recibiendo su apoyo incondicional. Mis hermanos que me han llenado de alegría cada segundo con sus buenos deseos y siempre han estado pendientes toda mi vida. A una persona especial que es mi hija quien llego a mi vida y la lleno de amor y sobre todo me brindo apoyo moral siendo el motor principal, a su lado comprendí el significado de luchar por alcanzar una meta.

TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación e importancia	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Alcance	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Helicóptero Lama sa315b	6
2.1.2.	Especificaciones técnicas del helicóptero Lama	8
2.2.	Aeronaves de ala rotatoria del ejército.....	8
2.3.	Controles de vuelo del helicóptero.....	10
2.3.1.	Sistema de colectivo	11
2.3.2.	Control cíclico longitudinal	12
2.3.3.	Control cíclico lateral.....	14
2.3.4.	Control direccional	15
2.4.	Medidas de seguridad en tierra	16
2.4.1.	Equipos de asistencia en tierra	16
2.4.2.	Ambiente operacional	17
2.4.3.	Prevención de lesiones y daños al helicóptero durante la operación	18
2.5.	Remolcado del helicóptero	19
2.5.1.	Remolque por superficies firmes.....	19
2.6.	Remolque por superficies blandas.....	20
2.7.	Medidas de precaución para el remolque del helicóptero	21
2.8.	Señales de operación para helicópteros.....	22
2.9.	Barra de remolque	23
2.9.1.	Barra de remolque tipo plataforma.....	23
2.9.2.	Barra de remolque Heli Tow	24
2.9.3.	Barra de remolque V900	25

2.9.4. Barra de remolque GSE 2100.....	26
2.10. Elevadores.....	27
2.10.1. Jacks mecánicos.....	28
2.10.2. Tipo de elevadores hidráulicos	29
2.11. Jacks neumáticos	32
2.12. Manual de mantenimiento.....	32
2.13. Soldadura	33
2.13.1. Equipo de soldadura eléctrica.....	33
2.13.2. Preparación para soldadura.....	33
2.13.3. Tipos de soldadura	34
2.14. Métodos de prueba no destructiva.....	36
2.14.1. Tipos de inspecciones	37

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Preliminares.....	45
3.2. Antecedentes.....	46
3.3. Medidas de seguridad.....	47
3.4. Elaboración del soporte mecánico	47
3.5. Barra de remolque para el helicóptero LAMA SA 315-B.....	48
3.5.1. Equipos y herramientas para la elaboración de la barra de remolque.....	49
3.5.2. Procedimiento de diseño en SOLIDWOKS.....	50
3.5.3. Diseño por desplazamiento resultante URES	51

3.5.4.	Diseño de deformación ESTRN.....	52
3.5.5.	Diseño por tensión de VonMises	53
3.5.6.	Diseño factor de seguridad	54
3.6.	Proceso de construcción de la barra de remolque.....	55
3.6.1.	Equipos de protección usados para la elaboración de la barra de remolque....	55
3.6.2.	Toma de medidas de los tubos cuadrados y corte.....	56
3.6.3.	Ensamble de la barra de remolque por suelda TIG-MIC.....	56
3.6.4.	Proceso de pintura.....	60
3.6.5.	Ensamble de todos los componentes	62
3.6.6.	Prueba de diseño en la aeronave	63
3.7.	Análisis Económico de la tesis.....	64
3.7.1.	Gastos	64

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones	67
4.2.	Recomendaciones	67

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

69

ANEXOS.....

71

ANEXO A: CERTIFICADO DE APROBACIÓN

ANEXO B: DATOS TÉCNICOS DEL ACERO ASTM36

ANEXO C: ANÁLISIS ESTÁTICO

ANEXO D: PLANOS

ANEXO E: ORDEN DE TRABAJO

ANEXO F: CERTIFICADO NDI

ANEXO G: CERTIFICADO DE CALIDAD

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificación técnica del helicóptero Lama</i>	8
Tabla 2. <i>Características del jack telescópico</i>	31
Tabla 3. <i>Costos primarios</i>	65
Tabla 4. <i>Tabla de costos de herramientas</i>	65
Tabla 5. <i>Total de costos primarios</i>	66
Tabla 6. <i>Costos secundarios</i>	66
Tabla 7. <i>Costo total del proyecto</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Helicóptero Lama.....	7
Figura 2. Super puma	9
Figura 3. Super puma	10
Figura 4. Sistema colectivo.....	11
Figura 5. Sistema cíclico.....	13
Figura 6. Sistema colectivo longitudinal.....	14
Figura 7. Sistema colectivo lateral	15
Figura 8. Seguridad de helicóptero en tierra.....	17
Figura 9. Helicóptero Lama.....	19
Figura 10. Remolque en superficie firme	20
Figura 11. Remolque en superficie blanda	20
Figura 12. Señales de operación para un helicóptero	22
Figura 13. Plataforma heliwagon	24
Figura 14. Remolcador	25
Figura 15. Towing. V900.....	26
Figura 16. Towing V900.....	27
Figura 17. Jacks	29
Figura 18. Jacks hidráulicos	30
Figura 19. Jacks hidráulicos	32
Figura 20. Acción penetrante y desarrolladora.	40
Figura 21. Soporte mecánico.....	48
Figura 22. Diseño en Solidworks	51

Figura 23. Desplazamiento URES	52
Figura 24. Deformación ESTRN	53
Figura 25. Simulación	54
Figura 26. Equipos de protección personal	55
Figura 27. Corte con la maquina eléctrica	56
Figura 28. Instalación de la suelda TIG	57
Figura 29. Unión por suelda TIG.....	58
Figura 30. Resultados de los cordones de suelda	58
Figura 31. Perforaciones para la unión de elementos	59
Figura 32. Obtención de los 7 elementos de la barra de remolque.	60
Figura 33. Aplicación del anticorrosivo industrial	61
Figura 34. Segunda capa de tratamiento anticorrosivo	61
Figura 35. Acabado del proceso de pintura	62
Figura 36. Ensamblaje de la barra de remolque	63
Figura 37. Remolque el Helicóptero LAMA SA 315-B	63

RESUMEN

El trabajo final contiene cada uno del procedimiento empleados en el diseño de la barra de remolque del helicóptero LAMA perteneciente a la Aviación del Ejército 15 BAE PAQUISHA". La aviación del Ejército tiene la misión de realizar operaciones de combate, operación de seguridad también contribuyen con la movilización de las personas a comunidades de difícil acceso para lo cual es importante que los helicópteros se encuentren operables y así cumplir con las tareas encomendadas. El trabajo de titulación describe un análisis de diseño e implementación de la barra de remolque que permitirá la movilización el Helicóptero LAMA SA-315B y también proporciona apoyo a las tareas de mantenimiento. Gracias a la documentación técnica indagada se realizó la adquisición de cada uno de los materiales que fueron empleados en el proyecto. La barra de remolque tiene la finalidad de ayudar con la movilización desde la plataforma hacia los hangares de mantenimiento. Al implementar una herramienta como es la barra de remolque se vio la necesidad de realizar una rehabilitación de los elevadores mecánicos que permitirá al operador realizar cualquier trabajo técnico para su aeronavegabilidad. Las barras de remolque están expuestas a desgastes lo cual se debe realizar inspecciones visuales antes de su utilización.

PALABRAS CLAVE:

- **HELICÓPTERO LAMA**
- **HELICÓPTEROS - MANTENIMIENTO**
- **HELICÓPTEROS - BARRA DE REMOLQUE**

ABSTRACT

The final work contains each of the procedures used in the design of the tow bar of the LAMA helicopter belonging to the Army Aviation 15 BAE PAQUISHA". The mission of the Army aviation is to carry out combat operations, security operations also contribute with the mobilization of people to communities of difficult access for which it is important that the helicopters are operable and thus fulfill the tasks entrusted. The certification work describes an analysis of the design and implementation of the tow bar that will allow the mobilization of the LAMA SA-315B helicopter and also provides support for maintenance tasks. Thanks to the technical documentation investigated, the acquisition of each of the materials that were used in the project was carried out. The tow bar is intended to help with the mobilization from the platform to the maintenance hangars. When implementing a tool such as the tow bar, it was necessary to perform a rehabilitation of the mechanical lifts that will allow the operator to perform any technical work to give airworthiness. The tow bar is exposed to wear and tear and visual inspections must be made before use.

KEYWORDS

- **PLATFORM**
- **MAINTENANCE**
- **TOW BAR**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

El helicóptero Lama es de fabricación Francesa, el SA315B Lama es un helicóptero monomotor desarrollado por Aerospatiale para operar a elevadas alturas y condiciones cálidas. El Helicóptero Ecuatoriano "Lama" llegó a Ecuador en los años 1974 el mismo que va operando en los cielos de nuestro país más de 40 años.

El SA315B Lama es un helicóptero tecnológicamente avanzado, el cual fue diseñado para para trabajar en alta montaña; al no tener la cola carenada, ayuda a girar más rápidamente ya que el flujo de aire pasa por dentro permitiendo de esta manera la realización de vuelos tácticos. El tren de aterrizaje es de patines, y además dispone de ruedas retráctiles para facilitar la maniobrabilidad en tierra.

El presente proyecto se propone la implementación de la barra de remolque conjuntamente con los elevadores mecánicos los mismos que sirven para realizar el traslado y mantenimiento de los helicópteros y así puedan realizar las diferentes inspecciones para tener operativa la flota de helicópteros de esta gama.

1.2. Planteamiento del problema

La sección Lama como parte de una unidad operativa como lo es el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército CEMAE-15 dedicada al mantenimiento de los helicópteros Lama SA315B manifiesta la necesidad de realizar la implementación de la barra de remolque conjuntamente con los elevadores mecánicos, los mismos que permitirán el remolque de las aeronaves sobre la plataforma.

Las maneras de trasladar la aeronave de un lugar a otro no son las adecuadas al no tener la barra de remolque dada por el fabricante y esto puede realizar una deformación en los patines del tren por malas maniobras y por esta necesidad se planteó la idea de implementar una barra de remolque para el traslado de la aeronave y de la misma manera cuidar el potencial humano en vista que para realizar el remolque de esta aeronave se lo realizaba empujando con 3 líneas de vuelo.

El material a utilizar para satisfacer la necesidad encontrada en la sección es el trabajo de graduación que se realizará en la Unidad de Gestión de Tecnologías como ayuda a fortalecer las debilidades que tiene la sección y así pueda tener la facilidad de trasladar a la aeronave los técnicos de mantenimiento para mantener la operatividad del helicóptero Lama.

1.3. Justificación e importancia

La implementación de la barra de remolque y rehabilitación de los elevadores mecánicos beneficiará a los técnicos del helicóptero Lama, sirviendo, así como herramienta de traslado de la aeronave desde la plataforma hacia los hangares de mantenimiento para que facilite las operaciones de vuelo de la 15 BAE "PAQUISHA".

Este proyecto debe ser tomado en cuenta como parte fundamental en el desarrollo de la operatividad de estas aeronaves, ya que proporcionará apoyo a los programas de mantenimiento emitidos por sus fabricantes, el presente trabajo de investigación se desarrollará sin fines de lucro, con visión de servicio a la sección Lama y con el fin de contribuir al mejoramiento de los trabajos de mantenimiento.

El presente proyecto es importante porque se garantizará con altos estándares de calidad, para colaborar a las necesidades y principios de la Sección. Se cuenta con todo el apoyo por parte de la Sección para poner en práctica el proyecto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementación de la barra de remolque y los elevadores mecánicos mediante el uso de manuales de mantenimiento del helicóptero Lama SA315B perteneciente al Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información sobre las características del elevador mecánico y las dimensiones de la barra de remolque del helicóptero Lama.
- Implementar las herramientas adecuadas, barra de remolque y elevadores mecánicos para la inspección de los helicópteros.
- Inspeccionar la barra de remolque y los elevadores mecánicos de acuerdo a los manuales de mantenimiento del helicóptero Lama SA315B.

1.5. Alcance

El presente proyecto pretende ayudar a los técnicos de la sección Lama a desarrollar los trabajos de mantenimiento de manera eficiente eficaz desde el traslado de la aeronave de los pits de parqueo hasta los hangares de mantenimiento.

Este proyecto se realizó con la finalidad de brindar ayuda a los técnicos cuando el helicóptero llegue a tierra y así tener una herramienta habilitada con la cual se pueda remolcar la aeronave sin ocasionar daños a la misma, es por ello que este proyecto está encaminado a disminuir el esfuerzo al momento de realizar el remolque a los hangares de mantenimiento de los helicópteros Lama que tiene el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército en la actualidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Helicóptero Lama sa315b

El diseño del Helicóptero Lama SA 315B comenzó a finales de 1968 para satisfacer las necesidades del ejército en la india, durante los primeros vuelos de ensayo se realizó en 1969 llevando dos tripulantes y 140 kg de combustible realizó los aterrizajes y despegues más altos, a una altitud de 7500m (24000 pies). El fabricante de este tipo de helicóptero es Aerospatale siendo un helicóptero monomotor desarrollado para operar a elevadas alturas y en condiciones cálidas. (Ing. Ortalli, Agosto 2002)

Dispone de un rotor principal de tres palas y un rotor antipar situado en la cola. Todas las palas del helicóptero Lama están construidas de un material metálico y son de cuerda constante. El rotor es del tipo articulado (tiene libertad de movimiento), también consta con un sistema de cambio de paso hidráulico. El del fuselaje tiene una estructura basada en tubos de acero de una forma triangular, el puro o cono de cola es de tipo reticular.



Figura 1. Helicóptero Lama
Fuente: (Ing. Ortalli, Agosto 2002)

La Fuerza Aérea de la India estaba plenamente satisfecho con el nuevo helicóptero. Como ya es una tradición, el fabricante eligió el nombre de un animal para que coincida con el nuevo helicóptero, y desde 1970 este helicóptero se conoce oficialmente como Lama. El nombre fue casi seguramente inspirado en el camélido sudamericano original, a menudo se utiliza como animal de carga en las altas montañas. Los diferentes países de América del Sur también se emplean el helicóptero, especialmente para los vuelos de búsqueda y salvamento y de suministro. (Ing. Ortalli, Agosto 2002)

2.1.2. Especificaciones técnicas del helicóptero Lama

Tabla 1

Especificación técnica del helicóptero Lama

HELICÓPTERO LAMA SA315B	
MODELO	LAMA SA 315B
CAPACIDAD DE CARGA	INT 1000 – 2200 LBS
FABRICACIÓN	FRANCIA
CLASE	HELICÓPTERO MULTIPROPÓSITO
CABINA	NO PRESURIZADA
CAPACIDAD DE PASAJERO	4 PASAJEROS
VELOCIDAD DE CRUCERO	90 NUDOS
AÑO DE FABRICACIÓN	1978
TIPO	MONO TURBINA
TRIPULACIÓN BÁSICA	PILOTO, COPILOTO

2.2. Aeronaves de ala rotatoria del ejército

El Súper Puma AS-332 es un helicóptero utilitario de tamaño medio, bimotor y con rotor principal de cuatro palas, diseñado a partir del SA 330 Puma. Originalmente fue fabricado por la compañía francesa Aérospatiale este helicóptero tiene muchas versiones, incluyendo los adaptados para SAR y guerra antisubmarina con turbo ejes más poderosos, tomas de aire multiuso, cabeza de rotor con transmisión elevada, descongelamiento térmico de las palas del rotor principal. Tiene una capacidad para 2 tripulantes y 19 pasajeros, pero sus prestaciones son marcadamente superiores el

fuselaje alargado en 0,76 m y una ventana extra en cada lado de la parte anterior del fuselaje. (AEE, 2019)



Figura 2. Super puma
Fuente: (AEE, 2019)

Durante la fabricación del Super Puma, la firma es adquirida por Eurocopter, por lo cual pasan a hacerse cargo de la producción. En 1990, el Super Puma en su versión militar es relanzado como AS-532 Cougar. (AEE, 2019)

MI -171 es un helicóptero de fabricación Rusa no presurizado creado en 1997, consta de un motor tipo bi-turbina, su capacidad de carga es de 8000 libras y 24 pasajeros, la velocidad de crucero es de 140 nudos.

Ecureuil SA 350B es un helicóptero monomotor muy ligero de fabricación Francesa se instaló una transmisión simplificada, la cual une el rotor principal y el de cola con la planta motriz turbo eje consta con un motor bi turbina este tipo de helicóptero no carece con presurización tiene una capacidad de cuatro pasajeros.

Gazelle SA 342L es un helicóptero ligero polivalente la mayor parte de estos helicópteros fue destinada a ejércitos nacionales este helicóptero fue fabricado en Francia y remplazo a los Alouette tiene una capacidad de 3 pasajeros y su velocidad de crucero es de 120 nudos. (AEE, 2019)



Figura 3. Super puma
Fuente: (Autogiros, s.f.)

2.3. Controles de vuelo del helicóptero

El sistema de control de vuelo ayuda al piloto a controlar el Helicóptero sobre todos sus ejes principales en el Helicóptero, el sistema de controles de vuelo consiste en controles duplicados en la cabina, para la operación de piloto y copiloto, estos controlan las palas de rotor principal y las palas del rotor de cola por enlaces mecánicos convencionales y actuadores hidráulicos duales, completamente conectados que son operados por dos sistemas hidráulicos independientes. Los controles normales de vuelo operados hidráulicamente son integrados con un Sistema Automático de Control de

Vuelo lo que le proporciona un aumento de estabilidad en el control del vuelo y alivia al piloto de mucho esfuerzo físico asociado normalmente con volar el helicóptero. (Acuña, 2008)

2.3.1. Sistema de colectivo

Este sistema ayuda al piloto a mover el helicóptero hacia arriba o hacia abajo aumentando o disminuyendo la variación del paso de las palas. Se usa la palanca colectiva para aumentar o disminuir el ángulo colectivo de las palas de rotor principal. Si se mueve la palanca colectiva hacia arriba, el ángulo de paso de todas las palas de rotor principal aumentará simultáneamente y aumentará la magnitud de fuerza de elevación, para que el helicóptero se mueva hacia arriba y viceversa cuando la palanca del colectivo se encuentre hacia abajo. (AEE, 2019)



Figura 4. Sistema colectivo

Fuente: (Acuña, 2008)

La palanca del colectivo es ajustada en un bracket, el cual lo hace girar, está montado sobre el piso del helicóptero. El movimiento de la palanca del colectivo es transmitido por una varilla de conexión hacia un tubo de torque, que recorre a través del piso de la cabina del piloto y es apoyado por cojinetes en tres partes. (AEE, 2019)

2.3.2. Control cíclico longitudinal

La variación cíclica de paso se obtiene mediante un plato oscilante que comprende una parte giratoria enlazadas en la bieletas de mando de la incidencia de las palas y una parte fija enlazada al piloto. La palanca manda la inclinación del plato que provoca un desplazamiento vertical de los balancines.

Este sistema ayuda al helicóptero a cambiar el ángulo de pitch de las palas de rotor principal para que pueda moverse hacia adelante o hacia atrás. Las palancas de los controles del cíclico están montadas sobre el bracket y los mandos de los controles cíclicos están ensamblados en las palancas, las mismas que giran y están conectadas en el piso. Las palancas de mando del piloto y del copiloto están interconectadas por una barra de acoplamiento, una palanca acodada y una varilla de conexión. (AEE, 2019)

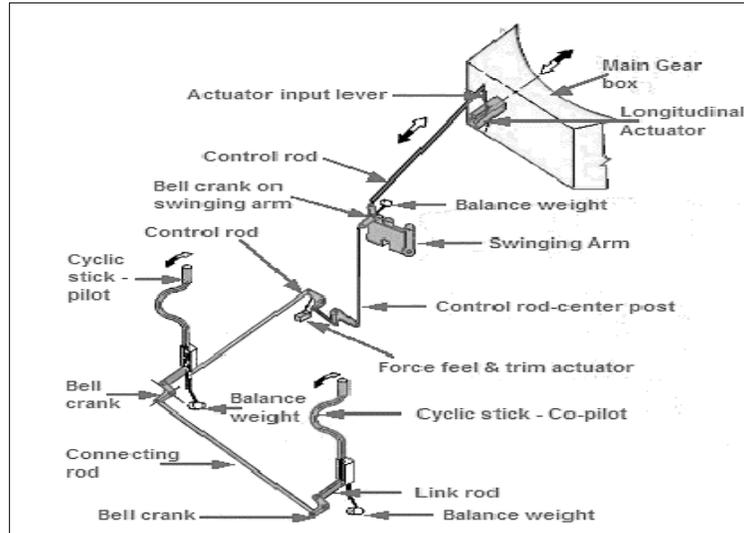


Figura 5. Sistema cíclico
Fuente: (Villavicencio, 2008)

El movimiento longitudinal de la palanca del control del cíclico es transmitido por una varilla de conexión y un bell crank assy. Instalada debajo del piso de la cabina del piloto. Un sistema de sensación de fuerza/compensación está conectado (en paralelo) a estos bell crank. Esta barra del control es proporcionada con una guía para prevenir los dobles excesivos. Del bell crank del brazo móvil, el movimiento de la manija es transferido a la palanca de entrada del actuador longitudinal por una varilla de control. (Villavicencio, 2008)

2.3.4. Control direccional

Los movimientos de los pedales del timón de dirección del piloto y del copiloto son transmitidos por varillas de interconexión a palancas tipo "T" conectadas por una varilla común de control. El movimiento de pedal para la piloto resulta en la operación de la válvula de distribución del actuador del rotor de cola, lo que en cambio permite la entrada del líquido presurizado en el pistón del actuador. (Villavicencio, 2008)

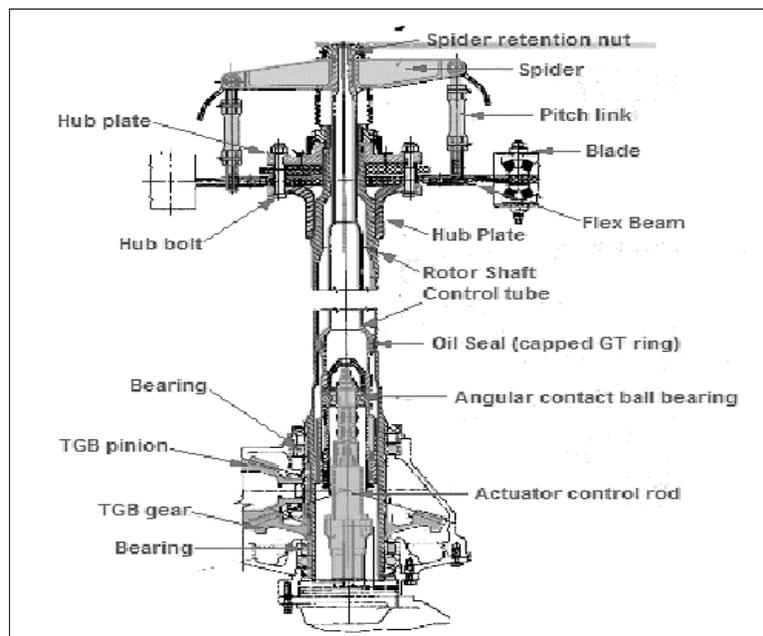


Figura 7. Sistema colectivo lateral

Fuente: (Acuña, 2008)

El movimiento del pistón produce desplazamientos axiales de la varilla de control de la salida del actuador, los cuales en un movimiento causan que la varilla de control que es una parte del sistema de control superior, mueva axialmente el eje de rotor de cola. El movimiento del tubo de control causa que los pitches links y pitch horn se muevan.

Como resultado, de la variación colectiva del pitch del ángulo de las palas de rotor de cola tiene como resultado el movimiento direccional del helicóptero. (Acuña, 2008)

2.4. Medidas de seguridad en tierra

El método más simple para evitar accidentes de este tipo es detener los rotores antes de que los pasajeros se suban o se les permita salir. Debido a que esta acción no siempre es practicable y a menudo es necesario tomar pasajeros o desarmarlos mientras el motor y los rotores están girando. Para evitar accidentes, es esencial que todas las personas asociadas con las operaciones de helicópteros, incluidos los pasajeros, estar al tanto de todos los peligros posibles e instruirse sobre cómo pueden evitarse.

2.4.1. Equipos de asistencia en tierra

El personal debe ser capacitado en cuanto a sus trabajos específicos, y el método adecuado que debe tomarlo. Además, el encargado de la rampa debe:

- A los pasajeros y al personal no autorizado fuera del área de despegue y aterrizaje del helicóptero.
- Informar a los pasajeros sobre la mejor manera de acercarse y abordar un helicóptero con sus rotores girando.

Hay diferentes tipos de equipos de remolque destinando a facilitar el movimiento del helicóptero cuentan con protecciones, fusibles para evitar los esfuerzos de tensión

durante la operación de arrastre también cuenta con componente que permite la torsión para los movimientos de giro. (Acuña, 2008)

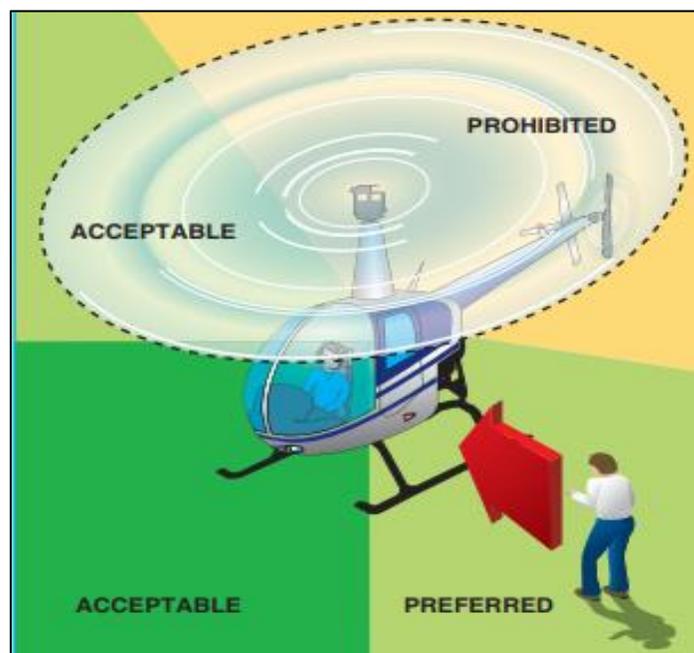


Figura 8. Seguridad de helicóptero en tierra
Fuente: (Handbook, 2012)

2.4.2. Ambiente operacional

Las operaciones de remolque de los helicópteros se realizan bajo los siguientes ambientes operacionales ya sea para el traslado desde el terminal de pasajeros al Hangar de mantenimiento o para un push back. El remolque debe ser realizado por un equipo de trabajo como son:

- Señaleros de cola
- Conductor operario de remolque
- Un personal de apoyo

Franjas de calle de rodaje: es la zona de rodaje destinado a proteger a una aeronave que esté operando en ella y nos ayuda a disminuir el riesgo de daños ya sea a la aeronave o al operador. (FAA, 2012)

2.4.3. Prevención de lesiones y daños al helicóptero durante la operación

Antes de remolcar una aeronave a través de una calle de rodaje o pista activa el operador del remolque debe recibir una autorización de la Torre de Control caso contrario bajo ninguna circunstancia puede remolcar la aeronave sin la autorización previa. Al momento de remolcar se utiliza la barra de tiro apropiado para no causar daños ya sea al helicóptero o al personal. Las personas que realizan operaciones de remolque deben estar totalmente capacitadas para realizar este tipo de trabajo.

Área de espera de equipos es una área exterior restringida de equipos utilizados para que los vehículos y equipos handling que van a atender un avión esperen hasta que éste se haya detenido y realizan el proceso handling. (FAA, 2012)



Figura 9. Helicóptero Lama
Fuente: (Ing. Ortalli, Agosto 2002)

2.5. Remolcado del helicóptero

El remolque de un helicóptero se puede ejecutar de dos maneras que son:

- Remolque por superficies firmes
- Remolques en superficies blandas

2.5.1. Remolque por superficies firmes

Se ejecuta en la pista de cemento, asfalto y suelo duro de tierra apisonada se remolcará del soporte del tren de aterrizaje con la ayuda de la barra de remolque. La velocidad máxima de remolcado por superficie de cemento y asfalto 8km/h y por tierra apisonada máximo 5km/h. En las curvas cerradas la velocidad de remolque constituye no más de 4 km/h. (Cesar Gaspar Baltazar el Jul 03, julio 2017)

2.7. Medidas de precaución para el remolque del helicóptero

El remolque de la aeronave por engranaje de nariz no se puede realizar en las siguientes condiciones:

- Con el engranaje principal o de nariz que tiene dos neumáticos en un eje.
- No debe manipular a la aeronave mientras funciona
- Al momento de guardar la aeronave debe estar una persona en el compartimiento de vuelo para operar los frenos.
- Asegúrese que los frenos se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento.
- Nunca gire la rueda de nariz mientras que la aeronave no se mueva.
- Al utilizar la barra de remolque, espere hasta que el aeropuerto ha iniciado el movimiento antes de girar el engranaje de la nariz.
- Evite frenar de una manera brusca al momento de girar haga a una velocidad moderada.
- No guarde el helicóptero cerca de obstáculos sin que tenga a alguien que recorre en un punto de las palas y en el rotor de cola.
- Utilizar luces de señal de tipo de vela en las noches. (Cesar Gaspar Baltazar el Jul 03, julio 2017)

2.8. Señales de operación para helicópteros

A causa de varios factores operacionales presentados al momento de aterrizar un helicóptero se vio la necesidad de implementar señales que ayuda en la línea de vuelo. En algunos helicópteros, la visión del piloto se obstruye, el técnico es el encargado de dar señales para dirigir y estacionar la aeronave evitando un posible incidente. (FAA, 2001)



Figura 12. Señales de operación para un helicóptero

Fuente: (FAA, 2012)

2.9. Barra de remolque

Para el carreteo de una aeronave de un punto a otro es necesario utilizar diferentes herramientas especiales de remolque. Existen diferentes tipos de remolque según la necesidad o características de la aeronave.

2.9.1. Barra de remolque tipo plataforma

Es uno de los sistemas de transporte de helicópteros en tierra de forma electrónica con un control remoto inalámbrico. La plataforma heliwagon proporciona un aterrizaje estable ya que están diseñadas para atravesar cómodamente cambios menores en el grado. Las superficies de cubierta están hechas de revestimiento, resistente, anti-deslizante y duradero de un material poliuretano resistente a combustibles, fluidos hidráulicos, y otros productos químicos.

Es una innovación más recientes y grandes de la industria que simplifica, ahorra tiempo, mano de obra y los costos de manejo de su helicóptero, mientras que está en el suelo. (especializada, s.f.)



Figura 13. Plataforma heliwagon

Fuente: (especializada, s.f.)

2.9.2. Barra de remolque Heli Tow

El HTB45-HD es una versión de alta resistencia de nuestra popular barra de remolque Heli Tow Bar para Robinsons. Tiene la misma construcción de alta calidad, se ha hecho para soportar más peso con el fin de atender a tantos tipos de helicópteros como sea posible. También cuenta con nuestra barra de anclaje AT45 Universal para adaptarse a todos esos helicópteros. (Expo)



Figura 14. Remolcador
Fuente: (EXPO, s.f.)

La barra de tiro es un mecanismo horizontal utilizado para remolcar ya sea autopropulsado siendo una herramienta muy importante que permite transmitir fuerza de tracción o empuje a través del anclaje a pesar de ser un mecanismo utilizado mayormente a nivel industrial aeronáutica debido a la mayor potencia y torque de su motor que al momento de jalar una carga será una gran ventaja. (Expo)

2.9.3. Barra de remolque V900

La serie Heli Carrier V900 es el instrumento perfecto que ayuda a los operadores realizar menos esfuerzo al momento de mover el helicóptero, estos transportadores de servicio permiten una mayor compatibilidad para los helicópteros ligeros. El V900 es una adición a la famosa serie Heli Carrier v1000 para trabajo pesado. Las unidades ofrecen una gran flexibilidad, ya que pueden realizar giros de radio ajustado para un

posicionamiento exacto del helicóptero, el personal técnico puede utilizar el towing V900 en helicópteros ligeros populares como es el AS315, B206B, EC120 y Robinsons, las características son las siguientes.

- La rueda de dirección ofrece un radio de 75 ° de giro.
- Levanta hasta 8 “asegurando así una distancia al suelo de 6”
- Fácil fijación y desprendimiento si el terreno es desigual
- Contacto de tierra de tres puntos para una tracción continúa en terrenos irregulares.

(tecn, s.f.)



Figura 15. Towing. V900
Fuente: (EXPO, s.f.)

2.9.4. Barra de remolque GSE 2100

Este tipo de barra de remolque GSE son de aplicación universal y se adaptan a todos los helicópteros de deslizamiento comunes. La barra de remolque GSE 2100 tiene diferentes sistemas de acoplamiento estándar que permiten el remolque universal. Se puede usar para trenes de aterrizaje con patines de diferentes anchos hasta de 2.400 mm. La barra

de remolque está completamente ensamblada contiene una caja de transporte y almacenamiento. (Meyer, s.f.)

2.10. Elevadores

Dentro del campo de la aviación existe diferentes tipos de elevación hidráulica o mecánica ya que es una máquina que sirve para la elevación de cargas pesadas mediante un accionamiento tienen una forma de trípode con etapas de levantamiento múltiple se adaptan a la mayoría de los helicópteros.

Las gatas o elevador a la vez de elevar no brindan seguridad al momento de ejecutar diferentes tipos de trabajos de mantenimiento los jack también ayuda para el pesaje y sacar el centro de gravedad. Cuando se pesa un helicóptero, se debe conocer la ubicación de los puntos de pesaje longitudinal y lateral para determinar su peso vacío y el peso vacío CG. (Meyer, s.f.)

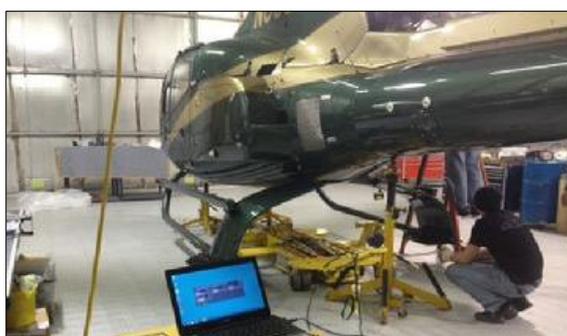


Figura 16. Towing V900
Fuente: (Meyer, s.f.)

Esto se debe a que los helicópteros tienen límites longitudinales y laterales del CG. Al igual que con el avión, los brazos longitudinales se miden desde el punto de

referencia, donde las ubicaciones detrás del punto de referencia son brazos positivos y las ubicaciones frente al punto de referencia son brazos negativos. Lateralmente, los brazos se miden desde la línea de tope, que es una línea desde la nariz hasta la cola que pasa por el centro del helicóptero. Al mirar hacia adelante, los brazos a la derecha de la línea de tope son positivos; a la izquierda son negativos tenemos dos tipos de jacks que son jacks mecánicos y jacks hidráulico. (EXPO, s.f.)

2.10.1. Jacks mecánicos

Los gatos mecánicos se utilizan cuando la carga es pequeña este tipo de herramienta es accionado manualmente o con la ayuda de un motor una de las ventajas es el fácil mantenimiento y costo. Su desventaja es la lentitud de accionamiento y la capacidad de carga limitada que puede soportar el jack. (AEE, 2019)

2.10.1.1. Principio de funcionamiento

Los sistemas habituales utilizados en los gatos están basados en máquinas simples, que utilizan el principio de la equivalencia del momento de fuerzas una fuerza manual pequeña con un gran brazo de palanca que es capaz de equilibrar una fuerza mayor, pero que dispone de un brazo de acción muy corto. En términos de energía, una fuerza pequeña aplicada a lo largo de una gran distancia, es capaz de desplazar una gran masa a una distancia pequeña. (Meyer, s.f.)

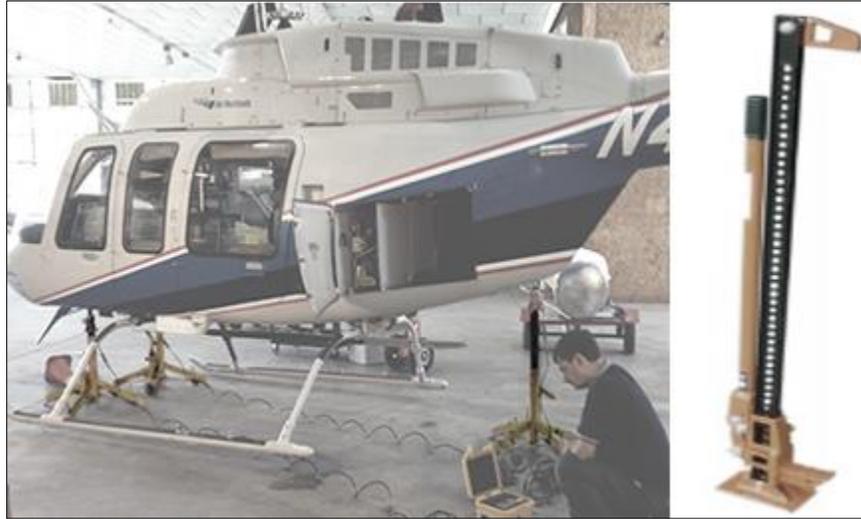


Figura 17. jacks
Fuente: (Meyer, s.f.)

2.10.2. Tipo de elevadores hidráulicos

En el área de aeronáutica son utilizados también gatos hidráulicos los cuales son de tipo tripode lagarto telescópico etc. Depende del uso, el tipo de aeronave se utiliza en aplicaciones que requieren una gran capacidad de carga este tipo de elevadores minimiza el tiempo de trabajo al técnico.

Su principal ventaja es la potencia, velocidad y se puede controlar mediante un servomecanismo. La desventaja es la complejidad de mantenimiento en caso de que se presente fugas en el componente, los fluidos comúnmente utilizados en estos componentes son aceites sintéticos de baja viscosidad. (Meyer, s.f.)



Figura 18. jacks hidráulicos
Fuente: (Meyer, s.f.)

El sistema hidráulico pesa relativamente poco en comparación con la cantidad de trabajo que realiza. Un sistema mecánico o eléctrico capaz de hacer el mismo trabajo pesa considerablemente más. Dado que el peso de la carga no útil es un factor importante sobre una aeronave, el sistema hidráulico es ideal para el uso en el campo de la aviación. La mayoría de las partes de un sistema hidráulico operan en un baño de aceite. Los pocos componentes que no requieren lubricación periódica son los vínculos mecánicos del sistema. (guevara)

a. Gato hidráulico tipo trípode

Los jacks de trípodes facilitan el mantenimiento eficiente y rentable de la aeronave. Los gatos tipo trípodes existe una amplia gama desde 2 a 210 toneladas. Cubre toda la flota de aviones: aviones de fuselaje estrecho, de fuselaje ancho, aviones de reacción o helicópteros.

La rama de los gatos Industriales o gatos hidráulicos sirve para elevar a una determinada altura a una aeronave, dependiendo la aeronave, modelo la carga o el uso se realiza la aplicación del componente.

Ventaja

- Bajo costo para el mantenimiento
- Fácil transportación
- Fácil adaptación en el lugar que se va ejecutar un trabajo
- Gato telescópico trípode

Se utilizan para levantar toda la aeronave una vez que la aeronave este en plataforma se ejecutar el procedimiento de la utilización de los jacks en un helicóptero.

(Cesar Gaspar Baltazar el Jul 03, julio 2017)

Tabla 2

Características del Jack Telescópico

Características del jack telescópico		
Forcé	60KN	80KN
Hidráulico	450mm	650mm
Altitud	1290mm	910mm
Capacidad del tanque	18 dm ³	50 dm ³



Figura 19. jacks hidráulicos

2.11. Jacks neumáticos

Estos tipos de jacks utilizan aire comprimido procedente de un compresor estos gatos fueron diseñados en vez de los gatos de tijera siendo los jack neumáticos muy eficientes en el proceso de compresión de aire ya que evita esfuerzos manuales. (FAA, 2012)

2.12. Manual de mantenimiento

Es importante llevar un control de mantenimiento del sistema de simulación de datos de aire. Este proceso ayudara a alargar la vida útil del mismo y preservara su estado y correcto funcionamiento.

2.13. Soldadura

En el momento en que se requieren reparaciones de cualquier parte básica de vuelo, es muy esencial hacer que las reparaciones de soldadura sean equivalentes a la soldadura única. Distinguir el tipo de metal a soldar, distinguir el tipo de proceso de soldadura utilizado en la construcción de la pieza inicialmente, y decidir el enfoque más ideal para hacer arreglos soldados es de suma importancia. (FAA, 2001)

2.13.1. Equipo de soldadura eléctrica

La adaptabilidad del hardware de soldadura eléctrica requiere una elección cuidadosa del flujo de clasificación y la extremidad a utilizar. Dado que la estructura y el grosor de los metales son factores centrales, la elección puede diferir con cada aplicación en particular. Los metales que tienen películas de óxido de superficie obstinada (es decir, compuestos de magnesio y aluminio y sus compuestos), en general, se sueldan con corriente de intercambio (AC), mientras que la corriente continua (DC) se utiliza para aceros al carbono, de baja amalgama, no corrosivos y opuestos al calor. . (FAA, 2001)

2.13.2. Preparación para soldadura

- a. Sujete los componentes a soldar en una pieza o aparato de soldadura que sea adecuadamente inflexible para evitar la desalineación debido a la extensión y la

constricción del material calentado y que coloque de manera decidida y precisa las piezas a soldar.

- b. Limpie las piezas a soldar con un cepillo de alambre u otra estrategia razonable antes de soldar. Trate de no utilizar un cepillo de metal divergente, por ejemplo, metal o bronce sobre acero. El pequeño depósito que deja un cepillo de metal o bronce debilitará sustancialmente la soldadura y puede provocar la rotura o la consiguiente decepción de la soldadura. En el caso de que los individuos se metalicen, el metal de la superficie podría evacuarse mediante un arenado cuidadoso seguido de un ligero pulido con material de esmeril. (FAA, 2001)

2.13.3. Tipos de soldadura

a. Soldadura de gas

Un gas combustible, por ejemplo, acetileno o hidrógeno, se mezcla en el interior de una quemadura de soldadura con oxígeno para producir un fuego con una temperatura de alrededor de 6.300 °F (3.482 °C).

Esta llama se utiliza para fundir los materiales a soldar. Una varilla de relleno se funde en el charco de metal fundido para reforzar la soldadura. Cuando los metales altamente reactivos como el aluminio se sueldan con gas, deben cubrirse con fundente para excluir el oxígeno del metal fundido y evitar que se formen óxidos que disminuirían

la resistencia de la soldadura. (En la figura 4-28 se muestra una ilustración de una llama carburante, una llama neutra y una (FAA, 2001)

b. Soldadura por arco de metal blindado (SMAW).

Este método es el más familiar y común y se conoce en el comercio como soldadura con palo. Un varillaje de metal recubierto con un fundente de soldadura se sujeta en un porta electrodos conectado a la fuente de alimentación con un cable eléctrico pesado. El metal que se va a soldar también está conectado a la fuente de alimentación. La alimentación eléctrica se suministra a la obra con un bajo voltaje y alta corriente y puede ser CA o CC, dependiendo del tipo de soldadura que se realice. Se golpea un arco entre la barra y el trabajo y produce calor en exceso de 10,000 ° F, que derrite tanto el material como la barra. A medida que el fundente se derrite, libera un gas inerte que protege el charco fundido del oxígeno en el aire y evita la oxidación. El fundente fundido cubre la soldadura y se endurece a una cubierta hermética de escoria que protege el cordón de soldadura a medida que se enfría. Esta escoria se debe desprender para examinar la soldadura. (FAA, 2001)

c. Soldadura por arco de gas metal (GMAW). T

Esta técnica es la más reconocible y normal y se denomina en el intercambio como soldadura con palo. Una barra de alambre metálico cubierta con una transición de soldadura se sujeta en un soporte de cátodo asociado al suministro de fuerza con un

enlace eléctrico abrumador. El metal que se va a soldar está demasiado unido al suministro de fuerza. La energía eléctrica se suministra a la obra a baja tensión. (FAA, 2001)

d. Soldadura por arco de gas tungsteno (GTAW)

Este es el tipo de soldadura eléctrica de segmento circular que llena una gran parte de los requisitos en el soporte del avión. Se conoce más comúnmente como soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG) y por los nombres de intercambio de Heliarc o Heliweld. Estos nombres de intercambio se obtuvieron a partir de la forma en que el gas ocioso utilizado inicialmente fue el helio. (FAA, 2001)

2.14. Métodos de prueba no destructiva

El fabricante del producto o la Administración Federal de Aviación (FAA) en general especifica el método y procedimiento NDI particular que se utilizará en la inspección. Estos NDI los requisitos se especificarán en la inspección, mantenimiento o revisión del fabricante manual; Directivas de aeronavegabilidad (AD) de la FAA; Documentos suplementarios de inspección estructural (SSID); o boletines de servicio del fabricante (SB). Sin embargo, en algunas condiciones se puede utilizar un método y procedimiento alternativo de NDI. Esto incluye procedimientos y datos desarrollados por estaciones de reparación certificadas por la FAA bajo el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR), parte 145. (FAA, 1998)

2.14.1. Tipos de inspecciones

Los métodos de prueba no destructivos son técnicas utilizadas tanto en los entornos de producción como en servicio sin dañar ni destruir el artículo bajo investigación. (FAA, 1998)

a. Inspección visual

La inspección visual es la forma más antigua y más común de NDI para aviones. Aproximadamente el 80 por ciento de todo el NDI Los procedimientos se llevan a cabo mediante métodos visuales directos. Este procedimiento de inspección puede ser mejorado en gran medida mediante el uso de combinaciones de instrumentos de aumento, baroscopios, fuentes de luz, escáneres de video y otros dispositivos discutidos en este AC. La inspección visual proporciona un medio para detectar y examinar una amplia variedad de discontinuidades en la superficie de componentes y materiales, como grietas, corrosión, contaminación, acabado superficial, soldadura juntas, conexiones de soldadura y adhesivos disbonados. La inspección visual es ampliamente utilizada para detectar y examinar la superficie del avión grietas, que son particularmente importantes debido a su relación con fallas estructurales. La inspección visual se usa con frecuencia para proporcionar verificación cuando se encuentran defectos inicialmente utilizando otras técnicas de NDI. (FAA, 1998)

b. Inspección por corrientes de Eddy

La corriente de Foucault se utiliza para detectar grietas en la superficie, hoyos, grietas debajo de la superficie, corrosión en las superficies internas y para determinar la aleación y el tratamiento térmico condición. (FAA, 1998)

c. Inspección de partículas magnéticas

La inspección de partículas magnéticas es un método para detectar grietas, vueltas, costuras, huecos, hoyos, agujeros debajo de la superficie y otras discontinuidades superficiales o ligeramente subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. Partícula magnética la inspección solo se puede utilizar en ferromagnéticos materiales (hierro y acero). Se puede realizar en materia prima, palanquillas, materiales terminados y semielaborados, soldaduras y piezas ensambladas o desmontadas en servicio. Las partículas magnéticas se aplican sobre una superficie ya sea seca, como polvo o húmedo, como partículas en un vehículo líquido como el aceite o el agua. Usos comunes para la inspección de partículas magnéticas. Son; inspección final, inspección de recepción, inspección en proceso; y control de calidad, mantenimiento y revisión. (FAA, 1998)

d. Inspección por líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es utilizada en componentes no metálicos y no metálicos para encontrar discontinuidades de material que son abiertas a la superficie y puede no ser evidente para inspección visual normal. La parte debe ser limpiada antes de realizar una inspección penetrante. El propósito básico de la inspección penetrante es aumentar el contraste visible entre una discontinuidad y su fondo. Esto se logra aplicando un líquido de alto poder de penetración que ingresa a la superficie de la abertura de una discontinuidad. Se elimina el exceso de penetrante y luego se aplica un material de desarrollador que extrae el líquido del defecto sospechado para revelar la discontinuidad. La evidencia visual del defecto sospechado se puede ver por un contraste de color en blanco normal visible luz o por fluorescencia bajo ultravioleta negro ligero. (FAA, 1998)

1. Equipo utilizado en el proceso de inspección de penetrantes

Los equipos varían desde simples latas de aerosol utilizadas en sistemas portátiles hasta sistemas totalmente automatizados controlados por ordenador. Ya sea que se usen penetrantes fluorescentes o visibles, existen diferentes bases de penetrantes disponibles, pero pueden requerir diferentes métodos de limpieza. Los penetrantes que se pueden lavar con agua a menudo se pueden eliminar mediante un simple proceso de lavado con agua, mientras que los penetrantes con base de aceite pueden requerir solventes especiales para su eliminación. Algunos penetrantes a base de aceite tienen

emulsionantes, ya sea añadidos al penetrante antes de su aplicación o añadidos después, que permiten el uso del lavado con agua. Los reveladores utilizados, pueden ser aplicados por un baño húmedo o seco. Por lo tanto, cada proceso de inspección de penetrantes puede requerir diferentes instalaciones y procedimientos de limpieza. (FAA, 1998)

2. Pasos básicos para realizar la inspección de penetración

Muestra un proceso general, en el diagrama de flujo de procedimientos, para los procesos de inspección por líquidos penetrantes comúnmente utilizados. Es importante asegurarse de que las piezas se limpien y se sequen completamente antes de realizar la inspección con líquidos penetrantes. Todas las superficies a ser inspeccionadas deben estar libres de contaminantes, pintura y otros recubrimientos que puedan evitar que el penetrante entre en las discontinuidades. (FAA, 1998)

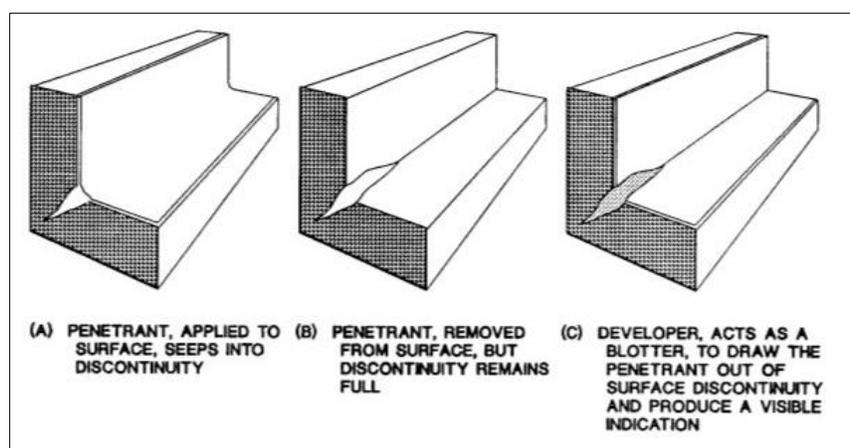


Figura 20. Acción penetrante y desarrolladora.

Fuente: (FAA, 1998)

e. Inspección de radiografía (rayos x)

La radiografía (rayos X) es un método NDI utilizado para inspeccionar material y componentes, utilizando el concepto de diferencial adsorción de radiación penetrante. Cada la muestra bajo evaluación tendrá diferencias en densidad, grosor, formas, tamaños o características de absorción, absorbiendo así diferentes cantidades de radiación. Los no absorbidos La radiación que pasa a través de la pieza se registra en películas, pantallas fluorescentes u otros monitores de radiación. Indicaciones de interna y las condiciones externas aparecerán como variantes de contrastes negro / blanco / gris en la película expuesta, o variantes de color en pantallas fluorescentes. (FAA, 2001)

f. Inspección ultrasónica

La inspección ultrasónica es una técnica NDI que usa energía sonora moverse a través de la muestra de prueba para detectar defectos La energía del sonido que pasa a través de la muestra se mostrará en un rayo catódico

Tube (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD) programa de datos de computadora o medio de video / cámara. Las indicaciones de la superficie frontal y posterior y las condiciones internas / externas aparecerán como señales verticales en la pantalla CRT o nodos de datos en el programa de prueba de la computadora.

Hay tres tipos de patrones de visualización; "UN" exploración, exploración "B" y exploración "C". Cada escaneo proporciona una imagen o vista diferente de la muestra que se está probando. (AEE, 2019)

g. Emisiones acústicas

La emisión acústica es una Técnica de NDI que implica la colocación de sensores de emisión acústica en varios lugares de la estructura del avión y luego aplicar una carga o estrés. El nivel de tensión aplicado no necesita alcanzar un rendimiento general, ni tampoco el estrés generalmente necesita ser de un tipo específico. El esfuerzo de flexión puede aplicarse a las vigas estructuras, se puede aplicar un esfuerzo de torsión a ejes rotativos, se pueden aplicar tensiones térmicas con lámparas de calor o mantas, y el estrés inducido por la presión se puede aplicar a los sistemas de contención de la presión como el avión fuselaje. Los materiales emiten sonido y tensión ondas que toman la forma de pulsos ultrasónicos que pueden ser recogidos por los sensores. Grietas y áreas de corrosión en el fuselaje sometido a tensión estructura emiten ondas sonoras (diferentes frecuencias para defectos de diferente tamaño) que son registradas por los sensores. Estas emisiones acústicas Las ráfagas pueden ser usadas tanto para localizar defectos como para evaluar su tasa de crecimiento en función de tensión aplicada. Los ensayos de emisiones acústicas ha una ventaja sobre otros métodos de NDI en el sentido de que puede detectar y localizar todos los defectos activados en una estructura en una prueba. Emisión acústica Las pruebas no proporcionan ahora la

capacidad de tamaño, pero puede reducir en gran medida el área requiere ser escaneado por otros métodos NDI. (Expo)

h. Termografía

La termografía es un NDI técnica que utiliza electromagnética radiante Energía térmica para detectar defectos. La presencia de un defecto se indica mediante una variante de temperatura anormal cuando el artículo se somete a condiciones normales de calentamiento y enfriamiento inherentes a la vida en servicio, y/o cuando artificialmente calentar o enfriar. Cuanto mayor sea la material resistencia al flujo de calor, más fácilmente el flujo puede ser identificado debido a las diferencias de temperatura causadas por el defecto. (FAA, 1998)

i. Holografía

La holografía es un NDI técnica que utiliza ondas de luz visible junto con equipo fotográfico para crear una imagen tridimensional. El proceso utiliza dos rayos láser, uno llamado rayo de referencia y el otro llamado rayo de objeto. Los dos Los rayos láser se dirigen a un objeto, entre aplicaciones de vigas el componente está sometido a tensión. A continuación, se comparan los haces y se registran en una película, u otro medio de grabación electrónico, creando una doble imagen. Las indicaciones de las tensiones o defectos aplicados se muestran como virtuales imágenes con un sistema de líneas de franjas que se superponen a la pieza. La Holografía es lo más común utilizado para la

evaluación rápida de los defectos de la superficie en estructuras compuestas.
(Autogiros, s.f.)

j. Shearografía

La cizalla fue desarrollada para la medición de la tensión. El proceso ahora proporciona un medidor de tensión de video de campo completo, en tiempo real, en grandes áreas. Es una forma mejorada de holografía, que requiere la parte de estar bajo estrés. El láser se utiliza para iluminación de la pieza mientras está bajo estrés. La salida toma la forma de una pantalla de vídeo procesada por imagen. Esta técnica ha sido utilizada de manera efectiva en la localización de defectos, tales como desbandadas y des laminaciones, a través de múltiples líneas de bonos. Es capaz de mostrar el tamaño y la forma de las anomalías del subsuelo cuando la parte de la prueba está debidamente estresada. Shearography se ha convertido en una herramienta útil para el NDI. Se puede utilizar fácilmente en un entorno de hangar, mientras que cumple con todos los requisitos de seguridad del láser. Otras aplicaciones incluyen la prueba de panales estructuras, tales como colgajos y superficies de control. La Shearografía ofrece un gran aumento en la velocidad de inspección al permitir la inspección de las estructuras en la aeronave sin necesidad de retirarlas, así como inspecciones de grandes áreas en sólo segundos. (EXPO, s.f.)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Preliminares

En este capítulo detallaremos cada uno de los trabajos realizados e información técnica adquirida tomando en cuenta los procedimientos técnicos y seguridad. El grupo Aéreo del Ejército es un grupo orgullosamente ecuatoriano que brinda servicios de transportación a lugares vulnerables desde su base operativa 15 BAE en la provincia de Quito, con una cobertura a los principales lugares de la ciudad.

La Base Aérea cuenta con un staff de personal militar de mantenimiento altamente calificado para ejecutar tareas de mantenimiento el cual permite brindar el transporte de pasajeros y carga satisfaciendo necesidades prioritarias a lugares con dificultad de accesibilidad. El proyecto ejecutado involucra la mejora continua, implementando equipos especiales para el desarrollo de una tarea de mantenimiento, chequeos y procesos de inspección del helicóptero LAMA.

Luego de realizar una investigación exhaustiva para la implementación de los elevadores mecánicos y la barra de remolque del Helicóptero LAMA permitió que el trabajo de titulación sea realizado con éxito. Para la implementación de los elevadores mecánicos se utilizó el material adecuado de acuerdo a los estándares de calidad establecidos por diferentes organismos y entidades las cuales permitieron desarrollar el proyecto de titulación.

La eficacia del trabajo ejecutado es en base a la investigación teniendo como objetivo describir de forma textual cada uno de los procedimientos a su vez los elevadores mecánicos tienen como finalidad facilitar tareas de mantenimiento dentro del campo aeronáutico, la barra de remolque su función principal es ayudar a la transportación del helicóptero dentro de la plataforma.

3.2. Antecedentes

El presente capítulo detalla el diseño de construcción y la prueba de cargas de la barra de remolque del helicóptero LAMA SA-315B, así como también las normas de seguridad que son utilizadas para remolque de los mencionados helicópteros desde los hangares de mantenimientos hasta los pits de donde realizarán su despegue. Se aplicó todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la permanencia como alumno en la Unidad de Gestión de Tecnologías y con la tutoría del Sr Tlgo. Andrés Arellano encargado del proyecto se plasmó el mismo con todos los lineamientos emitidos por los manuales de mantenimiento de la casa fabricante (CATALOGO ILUSTRADO DE HERRAMIENTAS ESPECIALES ICO). Este trabajo de gradación se elaboró con la finalidad de brindar un soporte al personal de las líneas de vuelo que laboran en las instalaciones de la 15 BAE "PAQUISHA", en vista que esta aeronave no poseía este equipo para el remolque.

3.3. Medidas de seguridad

Para realizar este proyecto se realizó una planificación de seguridad industrial, de esa forma mitigamos un incidente o accidente, la Base Aérea cuenta con una infraestructura ergonómica, equipos especiales que contribuyen al momento de realizar trabajos teniendo así una alta seguridad operacional. El personal de mantenimiento está expuesto a diferentes herramientas cortantes, ruidos por tal razón debe preservar la salud.

Los equipos utilizados como medida de seguridad son los siguientes:

- Overol
- Zapatos punta de acero
- Guantes
- Protectores auditivos
- Gafas
- Uso de herramientas y equipos especiales
- Uso del catálogo ilustrado de herramientas especiales.
- Pruebas de carga y ajustes.

3.4. Elaboración del soporte mecánico

Una vez realizado el estudio exhaustivo se plasma la alternativa necesaria en la elaboración de soporte mecánico que servirá para ejecutar tareas de mantenimiento en el helicóptero LAMA, permitiendo una facilidad de izaje al helicóptero. Los soportes mecánicos se utilizan para el izaje de la aeronave siendo una herramienta confiable,

segura y menos costosa. En aeronaves de ala rotatoria es muy común la utilización de soportes mecánicos por la ergonomía, facilidad de operación, manejo y transportación cuando este sea necesario.



Figura 21. Soporte mecánico

3.5. Barra de remolque para el helicóptero LAMA SA 315-B

De acuerdo a la necesidad institucional y en vista que no existía un equipo para el remolque del Helicóptero Lama, para su fabricación se basó en el catálogo de herramientas especiales (ICO), como también en los remolques de otras aeronaves de su misma versión. La barra de remolque se anclará a sus patines y su capacidad de arrastre será de 1850 kg como indica en el Anexo D Descripción y Operación.

La réplica de esta herramienta especial se diseñó de acuerdo a las características de la barra de remolque del Helicóptero Ecuriel en vista que este helicóptero tiene las mismas características y su similitud que el empuje es accionado a través de sus patines hizo fácil la implementación de una barra de remolque para el Helicóptero Lama.

3.5.1. Equipos y herramientas para la elaboración de la barra de remolque.

- Suelda tig-mic
- Entenalla
- 3 Tubo cuadrado de 40 x 40 x 2 mm de espesor
- 1 Tubo cuadrado de 30 x 30 x 2 mm de espesor
- 2 Garruchas de 4"
- 1 Garrucha de 1"
- Lijas
- Disco de corte
- Platinas de 5 mm de espesor
- 10 pernos autofrenados de $\frac{1}{4}$ x 3"
- 4 pernos autofrenados de $\frac{1}{4}$ x 2"
- Pintura amarilla
- Pintura de fondo

3.5.2. Procedimiento de diseño en SOLIDWOKS

- Plasmar un prototipo con las características capaz de soportar la movilidad, la fuerza y la fragilidad al momento de esta ser empleada en el arrastre de la aeronave desde los hangares de mantenimiento hasta los pits, donde realizara su despegue, capacidad de arrastre 1850 kg.
- Diseñar la barra de remolque con las medidas correctas de acuerdo a las dimensiones cogidas del manual de descripción y operación, longitud de la aeronave entre el patín izquierdo y el derecho (dimensiones y áreas)
- Con las medidas establecidas se procedió a realizar el diseño estructural en el programa antes mencionado, para verificar mediante simulaciones su capacidad de arrastre y esfuerzos que soportara la barra de remolque.
- Se escogió los materiales que podíamos encontrar en el mercado verificando su mejor calidad, y la seleccionada fue el ASTM A36 acero, el cual reunía todas las características necesarias para ser puestas a prueba en el diseño de esta herramienta especial.

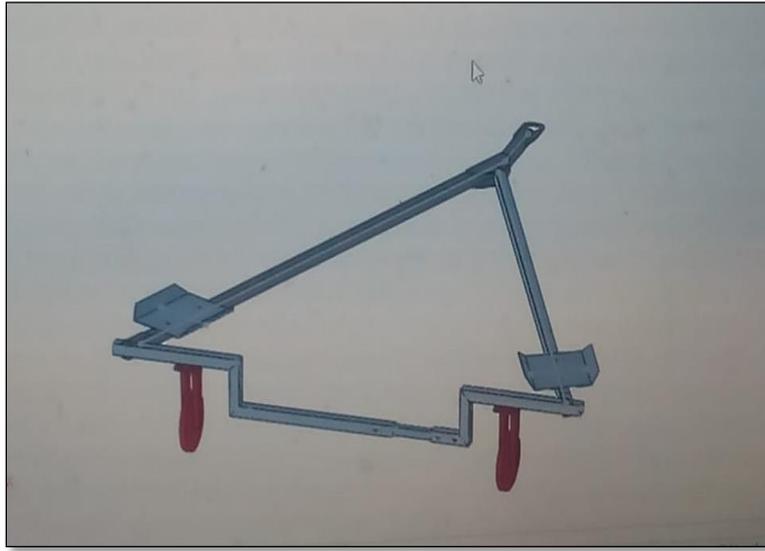


Figura 22. Diseño en Solidworks

3.5.3. Diseño por desplazamiento resultante URES

- Verificamos el diseño mediante el análisis por desplazamiento resultante URES para analizar donde se generan los mayores esfuerzos y de esta manera estar pendientes en los puntos a ser más frágiles.
- La simulación se lo realiza con la capacidad de arrastre que esta debe soportar que es de 1850 kg y de esta manera seleccionamos el software adecuado dando como resultado la estructura simulada.
- El rango de colores de la estructura simulada va desde 1.000×10^{-30} a $1,949 \times 10^{+1}$ (mm) de rojo a azul respectivamente, dando como resultado una escala de deformación 0.05mm en los puntos donde mayor esfuerzo realicen.

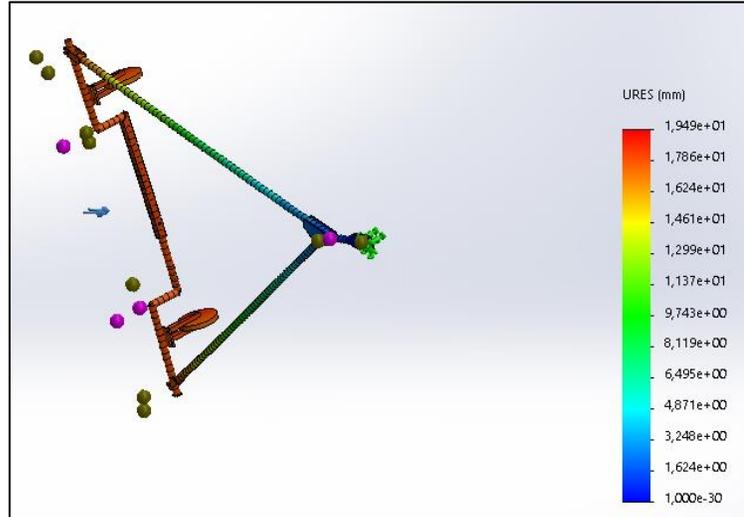


Figura 23. Desplazamiento URES

3.5.4. Diseño de deformación ESTRN

- Verificamos el diseño mediante el análisis deformación ESTRN para verificar donde se genera más este esfuerzo y así poder mejorar nuestro diseño.
- La simulación se lo realiza con la capacidad de arrastre que debe esta debe soportar, dando como resultado la estructura simulada
- El rango de colores de la estructura simulada va desde $0.000 \times 10^+0$ a $4,318 \times 10^{-4}$ (mm) de rojo a azul respectivamente.
- Como resultante podemos observar una gama de color azul en todo el diseño lo que da a conocer que la estructura esta entre los rangos recomendables para su ejecución.

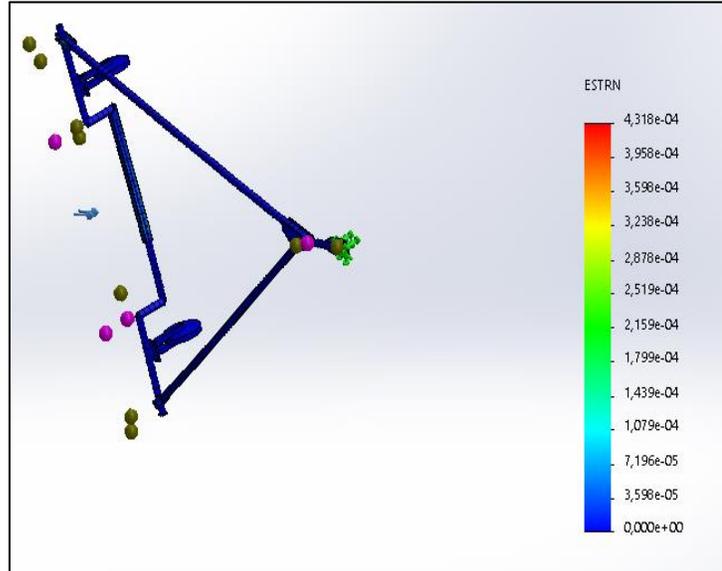


Figura 24. Deformación ESTRN

3.5.5. Diseño por tensión de VonMises

- Verificamos el diseño por tensión de VonMises para verificar donde se genera los mayores esfuerzos.
- Las simulaciones resultantes indican una gama de colores donde se verifica la generación de la tensión VonMises, en donde el color rojo indica unos de los atenuantes donde mayor énfasis se debe poner para mejorar nuestro diseño.
- Como resultado de la simulación se puede obtener un rango elástico aceptable como es de 6.182×10^7 VonMises en factores de tensión en las partes más propensas a su ruptura.

3.5.6. Diseño factor de seguridad

- Verificamos nuestro diseño aplicando el factor de seguridad para determinar los puntos más propensos a la ruptura.
- La simulación resultante indica una gama de colores donde especifica el factor de seguridad, donde el color rojo muestra los puntos más propensos a su ruptura y donde mayor interés se debe poner en el diseño, en cambio el color azul indica un índice de mayor seguridad.
- La resultante de la simulación indica un rango de factor de seguridad aceptable, 5.0 FSD y con ello está ya listo el diseño para que entre en ejecución.

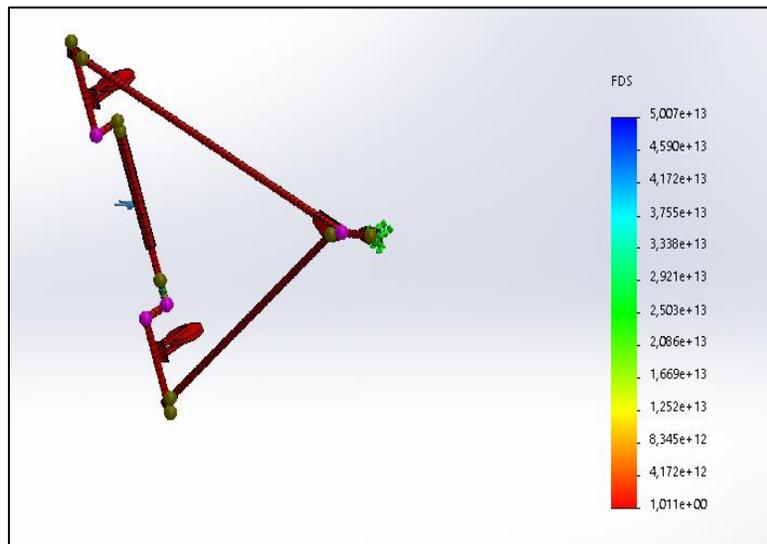


Figura 25. Simulación

3.6. Proceso de construcción de la barra de remolque

3.6.1. Equipos de protección usados para la elaboración de la barra de remolque

La seguridad es uno de los puntos más primordiales que se debe tomar en cuenta cuando se va a trabajar con elementos cortos punzantes como son: cepillos de acero, solda eléctrica, cizalla, pintura etc. Ya que estos equipos salvarán la integridad física del operario.

La aplicación eficiente de los E.P.P (Equipos de protección personal) en los talleres ayudará a evitar accidentes e incidentes involuntarios y esto reducirá el porcentaje de riesgos laborales.



Figura 26. Equipos de protección personal

3.6.2. Toma de medidas de los tubos cuadrados y corte

Con los planos obtenidos (ANEXO H) se procedió a tomar las medidas de los tubos cuadrados para este trabajo se utilizó el flexómetro y la escuadra para que las medidas y los ángulos a cortarse sean precisos y no exista variación alguna al momento del ensamblado. Para seguidamente proceder al corte con la máquina.



Figura 27. Corte con la maquina eléctrica

3.6.3. Ensamble de la barra de remolque por suelda TIG-MIC

1. Obtenidos todas las piezas según los planos se procede a la instalación de la suelda tig, esto es: Verificar que exista el gas en el cilindro (tugsteno) colocación de la masa y colocar el electrodo en la antorcha.



Figura 28. Instalación de la suelda TIG

2. Limpiarnos en los extremos de las piezas donde se va a realizar la junta, para obtener una buena penetración del aporte y así obtener una excelente junta.



Figura 29. Unión por suelda TIG

3. El proceso de soldadura tig deja como resultado cordones excelentes y para finalizar el cordón de suelda lo pasamos a limpiarlo.



Figura 30. Resultados de los cordones de suelda

4. Posterior a la unión de piezas se realizó las perforaciones de acuerdo a los planos establecidos y esto servirá para unir ya todos los elementos de la barra de remolque.



Figura 31. Perforaciones para la unión de elementos

5. Finalmente, después de realizar todos los procesos de suelda y perforaciones se obtiene 7 elementos los cuales después van a entrar a un proceso de tratamiento anticorrosivo.



Figura 32. Obtención de los 7 elementos de la barra de remolque.

3.6.4. Proceso de pintura

a. Tratamiento anticorrosivo

Para este tratamiento se procedió a limpiar todos los elementos con trapo húmedo provisto de thinner, el cual ayuda a limpiar las impurezas del óxido, para que esto ayudo a la prolongación de vida útil del material.

1. Todo proceso de pintura en los materiales del ASTM A36 acero se aplica un fondo de color gris el cual ayudara a evitar la corrosión y obtener mejores resultados en el acabado.
2. Se aplica un anticorrosivo industrial de alta calidad para metales de acero para que cubra las imperfecciones con sus pigmentos. Y esto se realizó con la ayuda del compresor se puso el anticorrosivo en la cafetera y se procedió a pintar

tomando las medidas de seguridad correspondientes, la presión nominal se realizó con 80 psi



Figura 33. Aplicación del anticorrosivo industrial

3. Después que transcurra un cierto tiempo se procedió a verificar que todos los elementos se encuentren secos para que estos sean sometidos nuevamente a otra etapa de tratamiento anticorrosivo (segunda mano de fondo)



Figura 34. Segunda capa de tratamiento anticorrosivo

4. Para finalizar el proceso de pintura se procedio a dar un color distintivo el cual esta normalizado por la ISO 9667:2017 equipos de apoyo en tierra para aeronaves (Barra de remolque) poliuretano epóxido de alta calidad amarillo.



Figura 35. Acabado del proceso de pintura

3.6.5. Ensamble de todos los componentes

Como fase final de este trabajo se procede a unir todos los elementos, ensamblaje de las garruchas el cual ayudara en el transporte de esta herramienta, así como también la sujeción con los pernos y tuercas auto frenadas de todos sus componentes.



Figura 36. Ensamblaje de la barra de remolque

3.6.6. Prueba de diseño en la aeronave

Para finalizar el trabajo realizado se procedió a realizar la prueba en la aeronave para la cual fue implementada esta herramienta, obteniendo resultados muy favorables y así contribuyendo del desarrollo de las operaciones militares en la 15 BAE” PAQUISHA”



Figura 37. Remolque el Helicóptero LAMA SA 315-B

3.7. Análisis Económico de la tesis

Para realizar este proyecto se hizo un análisis de presupuesto de cada una de las alternativas planteadas, optando por la más fiable que permitirá poner en marcha el proyecto de titulación en beneficio de la Institución Militar 15 BAE.

Al realizar este trabajo práctico de la implementación de la barra de remolque se vio la necesidad de implementar un soporte mecánico el mismo que se utilizara para realizar tareas de mantenimiento e inspección del helicóptero Lama perteneciente al centro de mantenimiento de la aviación del ejército.

3.7.1. Gastos

Se detallará cada uno de los gastos realizados en todo el trayecto del proyecto de titulación dentro de los gastos mencionaremos dos tipos de gas que son:

- Costos primarios
- Costos secundarios

Costos primarios

- Herramientas
- Materiales
- Mano de obra

Costos secundarios

- Elaboración de la tesis
- Transporte

- Hospedaje

3.7.1.1. Costos primarios

Tabla 3

Costos primarios

NÚMERO	ÍTEM	CANTIDAD UN.	VALOR
5	TUBO CUADRADO 40X40	10.00	50.00
4	TUBOS RECTANGULARES	8.00	32.00
1	PINTURA DE FONDO	8.00	8.00
1	PINTURA AMARILLA	8.00	8.00
2	GARRUCHAS DE 4"	12.00	24.00
1	GARRUCHA DE 1"	8.00	8.00
4	PLATINAS DE 5 MM	4.00	16.00
10	PERNOS AUTOFRE NADOS 3"	0.20	2.00
4	PERNOS AUTOFRE NADOS 2"	0.15	0.60
2	SUELDA TIG-MIC	3.00	6.00
VALOR TOTAL			154.60

Tabla 4

Tabla de costos de herramientas

NÚMERO	ÍTEM	CANTIDAD UN.	VALOR
2	DISCO DE PULIR	4.00	8.00
1	DISCO DE CORTE	8.00	16.00
1	THINNER	0.80	0.80
1	FLEXÓMETRO	3.00	3.00
4	BROCAS	2.00	8.00
1	ESCUADRA	4.00	4.00
VALOR TOTAL			39.80

Tabla 5*Total de costos primarios*

DETALLE	VALOR
TABLA DE COSTOS DE MATERIALES	154.60
TABLA DE COSTOS DE HERRAMIENTAS	39.80
VALOR TOTAL	194.40

3.7.1.2. Costos secundarios**Tabla 6***Costos secundarios*

NÚMERO	ÍTEM	CANTIDAD UN.	VALOR
4	COPIAS	16.00	64.00
6	HOSPEDAJE	80.00	480.00
1	TRANSPORTE	150.00	150.00
VALOR TOTAL			694.00

3.7.1.3 Costo total del proyecto de titulación**Tabla 7***Costo total del proyecto*

DETALLE	VALOR
TOTAL DE GASTOS PRIMARIOS	194.40
TOTAL DE GASTOS SECUNDARIOS	694.00
VALOR TOTAL	888.40

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se realizó una investigación exhaustiva acerca de los principios de funcionamiento de la barra de remolque y elevadores mecánicos.
- Para plasmar este proyecto de titulación se verifico las diferentes características técnicas que posee cada uno de los componentes a utilizar, el cual nos permite descartar de cualquier anomalía dejando en condiciones operables.
- Se realizó las diferentes pruebas de soporte y estabilidad al momento de ser remolcado el helicóptero Lama dando como resultado que la barra de remolque se encuentra en condiciones satisfactorias y operativas.
- Con la ayuda de programa Solidworks se pudo diseñar el soporte hidráulico el cual brinda seguridad

4.2. Recomendaciones

- Es importante la documentación que permita la utilización de la barra de remolque.
- Para realizar un trabajo práctico debemos verificar que los componentes que se va utilizar se encuentren en buenas condiciones y sean certificadas.

- Utilizar los equipos de protección antes de remolcar el helicóptero para prevenir daños ya sea a la aeronave o al técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, A. S. (2008). *Controles de vuelo*.

AEE. (21 de marzo de 2019). www.geocities.ws/aeronavesfaeaeecenepa/aee-helicopteros.html.

Recuperado el 05 de octubre de 2019

Autogiros. (s.f.). <http://www.motosyultraligeros.com/aerospatiale-sa-341-h-gazelle/>.

Recuperado el 12 de octubre de 2019

Baltazar Gaspar Cesar el Jul 03, 2. (julio 2017).

especializada, I. (s.f.). <https://www.ip-lag.com/plataformas-helic-pteros.html>.

Recuperado el 14 de septiembre de 2019

Expo, A. (s.f.).

EXPO, A. (s.f.). <http://www.aeroexpo.online/es/prod/helitowcart/product-176965-21540.html>. Recuperado el 22 de diciembre de 2019

FAA. (09 de Agosto de 1998). *The Civil Aviation Safety Authority*.

FAA. (27 de Septiembre de 2001). *Civil Aviation Safety Authority*. Recuperado el 15 de abril de 2018, de <https://www.casa.gov.au/files/faa-ac-4313-1b-chapter-4-metal-structure-welding-and-brazing>

FAA. (2012). *Handbook*.

guevara, r. (s.f.). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4834/6/UPS-KT00029.pdf>.

Ing. Ortalli, J. D. (Agosto 2002).

Meyer. (s.f.). https://www.meyerhydraulics.com/products_tritaska500.php. Recuperado el 13 de noviembre de 2019

tecn, I. A. (s.f.).

https://www.google.com/search?q=precautions+of+the+use+of+a+towing+in+the+helicopter&tbm=isch&source=univ&sa=X&ved=2ahUKEwi89Lmqn8nhAhUN2VkKHYZWBX0QsAR6BAgJEAE&biw=1600&bih=786#imgrc=d6Nu_AjJUgRCkM:

Recuperado el 14 de abril de 2019

Villavicencio, A. (2008). *FAE*.

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **CBOP. DE A.E.**

TANDALLA CANDO, HOLGUER RAFAEL

En la ciudad de Latacunga a los 22 días del mes de enero del 2020.

Aprobado por:

