



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**“PROCESO DE ENSAMBLAJE DE AVIONES NO TRIPULADOS PARA EL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA
ECUATORIANA (CIDFAE)”**

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistema de Administración de la Productividad y Competitividad Empresarial.

AUTOR: Ricardo Daniel Fiallos Castillo

TUTOR: Ing. John Paúl Reyes Vásquez, M.Sc.

Ambato – Ecuador

Noviembre 2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “Proceso de ensamblaje de aviones no tripulados para el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE)”, del señor Ricardo Daniel Fiallos Castillo, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los lineamientos generales para la aplicación de instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Noviembre, 2015

El Tutor

Ing. John Paúl Reyes Vásquez, M.Sc.

AUTORÍA

El presente proyecto de investigación titulado: “Proceso de ensamblaje de aviones no tripulados para el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE)”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Noviembre, 2015

Ricardo Daniel Fiallos Castillo

CC: 180460542-4

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Noviembre, 2015

Ricardo Daniel Fiallos Castillo

CC: 1804605424

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Christian Mariño, M.Sc , e Ing. Franklin Tigre, M.Sc, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “Proceso de ensamblaje de aviones no tripulados para el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).”, presentado por el señor Ricardo Daniel Fiallos Castillo de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Vicente Morales L., M.Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Christian Mariño, M.Sc
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Franklin Tigre, M.Sc
DOCENTE CALIFICADOR

Ambato, Noviembre 2015.

DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría, por haberme dado la sabiduría, la fortaleza y sobre todo por haber llenado de fé mi corazón para poder alcanzar lo que creía imposible.

A mis padres, fuente infinita de amor y ejemplo de superación, quienes gracias a su apoyo incondicional y sus consejos me han ayudado a formarme como una persona de bien con valores y principios, demostrando así que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo continuo.

A mí querida hermana Lissette y mi precioso sobrino que siempre están ahí para llenar de alegría cada instante de mi vida, gracias por ser los mejores.

A mi familia y amigos por estar presentes en los momentos más difíciles de mi vida brindándome su mano amiga sin esperar nada a cambio.

Ricardo Daniel Fiallos Castillo

AGRADECIMIENTO

A mis padres, gracias por sus oraciones, por estar a mi lado en todo momento, por su apoyo incondicional y por su amor infinito. Llego el momento de la cosecha, gran parte de mis logros se los debo a ustedes, incluido este, me siento orgulloso de tenerlos a mi lado.

A mi familia y amigos, no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

Al Ingeniero John Reyes, a la Universidad Técnica de Ambato y todo el equipo del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que depósito su confianza en mi persona para el desarrollo de esta tesis.

Ricardo Daniel Fiallos Castillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría.....	iii
Aprobación de la comisión calificadora.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice de contenidos.....	viii
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xvi
Resumen ejecutivo.....	xvii
Abstract.....	xviii
Glosario de términos y acrónimos.....	xix
Introducción.....	xxi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Delimitación.....	3
1.3.1. De contenido.....	3
1.3.2. Espacial.....	3
1.3.3. Temporal.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos.....	6
2.2.2. Análisis sector industrial.....	10

2.2.3. Estudio de tiempos y movimientos	12
2.2.4. Cálculo de suplementos por descanso.....	18
2.2.5. Capacidad de producción.....	20
2.2.6. Restricciones de la capacidad de producción.....	20
2.2.7. Distribución de planta	22
2.2.8. Manejo de materiales	26
2.2.9. Simulación de sistemas de manufactura	26
2.2.10. Diseño y ensamblaje de aviones no tripulados	27
2.3. Propuesta de solución	29

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación	30
3.1.1. De campo	30
3.1.2. Bibliográfica – documental.....	30
3.2. Población y muestra	31
3.3. Recolección de información.....	31
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	31
3.5. Desarrollo del proyecto.....	31

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Análisis de la entrevista	33
4.2. Interpretación de los resultados de la entrevista.	35
4.3. Identidad corporativa del (CIDFAE).	36
4.3.1. Reseña histórica	37
4.3.2. Misión	37
4.3.3. Visión.....	37
4.3.4. Objetivos institucionales	37
4.3.5. Principios	38
4.3.6. Estructura organizacional	38
4.4. Análisis sector industrial.....	40
4.5. Diagnóstico estratégico del CIDFAE.	43

4.5.1. Identificación de factores externos (Oportunidades Y Amenazas).....	43
4.5.2. Identificación de factores internos (Fortalezas Y Debilidades)	44
4.5.3. Matrices de evaluación de factores externos (EFE) y factores internos (EFI)	44
4.5.4. Matriz FODA	47
4.6. Mapa de procesos de la institución.....	49
4.7. Descripción de las áreas de trabajo de la sección de producción.	49
4.8. Maquinaria existente en la sección de producción.....	53
4.9. Procesos que se desarrollan en la sección de producción	53
4.10. Descripción del producto UAV Gavilán III.....	57
4.10.1. Documentación requerida para ensamblaje y fabricación de componentes	59
4.11. Diagrama de recorrido de material	98
4.12. Estudio de tiempos y movimientos	100
4.12.1. Análisis de tiempos para la producción de piezas del fuselaje	101
4.13. Cálculo de la capacidad de producción estimada.....	113
4.14. Restricciones de producción	113
4.15. Simulación del modelo para fabricación de UAV tipo Gavilán III	119
4.15.1. Creación del modelo	119
4.15.2. Resultados obtenidos	122
4.16. Distribución de planta	124
4.16.1. Análisis del espacio requerido	125
4.16.2. Distribución para el taller de mecánica.....	129
4.16.3. Análisis cuantitativo de la distribución con el software WinQSB.....	135
4.17. Balanceo de la línea de ensamble final	139
4.17.1. Balanceo de línea con WinQSB.....	147
4.18. Distribución de planta final.....	152
4.19. Análisis y selección de alternativas factibles aplicables al proceso productivo ..	154

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	163
5.2. Recomendaciones	165
5.3. Bibliografía	166
Anexos	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de las 5 Fuerzas de Porter.	11
Figura 2: Comparación entre los distintos sistemas MTM	13
Figura 3: Tabla de tiempos predeterminados MTM-2	14
Figura 4: Tiempo estándar para trabajos con maquinaria	22
Figura 5: Distribución de Planta por Proceso.....	24
Figura 6: Distribución de Planta por Producto.....	24
Figura 7: Distribución por Celdas de Manufactura.....	25
Figura 8: Distribución Fija.....	25
Figura 9: Simulación aerodinámica del prototipo UAV	28
Figura 10: Organigrama Estructural CIDFAE	39
Figura 11: Mapa de Procesos del CIDFAE.....	50
Figura 12: Distribución de planta actual de la sección de Producción.....	52
Figura 13: Subensambles principales del UAV Gavilán III.....	57
Figura 14: Fragmento de la hoja de procesos maquinado CNC de los aros del tren principal ...	62
Figura 15: Diagrama General de procesos de Ensamblaje del UAV Gavilán III.....	64
Figura 16: Fuselaje UAV Gavilán III.....	65
Figura 17: Componentes del fuselaje.....	66
Figura 18: Diagrama de ensamble del fuselaje	68
Figura 19: Tren de aterrizaje principal UAV Gavilán III.....	69
Figura 20: Componentes del tren de aterrizaje principal	70
Figura 21: Diagrama de ensamble del tren de aterrizaje principal.....	72
Figura 22: Tren de aterrizaje delantero UAV Gavilán III.....	73
Figura 23: Componentes del tren de aterrizaje delantero.....	74
Figura 24: Diagrama de ensamble del tren de aterrizaje delantero	76
Figura 25: Ala derecha UAV Gavilán III.....	77
Figura 26: Componentes de las alas.....	78
Figura 27: Diagrama de ensamble de las alas	81
Figura 28: Alerones del ala izquierda UAV Gavilán III	82
Figura 29: Componentes de los alerones 1 y 2.....	83
Figura 30: Diagrama de ensamble de los alerones 1 y 2.....	85
Figura 31: Boom UAV Gavilán III	86
Figura 32: Componentes del Boom.....	87
Figura 33: Diagrama de ensamble del boom.....	88
Figura 34: Componentes de los estabilizadores verticales.....	90

Figura 35: Diagrama de ensamble del estabilizador vertical	91
Figura 36: Componentes del flap vertical	92
Figura 37: Diagrama de ensamble del flap vertical.....	93
Figura 38: Componentes del estabilizador horizontal.....	94
Figura 39: Diagrama de ensamble del estabilizador horizontal	95
Figura 40: Componentes del elevador.....	96
Figura 41: Diagrama de ensamble del elevador.	97
Figura 42: Diagramas básicos de proceso para fabricación de los subensambles.....	98
Figura 43: Diagrama de recorrido de materiales para fabricación del UAV Gavilán III.....	99
Figura 44: Diagrama Básico de procesos para elaboración del UAV Gavilán III	100
Figura 45: Flujo de información entre procesos para el área de producción.....	116
Figura 46: Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de mecanizado CNC.....	118
Figura 47: Parámetros de simulación para materia prima.....	120
Figura 48: Parámetros de simulación para el proceso.....	120
Figura 49: Parámetros para la simulación del modelo	121
Figura 50: Modelo para la fabricación del UAV Gavilán III	122
Figura 51: Simulación del modelo con 160 hrs laborables	122
Figura 52: Resultados obtenidos para 160 hrs	123
Figura 53: Simulación del modelo con 320 hrs laborables	123
Figura 54: Diagrama de flujo de materiales y distancia entre puestos de trabajo	130
Figura 55: Diagrama de costos de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica.....	133
Figura 56: Diagrama de costos de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica.....	134
Figura 57: Layout actual del taller de mecánica	135
Figura 58: Parámetros para la distribución de planta del taller de mecánica	136
Figura 59: Layout inicial para el taller mecánica	137
Figura 60: Parámetros de solución para la nueva distribución de planta.....	137
Figura 61: Layout propuesto para el taller de mecánica	139
Figura 62: Diagrama de ensamble final del UAV Gavilán III	140
Figura 63: Diagrama de precedencia del Ensamble final.....	142
Figura 64: Interfaz Facility Location and Layout	147
Figura 65: Parámetros para solución del balanceo de línea	148
Figura 66: Balanceo de la línea de ensamble final del UAV Gavilán III.....	150
Figura 67: Tareas asignadas a cada estación por medio de WinQSB	151
Figura 68: Distribución final para las instalaciones del Hangar 2	153
Figura 69: Mecanizado vertical CNC VF-2.....	155

Figura 70: Plataforma de elevación hidráulica.....	157
Figura 71: Plataforma de elevación hidráulica con sus respectivas adaptaciones.....	158
Figura 72: Tecele eléctrico con capacidad de carga de 500 kg.....	158
Figura 73: Caja multiservicios para organización de componentes de sujeción.....	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Fases de la medición del trabajo	12
Tabla 2: Tabla de valoración del ritmo de trabajo	16
Tabla 3: Tabla de resumen de puntos atribuidos a las diferentes tensiones.	18
Tabla 4 : Puntos para la fuerza ejercida en promedio	19
Tabla 5: Tabla de conversión de puntos.....	20
Tabla 6: Fabricantes de UAV en Latinoamérica	42
Tabla 7: Tabla de valoración para matrices EFE y EFI	45
Tabla 8: Matriz de evaluación de factores externos (EFE)	46
Tabla 9: Matriz de evaluación de factores internos (EFI)	47
Tabla 10: Análisis FODA para el CIDFAE	48
Tabla 11: Maquinaria existente en la sección de producción y ensamblaje.....	53
Tabla 12: Procesos Operativos principales que se desarrollan en la sección de producción	54
Tabla 13: Codificación de de Subensambles principales del UAV Gavilán III	59
Tabla 14: Documentación requerida para el ensamblaje del tren principal	60
Tabla 15: Componentes fabricados para el tren de aterrizaje principal	61
Tabla 16: Componentes adicionales para ensamblaje de alas	79
Tabla 17: Subensambles que conforman el Boom	86
Tabla 18: Análisis del proceso de fijación de la base del tren de dirección con MTM-2	102
Tabla 19: Tiempos estimados de fabricación de las piezas del fuselaje	105
Tabla 20: Cálculo de tiempos básicos fuselaje (hoja 1)	106
Tabla 21: Cálculo de tiempos básicos fuselaje (hoja 2)	107
Tabla 22: Resumen de tiempos de utilización de cada proceso	108
Tabla 23: Tabla de puntuación para suplementos por Tensión Física	110
Tabla 24: Tabla de puntuación para suplementos por Tensión Mental.....	110
Tabla 25: Tabla de puntuación para suplementos por Condiciones de Trabajo.....	111
Tabla 26: Tabla de resumen de suplementos por descanso.....	111
Tabla 27: Cálculo del tiempo estándar total y parcial de producción de UAV Gavilán III	113
Tabla 28: Capacidad de producción por proceso	115
Tabla 29: Valores k por tipo de actividad productiva	126
Tabla 30: Superficie requerida para el taller de mecánica	126
Tabla 31: Superficie requerida para el taller de materiales compuestos	127
Tabla 32: Superficie requerida para el taller de pintura	127
Tabla 33: Superficie requerida para el área de ensamblaje	127
Tabla 34: Superficie requerida para el taller de carpintería.	128

Tabla 35: Superficie total requerida para los talleres de la sección de producción.....	128
Tabla 36: Superficie total existente para los talleres de la sección de producción	128
Tabla 37: Flujo de materiales entre puestos de trabajo taller mecánica.....	131
Tabla 38: Tiempos de transporte de material entre puestos de trabajo taller de mecánica	131
Tabla 39: Costo de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica	132
Tabla 40: Costo de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica distribución actual.....	133
Tabla 41: Costo de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica distribución propuesta...	134
Tabla 42: Codificación de las áreas de trabajo.....	135
Tabla 43: Tabla de datos ingresados en el software.....	136
Tabla 44: Distancias entre departamentos distribución actual	138
Tabla 45: Distancias entre departamentos distribución propuesta	138
Tabla 46: Tabla de relaciones de precedencia para ensamble final	141
Tabla 47: Balanceo de la línea en base al número más alto de tareas subsiguientes	144
Tabla 48: Balanceo de la línea de ensamble en base al tiempo de tarea más largo.....	145
Tabla 49: Tareas de la estación de trabajo 5 dedicada a la parte electrónica	146
Tabla 50: Datos para el problema de balanceo de línea de ensamble	147
Tabla 51: Resultados Obtenidos por el programa	149
Tabla 52: Alternativa de solución para el proceso de torneado	154
Tabla 53: Alternativa de solución para el proceso de mecanizado CNC	154
Tabla 54: Especificaciones Máquina CNC	155
Tabla 55: Alternativa de solución para el proceso de corte.	156
Tabla 56: Alternativa de solución para el proceso de laminado.....	156
Tabla 57: Especificaciones Mesa de elevación hidráulica	157
Tabla 58: Especificaciones teclé eléctrico	159
Tabla 59: Especificaciones organizador multiservicios	159
Tabla 57: Precio de extintores PQS y CO2.....	160
Tabla 58: Costo de inversión para la nueva distribución.	161

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Formato de entrevista utilizada para la recolección de información	171
Anexo 2: Medidas del Hangar N° 2	173
Anexo 3: Formulario para estudio de tiempos.	174
Anexo 4: Formato de Hoja de Resumen de tiempos estimados	175
Anexo 5: Formato de Hoja de tiempos estimados.....	176
Anexo 6: Estudio de tiempos de fabricación de piezas del Tren Principal	177
Anexo 7: Estudio de tiempos de fabricación de piezas del Tren delantero.....	178
Anexo 8: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Alerones 1 y 2	180
Anexo 9: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de las alas.....	181
Anexo 10: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Estabilizadores Verticales	181
Anexo 11: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Flaps Verticales.....	184
Anexo 12: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Estabilizador Horizontal	185
Anexo 13: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Elevadores.....	185
Anexo 14: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del fuselaje	188
Anexo 15: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del tren principal	203
Anexo 16: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del tren de dirección	204
Anexo 17: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del Alerón 1.....	205
Anexo 18: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del Alerón 2.....	206
Anexo 19: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble de las alas	207
Anexo 20: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del fuselaje	208
Anexo 21: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble de los flaps verticales	209
Anexo 22: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del estabilizador vertical ..	210
Anexo 23: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble de los elevadores	211
Anexo 24: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del Boom	212
Anexo 25: Hoja de resumen de tiempos para ensamble final del UAV Gavilán III	213
Anexo 26: Maquinado de cuadernas o costillas internas para fuselaje	214
Anexo 27: Diagramas Hombre-Máquina	221
Anexo 28: Familia de partes	223
Anexo 29: Lista de componentes por cada estación de trabajo.....	225
Anexo 30: Inspección de cumplimiento de requisitos mínimos de seguridad según el decreto de salud y seguridad de los trabajadores (2393).	228

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se enfoca en el diseño de una línea de ensamblaje para la fabricación en serie de aviones no tripulados tipo Gavilán III, perteneciente al Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE), el problema de la institución radica en que no existen procesos estandarizados para la construcción de este modelo, además de la inexistencia de una distribución de planta adecuada para llevar a cabo el proceso productivo.

Para ello, el estudio se realiza dentro del área de producción, teniendo como punto de partida el análisis de la situación estratégica de la Institución, seguidamente se procede a realizar el estudio de los procesos operativos que se desarrollan en la sección mediante el uso de herramientas como el estudio métodos, el estudio de tiempos en base a las normas MTM-2, el cálculo de la capacidad de producción, etc., buscando identificar y fundamentar la información necesaria para plantear las soluciones factibles.

Mediante el respectivo análisis minucioso de los datos se obtiene una capacidad de producción de tres aviones cada dos meses de trabajo, por otra parte mediante el uso de software especializado, se selecciona una distribución mixta para el área de producción, se considera factible dividir el área de ensamble en cuatro estaciones de trabajo bien abastecidas, con este trabajo se busca incentivar al personal el cumplimiento de los reglamentos de seguridad laboral según el decreto ejecutivo 2393 y otros reglamentos vigentes en nuestro país, el proyecto concluye con múltiples alternativas para mejoramiento de la calidad de los procesos como adquisición de maquinaria, señalización, construcción de espacios para almacenar productos peligrosos.

ABSTRACT

This project focuses on the design an assembly line for mass production of drones type Hawk III, for Research and Development Center of the Ecuadorian Air Force (CIDFAE), the problem of the institution resides that there are no standardized processes for constructing this model, besides the absence a distribution plant suitable for carrying out the production process.

For that the study was conducted within production area, taking as a starting point, the analysis of the strategic situation of the institution in order to raise production strategies, then proceed to the study operational processes taking place in the section using tools such as study of working methods, time study based on MTM-2 standards, The calculation of the production capacity, etc., seeking to identify and substantiate the information necessary to bring the feasible solutions.

Through a careful analysis of the respective data is obtained a production capacity of three aircraft every two months of work, moreover by using specialized software is selected a mixed distribution for the production area, it is considered feasible to divide the assembly area into four work stations well supplied, with this work seeks to encourage staff in compliance with occupational safety regulations by Executive Order 2393 and other current regulations in our country, the project concludes with multiple alternatives for improving the quality of processes as acquisition of machinery, signaling, construction of spaces to store dangerous products

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

Capacidad de Producción: Representa un indicador cuantitativo del máximo nivel de producción factible que puede alcanzarse con una estructura productiva previamente establecida.

CIDFAE: Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Diagrama Hombre-Máquina: Representación gráfica del trabajo que desempeña el operario y la máquina en un tiempo determinado.

Eficacia: Es hacer las cosas de la manera correcta para el cumplimiento de objetivos.

Eficiencia: Es obtener el máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos.

Ensamblaje: Unión de piezas o componentes que forman un determinado producto.

Estrategia de operaciones: se refiere a la elaboración de políticas y planes para la utilización de los recursos de la empresa en apoyo de la competitividad de la firma a largo plazo.

Estudio de tiempos: Técnica utilizada para evaluar el ritmo de trabajo bajo condiciones predeterminadas y en base a un procedimiento previamente establecido.

FODA: (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), Análisis mediante el cual se identifica la posición estratégica actual de una institución.

Identidad Corporativa: Es el conjunto de atributos y valores que toda empresa posee, es decir la esencia de la institución, lo que ella es y la hace diferente a las demás, con una personalidad, un concepto y un estilo definido y propio.

Layout: También conocido como distribución de la instalación, consiste en la ubicación de los distintos sectores y departamentos en una fábrica o instalaciones de servicios, así como los equipos los equipos utilizados dentro de los mismos.

Mapa de procesos: Es una representación grafica que proporciona una visión general del sistema organizacional de la empresa y los procesos que lo componen así como sus relaciones principales existentes entre ellos.

MTM: (*Methods time Measurement*), Es un sistema de control de tiempos predeterminados que se utiliza para analizar los métodos utilizados para llevar a cabo alguna operación manual y como resultado de ese análisis establecer el tiempo estándar en el que se debe completar dicha tarea.

NTPD: (Normas de Tiempo Predeterminadas), son técnicas que utilizan tiempos determinados para los movimientos básicos del cuerpo, con el objetivo de sintetizar los tiempos de una operación.

POT: Plan de ordenamiento territorial mediante el cual el Municipio de una ciudad busca planificar y ordenar su territorio.

Proceso: Es el conjunto de actividades relacionadas entre sí, que se desarrollan de manera ordenada para convertir insumos en productos o servicios para el usuario.

Simulación de procesos: Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema con el propósito de entender el comportamiento del mismo en la realidad.

Suplemento: Son fracciones de tiempo que se añaden con el propósito de dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones.

Therbligs: Conjunto de movimientos básicos en los que se puede subdividir cualquier tarea laboral para estudiar la productividad motriz de un operador en su estación de trabajo.

TMU: (*Time Measurement Unit*), Es la unidad básica utilizada por los sistemas MTM para la medición de tiempos predeterminados y es equivalente a 36 milisegundos.

UAV: (*Unmanned Aircraft Vehicle*), Vehículo aéreo no tripulado.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas productivos en su gran mayoría se componen de varios elementos trascendentales de los cuales uno de los más importantes son las líneas de producción que no son nada más que un conjunto de operaciones relacionadas entre sí que obedecen a ciertas restricciones de precedencia, tiempo y muchos otros factores para transformar insumos en producto terminado que requiere el cliente para satisfacer sus necesidades.

Los constantes cambios y requerimientos que surgen por parte del consumidor obligan a que las empresas incorporen en su sistema de gestión, ciclos de mejora continua para mantenerse dentro del mercado, por lo cual para el caso de las industrias manufactureras, las líneas de producción también poseen un tiempo de vida útil y necesitan renovarse continuamente o a su vez generar un nuevo modelo para el proceso productivo como es el caso del Centro de Investigación y desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).

El presente proyecto de investigación se enfoca en el diseño de la línea de ensamblaje de aviones no tripulados UAV tipo Gavilán III que actualmente desarrolla la institución, partiendo de la necesidad de un proceso estandarizado para desarrollar las operaciones de manera eficiente y que a su vez permita la fabricación en serie de este artefacto.

Para alcanzar este objetivo se parte de un análisis estratégico de la institución con lo cual se identifica los factores internos y externos que son la clave para el desarrollo de estrategias de producción, posteriormente se realiza el análisis del modelo con el propósito de conocer su diseño y componentes que lo conforman, esta información se complementa gracias al estudio del proceso productivo mediante el análisis de métodos de trabajo más eficientes y debido a que se trata de un modelo nuevo se ha realizado una estimación de tiempos en base a la experiencia de los operarios en el desarrollo de proyectos similares desarrollados anteriormente. Finalmente se adapta la planta de producción acorde a los requerimientos para promover el desarrollo de tecnología nacional y de esta manera contribuir al desarrollo de la nación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.Tema

PROCESO DE ENSAMBLAJE DE AVIONES NO TRIPULADOS PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA (CIDFAE)

1.2.Planteamiento del Problema

Los aviones no tripulados, más conocidos como *drones*, no son nada nuevo, debido a su controvertido uso en Afganistán y Pakistán ha sido motivo de numerosos debates y comentarios.

Gracias a métodos adecuados de diseño, ensamblaje y pruebas de estos prototipos se han construido una serie de "superdrones" experimentales entre los cuales se destaca el X-47 de *Northrop Grumman*, el Taranis, de la contratista militar británica *BAE Systems* y el prototipo europeo denominado Neuron, que es un avión de combate a escala real el cual se lo considera como el futuro del combate aéreo por las características que posee, fue desarrollado por la empresa francesa *Dassault* un consorcio europeo de seis naciones, en el que también contribuyen empresas de defensa de Grecia, Italia, España, Suecia y Suiza [1].

Proyectos similares se están desarrollando por parte de la fuerza aérea de los EE.UU. en alianza con la compañía Boeing, este proyecto consiste en transformar varios cazas F-16

en drones, que son utilizados en entrenamiento y que posteriormente para defensa nacional en conflictos bélicos para localizar y derribar aviones de combate enemigos.

En varios países latinoamericanos se ha llevado a cabo la experimentación, diseño y producción de estos aparatos que son requeridos para uso militar y uso civil, pero la realidad se presenta alejada de Estados Unidos: según estima la Administración Federal de Aviación de ese país más de 30.000 UAV de uso civil surcarán el espacio aéreo norteamericano en 2020 [2].

El mundo de las empresas y de los medios está cada vez más atento a los drones. En Venezuela, la empresa Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) prueba estos artefactos para detectar derrames de hidrocarburos, inspección de tendidos eléctricos, fotografiar cultivos, incendios, lanzar un salvavidas al mar, ayudar en catástrofes o hasta para delivery. Brasil por su parte utilizó estos aparatos en la vigilancia de fronteras y zonas de gran acumulación de personas por la celebración del Mundial de Fútbol, además se incorporaron a las Fuerzas Armadas de Brasil, dos aviones no tripulados a su flota de vigilancia fronteriza con los países del Cono Sur, con los que controlan el narcotráfico y las actividades ilegales que allí tienen lugar [2].

En el Ecuador, empresas de gran renombre como Petroecuador y la Empresa Eléctrica Ambato (EEASA), requieren de estos prototipos para efectuar la vigilancia de los poliductos y redes eléctricas respectivamente [3], por su parte el Ministerio de defensa pretende utilizar estos artefactos para el control de fronteras, inspección de recursos estratégicos, brindar apoyo aéreo a las fuerzas armadas, entre otras [4].

El centro del país se caracteriza por albergar a una de las más importantes instituciones a nivel nacional, este es el caso del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) que es el único centro de investigación en esta área que tiene el país y que en convenio con varias universidades e instituciones públicas y gubernamentales aporta al desarrollo científico y tecnológico de la nación. Hasta el momento se han llevado a cabo varios proyectos entre ellos la Plataforma de Gran Altitud (PGA) y la creación de varios prototipos de aviones no tripulados [5].

Gracias a los logros alcanzados con su último prototipo denominado “Gavilán” la institución ha concentrado sus esfuerzos para producir la primera serie de aeronaves no

tripuladas de este tipo, pero actualmente este centro de investigación enfrenta un gran problema, debido a que no cuenta con una distribución de planta adecuada para llevar a cabo los procesos de ensamblaje de estas aeronaves.

La inexistencia de una apropiada repartición del espacio físico de trabajo produce grandes pérdidas de tiempo, debido a que los trabajadores tienen que movilizar los materiales y herramientas de un lugar a otro más alejado, lo cual incrementa los tiempos de fabricación y por ende los costos relacionados con los mismos.

Otra de las causas relacionadas con este problema es la carencia de un proceso estandarizado de ensamblaje que ocasiona un desconocimiento de las operaciones necesarias para efectuar esta tarea de la manera más eficiente, teniendo así varios procesos innecesarios e información incompleta y/o redundante.

Por otra parte la falta de organización del lugar de trabajo dificulta la circulación adecuada del personal, equipos móviles, materiales y producto en proceso, generando así un alto riesgo de accidentes laborales, desperdicio de materiales, inversiones elevadas, etc. Igualmente la mala ubicación de la maquinaria ocasiona que no se aproveche el espacio físico disponible en su totalidad.

1.3.Delimitación

1.3.1.De Contenido

Área Académica: Industrial y Manufactura

Línea de Investigación: Industrial

Sublínea de Investigación: Sistema de Administración de la Productividad y Competitividad Empresarial.

1.3.2.Espacial

El presente proyecto se desarrollará en el Centro de Investigación y Desarrollo Aeroespacial de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE), ubicado en la Provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Izamba, sector Aeropuerto Chachoán, calle principal.

1.3.3.Temporal

La investigación se desarrolla en los seis meses siguientes después de ser aprobado el proyecto por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4.Justificación

El presente proyecto es de gran importancia para el Centro de investigación ya que permitirá mejorar la calidad de los procesos de ensamblaje de los aviones no tripulados para producirlos de manera más eficiente y a gran escala buscando así satisfacer la demanda del mercado nacional e internacional.

Al contar con un proceso estandarizado de ensamblaje diseñado en base a las necesidades, disminuye la dependencia tecnológica con lo cual las primeras aeronaves del tipo Gavilán que se produzcan en el centro de investigación estarán a disposición de las Fuerzas Armadas para fortalecer la capacidad militar de control y vigilancia del territorio nacional, apoyo aéreo, control del narcotráfico, vigilancia de fronteras, además se utilizará para llevar a cabo levantamiento de información de gestión de riesgos, vigilancia y monitoreo de parques y reservas ecológicas del territorio nacional mediante la obtención de imágenes y levantamiento de información, entre otras aplicaciones.

Esta investigación servirá como punto de partida de nuevos estudios que permitan mejorar e incrementar la productividad en la línea de producción del prototipo Gavilán en base a los parámetros que se establezcan en la actual investigación, dando así inicio a un proceso de mejora continua.

El estudio realizado servirá también como un modelo guía para efectuar el diseño de procesos que se adapte a las necesidades de fabricación de otros prototipos mucho más avanzados y además se constituirá como una fuente de consulta para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

El Proyecto beneficiará al centro de investigación ya que permitirá reducir los costos de fabricación de las aeronaves y además se incrementará la producción de las mismas, a

futuro esto representaría un ahorro significativo de los recursos e insumos requeridos para la elaboración de los prototipos.

La factibilidad para llevar a cabo el proyecto planteado es alta ya que se cuenta con el apoyo del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) y la Universidad Técnica de Ambato, además se tiene acceso gratuito a una gran cantidad de bases de datos internacionales, revistas, informes, libros, en los cuales se puede encontrar fácilmente información referente al tema para sustentar la investigación propuesta y que del mismo modo permita reforzar los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar el proceso de ensamblaje de aviones no tripulados para optimizar los recursos del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Efectuar el estudio del proceso productivo en la sección de ensamblaje de las aeronaves no tripuladas.
2. Definir los factores estratégicos que permitan implantar procesos estandarizados en el área de ensamblaje de los aviones no tripulados.
3. Establecer una propuesta de distribución de planta para las operaciones de ensamblaje de los aviones no tripulados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

Una distribución de instalaciones idónea se debe integrar de la mejor manera a los elementos que intervienen en el proceso para poder garantizar un flujo adecuado del movimiento de los elementos y una distancia mínima entre las operaciones que se lleven a cabo, además se debe utilizar de forma eficiente el espacio disponible para evitar movimientos innecesarios y así ofrecer satisfacción y seguridad al trabajador, la distribución debe diseñarse para poder ajustarse o regularse a costos bajos [6].

Además se considera muy importante diseñar una correcta distribución de planta en donde permita conocer con detalles las tareas, ubicación de los materiales, los responsables de cada labor así como también ubicar de forma correcta la maquinaria para tener un flujo continuo del manejo de materiales [7] [8], por medio de esto se optimiza el tiempo de transporte de los productos en proceso, se consigue estandarizar el tiempo de producción de cada unidad y por sobre todo se mejora la calidad del producto terminado.

Con el advenimiento de los sistemas de información y los desarrollos recientes en tecnología de computación, los sistemas tradicionales de manufactura están volviéndose obsoletos rápidamente y con ello la aparición de una nueva generación de instalaciones con sistemas de manufactura celulares o ligados a células. Este giro reciente hacia este tipo de sistemas ha necesitado del rediseño de la planta y su distribución. Las distribuciones por producto y proceso tradicionales se están reemplazando por aquellas

distribuciones de tipo herradura, conformadas por células de trabajo pequeñas y semicirculares [9].

Una distribución de planta óptima busca resolver los problemas de diseño que incluye la partición de una región plana en departamentos o superficies de trabajo, con el fin de minimizar los costos asociados con interacciones proyectadas entre los departamentos [10]. Además las metodologías SPL, QAP y Corelap son las técnicas manuales de uso más sencillo para realizar un análisis o diseño de una distribución física. La aplicación de estas tres metodologías en diferentes empresas sugiere SPL y QAP recogen la mayoría de las características deseables para diseñar una planta, por su parte QAP presenta la mayor cantidad de restricciones pero es la única que asegura la minimización; por esto, se considera que una combinación de estos modelos asegura una mejor distribución física de la planta [11].

Otra metodología desarrollada es el algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en planta orientados a procesos, el cual considera la posibilidad de incluir restricciones de tipo espacial o prioridades de cercanía. El algoritmo integra dos técnicas meta heurísticas: por un lado, los algoritmos basados en colonias de hormigas (ACO), y por otro lado un algoritmo genético (AG) que permite mejorar el conjunto de soluciones obtenidas por las hormigas artificiales. En el ACO, un conjunto de hormigas artificiales construyen, de forma concurrente, un conjunto de posibles soluciones del problema por medio de asignaciones parciales de secciones o talleres a áreas de la planta [12].

La aplicación de software es uno de los aspectos más importantes en el estudio de un proceso productivo para ello se han desarrollado múltiples aplicaciones, entre estas el software WITNESS, el cual mediante el análisis de los datos, genera un reporte estadístico que a su vez permite la toma de decisiones para seleccionar la mejor de las alternativas propuestas de manera eficiente [13].

Para una producción más eficiente dentro de una industria se deben considerar además la gestión de la materia prima, mediante un modelo de gestión de inventario por medio de búfer dinámico que proporciona información suficiente para el suministro de materiales utilizando la teoría de restricciones, mediante este modelo, el nivel de

inventario objetivo está asegurado y tiene un modelo de gestión dinámico en el tiempo, además permite mantener un control estricto del dinero invertido. El modelo asegura un estado del inventario exitoso debido a la repoblación en el proceso de la materia prima se basa en la demanda reciente y actual utilizando la teoría de las restricciones [14].

Además se considera importante la inclusión de planes agregados de producción, que son metodologías basadas en algoritmos de programación lineal, que consisten en una técnica sistemática e innovadora que permite combinar y minimizar al máximo, cada uno de los recursos más importantes que tiene las organizaciones ya que brinda una optimización de recursos sistemática superior a otros métodos de solución. De esta manera se puede tomar una decisión más adecuada, para llevar a cabo la producción dentro de las empresas manufactureras en general [15].

Estos conceptos pueden aplicarse a diversos sectores productivos entre estos el diseño y la fabricación de prototipos de aviones no tripulados (UAV). Varios países a nivel mundial emplean lo último en tecnología para desarrollar sus modelos, entre estos la utilización de superficies de control de vuelo multi-segmentados en las alas de estos vehículos aéreos no tripulados. Al utilizar estos múltiples segmentos en las alas de un UAV se crean superficies de control más pequeñas con las cuales se puede hacer ajustes refinados al rendimiento del UAV mientras esta el aire. Esta técnica se aplica para la corrección de las fuerzas localizadas en el UAV, con el propósito de reducir la deformación estructural y mejorar la resistencia en los vuelos [16].

Las áreas relacionadas con el rendimiento de los vehículos aéreos no tripulados (UAV) deben ser mejoradas utilizando nuevos materiales más ligeros y estructuras basadas en tecnologías presurizadas (PSB), de tal manera que un porcentaje considerable de su peso sea soportado o compuesto de estructuras inflables que contienen aire o helio. De esta manera, la tecnología PSB reducirá la cantidad de energía requerida para mantener el UAV en pleno vuelo, permitiendo así el uso de motores más pequeños, ligeros y silenciosos [17]. Utilizando la tecnología de PSB en conjunto con la mejora de las tecnologías de la electrónica, almacenamiento de energía y materiales debe proporcionar un aumento sustancial en el rendimiento actual de los UAV en áreas necesitadas por los militares.

Estos sistemas deben ser guiados mediante software para alcanzar su objetivo y cumplir con la misión encomendada, una de las técnicas utilizadas es la planificación de trayectoria 4D libre de colisiones para vehículos aéreos no tripulados, que propone la solución más eficaz teniendo en cuenta el tiempo de cálculo disponible que posee el sistema. Después de detectar conflictos entre UAV's, el sistema los resuelve utilizando un algoritmo de planificación de trayectorias en cuatro dimensiones, libre de colisiones basado en una estrategia simple de tiempo para calcular rápidamente una solución inicial factible pero no óptima y una partícula técnica de optimización estocástica llamada *Swarm Optimization* (PSO) para mejorar la solución inicial.

El enfoque se aplica en cualquier momento utilizando el PSO. Por lo tanto, el método podría ser aplicado en tiempo real dependiendo del tiempo de cálculo disponible. El método ha sido validado con las simulaciones y experimentación en escenarios con múltiples vehículos aéreos no tripulados en un espacio de trabajo [18].

Para facilitar la navegación de los drones se han desarrollado sistema de Guiado Automático del Vehículo (AGV). En el cual se mide la concentricidad y horizontalidad de la nave mediante láser, este sistema se encuentra montado en una aeronave no tripulada supersónica de entrenamiento avanzado modelo T-50.

Los Componentes ópticos sin ningún tipo de circuitos eléctricos están empaquetados en un pequeño recipiente cilíndrico y se posicionan en un pequeño agujero de perno en el fuselaje. Posteriormente se sitúan en el AGV y el ala principal un láser de polarización, divisores de haz, analizadores, y circuitos eléctricos de procesamiento.

Mediante el análisis de la luz reflejada del láser, la concentricidad y horizontalidad se miden cuantitativamente con sensibilidades altas que luego son retroalimentadas al AGV en un corto espacio de tiempo para asegurar una alineación precisa [19].

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Estrategia de operaciones

Toda empresa sin excepción, diseña planes estratégicos para el logro de sus objetivos y metas planteadas, estos planes pueden ser a corto, mediano y largo plazo, dependiendo del tipo de empresa en el que se aplica estas técnicas; los planes planteados implican el

desarrollo de una metodología que permita alcanzar los objetivos institucionales junto con un proceso cuidadoso de toma de decisiones [20], [21]. La planeación estratégica tiene dos funciones principales dentro de las organizaciones ya que se encarga de desarrollar, integrar y coordinar un plan de acción consistente y además facilitar la adaptación a los cambios del entorno [22]; para ello requiere de un proceso básico en el cual se identifican los distintos elementos que representan la razón de ser de una institución como la misión, visión y objetivos de la institución.

Solamente un modelo de gestión estructurado junto con la integración de las unidades que componen la empresa puede garantizar el direccionamiento de las funciones misionales de una organización hacia la competitividad [23], [24]. El éxito de una organización depende de la forma en que esta responde a los cambios que se presentan y la metodología que desarrolla para adaptarse a los mismos; existe varias metodologías de análisis de las cuales se utiliza el modelo de las cinco fuerzas de Porter que permite analizar el entorno competitivo de una empresa, es decir analiza todos los aspectos que favorables y desfavorables del sistema dinámico en el cual la empresa compete. El modelo se basa en dos tipos de enfoque: a) Cuando una empresa se encuentra fuera del negocio y quiere ingresar a él y b) Cuando una empresa se encuentra dentro del negocio y otras empresas competidoras quieren entrar a él.

Teniendo en cuenta estos aspectos y realizando previamente un estudio de los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) de una empresa es posible desarrollar estrategias de operaciones que incluyen decisiones en aspectos como los nuevos productos que deben desarrollarse y cuando deben introducirse en la producción, necesidad de nuevas instalaciones, esquemas de producción que seguirán los nuevos productos y servicios, etc [25]. El control de estos procesos debe convertirse en parte fundamental de los objetivos de calidad de las organizaciones [26], para que de esta manera las mismas puedan ofertar productos y servicios de calidad al mercado.

2.2.2. Análisis Sector Industrial

El análisis del sector industrial permite examinar el entorno competitivo de la institución para ello se emplea el modelo de las Cinco Fuerzas de Porter descritas en la Figura 1.



Figura 1: Diagrama de las 5 Fuerzas de Porter.

Este modelo permite analizar cualquier segmento, o nicho de mercado de desarrollo respecto a la rentabilidad, existen dos tipos de enfoque: el primero cuando una empresa se encuentra fuera del negocio y quiere ingresar a él y el segundo cuando la empresa se encuentra dentro del negocio y otras empresas competidoras quieren entrar a él.

2.2.3. Gestión de Procesos

La gestión de procesos es una forma sistémica de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes.

La gestión de procesos con base en la visión sistémica apoya el aumento de la productividad y el control de gestión para mejorar en las variables clave, por ejemplo, tiempo, calidad y costo [27].

Identificación de procesos

Existen tres tipos de procesos principales y toman el nombre de Macro procesos entre estos se identifica los siguientes:

Los procesos estratégicos son aquellos relacionados con la estrategia de la organización, consideran La forma como se establece la visión, misión, valores, directrices funcionales, objetivos corporativos, departamentales y personales y el programa de acción entre otros componentes, entre otros temas relacionados.

Los procesos del negocio atienden directamente la misión del negocio y satisfacen necesidades concretas de los clientes. Mientras más focalizada se encuentre una empresa, menor es el número de procesos del negocio. Por ejemplo en una empresa de Diseño de productos es necesaria la búsqueda de ideas innovadoras, preparación de los modelos, prototipos, matrices para la producción, etc.

Los procesos de apoyo son servicios internos necesarios para realizar los procesos del negocio. También se les llama procesos secundarios. Pueden ser: Compra de artículos de oficina, Pago de remuneraciones, Declaración y pago de impuestos, Servicios de alimentación, Reparación de maquinarias, etc. [27].

2.2.3. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos es una de las técnicas más utilizada dentro de la medición del trabajo ya que permite registrar el tiempo y el ritmo de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida y realizada en unas condiciones determinadas, para ello es necesario seleccionar un trabajador cualificado que posea destrezas, aptitudes y conocimientos necesarios para el desempeño de las tareas que se desea analizar.

Al momento de la fijación de tiempos tipo se requiere un alto grado de objetividad por parte del analista y un evidente sentido de justicia, ya que se debe asignar un nivel que pueda alcanzar y mantener un trabajador cualificado sin excesiva fatiga. Las fases para realizar un estudio de tiempos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Fases de la medición del trabajo [28]

Fases de la medición del trabajo	
1.	SELECCIONAR el trabajo objeto de estudio
2.	REGISTRAR todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo y que son los necesarios para la medición
3.	EXAMINAR de forma crítica los datos registrados para verificar si se están utilizando los métodos y movimientos más eficaces e identificar los elementos improductivos
4.	MEDIR (en tiempo) la cantidad de trabajo que corresponde a cada elemento ,mediante la técnica más apropiada de medición
5.	CALCULAR el tiempo base y el tiempo tipo
6.	DEFINIR con precisión la serie de actividades y métodos en funcionamiento para los cuales se ha calculado el tiempo tipo.

Entre las principales técnicas utilizadas para el estudio de tiempos se encuentra el muestreo del trabajo, estudio de tiempos con cronómetro, normas de tiempos predeterminadas (NTPD) y estimación de tiempos [28].

Estimación

Esta técnica puede ser utilizada solamente cuando no se dispone de otra forma de medir el tiempo, debido a que se trata de una estimación el tiempo es normalmente inexacto, pudiendo tener errores considerables, comprendidos entre un 10 y un 20%.

Para efectuar la estimación de tiempos requeridos para el estudio, se aprovecha los conocimientos y experiencias de los operarios, buscando determinar aproximadamente los tiempos requeridos para efectuar las tareas que conlleva el proceso productivo, en base a lo mencionado es necesario aclarar que la técnica de estimación no es una técnica de medición propiamente dicha.

Normas de tiempo predeterminadas (NTPD)

El estudio de tiempos se desarrolla a partir de los valores asignados a las operaciones corporales (micro movimientos) que el analista selecciona de un manual después de analizar el método y los suma para obtener el tiempo necesario para efectuar un determinado trabajo. Los sistemas NTPD más usados son los de medición de tiempos de los métodos MTM (*methods time measurement*). Existen varias bases de datos MTM, entre ellas MTM-1, MTM-2, MTM-3. En la Figura 2 se puede observar la comparación entre los diferentes sistemas MTM.

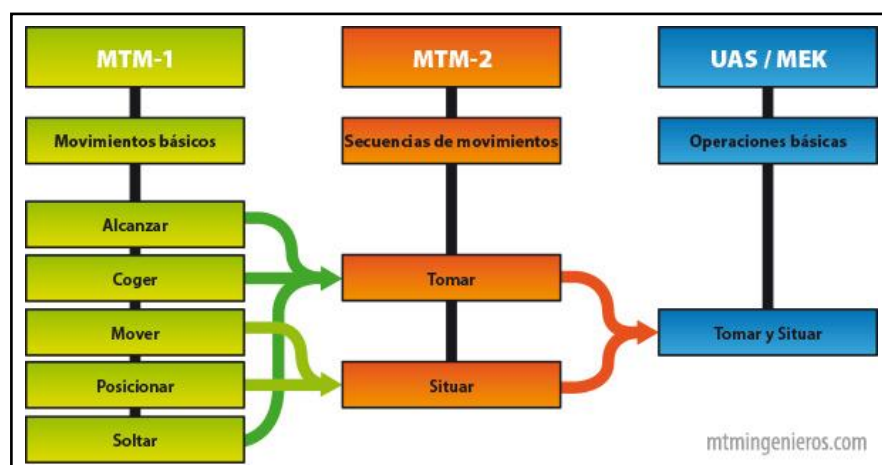


Figura 2: Comparación entre los distintos sistemas MTM [29]

Cada micro movimiento está determinado en unidades para medir el tiempo (TMU) (*time measurement units*). Una TMU equivale a 0.0006 minuto o lo que es igual a 0.036 segundos. El presente análisis se enfoca en la utilización del sistema MTM-2 [28].

Sistema MTM-2

El sistema MTM-2 se basa exclusivamente en el sistema MTM-1 y consiste en Movimientos MTM básicos sencillos y combinaciones los mismos. Este es el sistema de tiempos predeterminados más utilizado en la industria. Los micros movimientos básicos del MTM-2 son conceptos básicos clasificados y definidos por categorías.

El sistema MTM-1 es más preciso que el sistema MTM-2. A pesar de ello el sistema MTM-2 arroja resultados muy aproximados, y se convierte en una herramienta fundamental para el análisis de ciclos con tareas poco repetitivas y tiempos muy prolongados, para lo cual el uso del sistema MTM-1 haría de un análisis similar un proceso dispendioso y de mayor costo [30]. En la Figura 3 se presenta la tabla MTM-2 actualizada, con la cual se efectúa el estudio de tiempos y movimientos referentes a las operaciones de ensamblaje de UAV's tipo Gavilán III que se verá más adelante:

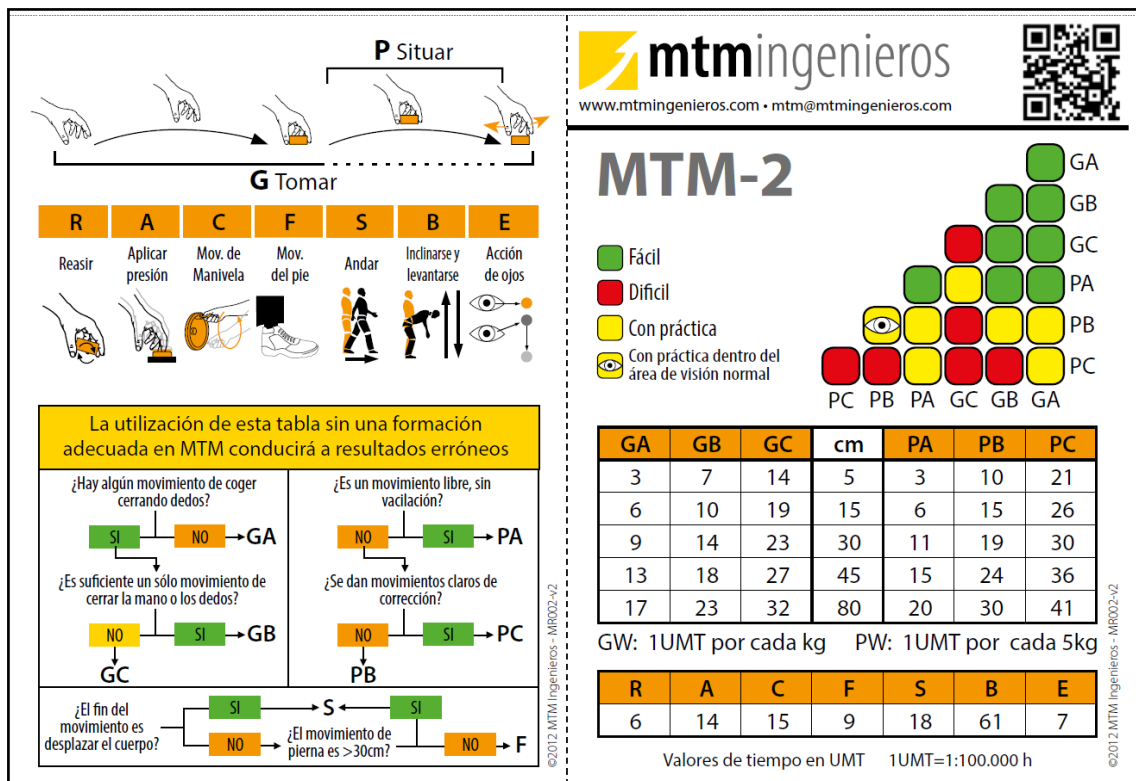


Figura 3: Tabla de tiempos predeterminados MTM-2 [31]

El sistema MTM-2 consta de 11 movimientos básicos denominados therbligs como se observa en la esquina superior izquierda de la Figura 3, de los cuales las acciones tomar (G) y situar (P) vienen dadas por tres niveles de dificultad (A), (B), (C), que se aplican a un rango de distancias establecidas de acción entre 5 y 80 cm que se calculan por la trayectoria de la mano, de la cual se resta la ayuda que pueda haber prestado el cuerpo.

Tomar (G)

- (GA) Cuando no se requieren ningún movimiento para asir por ejemplo apoyar la mano sobre uno de los lados de una caja para empujarla hasta otra posición
- (GB) Se emplea cuando se requiere tomar un objeto con solo cerrar la mano en un solo movimiento por ejemplo recoger un cubo de 2cm de lado que se encuentra situado sobre una mesa.
- (GC) Se usa esta simbología cuando se requieren ejecutar varios movimientos correctivos para tomar un objeto por ejemplo, tomar entre los dedos el borde de una página de un libro para pasarla
- Además de estos tres niveles se usa adicionalmente (GW) cuando se requiere tomar un objeto cuyo peso se encuentre a partir de los 2kg por cada mano, de aquí en adelante se asigna 1 UTM por cada kilogramo de peso.

Situar (P)

- (PA) Cuando se trata de un movimiento lineal continuo y no se requieren ningún movimiento de corrección por ejemplo apartar un objeto de una mesa.
- (PB) Se emplea cuando se requiere posicionar un objeto sin utilizar mucha precisión por ejemplo, situar una esfera de 12mm de diámetro en un agujero de 15 mm de diámetro.
- (PC) Se usa cuando se requiere ejecutar movimientos correctivos evidentes, es decir se requiere atención y destreza por parte del operario por ejemplo, introducir una llave Yale en una cerradura.
- Además de estos tres niveles de dificultad se usa adicionalmente (PW) cuando se requiere ubicar un objeto cuyo peso supere los 2 kg por cada mano, de aquí en adelante se asigna 1 UTM si el peso del objeto se encuentra entre 2 y 5 kg y se

asigna la simbología PW5, si el peso se encuentra entre 5 y 10 kg se asignara 2UTM y la simbología PW10 y así sucesivamente [28].

Los therbligs restantes no presentan dificultad en su utilización por lo cual solo bastará con ubicar el valor correspondiente en la tabla presentada anteriormente.

Valoración del desempeño del operario.

Para facilitar el análisis de tiempos se consideran varios aspectos como la valoración del ritmo de trabajo y desempeño del operario, suplementos por descanso, etc. Para el cálculo del tiempo básico o estándar se toma en cuenta los siguientes literales.

- **(V.)** Es la valoración del ritmo de trabajo del operario.
- **(TC.)** Es el tiempo cronometrado de la tarea.
- **(TR.)** El tiempo restado en caso de existir estudios realizados anteriormente.
- **(TB.)** Es el tiempo básico calculado para el estudio de tiempos.

La valoración del desempeño del operario viene dada de acuerdo a las consideraciones indicadas en la Tabla 2:

Tabla 2: Tabla de valoración del ritmo de trabajo [28] [6]

Escalas 0 -100	Descripción del desempeño
0	Actividad nula.
80	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
90	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.
100	Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de "virtuosos", solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

Para la obtención del tiempo básico a partir de los tiempos cronometrados se aplica la fórmula (1):

$$TB = TC * Fd \quad (1)$$

Donde:

TB: Tiempo normal o tiempo básico calculado

TC: Tiempo cronometrado

Fd: Factor de desempeño que viene dado por la relación entre la valoración determinada por el analista y la valoración estándar.

Para obtener un cálculo concreto que se aproxime a la realidad es necesario calcular el tiempo estándar de la operación que no es otra cosa que el tiempo básico al cual se le añaden suplementos de descanso. Para el cálculo del tiempo estándar se utiliza la fórmula de la ecuación 2.

$$Ts = TB(1 + S) \quad (2)$$

Donde:

Ts: Tiempo Estándar

TB: Tiempo Normal o Tiempo Básico

S: Suplemento

Esta fórmula es aplicable únicamente a las actividades manuales que desempeña el operario, para el caso de las operaciones que requiera el uso de maquinaria como procesos de mecanizado CNC, Torno, etc., simplemente se suma el tiempo condicionado por la máquina, la fórmula del tiempo estándar total quedaría de la siguiente manera:

$$Ts = (TB(1 + S)) + TCM \quad (3)$$

Donde:

Ts: Tiempo Estándar

TB: Tiempo Básico de actividades manuales

TCM: Tiempo condicionado por la máquina

2.2.4. Cálculo de suplementos por descanso

Los suplementos por descanso son aquellos que se añaden al tiempo básico para dar al trabajador la oportunidad de reponerse de efectos fisiológicos causados por la ejecución de un determinado trabajo en determinadas condiciones y para que además pueda atender sus necesidades personales [28].

Para el cálculo de suplementos por descanso se utilizará las tablas recopiladas del libro Introducción al estudio del trabajo de la Organización Internacional del Trabajo OIT, para facilitar el análisis se utiliza los tensiones y sus valores numéricos correspondientes presentados en la Tabla de resumen mostrada a continuación.

Tabla 3: Tabla de resumen de puntos atribuidos a las diferentes tensiones [28] [32].

TIPO DE TENSIÓN	GRADO		
	BAJA	MEDIA	ALTA
TENSIÓN FÍSICA			
Fuerza Media	0 - 85	0 - 113	0 - 149
Postura	0 - 5	6 - 11	12 - 16
Vibraciones	0 - 4	5 - 10	11 - 15
Ciclo Breve	0 - 3	4 - 6	7 - 10
Ropa incomoda	0 - 4	5 - 12	13 - 20
TENSIÓN MENTAL			
Concentración	0 - 4	5 - 10	11 - 16
Monotonía	0 - 2	3 - 7	8 - 10
Tensión visual	0 - 5	6 - 11	12 - 20
Ruido	0 - 2	3 - 7	8 - 10
COND. TRABAJO			
Temperatura			
Húmeda baja	0 - 5	6 - 11	12 - 16
Húmeda mediana	0 - 5	6 - 14	15 - 26
Húmeda alta	0 - 6	7 - 17	18 - 36
Ventilación	0 - 3	4 - 9	10 - 15
Emanación de gases	0 - 3	4 - 8	9 - 12
Polvo	0 - 3	4 - 8	9 - 12
Suciedad	0 - 2	3 - 6	7 - 10

Una vez calculado el tiempo total por cada proceso se realiza el cálculo de los suplementos constantes y variables, para esto es necesario tener cuenta que los suplementos se asignaran única y exclusivamente a las actividades que realiza el operario.

En lo que se refiere a la fuerza media ejercida, los puntos asignados dependerán del esfuerzo realizado, cantidad de peso que se transporta y el tiempo que demora la actividad, para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$FE = \sum_{i=1}^n FE * \left(\frac{Ti}{Tt}\right) \quad (4)$$

FE: Fuerza ejercida (kg)

Ti: Tiempo que demora la actividad

Tt: Tiempo total de la actividad

i: Cada una de las actividades realizadas

Con el valor de fuerza obtenida mediante cálculo se procede a obtener los puntos para la respectiva fuerza media ejercida en base a la Tabla 4.

Tabla 4 : Puntos para la fuerza ejercida en promedio [28]

kg	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	0	0	0	3	8	11	12	15	17	18
5	20	21	22	24	25	27	28	29	30	32
10	33	34	35	37	38	39	40	41	43	44
15	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
20	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
25	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
30	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84
35	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
40	94	94	95	96	97	98	99	100	101	101
45	102	103	104	105	105	106	107	108	109	110
50	110	111	112	113	114	115	115	116	117	118
55	119	119	120	121	122	123	124	124	125	126
60	127	128	128	129	130	130	131	132	133	134
65	135	136	136	137	137	138	139	140	141	142
70	142	143	143	144	145	146	147	148	148	149

De acuerdo al nivel de tensión que produce el trabajo que desempeña el operario se asigna un valor numérico a cada una de las tensiones, luego con el resultado de la

sumatoria de estos valores se realiza la conversión de puntos en base a la Tabla 5 para obtener el porcentaje correspondiente de suplementos.

Tabla 5: Tabla de conversión de puntos [32]

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

2.2.5. Capacidad de producción

Es el máximo nivel de actividades productivas que puede alcanzarse en una empresa de bienes o servicios en la práctica la capacidad de producción es un indicador clave para la toma de decisiones como contratación o despido de personal, inversión en maquinaria, nuevas instalaciones, etc. [32]. El cálculo de la capacidad de producción se realiza mediante la aplicación de la fórmula (5):

$$CP = \frac{1}{T_s} \quad (5)$$

De donde se deduce:

Cp: Capacidad de Producción

Ts: Tiempo estándar de la operación

2.2.6. Restricciones de la capacidad de producción

Antes de iniciar con el análisis de los tiempos de producción es necesario conocer ciertos parámetros que limitan el proceso productivo, entre estas se encuentran:

Restricción por escasez de materiales

Muchas veces la sección de abastos no posee los materiales que se requieren para fabricar un determinado componente, por lo cual en el mejor de los casos, se requiere de un tiempo extra hasta que se logre conseguir el material, caso contrario se busca la forma de suplantar ese material por uno de similares características, esta última alternativa conlleva tiempos adicionales para análisis del material y reestructuración del proceso de fabricación de ese componente.

Restricciones por moldes

Se requiere de una preparación previa de los moldes para que el proceso de laminado se efectúe correctamente, de otro modo se producen grandes pérdidas económicas a causa del desperdicio de material, además es necesario indicar que existe un limitado número de moldes para efectuar los procesos de laminado.

Restricciones por falta de presupuesto

Actualmente se trabaja en el desarrollo de cuatro aviones tipo Gavilán III para lo cual el Gobierno Nacional ha contribuido con un presupuesto de alrededor de dos millones de dólares para la ejecución de este proyecto, razón por la cual se ve la necesidad de adaptarse a la situación actual y evitar desperdicios.

Restricciones por maquinaria

Tiempo condicionado por la máquina

Es el tiempo que se tarda en completar la parte del ciclo que está determinada únicamente por factores técnicos propios de la máquina

Para el cálculo del tiempo estándar se debe tener en cuenta cinco elementos básicos como se observa en la Figura 4 entre estos: el tiempo de trabajo exterior que es el que ejecuta el operario antes de que la máquina entre en funcionamiento, el tiempo condicionado por la máquina que consta de trabajo interior realizado por el operario mientras la máquina se encuentra en pleno funcionamiento y tiempo no ocupado en el cual el operario no realiza ninguna actividad, los dos elementos restantes son

suplementos por fatiga (SF) y por necesidades personales (SNP) que son asignados única y exclusivamente a las actividades manuales desarrolladas por el operario.

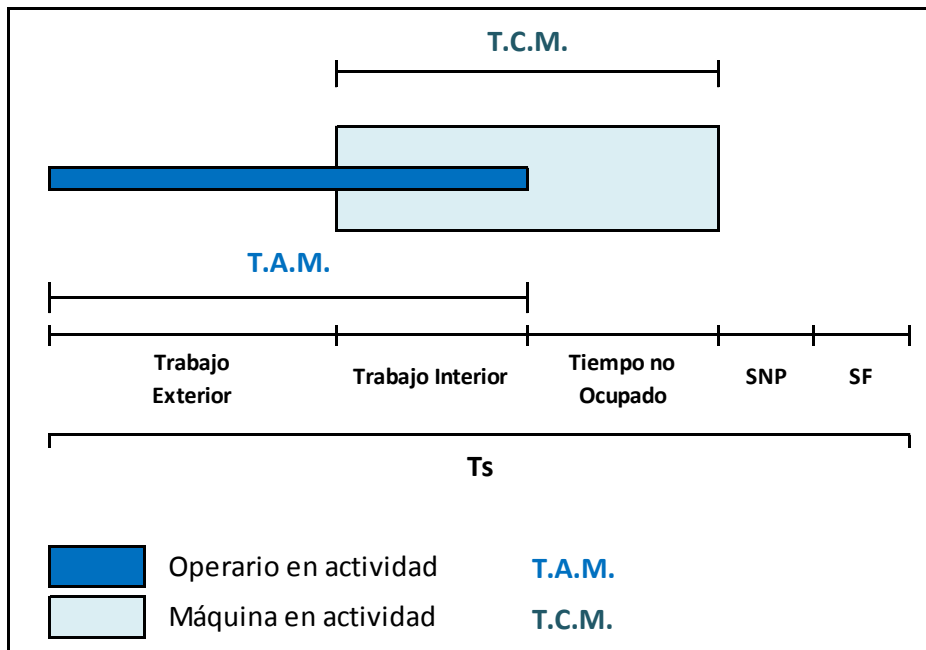


Figura 4: Tiempo estándar para trabajos con maquinaria

2.2.7. Distribución de planta

La forma en que la maquinaria, el equipo y el material están dispuestos en el área de trabajo determina la disposición en esta área. La disposición suele determinarse al comienzo de las operaciones, es decir cuando una fábrica u oficina empieza a funcionar. Incluso si la disposición inicial se hubiera estudiado adecuadamente, a menudo se requiere un nuevo examen de la utilización del espacio, tomando en cuenta los siguientes factores:

- La incorporación de nuevos productos o cambios en el diseño del producto.
- La introducción de un nuevo equipo, maquinaria y/o materia prima.
- La adquisición de equipo de manipulación de los materiales.
- Medidas provisionales para hacer frente a un repentino aumento de demanda.
- Orientación hacia la utilización de tecnologías avanzadas [33].

El objetivo primordial que persigue la distribución en planta es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y equipos que presente costos bajos, y al mismo tiempo sea la más segura y satisfactoria para los empleados.

Una distribución de planta óptima obedece a los siguientes principios:

- Integración de los elementos que intervienen en el proceso.
- Mínima distancia recorrida del material entre operaciones.
- Flujo de materiales con mínima interrupción de movimientos entre operaciones.
- Utilización del espacio disponible de la forma más eficiente posible.
- Satisfacción y de la seguridad de los trabajadores en sus puestos de trabajo.
- Flexibilidad de las instalaciones, la misma que debe ajustarse a los costos más bajos [34].

La información requerida para desarrollar una distribución de planta:

- Los productos que se fabrican y las características de los mismos.
- Los materiales que serán utilizados en el procesos de fabricación.
- El ciclo completo de fabricación de los productos.
- La Maquinaria utilizada y sus especificaciones técnicas.
- Los Operadores y su categoría profesional.
- El movimiento de los materiales y los productos terminados.
- Los servicios con los que cuenta la instalación.
- Versatilidad de la distribución, es decir si la planta cambia con frecuencia de fabricación [34].

Tipos básicos de la distribución para la producción

El objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo (en una fábrica) o un patrón de tránsito dado (en una organización de servicios). Se tienen tres tipos básicos de formatos (el centro de trabajo, la línea de ensamble y la distribución por proyecto) y uno híbrido (la celda de manufactura).

El centro de trabajo (también llamado taller de trabajo o distribución por funciones), agrupa funciones o equipamientos similares en un área determinada, este tipo de distribución es común en los hospitales, donde las áreas están dedicadas a tipos particulares de servicios médicos, como las salas de maternidad y las unidades de cuidados intensivos, etc. En la Figura 5 se puede apreciar el tipo de distribución funcional.

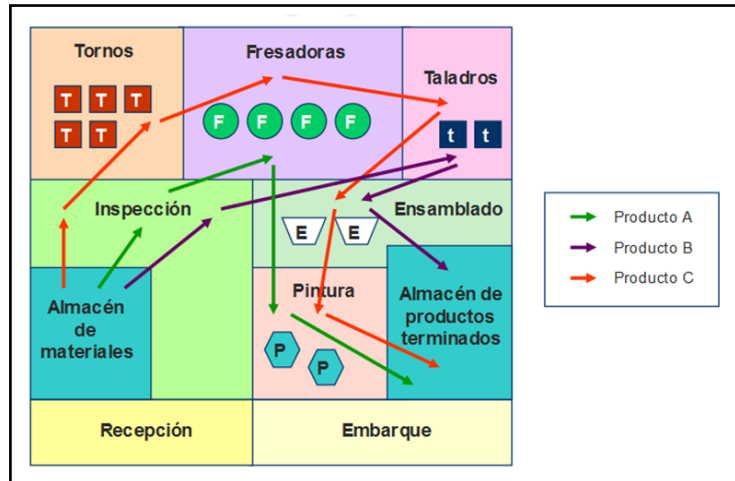


Figura 5: Distribución de Planta por Proceso [35]

En una **Línea de ensamble** (también llamada distribución de flujo del trabajo o por producto) el equipo o los procesos de trabajo están ordenados siguiendo los pasos progresivos de la fabricación del producto. La ruta de cada pieza es, de hecho, una línea recta. Las líneas de ensamble de calzado, las plantas químicas y los lavados de autos son distribuciones basadas en el producto. La Figura 6 muestra una distribución de planta por producto.

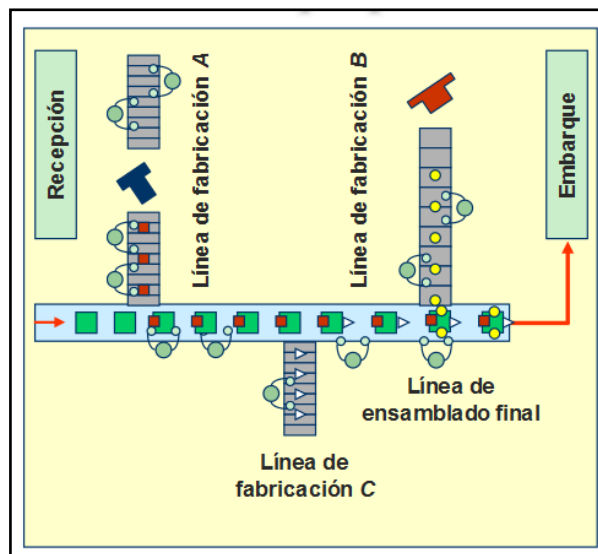


Figura 6: Distribución de Planta por Producto [35]

Una **celda de manufactura** reúne distintas máquinas para trabajar en productos que tienen formas y requerimientos de procesamiento similares. Una celda de manufactura se parece a un centro de trabajo porque las celdas están diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procesos y se parece a una línea de ensamble porque las celdas

se dedican a una gama limitada de productos. Este tipo de distribución se puede apreciar en la Figura 7.

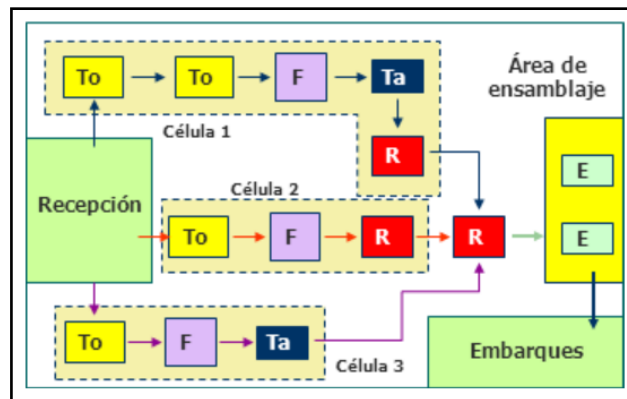


Figura 7: Distribución por Celdas de Manufactura [35]

En la **distribución por proyecto** o distribución fija, el producto (en razón de su volumen o peso) está fijo en un lugar y el equipo de producción va al producto, y no a la inversa. Las obras de construcción y los escenarios de cine son ejemplo de este formato [36] [37]. La Figura 8 muestra una distribución fija.

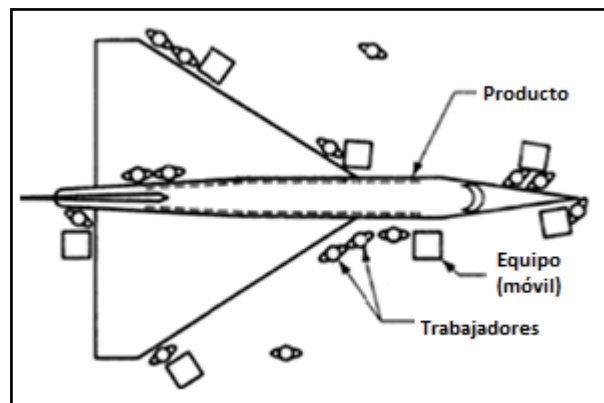


Figura 8: Distribución Fija [38]

Cabe recalcar que una planta manufacturera puede presentar una combinación de dos o más tipos de distribuciones mencionadas anteriormente. Se pueden utilizar distintos tipos de distribuciones en cada área, por ejemplo: centros de trabajo para el maquinado, celdas de manufactura para el subensamble y una línea de ensamble para la pieza final.

Aspectos reglamentarios

En el Ecuador existen varias normativas referentes a edificaciones, seguridad laboral, distribución de instalaciones, etc. Uno de los más utilizados a nivel nacional es el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio

ambiente de trabajo (2393) impuesto por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), además el Plan de Ordenamiento Territorial el cual es un instrumento de planificación territorial impuesto por la Municipalidad de Ambato y que es uno de los componentes de la “Estrategia Integral de Desarrollo Ambato 2020” [32].

2.2.8. Manejo de materiales

El sistema de manejo de materiales es la totalidad de una red de transportación que recibe los materiales, los almacena en inventario, los mueve de un punto a otro en sitios de procesamiento dentro y entre edificios y deposita los productos terminados en transportes que los entregan a los clientes.

El manejo de materiales obedece a los siguientes principios:

- Los materiales deben pasar a través de la instalación en patrones de flujo directos minimizando los zigzag.
- La producción debe organizarse para conseguir flujos directos de material.
- Los dispositivos mecánicos de manejo de materiales deben diseñarse y localizarse para minimizar el esfuerzo humano.
- Los materiales pesados y voluminosos deben moverse la menor distancia posible y deben utilizarse cerca del área de recepción y embarque.
- Minimizar la cantidad de veces que se mueva el material.
- El equipo móvil deberá usarse a plena carga y evitar recorridos en vacío y cargas parciales.
- No depositar materiales en el piso, esto requiere trabajo manual de carga y descarga [39].

El manejo de materiales se puede efectuar mediante Cargas manuales, Tarimas, Bandas transportadoras, Grúas, Elevadores, Tuberías, Mesas giratorias, Vehículos guiados automáticamente.

2.2.9. Simulación de sistemas de manufactura

La Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de

entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema [40].

El modelado con simulación es dinámico, en el sentido de que el comportamiento del modelo se registra conforme transcurre el tiempo. En segundo lugar, la simulación es un proceso estocástico, lo cual significa que se puede estudiar la ocurrencia de los acontecimientos de forma aleatoria [41].

Los recientes avances en software de simulación y la gran disponibilidad de los mismos en el mercado, han tenido gran aceptación por parte de las industrias debido a las innumerables ventajas que ofrece, ya que permite poner a prueba un determinado sistema con los elementos que intervienen en el mismo de manera virtual, de esta manera el investigador estudia su comportamiento y además le permite anticiparse a posibles situación no previstas y posteriormente realizar los cambios oportunos, antes de efectuar las pruebas en la vida real, de esta manera se evita perdidas innecesarias de recursos.

2.2.10. Diseño y ensamblaje de Aviones no Tripulados

Consideraciones generales

El diseño de los vehículos aéreos no tripulados (VANT) debe cumplir con las etapas de producción de cualquier aeronave de pasajeros, es decir, evaluación de requerimientos, elaboración del diseño conceptual, y a partir de éste, formulación del diseño preliminar, para finalizar con el diseño detalle. Posteriormente, se manufactura y se realizan las pruebas correspondientes para validar los diseños propuestos.

Dentro de los materiales aplicables a estructuras de los VANT se encuentran los materiales compuestos tales como fibras de vidrio, fibra de carbono con resinas, etc. Se han realizado estudios sobre la manufactura de estructuras aeroespaciales, con modelado de infusión de resinas de alta calidad y bajo costo, éstas facilitan la manufactura de piezas de gran tamaño. En cuanto a las alas, con el fin de obtener mejores características aerodinámicas se deben resolver un conjunto de problemas de dinámica de fluidos y la mecánica de sólidos, para realizar un seguimiento al cambio de perfil y a la distribución de la presión sobre el ala [42].

Pasos generales para el desarrollo de aeronaves no tripuladas

Existen 12 pasos dentro del proceso de diseño de una aeronave en general, para el caso de sistemas aéreos no tripulados (UAV) no existe ninguna excepción; los pasos que se deben seguir para el diseño de una aeronave son los siguientes:

1. Requerimientos del solicitante, son las capacidades que debe cumplir el prototipo desarrollado para la aceptación por parte del usuario.
2. Pensamiento de diseño, aquí se estudian todos los parámetros referentes al propósito para el cual será destinado el prototipo, factibilidad de construcción, diseños con conceptos aerodinámicos, tecnología a emplearse, entre otros.
3. Modelamiento geométrico, una vez que se ha definido un posible diseño con parámetros definidos procede a graficar el prototipo en un software CAD.
4. Análisis aerodinámico, el cual se efectúa en base a cálculos hechos a mano con varias ecuaciones y la aplicación de software especializado para la obtención de ciertas ecuaciones que faciliten el diseño.
5. Modelamiento propulsivo, relacionado con la selección del motor que el prototipo va a utilizar para cumplir con su misión específica de la manera más eficiente.

En la Figura 9 se muestra la simulación y análisis aerodinámico de un prototipo UAV mediante el programa SolidWorks.

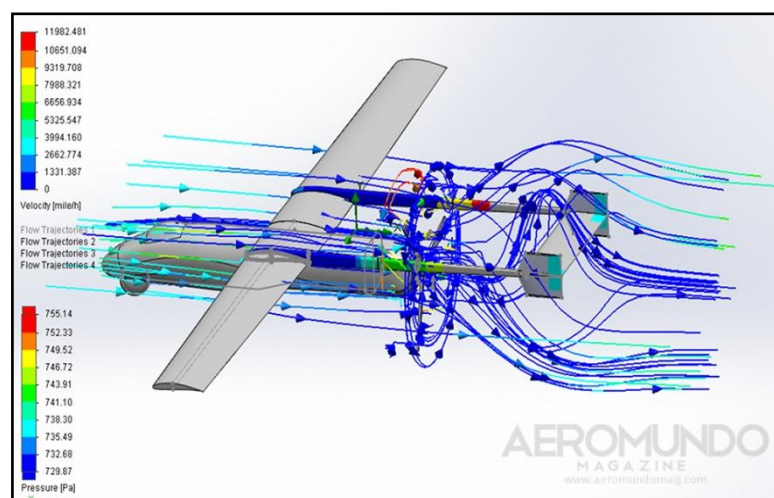


Figura 9: Simulación aerodinámica del prototipo UAV [43]

6. Análisis de restricciones, tiene que ver con las limitantes que va a tener el prototipo en vuelo, en esta fase se analiza la velocidad máxima que va a poder alcanzar el prototipo, distancias de despegue y aterrizaje, y otros parámetros necesarios para alcanzar un equilibrio en el prototipo y que el mismo pueda cumplir con la función encomendada.
7. Análisis de misión, se enfoca en las fases de vuelo que el prototipo va a cumplir. Una típica misión de un avión no tripulado sería: despegue, aceleración, ascenso, crucero, reconocimiento, movimiento a objetivo, dispersión, crucero, aterrizaje.
8. Análisis de pesos de componentes, es fundamental para determinar el centro de gravedad del avión y sus márgenes operativos, en este paso se ingresan los datos de los pesos de todos los equipos que van a ir en el prototipo.
9. Análisis de tamaño, es el paso en el que el diseñador ubica a todos los equipos de vuelo dentro de la aeronave y reduce el espacio físico del fuselaje para que el avión sea más eficiente en pleno vuelo.
10. Análisis de costo, en este punto se determina el valor estimado de inversión en el desarrollo del prototipo y la posterior producción.
11. Optimización, aquí se efectúan simulaciones en software especializado para modificar la forma de las alas de tal manera que reduzca la resistencia al aire a su mínima expresión posible, para reducir costos en el consumo de combustible.
12. Reporte de rendimiento, está ligado directamente con pruebas experimentales del prototipo ya sea en túneles de viento o propiamente construyendo el prototipo y posteriormente realizar pruebas de vuelo necesarias [43].

2.3. Propuesta de Solución

A partir de la presente investigación y recolección de información se diseñará el conjunto de procesos para el ensamblaje de los aviones no tripulados y una distribución de planta adecuada que permita optimizar las operaciones en el área de ensamblaje de aeronaves no tripuladas para minimizar los tiempos improductivos y mantener la calidad de los productos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad Básica de la Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, busca fortalecer los conocimientos adquiridos durante la carrera y además descubrir nuevos avances científicos referentes al tema a investigarse. Se utilizarán las siguientes modalidades de investigación que permitirán encontrar la solución más factible al problema planteado:

3.1.1. De Campo

Se aplica la investigación de campo, debido a que esta modalidad de investigación permite relacionarse directamente con el objeto de estudio de la presente investigación.

Gracias a esta modalidad de investigación se analizarán los problemas en el lugar en el que se producen, se tendrá relación directa con la realidad puesto que el principal propósito de esta investigación es obtener información real y que esté acorde a los objetivos planteados en el presente proyecto.

3.1.2. Bibliográfica – Documental

Se aplica además una metodología de investigación bibliográfica porque el principal objetivo es conocer, comparar, ampliar y profundizar teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores relacionados con el tema, mediante el uso de técnicas y procedimientos basados en libros, documentos, revistas, páginas web, catálogos, entre otros; esto permitirá tener una mejor visión del problema a investigar y la forma de resolverlo.

3.2. Población y Muestra

La investigación planteada es de tipo aplicada y busca solucionar los problemas relacionados con la distribución del espacio físico dentro del Centro de Investigación de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE); debido a que no se trata de un estudio estadístico no amerita la obtención de población y muestra.

3.3. Recolección de Información.

Las técnicas utilizadas para la recolección de la información durante la investigación serán la entrevista al Director de la institución con el fin de conocer su punto de vista acerca de todo lo concierne a la producción de los aviones no tripulados, además se aplicará la técnica de observación directa mediante la cual se puede constatar la problemática actual que tiene la empresa y que será de gran ayuda para obtener información relevante para establecer la solución más factible al problema planteado.

3.4. Procesamiento y Análisis de Datos

Para el análisis e interpretación de resultados del presente proyecto de la información sigue los siguientes pasos:

- Estudio de aspectos legales relacionados con el problema planteado.
- Recolección y revisión de información.
- Manejo y tratamiento de la información recolectada.
- Presentación de resultados.

3.5. Desarrollo del Proyecto

De manera general, para el desarrollo del proyecto de investigación se utiliza la siguiente estructura descrita a continuación:

1. Análisis de la situación actual del área de ensamblaje de los aviones no tripulados del CIDFAE.
2. Estudio y análisis de los métodos actuales de trabajo que se desarrollan en el área mencionada.

3. Entrevista al Director del Centro de Investigación con el propósito de recolectar la información necesaria para el desarrollo de la investigación.
4. Establecimiento de estrategias de producción y operaciones para el área de ensamblaje de aviones no tripulados.
5. Elaboración de métodos de trabajo que permitan mejorar la capacidad de producción en base a los puntos estudiados anteriormente.
6. Análisis de la ubicación de la maquinaria, equipos y manejo de materiales que se llevan a cabo en la sección de ensamble.
7. Aplicación de metodologías utilizadas para encontrar la distribución de planta más adecuada.
8. Identificación de aspectos legales de edificaciones, seguridad laboral y distribución de instalaciones, vigentes en la normativa actual.
9. Estimación de espacio físico y del costo que conlleva la nueva distribución de planta para el área de ensamblaje.
10. Aplicación del software de simulación, como ayuda para la selección de la distribución de planta más ajustada al proceso de ensamblaje.
11. Elaboración del informe final.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se desarrolla la propuesta de solución para cumplir con los objetivos planteados, con el propósito de conocer la situación actual de la institución se emplea una entrevista dirigida al director del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE), posteriormente se realiza el análisis del proceso productivo de ensamblaje para conocer detalladamente las operaciones que se desarrollan en el área de producción, finalmente se presenta la propuesta de mejora con el objetivo de tener una distribución de planta que permita facilitar los procesos de manufactura y ensamblaje de los UAV's de tipo Gavilán III.

4.1. Análisis de la entrevista

Gracias a la entrevista realizada al director del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE), mediante la utilización del formato presentado en el anexo 1 se obtuvieron los siguientes resultados:

- **¿Considera usted que la sección de producción posee el espacio necesario y una distribución óptima de las instalaciones para llevar a cabo la producción de las aeronaves no tripuladas?**

Existe el espacio necesario, las actividades de manufactura y ensamblaje se realizaban anteriormente en el hangar número uno, debido a la adquisición de nuevos equipos y maquinaria surgió la necesidad de adecuar el hangar número dos para este fin, por lo cual se construyeron nuevos talleres junto a la edificación anterior.

- **¿Se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos anteriormente en el área de producción?**

No, debido a que continuamente se está innovando tanto en el diseño y construcción de las aeronaves, cada una tienen sus características físicas lo cual las hace diferente a las demás por esta razón no existe un proceso específico de ensamble.

- **¿Cree usted que los procesos de ensamblaje que se realizan actualmente en el área son óptimos?**

Las operaciones que se realizan en producción se llevan a cabo en base a órdenes de trabajo en las cuales se asigna el personal responsable y la tarea que debe efectuar y hojas de procesos en las cuales se detalla las instrucciones para efectuar dicha tarea.

- **¿La cantidad de trabajadores que laboran en el área de producción es la necesaria?**

El personal militar y los ingenieros tiene asignado áreas específicas afines a su especialidad, los supervisores del área se encargan de controlar y verificar el trabajo que desempeñan cada uno, en caso de que existan personal desocupado se le asigna otras tareas que requieran apoyo, actualmente en el área de producción laboran alrededor de unas 20 personas entre personal militar e ingenieros.

- **¿El personal de la sección recibe la capacitación necesaria para efectuar las operaciones que su trabajo demanda?**

Existe personal que ya tiene experiencia en su trabajo, y este se encarga de transmitir sus conocimientos al nuevo personal que ingresa ya sean pasantes o personal militar que viene de otras bases del país, además cada cierto tiempo se desarrollan capacitaciones en las cuales interviene el personal para conocer acerca del uso de nuevos materiales, seguridad del trabajo, etc.

- **¿En qué condiciones cree usted que se encuentra la maquinaria y equipos del área de producción?**

La gran mayoría de los equipos se encuentran totalmente funcionales, recientemente se adquirieron varios equipos de última generación para las áreas de carpintería y

mecánica, pero también existe maquinaria que necesita mantenimiento, debido a que algunas máquinas son usadas y fueron enviadas desde otras bases del país.

- **¿El personal dispone de las herramientas, maquinaria, equipos y materiales necesarios para realizar su trabajo?**

La sección de producción posee herramientas, materiales y máquinas que se requieren continuamente dentro del proceso productivo, en el caso de que no se disponga de un material específico dentro de la sección, se solicita al departamento de abastecimientos, que es una especie de bodega general en el cual se dispone de los recursos necesarios que se requieren en las diferentes secciones del CIDFAE.

- **Cree usted que se deberían estandarizar los procesos de manufactura y ensamble que se efectúan en el área de producción para reducir el desperdicio de materiales, tiempos de fabricación, entre otros parámetros?**

Si, el UAV Gavilán III es un producto de calidad por esta razón el Centro de Investigación se proyecta hacia la producción en serie de UAV's tipo Gavilán, lo que se busca además de estandarizar estas operaciones es codificar cada una de las partes que conforman el UAV Gavilán III, con esto se reducirían significativamente los costos, lo cual es beneficioso para la institución.

4.2. Interpretación de los resultados de la entrevista.

De la entrevista realizada al director del CIDFAE se puede indicar que el proceso productivo busca mejorarse partiendo de cambios sumamente importantes, gracias a la adquisición de nuevos equipos surgió la necesidad de ampliar el espacio de trabajo para lo cual se construyeron nuevos talleres en los que actualmente se llevan a cabo los diversos procesos de producción.

Debido a que este centro desde sus inicios se dedicó a la investigación y desarrollo de los diversos prototipos aeronáuticos no tripulados, no se han establecido estándares de fabricación y ensamble para los mismos, ya que continuamente se ha venido realizando innovaciones en el modelo que en su gran mayoría se dan por la adquisición de nuevos accesorios tecnológicos que formarán parte del UAV, además cada una de estas aeronaves poseen características únicas que las diferencian unas de otras.

En lo referente a los procesos operativos las órdenes de trabajo juegan un papel muy importante ya que en ellas se asigna el personal responsable y la tarea que debe efectuar conjuntamente se entregan también las hojas de procesos en las cuales se detalla las instrucciones para efectuar dicho trabajo, se manifiesta además que estos documentos necesitan ser codificados así como también las partes que conforman el UAV Gavilán.

La maquinaria que opera en el CIDFAE se encuentra en estado funcional, pero también existen equipos que necesitan ser revisados ya que varias de ellas fueron traídas de otras bases, y necesitan de mantenimiento para llevar un correcto funcionamiento.

En cuanto a materiales y herramientas el personal tiene a su disposición lo necesario para efectuar su trabajo, pero muchas veces es necesario solicitar los materiales inexistentes al departamento de abastecimientos, por lo cual se genera pérdidas de tiempo debido a que se tiene que transportar el material de un sitio a otro distante, se debe recalcar que existen otras áreas que llevan a cabo sus procesos productivos como por ejemplo electrónica, comunicaciones, etc. que también dependen del departamento de abastecimientos en lo referente a materiales y herramientas.

Por último de acuerdo a la entrevista realizada se puede indicar que el personal requiere de capacitación continua para efectuar su trabajo, ya que muchas veces ingresa nuevo personal proveniente de otras bases militares, así como también personal civil como pasantes e ingenieros en diferentes áreas de especialización, por esta los tiempos de producción y ensamblaje tienden a ser más extensos.

4.3. Identidad Corporativa del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).

4.3.1. Reseña histórica

El Centro de Investigación y Desarrollo (CID) fue creado en el año 1998, nació como un requerimiento de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, para proporcionar soluciones a los problemas técnico-operacionales de la flota de aviones militares, así como a los equipos y sistemas de la Institución. Las secciones con que se inició el CID fueron: Aerodinámica, Estructuras, Materiales Compuestos, Propulsión, Adquisición de Datos, Telemática, Dispositivos Electrónicos, Control, Guiado y Navegación, entre otros.

En un proceso de reestructuración, la Fuerza Aérea decidió que el CID pase a formar parte de la Dirección de la Industria Aeronáutica DIAF a partir del año 2004, donde se encargaba de los proyectos de mantenimiento y re potenciación de aeronaves militares, por lo cual en el 2009 pasa a denominarse Centro de Ingeniería y Mantenimiento de Aviación Militar (CIMAM), como un centro operativo de la DIAF.

En febrero del 2008, la Fuerza Aérea, decide incursionar en un nuevo proyecto de investigación tecnológica, en cofinanciamiento con la Secretaría Nacional de Ciencia y tecnología, la Plataforma de Gran Altitud para lo cual se le asigna las instalaciones del Aeropuerto Chachoán en Ambato, por las facilidades de infraestructura, ideales para el desarrollo de proyectos aeronáuticos; considerando que los ensayos de vuelo son una fase muy importante en el desarrollo de prototipos, sin interferencia con la actividad aeronáutica comercial.

Actualmente el CIDFAE se ha posicionado como un importante centro de desarrollo tecnológico de Fuerzas Armadas, con capacidad de enfrentar mayores proyectos, en beneficio del mejoramiento de la capacidad operativa para la defensa, disminuyendo la dependencia tecnológica extranjera.

4.3.2. Misión

Desarrollar investigación e innovación científica y tecnológica aeroespacial para mejorar las capacidades operativas de la Fuerza Aérea, apoyar al desarrollo nacional y disminuir la dependencia tecnológica del extranjero.

4.3.3. Visión

Ser una Fuerza Aérea disuasiva, respetada y aceptada por la sociedad; pionera en el desarrollo aeroespacial nacional.

4.3.4. Objetivos Institucionales

- Optimizar los recursos económicos para el cumplimiento de la misión.
- Impulsar la conciencia aeronáutica en la sociedad, como elemento fundamental del desarrollo aeroespacial y defensa nacional.

- Disponer de una organización operativa y administrativa segura, eficiente y eficaz que permita cumplir la misión.
- Desarrollar la capacidad científica y tecnológica en el campo aeroespacial para disminuir la dependencia tecnológica.
- Disponer de un recurso humano con un excelente desempeño profesional y comprometido con la Institución.
- Alcanzar y mantener el alistamiento operativo, para enfrentar con éxito las amenazas.

4.3.5. Principios

- Calidad y confiabilidad.
- Eficiencia y eficacia.
- Simplicidad y descentralización.
- Compromiso con la Institución.
- Respeto a ley y la Constitución.
- Mejoramiento continuo.
- Profesionalismo.
- Ética en todas las actuaciones.

4.3.6. Estructura Organizacional

El organigrama estructural del Centro De Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) se encuentra conformado de tres niveles jerárquicos, como se puede apreciar en la Figura 10.

➤ Nivel Directivo

En este nivel se encuentra el Director del Centro de investigación, el departamento de planificación estratégica, el departamento de sistemas integrados de gestión y asesoría legal que tienen como funciones primordiales representar al CIDFAE judicial y extrajudicialmente, además son los encargados de formular planes y programas para la institución y además dirigir y coordinar las actividades que se llevan a cabo en la misma.

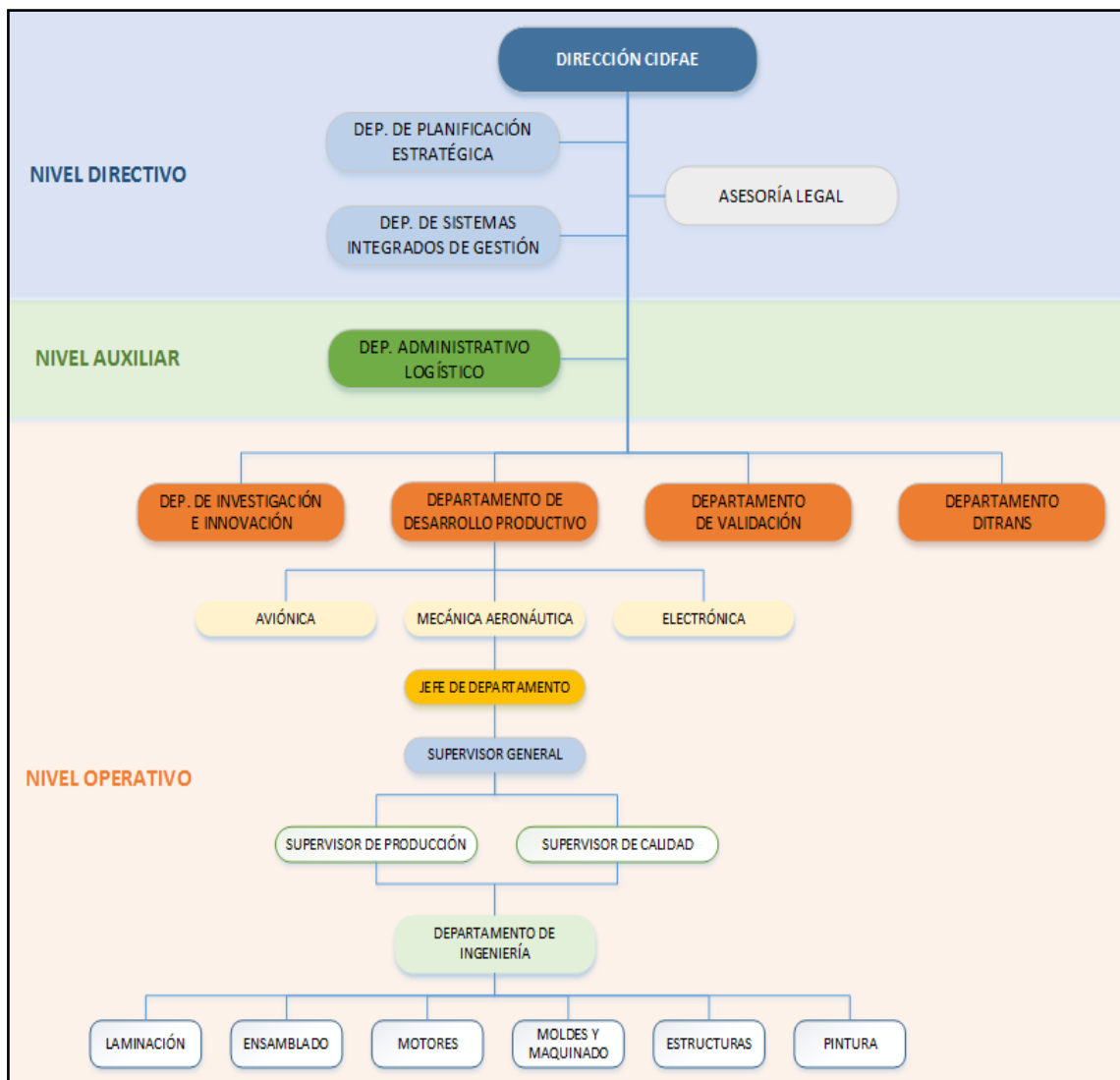


Figura 10: Organigrama Estructural CIDFAE [44]

➤ **Nivel Auxiliar**

En este nivel se encuentra el departamento administrativo y logístico que tiene como funciones el análisis de la situación financiera del CIDFAE por medio de una programación, organización y ejecución de las acciones de contabilidad, además de proporcionar los materiales, equipos, herramientas y transportes a la base.

➤ **Nivel Operativo**

En este nivel se encuentran los departamentos de investigación e innovación, de desarrollo productivo, de validación y el departamento Ditrans, estos departamentos son los encargados de efectuar el diseño, construcción, pruebas y validación de los

diferentes prototipos, gracias al trabajo conjunto de Ingenieros, pasantes y Aerotécnicos especializados.

4.4. Análisis Sector Industrial

Para el correcto análisis del sector industrial es necesario tener en cuenta el modelo de las Cinco Fuerzas de Porter descritas en la Figura 1.

Teniendo en cuenta los aspectos descritos en el modelo se considera que el CIDFAE se encuentra fuera de la industria de producción masiva de aeronaves no tripuladas debido a que los modelos producidos hasta el momento han sido desarrollados simplemente con fines investigativos. En base a estos criterios se identifica lo siguiente:

a) Amenaza de nuevos competidores.

Los grandes países líderes en fabricación de UAVs a nivel mundial siguen siendo Estados Unidos, seguido de Israel y algunos países de la Unión Europea. Mientras que en Latinoamérica empieza a surgir el campo del desarrollo e innovación de aeronaves no tripuladas proyectándose con perspectivas sumamente ambiciosas; para lo cual se tiene la participación activa de países como Brasil, que lidera actualmente el desarrollo en esta área a nivel regional, seguidamente se encuentran México, Argentina, Colombia, Chile, Ecuador, Uruguay y Venezuela; dentro de nuestro país el CIDFAE es la única institución dedicada al desarrollo de estos artefactos. De acuerdo a lo descrito se considera que el nivel de competencia existente es sumamente alto.

b) Poder de negociación de los clientes

El mercado nacional y regional a nivel de Latinoamérica requiere este tipo de drones para diversos tareas de investigación, monitoreo y búsqueda de información para el control de los recursos estratégicos, entre otros.

Debido al constante crecimiento tecnológico y sobre todo la inversión que se realiza, los UAV extranjeros poseen mejores características y con costos reducidos, por lo cual es importante que la institución se mantenga al tanto de nuevos conocimientos en esta rama, uso de nuevos materiales y principalmente enfocados en cumplir con los requerimientos del cliente. Dentro del país existen Clientes potenciales que tienen interés en el producto como Petroecuador, EEASA, Ministerio de Defensa, etc.; a este

literal se le asigna un nivel de incidencia medio debido a que para competir en el mercado externo es necesario primeramente dar a conocer el producto a nivel de Latinoamérica y además se debe realizar mayores inversiones en investigación y compra de nuevos equipos que permitan mejorar las características técnicas de estos drones.

c) Amenaza de productos sustitutos

Existen ciertos artefactos que pueden cumplir las mismas tareas como por ejemplo: Cuadricopteros de pequeña y mediana escala, Avionetas y ultraligeros de última tecnología, UAV's Tácticos, etc. que de cierto modo no logran sustituir a los UAVs de este tipo, ya que estos últimos poseen mayor capacidad de carga útil, mayor tiempo de vuelo y otras características físicas y técnicas que por el momento los vuelve irremplazables. Por esta razón se considera que el nivel de afectación por parte de estos productos es sumamente bajo

d) Poder de negociación de los proveedores

Para este literal se considera un nivel de incidencia bajo debido a que existe gran variedad de proveedores a nivel nacional que permiten que la empresa ponga sus propias condiciones que favorezcan en mayor parte a la misma, además no existe gran discrepancia en la calidad y precio de los productos que ofertan por lo que la institución no tiene inconvenientes al momento de elegir, para esto se tiene muy en cuenta la seriedad y confianza que brinda el proveedor.

e) Rivalidad entre Competidores de un Sector

Por el momento para el centro de investigación no existen nuevos competidores dentro del país, pero si existen varios competidores a nivel regional ya que el sector de los UAV's está en activo crecimiento, uno de los más importante desarrolladores a nivel de la región es Brasil, que posee estudios especializados en el tema junto con el desarrollo de proyectos de última generación para uso militar y civil, por esta razón se considera que se debe adoptar medidas para adaptarse a los nuevos cambios, y además sería de gran importancia establecer alianzas con estos países para fortalecer la capacidad operativa de la institución y por sobre todo fomentar la investigación científica.

En la Tabla 6 se muestra los fabricantes de UAV a nivel de Latinoamérica.

Tabla 6: Fabricantes de UAV en Latinoamérica [45]

Industrias e Instituciones fabricantes de UAV`S en Latinoamérica	
Argentina	Fábrica Argetnian de Aviones (FAdeA) Florestan Tesacom Volartec Nostromo Fixvieww Tedimec Aerodreams Instituto Aeronáutico Universitario (IAU) Universidad Tecnológica Nacional (UTN) INVAP
Brasil	Comando General de Tecnología Aeroespacial (CTA) Flight Technologies Avibras Easystech Santos lab AGX Tecnología Embravant Incubaero Xmrobots Universidad de Minas Gerais. Instituto de Investigación y Desarrollo Instituto de Aeronáutica y Espacio
Colombia	EFIGENIA AEROSPACE Corporación de la industria Aeronáutica Colombiana Universidad de San Buenaventura
Chile	IDETEC Industrias Eléctricas RMS Academia Politécnica Aeronáutica Ejército de Chile
Perú	Centro de Desarrollo de Proyectos (CEDEP) de la Fuerza Aérea Peruana Armada peruana
Uruguay	Fuerza aérea uruguaya
Venezuela	Carabay Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares Aviación Militar Bolivariana de Venezuela Universidad Simón Bolívar
México	HYDRA TECHNOLOGIES Instituto de Investigación y Desarrollo de la Secretaría de Marina – SEMAR
Ecuador	Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”

4.5. Diagnóstico estratégico del Centro de investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

La formulación y direccionamiento estratégico parten de la situación actual de la Institución, para ello es indispensable la correcta obtención, análisis y procesamiento de la información sobre el entorno de la institución, es decir: Fortalezas (Factores Internos Positivos), Oportunidades (Factores Externos Positivos), Debilidades (Factores Internos Negativos) y Amenazas (Factores Externos Negativos).

El análisis FODA que se presenta a continuación se enmarca en el estudio de los aspectos favorables y desfavorables que supone la producción de UAV's a nivel local.

4.5.1. Identificación de Factores Externos (Oportunidades y Amenazas)

Para este análisis se tomaron en cuenta varios aspectos externos que influyen positiva y negativamente en la producción de aeronaves no tripuladas (UAV) por parte del centro de investigación, entre estos factores se destacan los siguientes:

Identificación de Oportunidades

- O1. Apoyo del Gobierno a la producción nacional.
- O2. Desarrollar equipo tecnológico nacional.
- O3. Instituciones de capacitación a nivel local y nacional.
- O4. Interés en el proyecto por parte de Grandes empresas e Instituciones.
- O5. Proveedores a nivel local y nacional.
- O6. Integración de sistemas de mejora continua.

Identificación de Amenazas

- A1. Importación de UAV's de última tecnología.
- A2. Leyes gubernamentales adversas.
- A3. Innovación tecnológica de UAV's por parte de los competidores a nivel de Latinoamérica.
- A4. Altos costos de materiales equipos y herramientas.
- A5. Reestructuración de unidades militares.

4.5.2. Identificación de Factores Internos (Fortalezas y Debilidades)

Continuando con el análisis de igual forma se identificaron varios aspectos internos que tienen ciertos efectos positivos y negativos referentes a la producción de aeronaves no tripuladas, entre estas tenemos:

Identificación de Fortalezas

- F1. Investigación desarrollo e innovación continua.
- F2. Fuerza laboral fiel a la institución.
- F3. Infraestructura para el desarrollo de proyectos aeronáuticos.
- F4. Producto de alta calidad único en el mercado nacional.
- F5. Importante centro de investigación y desarrollo tecnológico nacional.
- F6. Maquinaria y herramientas necesarias para efectuar el proceso productivo.

Identificación de Debilidades

- D1. Falta de comunicación entre las secciones y departamentos.
- D2. Innovación tecnológica limitada.
- D3. Procesos operativos no estandarizados.
- D4. Falta de capacitación al personal en las actividades o procesos operativos.
- D5. Inexistencia de planes de mantenimiento de maquinaria y equipos.
- D6. Proyecto con limitaciones económicas por parte del gobierno.

4.5.3. Matrices de evaluación de factores externos (EFE) y factores internos (EFI)

Este tipo de matrices permiten evaluar los múltiples factores externos (Oportunidades y Amenazas) e internos (Fortalezas y Debilidades), obtenidos como resultado del diagnóstico estratégico de la institución, de este modo el análisis se basa en evaluaciones dependiendo de la importancia (Valor) y grado de aceptación (Calificación) de cada factor expuesto, teniendo como resultado de este producto un valor ponderado total que indica el estatus actual de la empresa.

La matriz de evaluación de factores externos (EFE), permite que los estrategas resuman y evalúen información económica, social, de cultura, demográfica, ambiental, política, gubernamental, legal, tecnológica y competitiva, mientras que la matriz de evaluación

de factores internos (EFI) sintetiza y evalúa las fortalezas y debilidades más importantes encontradas en las áreas funcionales de una empresa y también constituye la base para identificar y evaluar las relaciones entre estas áreas [46]. Para esta evaluación se sigue la siguiente metodología:

1. Elaborar una lista de los factores clave externos e internos: Se citan entre 10 y 20 factores, teniendo en consideración las oportunidades y amenazas que afectan a la empresa y a la industria en la que desempeña sus operaciones.
2. A cada factor citados se asigna una ponderación: La ponderación utilizada oscila entre 0.0 (no importante) y 1.0 (muy importante) La ponderación indica la relevancia que tiene ese factor para alcanzar el éxito en la industria donde participa la empresa. La suma de todas las ponderaciones asignadas a los factores debe ser igual a 1.0.
3. A cada factor externo clave se asigna una calificación: La calificación oscila entre 1 a 4 puntos para indicar qué tan eficazmente responden las estrategias actuales de la empresa a ese factor

En la Tabla 7 se indica los valores de ponderación y calificación utilizados para la elaboración de las matrices EFE y EFI respectivamente.

Tabla 7: Tabla de valoración para matrices EFE y EFI

matriz EFE	Para una calificación de factores:	En lo referente a la ponderación:
	Excelente: 4 Muy buena: 3 Promedio: 2 Deficiente: 1	Sin importancia: 0,00 Muy importante: 1,00
matriz EFI	Para una calificación de factores:	En lo referente a la ponderación:
	Fortaleza Mayor: 4 Fortaleza Menor: 3 Debilidad Menor: 2 Debilidad Mayor: 1	Sin importancia: 0,00 Muy importante: 1,00

4. Multiplique la ponderación de cada factor por su calificación, para determinar una puntuación ponderada.

5. Sume las puntuaciones ponderadas: para cada variable, con el fin de determinar la puntuación ponderada total para la organización.

La puntuación ponderada total toma valores entre 1 y 4. Una puntuación de 4.0 indica que la organización está respondiendo extraordinariamente bien a las oportunidades y amenazas, La puntuación ponderada total promedio es de 2.5, una puntuación total de 1.0 indica que las estrategias de la empresa no están ayudando a capitalizar las oportunidades ni evitando las amenazas externas.

De acuerdo a los literales descritos se elabora las Matrices de evaluación de Factores Externos e Internos para el Centro de Investigación, que se presenta en las Tabla 8 y 9 respectivamente.

Tabla 8: Matriz de evaluación de factores externos (EFE)

FACTORES EXTERNOS CLAVES			
Oportunidades	Valor	Calificación	Valor ponderado
Apoyo del Gobierno a la producción nacional	0,12	4	0,48
Desarrollar equipo tecnológico nacional.	0,11	4	0,44
Instituciones de capacitación a nivel local y nacional	0,08	2	0,16
Interés en el proyecto por parte de Grandes empresas e Instituciones	0,09	3	0,27
Proveedores a nivel local y nacional	0,10	3	0,30
Integración de sistemas de mejora continua	0,11	4	0,44
Amenazas	Valor	Calificación	Valor ponderado
Importación de UAV's de última tecnología	0,08	4	0,32
Leyes gubernamentales adversas.	0,09	4	0,36
Innovación tecnológica de la competencia	0,06	3	0,18
Altos costos de materiales equipos y herramientas	0,10	3	0,30
Reestructuración de unidades militares	0,06	2	0,12
VALOR TOTAL	1		3,37

De acuerdo a la importancia de cada una de las oportunidades y amenazas presentadas en la Tabla 8, de lo cual se obtiene un valor total ponderado de 3.37 lo cual da a entender que el CIDFAE responde bien a los factores externos que se le presentan, ya que cuenta con el apoyo del gobierno y otras entidades para la ejecución de los proyectos.

Tabla 9: Matriz de evaluación de factores internos (EFI)

FACTORES INTERNOS CLAVES			
Fortalezas	Valor	Calificación	Valor ponderado
Investigación desarrollo e innovación Continua	0,11	4	0,44
Fuerza laboral fiel a la institución.	0,09	4	0,36
Infraestructura para el desarrollo de proyectos aeronáuticos.	0,10	4	0,4
Producto de alta calidad único en el mercado nacional	0,10	3	0,3
Importante centro de investigación y desarrollo tecnológico nacional	0,09	4	0,36
Maquinaria y herramientas necesarias para efectuar el proceso productivo.	0,08	3	0,24
Debilidades	Valor	Calificación	Valor ponderado
Falta de comunicación entre las secciones y departamentos	0,05	1	0,05
Innovación tecnológica limitada.	0,06	2	0,12
Procesos operativos no estandarizados	0,10	1	0,1
Falta de capacitación al personal en las actividades o procesos operativos.	0,06	2	0,12
Inexistencia de planes de mantenimiento de maquinaria y equipos	0,07	2	0,14
Proyecto con limitaciones económicas por parte del gobierno	0,09	1	0,09
VALOR TOTAL	1		2,72

Los valores 3,37 y 2,72 obtenidos en las Tablas 8 y 9 respectivamente se encuentran en un rango aceptable por encima del valor promedio establecido que es de 2,5 lo que indica que el CIDFAE es un Centro sólido que responde bien a las oportunidades y amenazas que se le presenta, se considera además que debe fortalecer su capacidad interna, mediante aplicación de planes de mejora continua, capacitación de personal, renovación de equipos defectuosos, estandarización de procesos de producción, etc., para mejorar aun más la calidad de los productos y servicios que oferta, manteniéndose así como un líder en investigación y desarrollo de proyectos aeronáuticos del Ecuador.

4.5.4. Matriz FODA

Para establecer estrategias acordes a los propósitos de la institución, hay que considerar los factores internos y externos identificados en los apartados 4.5.1 y 4.5.2, con estos elementos se consigue identificar y desarrollar planes apropiados que permitan mejorar los procesos productivos. La matriz FODA desarrollada para la institución puede apreciarse en la Tabla 10.

Tabla 10: Análisis FODA para el CIDFAE

<p style="text-align: center;">MATRIZ FODA</p>	<p style="text-align: center;">FORTALEZA (F)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación, desarrollo e innovación continua 2. Fuerza laboral fiel a la institución. 3. Infraestructura para el desarrollo de proyectos aeronáuticos 4. Producto de alta calidad único en el mercado nacional 5. Importante centro de investigación y desarrollo tecnológico nacional 6. Maquinaria y herramientas necesarias para efectuar el proceso productivo. 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES(D)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de comunicación entre las secciones y departamentos 2. Innovación tecnológica limitada. 3. Procesos operativos no estandarizados 4. Falta de capacitación al personal en las actividades o procesos operativos. 5. Inexistencia de planes de mantenimiento de maquinaria y equipos 6. Proyecto con limitaciones económicas por parte del gobierno
	<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES(O)</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Apoyo del Gobierno a la producción nacional b) Desarrollar equipo tecnológico nacional. c) Instituciones de capacitación a nivel local y nacional d) Interés en el proyecto por parte de Grandes empresas e Instituciones e) Proveedores a nivel local y nacional f) Integración de sistemas de mejora continua 	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS(FO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. Inserción de los UAV a diferentes aplicaciones y sectores productivos 2f. Establecer planes de mejora continua, mediante el apoyo de entidades externas. 4a. Aumentar capacidad de producción y distribución del producto. 4d. Establecer convenios con las grandes empresas para fomentar el desarrollo tecnológico y adaptar los productos en base a sus necesidades. 6b. Explotar la capacidad operativa del CIDFAE para desarrollar nuevos productos y servicios dentro de esta área.
<p style="text-align: center;">AMENAZAS(A)</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Importación de UAV's de última tecnología b) Leyes gubernamentales adversas. c) Innovación tecnológica de UAV por parte de los competidores a nivel de Latinoamérica d) Altos costos de materiales equipos y herramientas e) Restructuración de unidades militares 	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS(FA)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1a. Lanzamiento de productos innovadores a bajo costo. 2b. Desarrollar planes de contingencia relacionados con cambios en leyes gubernamentales o inestabilidad Financiera 3b. Mejorar la infraestructura actual de manera que se adapte a las necesidades actuales de producción. 4e. Mantener y mejorar la calidad del producto y materiales para minimizar los costos y optimizar el apoyo en el proyecto por parte del gobierno 	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS(DA)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2a. Utilizar la tecnología de última generación de manera eficiente para crear nuevos y mejorados prototipos. 4a. Alianzas estratégicas con productores de tecnología a nivel local 4d. Fomentar el estudio y la medición del trabajo en el proceso productivo de fabricación y ensamble de UAV's. 6d. Implantar nuevos sistemas de manufactura con el propósito de reducir el desperdicio de materiales y optimizar recursos

4.6. Mapa de Procesos de la Institución

El mapa de procesos que ofrece una visión general del sistema de gestión del CIDFAE, consta de los procesos generales existentes actualmente y a su vez permite enfocar puntualmente hacia dónde va dirigida la investigación. La clasificación de los procesos dentro del CIDFAE es la siguiente:

Procesos Gerenciales: Incluye procesos de Planificación estratégica institucional, Direccionamiento estratégico militar, Planificación de proyectos y Sistema integrado de gestión.

Procesos Operativos: El CIDFAE agrupa sus procesos operativos dentro de 4 grupos principales entre estos Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia.

Este trabajo se enfoca básicamente en los procesos de Desarrollo que se realizan dentro de la sección de producción, y abarca los procesos de manufactura tales como Rayado, Cortado, Doblado, Mecanizado, Torneado, Laminado, Soldado, Moldeado, Pulido, Pintura y Ensamble, estos procesos serán estudiados y evaluados en base a diferentes metodologías relacionadas con el estudio del trabajo.

Procesos de Apoyo: Dentro de este grupo se incluyen procesos de Gestión para el apoyo administrativo, Gestión del Talento Humano, Gestión de Logística y Abastecimiento, Gestión Financiera, Gestión de Servicios Aeroportuarios, Gestión de Infraestructura, Gestión de Defensa y Seguridad Terrestre, Gestión de las TIC'S [47].

El mapa de procesos que vigente en el CIDFAE se presenta en la Figura 11

4.7. Descripción de las áreas de trabajo de la sección de producción.

Para efectuar procesos de calidad se requiere contar con recursos e infraestructura acorde a la actividad productiva a desarrollar, por esta razón el CIDFAE cuenta con hangares y laboratorios equipados, en los que se desarrollan diversas actividades productivas. Una de las secciones más importantes y de mayor renombre en esta institución es la sección de producción donde se desarrolla la construcción del cuerpo del avión en el cual posteriormente se acoplan equipos electrónicos de navegación, sensores, etc.

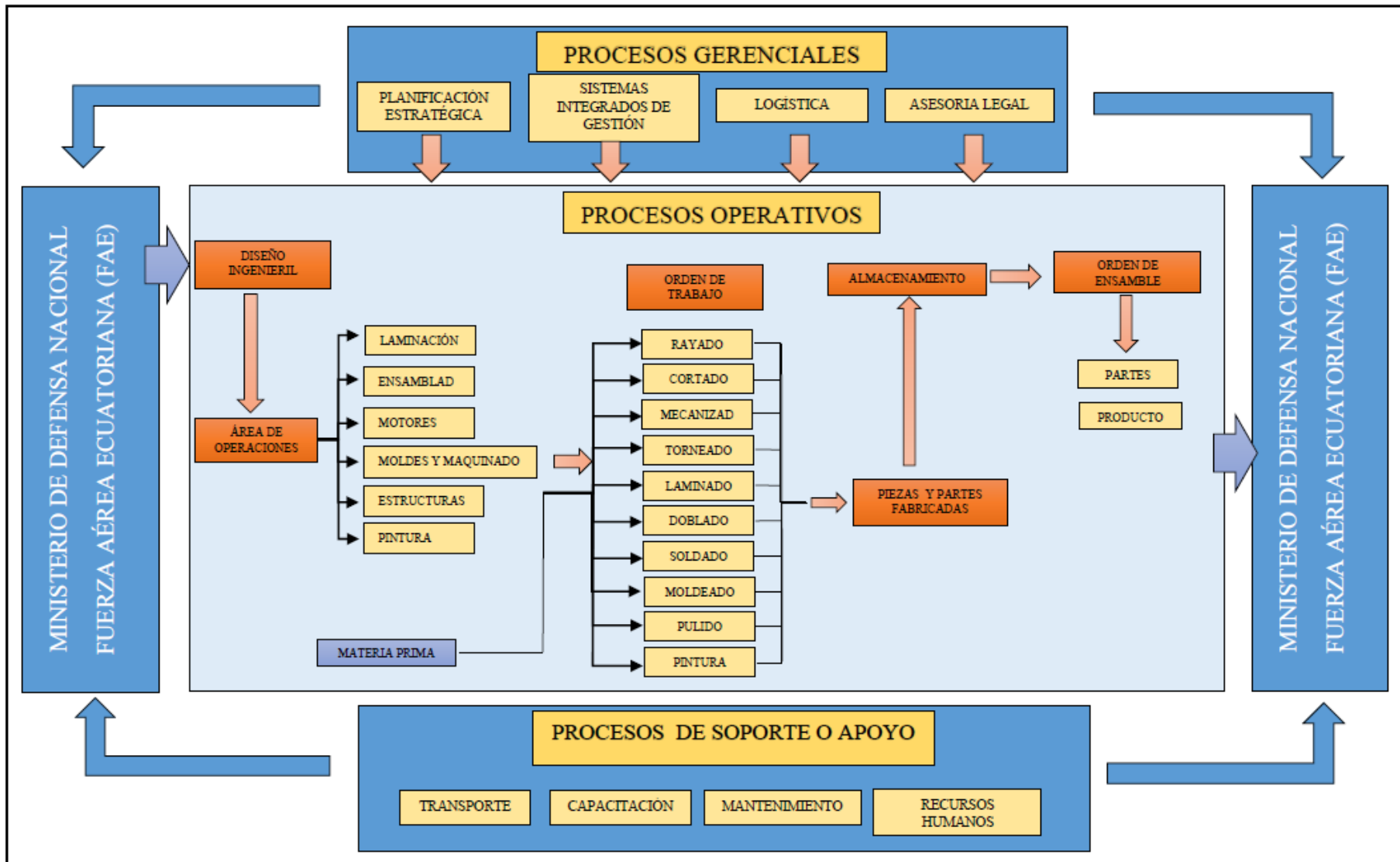


Figura 11: Mapa de Procesos del CIDFAE [44]

Esta sección hace uso de las instalaciones del Hangar 2 y posee varios talleres que se describen a continuación:

Taller de mecánica, en este taller se producen las partes necesarias para ensamblar los trenes de aterrizaje de la aeronave, y demás elementos fabricados en aluminio.

Taller de carpintería, en el cual se desarrollan los diferentes componentes que conforman la estructura interna de las alas, alerones, cuadernas entre otros.

Taller de materiales compuestos, destinado a la producción del revestimiento del avión mediante procesos de laminado en fibra de carbono y fibra de vidrio.

Taller de pintura y acabados, donde se realizan procesos de masillado, lijado y pintura que darán un acabado profesional al modelo.

La instalación cuenta con una bodega propia en la cual se almacena herramientas y componentes necesarios para los diferentes procesos; además aquí se almacena parte del producto terminado proveniente de los talleres mencionados anteriormente, hasta que se los requiera para efectuar los procesos de ensamble.

A parte de los talleres mencionados, en la sección se ha destinado un área para el ensamblaje de estas aeronaves, aunque actualmente este espacio cuenta con mesas de trabajo y stands, no se han establecido aun sitios de trabajo definidos para cada actividad durante el proceso de ensamble, razón por la cual, los operarios utilizan cualquier mesa que se encuentre disponible y que a su vez le sirva como soporte para desarrollar su trabajo, incluso se utilizan las mesas disponibles dentro de los diferentes talleres.

Las áreas descritas anteriormente se pueden apreciar en la Figura 12, la sección por el momento, no presenta ninguna distribución acorde a las actividades de producción en serie de UAV's, ya que estas instalaciones son completamente nuevas, anteriormente se las utilizaba como bodega para distintos prototipos y moldes de partes de otros modelos, es necesario mencionar además que las operaciones de manufactura se desarrollaban anteriormente en otras instalaciones.

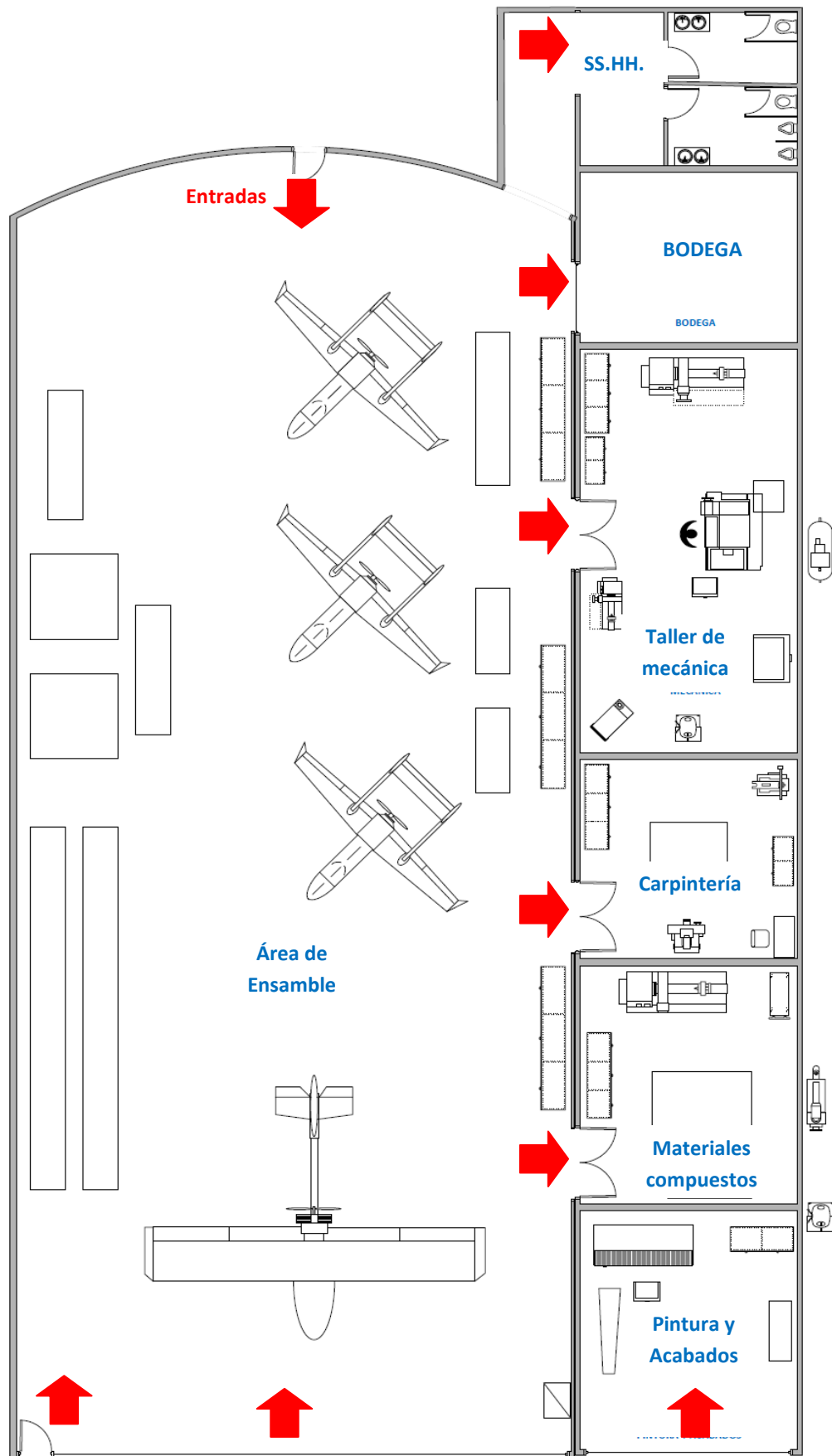


Figura 12: Distribución de planta actual de la sección de Producción.

4.8. Maquinaria existente en la sección de producción.

Actualmente la sección de producción cuenta con maquinaria especializada que sirve de apoyo para efectuar las operaciones de manufactura de los diversos componentes que conforman los aeroplanos, la maquinaria utilizada para los procesos de manufactura se describe en la Tabla 11.

Tabla 11: Maquinaria existente en la sección de producción y ensamblaje

Cantidad	Nombre	Modelo
1	Cabina de pintura	TECNODRY A3
1	Máquina aspiradora de partículas	Polyjet DF
1	Dobladora	S/N
1	Soldadora	TIG200P
1	Fresadora CNC	HAAS VF 2
1	Sierra Cinta Corte Horizontal y Vertical	HBS-7
1	Colector de polvo móvil DF	Coral Antipollution Systems
1	Taladro de pedestal	HP 5C
1	Sierra de cinta vertical	Delta 28-276
1	Torno	S/N
1	Compresor vertical	Hausfeld 3.2 H.P
1	Compresor horizontal	schulz-5-hp
1	Prensa hidráulica manual	S/N
1	Caladora de pestaña	Delta 40- 680

La gran mayoría de la maquinaria existente en la sección de producción se encuentra completamente funcional, pero existe también ciertos equipos que se encuentran fuera de servicio por falta de mantenimiento, por lo cual se considera que se debe realizar planes de mantenimiento preventivo con el propósito de mantener funcional la maquinaria en el momento en que se la requiera.

4.9. Procesos que se desarrollan en la sección de producción

Los procesos operativos descritos a continuación son procesos por los cuales pasan diferentes tipos de materiales de baja dureza, por lo cual las herramientas y maquinaria existente se adaptan correctamente a las necesidades de producción. En la Tabla 12 se describe de forma general las actividades que se desarrollan en cada proceso.

Tabla 12: Procesos Operativos principales que se desarrollan en la sección de producción

Proceso de rayado y corte	
	<p>Descripción: Este proceso operativo consiste en marcar el material para tener una referencia de las dimensiones que va a tener el componente fabricado, una vez que se ha señalado se procede a realizar el corte de acuerdo a las especificaciones.</p>
	<p>Entradas: Aluminio, Madera Triplex, Nylon.</p>
	<p>Salidas: Elementos con las dimensiones requeridas para los procesos de mecanizado siguientes.</p>
<p>El proceso de corte requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación de la máquina de corte. ✓ Colocación del material. ✓ Proceso de corte efectuado por la máquina. ✓ Descarga del elemento mecanizado. 	
Proceso de Taladrado	
	<p>Descripción: Una vez marcados los puntos se procede a realizar las diversas perforaciones en los elementos mediante el uso de brocas de acuerdo al tamaño del agujero y las especificaciones del diseño propuesto, para esta operación se utilizan taladros de mano y taladros de pedestal.</p>
	<p>Entradas: Aluminio, madera, nylon previamente marcado y graneteado en caso de requerirlo.</p>
	<p>Salidas: componentes con perforaciones en las cuales se utilizará para la fijación con tornillos u otros componentes.</p>
<p>El proceso de taladrado requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación del taladro de pedestal. ✓ Ubicación del material. ✓ Proceso de taladrado efectuado por la máquina. ✓ Descarga del elemento mecanizado. 	
Proceso de Doblado	
	<p>Descripción: Una vez que las placas de aluminio han sido cortadas y perforadas se procede a realizar el doblado de las mismas de acuerdo al ángulo de que se especifique en las condiciones de diseño de los componentes.</p>
	<p>Entradas: Placas de aluminio previamente perforadas.</p>
	<p>Salidas: Placas de aluminio dobladas en diferentes ángulos requeridas en el ensamble de los trenes de aterrizaje.</p>
<p>El proceso de doblado requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ubicación de las placas a doblar. ✓ Doblado del material. ✓ Descarga de las placas dobladas. 	

Tabla 12: Procesos Operativos principales que se desarrollan en la sección de producción (continuación)







Proceso de Mecanizado CNC	
	<p>Descripción: Este proceso permite generar componentes a partir de diversos materiales mediante el arranque de viruta de forma automática, este proceso es uno de los más requeridos para la fabricación de los diversos componentes ya que simplifica en gran medida las operaciones de manufactura.</p>
	<p>Entradas: Aluminio, madera, nylon con las medidas de acuerdo al elemento a fabricar y la capacidad de la máquina.</p>
	<p>Salidas: Cuadernas, costillas de alas, soportes de dirección, bocines, etc.</p>
<p>El proceso de mecanizado CNC requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación del material a mecanizar. ✓ Preparación de la máquina. ✓ Proceso de mecanizado efectuado por la máquina. ✓ Descarga del componente o componentes mecanizados. 	
Proceso de laminado y moldeado	
	<p>Descripción: Este proceso permite generar componentes mediante capas de fibra de carbono y resina que adoptan la forma del molde que las posee, los elementos obtenidos de este proceso poseen gran resistencia y bajo peso con relación a otros materiales.</p>
	<p>Entradas: moldes, fibra de carbono, fibra de vidrio, resinas, etc.</p>
	<p>Salidas: Piel de alas, fuselaje, tanque de combustible, etc.</p>
<p>El proceso de laminado requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Corte de la tela de fibra de vidrio o carbono. ✓ Preparación del molde. ✓ Aplicación de capas de fibra y resinas dentro del molde. ✓ Generación de vacío para compactar las capas aplicadas. ✓ Dejar secar estructura. 	
Proceso de Torneado	
	<p>Descripción: Este proceso permite generar sólidos de revolución por medio del arranque de viruta como ejes, este proceso permite crear ejes para las ruedas del prototipo, roscas para la fijación de los componentes, etc. Actualmente los tornos están en desuso por falta de mantenimiento de los mismos, por lo cual los ejes se mandan a fabricar en talleres ajenos a la institución.</p>
	<p>Entradas: Ejes de acero, nylon, etc.</p>
	<p>Salidas: Ejes de las ruedas del tren principal, elementos de dirección del tren delantero,</p>
<p>El proceso de torneado requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación del material a mecanizar. ✓ Preparación del torno. ✓ Proceso de mecanizado efectuado por la máquina. ✓ Descarga del componente mecanizados. 	

Tabla 12: Procesos Operativos principales que se desarrollan en la sección de producción (continuación)

Proceso de pulido	
	<p>Descripción: Este proceso permite eliminar imperfecciones que no han sido eliminadas en procesos anteriores de esta manera se obtiene un mejor acabado y además permite que los componentes se adhieran en caso de utilizar pegamentos.</p>
	<p>Entradas: Piezas obtenidas mediante maquinado CNC, laminados, etc.</p>
	<p>Salidas: Componentes pulidos listos para fijación y/o pintura.</p>
<p>El proceso de pulido requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Recepción del componente. ✓ Pulido para eliminar imperfecciones. ✓ Entrega del elemento al siguiente proceso. 	
Proceso de pintado	
	<p>Descripción: En este taller se procede a masillar los elementos externos como las pieles de fuselaje, alas, etc, posteriormente se procede a lijar para un acabado mas liso y finalmente se procede a pintar los componentes, para un mejor acabado.</p>
	<p>Entradas: Subensambles de alas, fuselaje y boom.</p>
	<p>Salidas: subensambles pintados.</p>
<p>El proceso de pintado requiere de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Recepción del subensamble principal (Alas, boom, fuselaje). ✓ Masillado. ✓ Lijado. ✓ Aplicación de capa de pintura base. ✓ Pintado final. ✓ Entrega a la sección de ensamble final. 	
Proceso de ensamblado	
	<p>Descripción: Este proceso permite generar sólidos de revolución por medio del arranque de viruta como ejes, este proceso permite crear ejes para las ruedas del prototipo, roscas para la fijación de los componentes, etc. Actualmente los tornos están en desuso por falta de mantenimiento de los mismos, por lo cual los ejes se mandan a fabricar en talleres ajenos a la institución.</p>
	<p>Entradas: Ejes de acero, nylon, etc.</p>
	<p>Salidas: Ejes de la ruedas del tren principal, elementos de dirección del tren delantero.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recepción de los subensambles principales y demás componentes necesarios. ✓ Ensamble de la estructura del avion. ✓ Montaje de motor, tanque de combustible y componentes de control. ✓ Calibración y pruebas finales. 	

4.10. Descripción del producto UAV Gavilán III.

La institución desde algunos años atrás a incursionado en el desarrollo de aeronaves no tripuladas de diverso tipo y modelos, actualmente pretende llevar a cabo la producción en serie de aviones no tripulados del tipo Gavilán III que se muestra en la Figura 13.

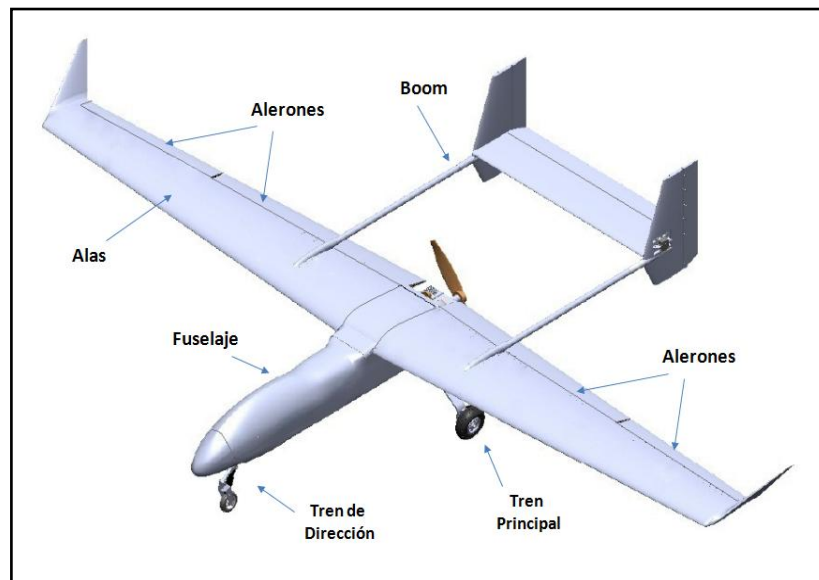
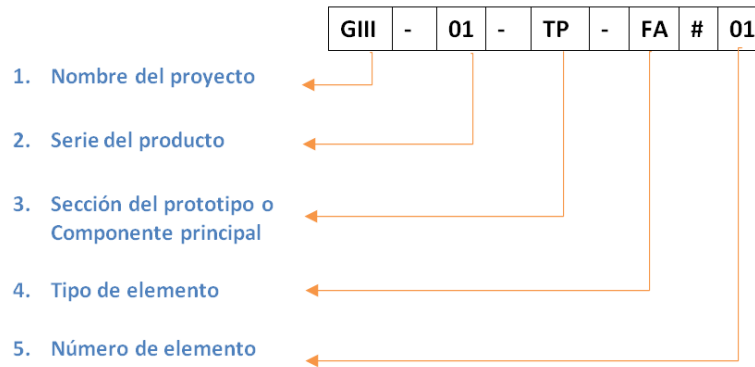


Figura 13: Subensambles principales del UAV Gavilán III.

El artefacto se encuentra conformado por varios componentes principales que son ensamblados por separado con piezas fabricadas en diversos materiales, de esta manera se facilita el montaje total del avión y se controla adecuadamente el proceso debido a la gran cantidad de componentes que posee el mismo.

El UAV Gavilán III posee nuevas características físicas a diferencia de su predecesor el UAV Gavilán II, es necesario recalcar que en ninguno de estos modelos los componentes no han sido codificados anteriormente, por esta razón se adopta una codificación estándar para cada uno de los elementos, ensambles y subensambles que conforman la estructura de la aeronave. La codificación utilizada para la identificación de componentes y ensambles del UAV Gavilán III obedece al siguiente formato:



El código planteado consta de cinco partes, las cuatro primeras se encuentran separadas por medio de un guion (-), mientras que la última correspondiente al número del elemento se encuentra separada por el signo numeral (#).

Los partes que conforman la codificación planteada se describen a continuación: [44].

1. **Nombre del producto:** El proyecto que se desarrolla actualmente se denomina Gavilán III, por lo cual se adoptó las siglas **GIII**.
2. **Serie del producto:** Se colocan los dígitos **01** debido a que es la primera serie que se desarrolla del prototipo.
3. **Sección del producto o componente principal:** Con el objetivo de facilitar el estudio se dividió a la aeronave en partes principales que pueden ser fácilmente identificadas, cada una con su respectivo código, como se describe a continuación:

TP: Tren Principal	AL: Alas
TD: Tren Delantero	A1: Alerones 1
BO: Boom (Cola del avión)	A2: Alerones 2
FU: Fuselaje	WI: Winglets (Punta de alas)

4. **Tipo de elemento:** Dependerá de la naturaleza del elemento:

FA	Elemento fabricado en las instalaciones del CIDFAE
CO	Elemento adquirido a un distribuidor externo (Rodamientos, llantas, etc.)

5. **Número de elemento:** El número del elemento se registrará en base a la siguiente notación.

- Valor numérico de dos dígitos: Se utilizará para identificar cada uno de las piezas y se encontrará en un rango entre 01 y 99.
- Valor Numérico precedido de la letra E: Se utilizará para identificar cada uno de los Subensambles, donde E representa un ensamble y viene acompañado de un valor numérico.
- Siglas EF: Para identificar Ensamblados Finales o componentes principal.

Los subensambles principales quedarán identificados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 13 y a su vez se representan en el diagrama de la Figura 13.

Tabla 13: Codificación de de Subensambles principales del UAV Gavilán III [44]

Código	Nombre	Cantidad
GIII-01-FU-FA#EF	Fuselaje	1
GIII-01-TP-FA#EF	Tren de aterrizaje principal	1
GIII-01-TD-FA#EF	Tren de aterrizaje delantero	1
GIII-01-AL-FA#EF	Alas	2
GIII-01-A1-FA#EF	Alerones 1	2
GIII-01-A2-FA#EF	Alerones 2	2
GIII-01-BO-FA#E5	(Estabilizador Horizontal) Boom*	1
GIII-01-BO-FA#E3	(Flaps) Boom*	2
GIII-01-BO-FA#E2	(Estabilizador Vertical) Boom*	2
GIII-01-BO-FA#E6	(Elevadores) Boom*	2

(*) Los cuatro últimos elementos identificados en la Tabla 13 corresponden al Boom que viene a ser la cola del avión, a continuación se analiza el ensamble total del avión y cada uno de los subensamble que lo conforman para conocer sus principales características, componentes y procesos de fabricación.

4.10.1. Documentación requerida para ensamblaje y fabricación de componentes

Para llevar a cabo la producción de componentes y ensamble de la estructura del UAV Gavilán III se desarrollo la documentación necesaria con el propósito de estandarizar los procesos de fabricación y ensamble. El ejemplo de la Tabla 14 muestra la documentación desarrollada para ensamblaje del Tren de aterrizaje principal.

Tabla 14: Documentación requerida para el ensamblaje del tren principal

DOCUMENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Orden de Pedido (OP)	GIII-01-TP-OP-EF	En la cual se detallan las partes y los números de estas para los procesos de ensamblado final de la sección.
Orden de Ensamble (OE)	GIII-01-TP-OE-EF	En la cual se menciona materiales, equipos, herramientas y se designa el personal a cargo de llevar a cabo este proceso
Hojas de Procesos(HP)	GIII-01-TP-HP-EF	En la que se establece los parámetros técnicos a llevarse a cabo en la operación de ensamble
Diagrama de Procesos (DP)	GIII-01-TP-DP-EF	En la que se implanta los pasos más relevantes a llevarse a cabo en la operación de ensamble
Plano adjunto(PL)	GIII-01-TP-PL-EF	En este se establece las medidas y el orden en el cual se debe ir ensamblando la sección.
Control de Calidad (CC)	GIII-01-TP-CC-EF	En el que se evalúa y se da constancia de que el proceso de ensamble se lo realizó correctamente

Una vez fabricados los componentes que conforman un subensamble del UAV Gavilán III se emite una Orden de Ensamble (OE) en la cual se adjuntan una Orden de Pedido (OP), para solicitar las piezas fabricadas previamente y que conforman este ensamble, aquí también se detalla los equipos, maquinaria y elementos que son necesarios para llevar a cabo esta operación como tornillos, pernos, tuercas, rodelas, rodamientos entre otros. Adicionalmente se emite una Hoja de Procesos (HP) como la que se muestra en la figura 14, en la que detalla el procedimiento que se debe llevar a cabo para ensamblar esta parte y como apoyo se entregan también el Plano Ajunto (PL) con las medidas establecidas para cada una de las partes y así asegurarse del cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos en el plano y como soporte del proceso se emite también un Diagrama de Procesos (DP), que sirve como documento de control para seguir los pasos establecidos durante todo el proceso, este documento es de fácil manejo ya que su información se encuentra resumida de forma gráfica [44].

La Tabla 15 muestra los componentes fabricados del tren de aterrizaje principal con su respectiva documentación codificada.

Tabla 15: Componentes fabricados para el tren de aterrizaje principal [44]

CÓDIGO	CÓDIGOS DE DOCUMENTOS QUE INTERVINIERON EN EL DESARROLLO DE LA PARTE	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
GIII-01-TP-FA#01	Orden de Trabajo (OT) GIII-01-TP-OT-01 Hojas de Proceso(HP) GIII-01-TP-HP-01 Diagramas de Proceso(DP) GIII-01-TP-DP-01 Plano Adjunto(PA) GIII-01-TP-PL-01 Control de Calidad(CC) GIII-01-TP-CC-01	Aros	
GIII-01-TP-FA#02	Orden de Trabajo (OT) GIII-01-TP-OT-02 Hojas de Proceso(HP) GIII-01-TP-HP-02 Diagramas de Proceso(DP) GIII-01-TP-DP-02 Plano Adjunto(PA) GIII-01-TP-PL-02 Control de Calidad(CC) GIII-01-TP-CC-02	Bocin	
GIII-01-TP-FA#03	Orden de Trabajo (OT) GIII-01-TP-OT-03 Hojas de Proceso(HP) GIII-01-TP-HP-03 Diagramas de Proceso(DP) GIII-01-TP-DP-03 Plano Adjunto(PA) GIII-01-TP-PL-03 Control de Calidad(CC) GIII-01-TP-CC-03	Chapa para mordaza	
GIII-01-TP-FA#04	Orden de Trabajo (OT) GIII-01-TP-OT-04 Hojas de Proceso(HP) GIII-01-TP-HP-04 Procesos N° 1,2,3,4 Diagramas de Proceso(DP) GIII-01-TP-DP-04 Plano Adjunto(PA) GIII-01-TP-PL-04 Control de Calidad(CC) GIII-01-TP-CC-04	Cuerpo principal	
GIII-01-TP-FA#05	Orden de Trabajo (OT) GIII-01-TP-OT-05 Hojas de Proceso(HP) GIII-01-TP-HP-05 Procesos N° 1,2,3 Diagramas de Proceso(DP) GIII-01-TP-DP-05 Plano Adjunto(PA) GIII-01-TP-PA-05 Control de Calidad(CC) GIII-01-TP-CC-05	Eje principal	

La Figura 14 muestra un fragmento de la hoja de procesos para el maquinado CNC de los aros del tren de aterrizaje principal.

PROCESO N° 1					
MAQUINADO CNC					
Máquina:	CNC	Instrumento de Medición:	Regla Calibrador	N-P:	2
				Snd/Hr:	N/A
PARÁMETROS					
PASOS A SEGUIR :					
1.- Solicitar a bodega los aros MATCO mfg WHL NW40EE según orden de trabajo.					
2.- Solicitar los códigos G para efectuar el proceso de mecanizado					
3.- Calibrar la máquina CNC antes de efectuar las operaciones					
4.- Maquinar los aros de acuerdo a las especificaciones del plano adjunto					
5.- Pulir las superficies para obtener un mejor acabado					
6.- Verificar que las medidas del elemento obtenido en el proceso esté acorde al gráfico indicado					
7.- Devolver el aro a bodega					
8.- Devolver esta hoja al supervisor una vez terminado el proceso.					
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;"> Desbaste los aros según especificaciones </div>					
Material: Aro de aviación MATCO mfg WHL NW40EE Desbaste Estándar:				<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">USO OBLIGATORIO</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> UTILICE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL </div> <div style="text-align: center;"> USE GUANTES </div> <div style="text-align: center;"> USE GAFAS </div> <div style="text-align: center;"> USE PROTECCIÓN AUDITIVA </div> </div>	
Tolerancia General: $\pm 0.01\text{mm}$ * Punto crítico					

Figura 14: Fragmento de la hoja de procesos para maquinado CNC de los aros del tren principal

La documentación mencionada se realiza por cada uno de los elementos y subensambles que conforman el proyecto Gavilán III, a partir de esta información se describe los procesos de ensamble de cada una de las partes principales que conforman el aeroplano.

4.10.2. Ensamblaje Total del UAV Gavilán III

En el proceso de ensamble final se juntan todos los componentes descritos anteriormente en la Tabla 13 hasta conseguir el producto deseado, en esta etapa se realizan los respectivos ajustes a la estructura verificando que el modelo cumpla con las especificaciones de diseño propuestas.

Una vez concluida esta fase, al avión se acoplaran diversos sistemas electrónicos de navegación y control, energía, comunicaciones, instrumentación virtual, etc., que quedan fuera del campo de estudio de esta investigación.

Descripción general del ensamblaje final del UAV Gavilán III

Primeramente es necesario adherir los trenes de aterrizaje principal y delantero al fuselaje, utilizando los pernos especificados, el siguiente punto es fijar las alas haciendo coincidir las vigas principal y secundaria con las cuadernas del fuselaje diseñadas para este fin los elementos se sujetan mediante pernos seis pernos.

Luego que las alas se encuentran en su sitio con sus respectivos alerones se añaden a cada extremo del ala los winglets (puntas de ala), a continuación se adhiere al fuselaje del avión el tanque de combustible en la ubicación correspondiente. Para completar la estructura principal del avión, se fijan el boom a los JIG's ubicados en cada una de las alas del modelo verificando que los elementos queden completamente alineados para evitar problemas futuros en el funcionamiento del aeronave.

Finalmente se acoplan las mordazas de frenos a las ruedas del tren principal, además se monta el motor a la cuaderna posterior del fuselaje y por último se coloca las tapas de fuselaje y tapa de alas en la ubicación correspondiente. Los estabilizadores horizontal y vertical al igual que los flaps y elevadores forman el conjunto denominado Boom que viene a ser la cola del avión. Para la enumeración de las piezas que conforman cada subensamble bastará con solo modificar las siglas EF por el valor numérico correspondiente de cada elemento.

Con la ayuda de estos aspectos importantes se realiza la fabricación de los componentes necesarios y se les asigna su respectiva codificación dependiendo del subensamble al que pertenezcan, a continuación se realiza el montaje de cada subensamble y finalmente se realiza el ensamblaje final del avión teniendo en cuenta las especificaciones de diseño establecidas.

En la Figura 15 se presenta un cursograma sinóptico general de la construcción del UAV Gavilán III, el cual permite tener una idea general de cómo se desarrolla el proceso de fabricación.

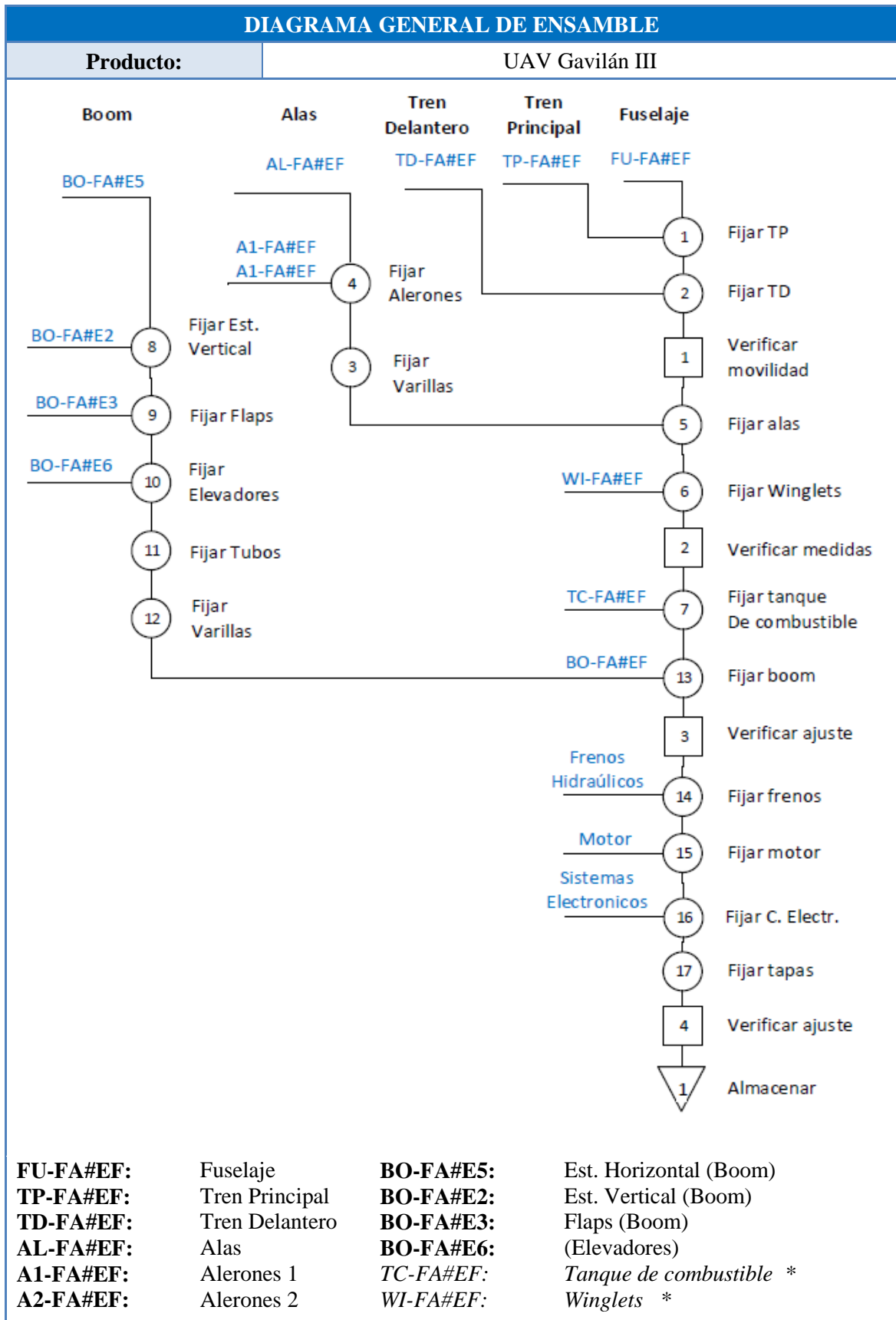


Figura 15: Diagrama General de procesos de Ensamblaje del UAV Gavilán III

La información que se presenta en las páginas siguientes es simplemente un resumen de los procesos que se desarrollan, ya que la información completa de todos los procesos se encuentra detallada en diversos documentos como órdenes de trabajo, hojas de procesos, planos, etc. las mismas que por políticas de la institución no se muestran en este apartado [44]. Los elementos mostrados en la Figura 15 son los subensambles principales a excepción de los elementos marcados con (*) que simplemente son componentes adicionales del modelo.

En las páginas siguientes se describe detalladamente cada uno de los procesos efectuados para cada subensamble principal.

4.10.3. FUSELAJE (GIII-01-FU-FA#EF)

El fuselaje es uno de los elementos estructurales principales de un aeroplano; en su interior se sitúan los diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir el avión como son piloto automático, instrumentación virtual, comunicaciones, entre otros.

Además sirve como estructura central a la cual se acoplan las demás partes del avión, como las alas, el tren de aterrizaje, el sistema de propulsión, etc. Su forma obedece a una solución de compromiso entre una geometría suave con poca resistencia aerodinámica y ciertas necesidades de volumen o capacidad para poder cumplir con sus objetivos.

En la Figura 16 se presenta el fuselaje del UAV Gavilán III.

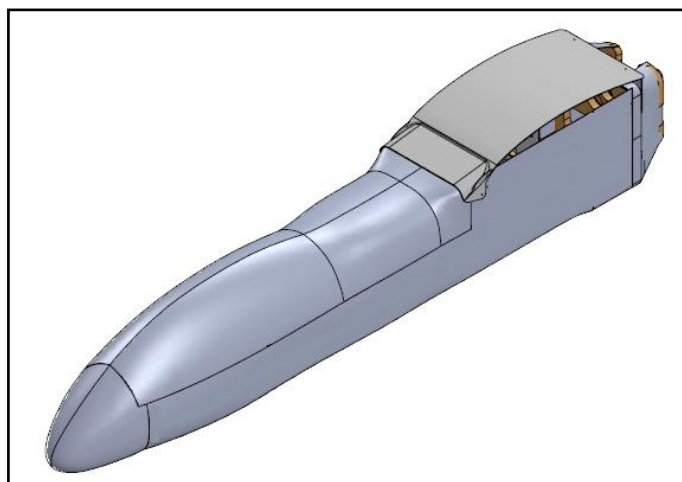


Figura 16: Fuselaje UAV Gavilán III

Partes del fuselaje

Para comprender mejor el proceso de ensamble del fuselaje del UAV Gavilán III es necesario conocer los componentes utilizados para el proceso, estos elementos de muestran en la Figura 17 y son parte de la serie GIII-01-FU.

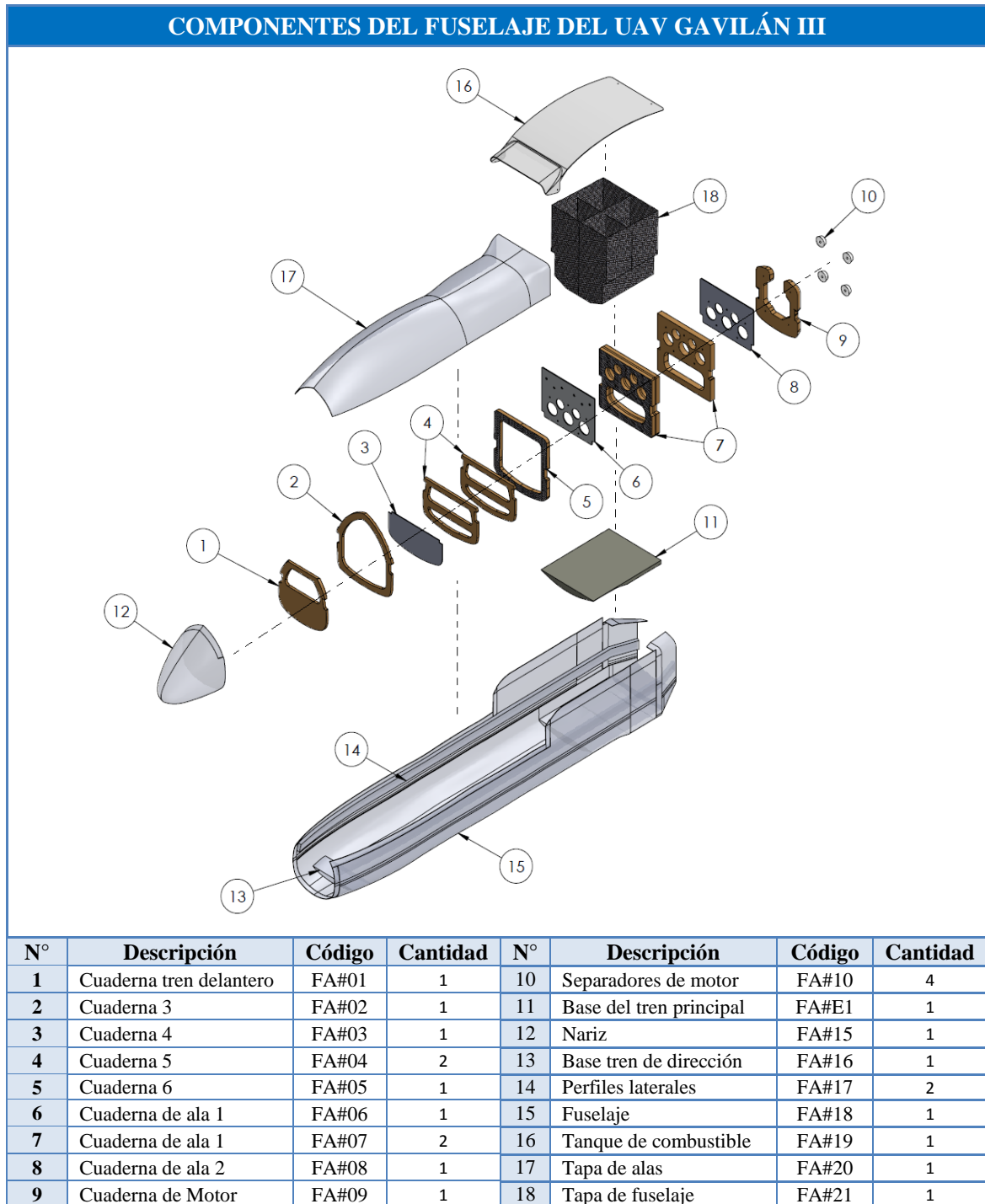


Figura 17: Componentes del fuselaje

Estos componentes son fabricados en fibra de carbono, madera y aluminio que proporcionan rigidez a la estructura con menor peso. Es necesario señalar que existen diversos componentes que conforman la estructura del fuselaje muchos de ellos poseen características similares en cuanto a su proceso de fabricación.

Descripción general del proceso de ensamblaje del fuselaje

Para el ensamblaje del fuselaje, primeramente es necesario laminar y moldear la piel con fibra de carbono y resinas después se colocan las bases del tren principal y del tren de dirección en el interior de la piel, a continuación se fija los elementos con pegamento estructural y se procede a colocar los soportes laterales al desarrollo; una vez en su sitio se aplican varias capas de fibra de carbono para reforzar la estructura y fijar definitivamente los elemento anteriores.

Posteriormente se juntan por medio de tornillos las cuadernas de ala elaboradas en madera y aluminio, mediante el proceso de maquinado CNC, verificando que se sujeten adecuadamente para evitar problemas futuros, ya que estos elementos serán los que se acoplen con las alas de la aeronave. Una vez que el laminado está completamente seco, se procede a lijar los componentes y luego se aplica pegamento estructural y se adhieren cada una de las cuadernas teniendo en cuenta las distancias establecidas.

Al igual que la piel del fuselaje, es necesario laminar y moldear otros componentes como el tanque de combustible, nariz, tapa de alas y tapa de fuselaje, antes de pasar al proceso de ensamblaje, se debe considerar que estos componentes requieren por lo menos un día para que las capas de fibra de carbono y resina se sequen completamente. Para culminar el proceso de ensamblado del fuselaje se fija la nariz del avión mediante tornillos.

Diagrama de ensamble del fuselaje

Por medio del Cursograma sinóptico presentado en la Figura 18, se indica las operaciones necesarias que se llevan a cabo para el proceso de ensamble del fuselaje de la aeronave, este diagrama permite tener una idea general del proceso que se desarrolla específicamente para este subensamble.

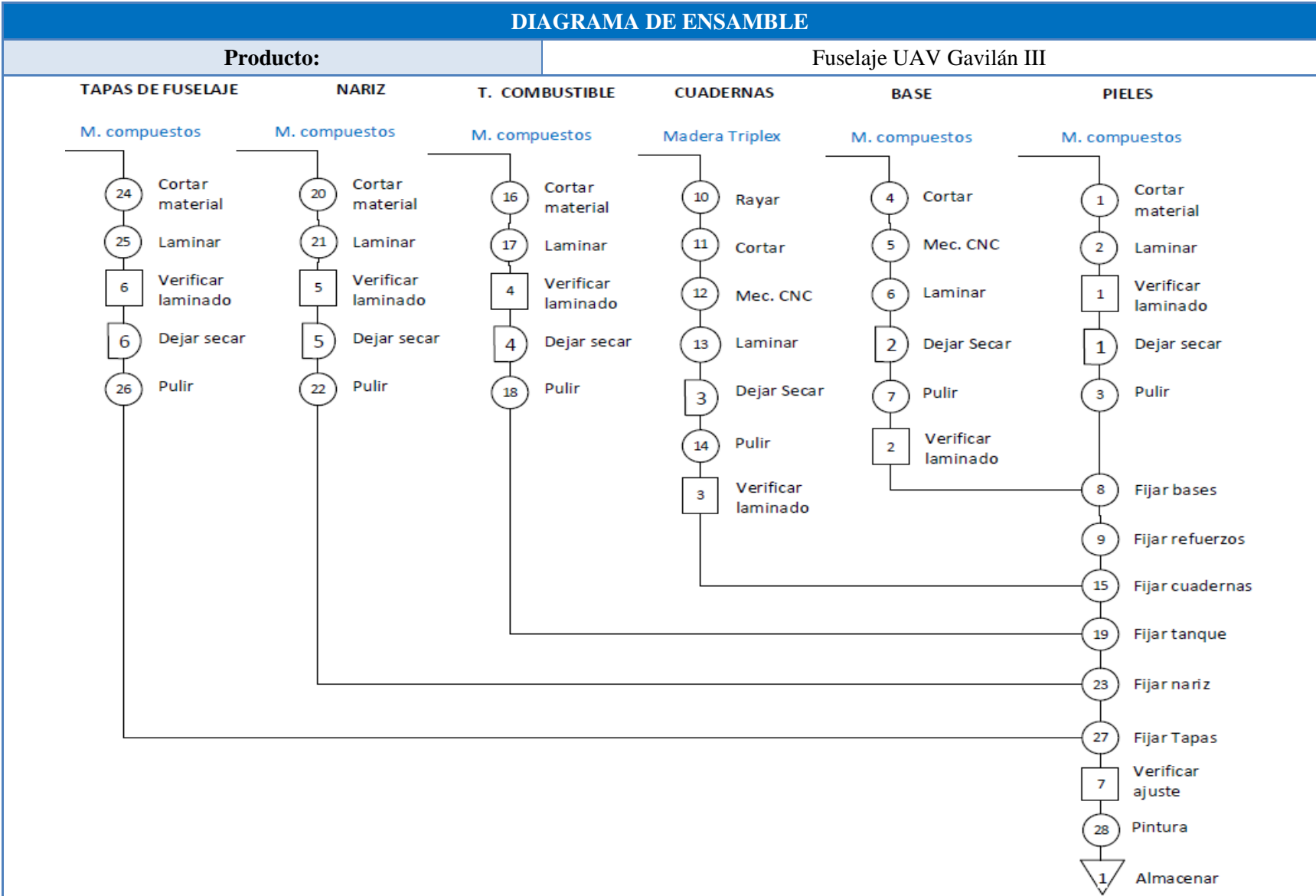


Figura 18: Diagrama de ensamble del fuselaje

4.10.4. TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL (GIII-01-TP-FA#EF)

Durante el aterrizaje, el tren debe absorber la energía cinética producida por el impacto. Los neumáticos son el primer elemento que absorbe tal impacto, pero no es suficiente; así el tren de aterrizaje debe poseer un sistema de amortiguación para poder disminuir el impacto. El tren de aterrizaje principal soporta la mayor parte del peso del avión. Por esta razón el equipo de ingenieros ha diseñado un tren de aterrizaje con materiales de alta calidad que permite contrarrestar los efectos del impacto y dota al aeroplano de mayor estabilidad al momento del despegue y aterrizaje.

El tren de aterrizaje para el UAV Gavilán III, se muestra en la Figura 19, consta de dos neumáticos uno a cada lado del eje longitudinal del avión y un sistema de frenos anclados a placas de aluminio de alta resistencia que forman el cuerpo principal del sistema. La mayoría de componentes que conforman este subensamble son construidos en el taller de mecánica mediante procesos de mecanizado en aluminio de aviación.

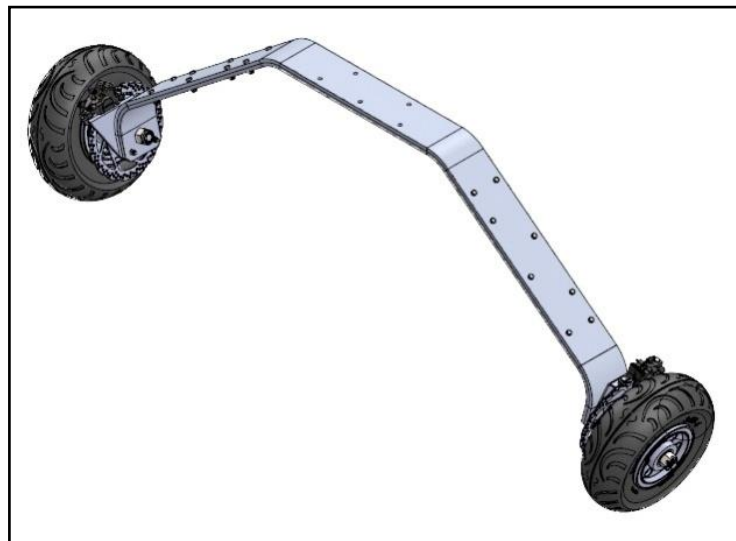
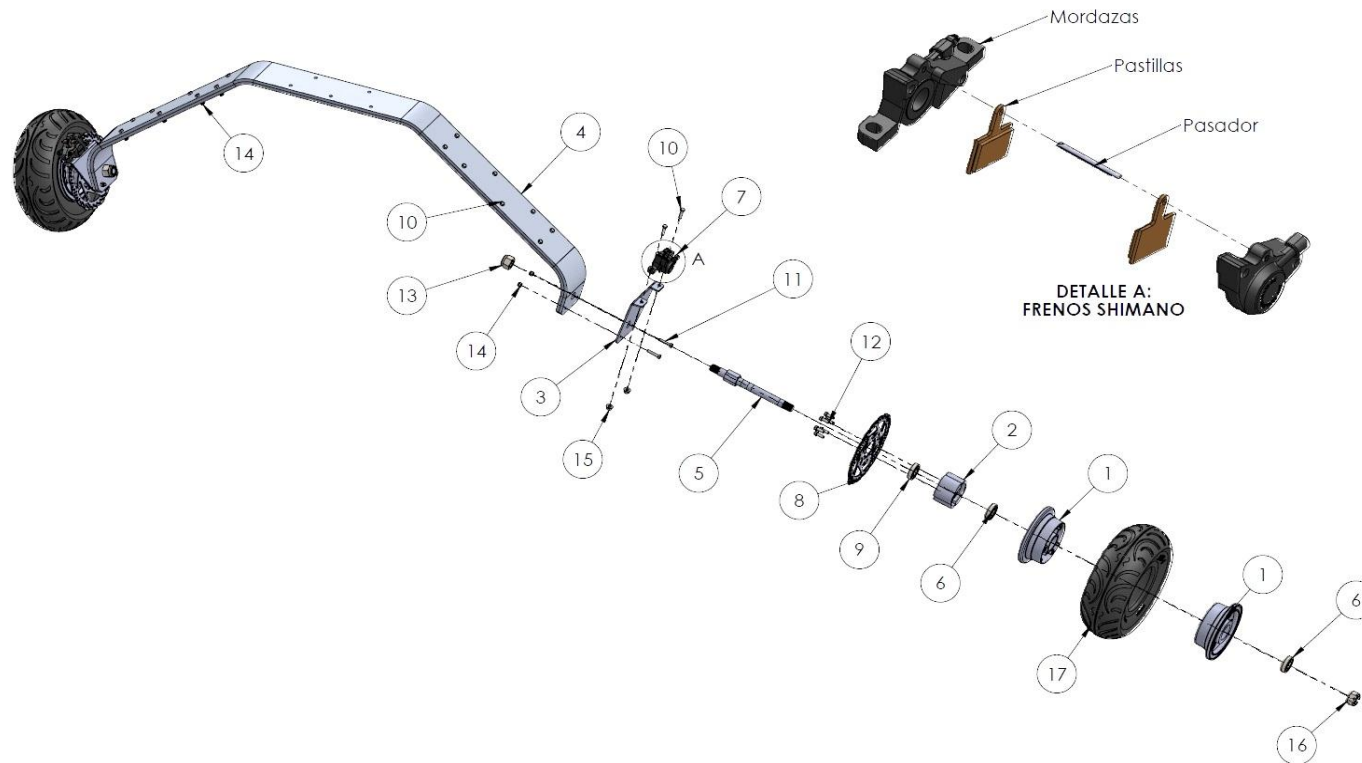


Figura 19: Tren de aterrizaje principal UAV Gavilán III

Partes del tren de aterrizaje principal

Los componentes utilizados para el proceso de ensamble del tren de aterrizaje principal se muestran en la Figura 20 y son parte de la serie GIII-01-TP.

COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL UAV GAVILÁN III



N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	Código	Cantidad
1	Aros MATCO WHLNW40EE	FA#01	2	7	Kit de frenos hidráulicos	CO#02	2	13	Tuercas M15	CO#08	2
2	Bocín	FA#02	2	8	Discos de freno	CO#03	2	14	Tuercas M5	CO#09	20
3	Chapa de Mordazas	FA#03	2	9	Rodamientos NTN 6202LLB	CO#04	2	15	Tuercas de seguridad M5	CO#10	4
4	Cuerpo principal	FA#04	1	10	Pernos 3/16X32	CO#05	20	16	Tuercas M15 ranuradas	CO#11	2
5	Eje Principal	FA#05	2	11	Pernos M5x0,8x25	CO#06	4	17	Llantas de aviación SHENG-I 3.00-4 29B	CO#12	2
6	Rodamientos NTN 1623R5	CO#01	4	12	Pernos C. hueca hex M5x12	CO#07	12				

Figura 20: Componentes del tren de aterrizaje principal

Descripción general del proceso de ensamblaje del tren de aterrizaje principal

Para efectuar el proceso de ensamblaje del tren de aterrizaje principal primeramente se procede a juntar dos placas de aluminio dobladas verificando que los agujeros coincidan unos con otros y luego se fijan los componentes mediante pernos y tuercas, seguidamente se adhieren a este desarrollo dos placas de aluminio, que serán el soporte de las mordazas de freno una a cada lado del desarrollo anterior, este subensamble será el cuerpo principal del tren de aterrizaje.

Para el montaje de las ruedas se utilizan aros de aviación fabricados en aluminio y que han sido modificados mediante el proceso de maquinado CNC, en base a las necesidades del diseño. Se añade rodamientos a cada lado del aro, después se procede a juntar el bocín con el aro teniendo en cuenta las hendiduras que se han maquinado en ambos elementos, este pokayoque se ha diseñado con el propósito de permitir un acoplamiento resistente entre la rueda y el disco de freno y además facilitar el desmontaje de los aros sin tener que desarmar todo el conjunto en caso de que se lo requiera.

Una vez encajados estos elementos se inserta un nuevo rodamiento en el bocín, posteriormente se inserta el eje en el conjunto anterior por el lado del bocín y se ajusta por el lado libre del aro mediante una tuerca. Consecutivamente a este desarrollo se añade el disco de freno y se fija mediante tornillos al bocín, el proceso de ensamble de las ruedas es simétrico tanto para la rueda derecha como para la rueda izquierda, ya que constan de los mismos componentes.

Una vez culminado el ensamble de las ruedas, se introduce el lado libre de sus ejes en el agujero de cada extremo del cuerpo principal y se fijan mediante tuercas M16. Finalmente se verifica la fijación de todos los elementos del sistema y que además las ruedas puedan girar libremente. Para prevenir daños en las mordazas de freno durante los siguientes procesos, estas se colocaran en el ensamble final del avión.

Diagrama de ensamble del tren de aterrizaje principal

La Figura 21 muestra detalladamente el proceso de montaje del tren de aterrizaje principal mediante un diagrama de ensamble.

DIAGRAMA DE ENSAMBLE

Producto:

Tren de aterrizaje principal UAV Gavilán III

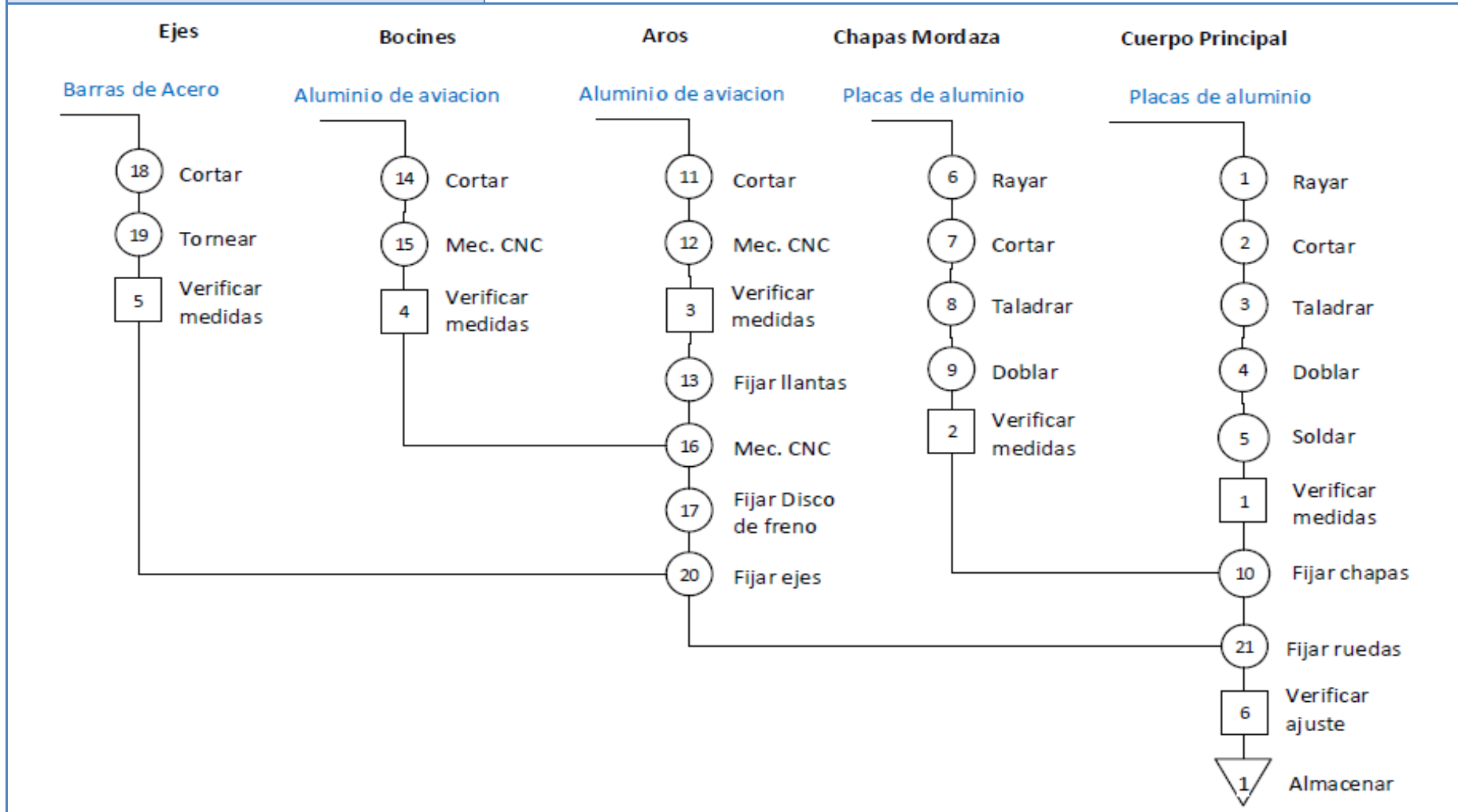


Figura 21: Diagrama de ensamble del tren de aterrizaje principal

4.10.5. TREN DE ATERRIZAJE DE DIRECCIÓN (GIII-01-TD-FA#EF)

Este tren de aterrizaje es un auxiliar del tren de aterrizaje principal ya que completa la función de trípode y brinda una mejor estabilidad, además permite direccionar al avión mientras se encuentra en tierra debido a que la trayectoria del avión en tierra y a baja velocidad no se puede ejecutar con la contribución de las fuerzas aerodinámicas.

Este mecanismo de dirección ha sido diseñado de manera que ayuda a contrarrestar los efectos del impacto al momento del aterrizaje, el sistema se aloja en la proa del avión y está constituido por una sola rueda anclada a un sistema de amortiguación. Al igual que el tren de aterrizaje principal, los componentes que conforman este subensamble son construidos en el taller de mecánica mediante procesos de mecanizado en aluminio de aviación. La Figura 22 muestra el tren de aterrizaje delantero del UAV Gavilán III.

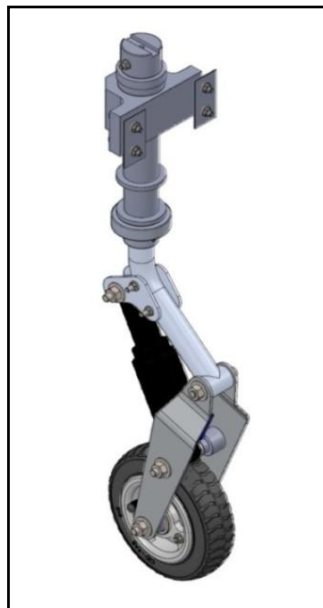


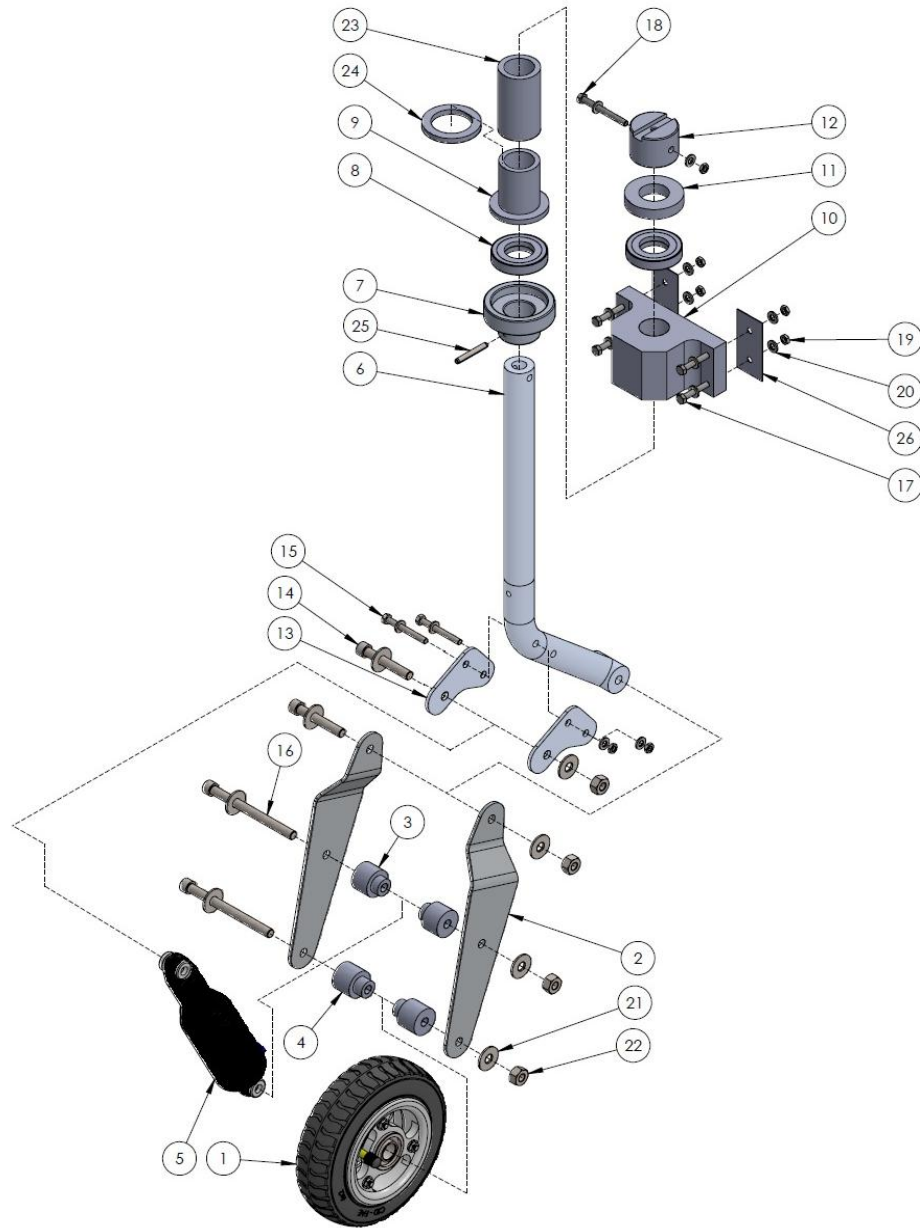
Figura 22: Tren de aterrizaje delantero UAV Gavilán III

Partes del tren de aterrizaje de dirección

Los elementos fabricados que conforman este subensamble son elaborados en aluminio y nylon de alta calidad lo cual otorga al sistema una alta resistencia y duración.

En la Figura 23 se detalla los componentes necesarios para el ensamblaje del tren de aterrizaje delantero del UAV Gavilán III pertenecientes a la serie GIII-01-TD.

Componentes del tren de aterrizaje delantero del UAV GAVILÁN III



N°	Descripción	Código	Cant.	N°	Descripción	Código	Cant.
1	Rueda Neumática 6"x2"	CO#01	1	14	Perno Allen 5/16"x2"	CO#04	2
2	Soporte lateral rueda	FA#01	2	15	Perno Hex 3/16"x 1 3/4"	CO#05	2
3	Separador de actuador	FA#02	2	16	Perno Allen 5/16-24 x 3 3/4"	CO#06	2
4	Separador de rueda	FA#03	2	17	Perno hex 3/16"x 1 1/2"	CO#07	4
5	Actuador	CO#02	1	18	Perno hex 3/16"x2"	CO#08	1
6	Cuerpo principal	FA#04	1	19	Tuerca de presión 3/16"	CO#09	7
7	Base de dirección	FA#05	1	20	Arandela plana 3/16"	CO#10	14
8	Rodamiento MT3000 Øint=1"	CO#03	2	21	Arandela plana 5/16"	CO#11	10
9	Buje de dirección	FA#13	1	22	Tuerca da presión 5/16"	CO#12	4
10	Soporte de dirección	FA#06	1	23	Tubo buje	FA#10	1
11	Arandela superior	FA#07	1	24	Arandela inferior	FA#11	1
12	Tapa de dirección	FA#08	1	25	Seguro Ø3/16"x 1 3/8"	CO#13	1
13	Soporte superior de actuador	FA#09	2	26	Placa de sujeción	FA#12	2

Figura 23: Componentes del tren de aterrizaje delantero

Descripción general del proceso de ensamblaje del tren de aterrizaje de dirección.

El cuerpo del tren de aterrizaje de dirección consta de un tubo de aluminio doblado sobre el cual se realiza el montaje de dos placas de aluminio en el canto del cuerpo principal que servirán como soporte superior del amortiguador, estos elementos se fijan mediante pernos.

Es momento de ensamblar la rueda, para ello se utilizan un aro de aviación fabricado en aluminio formado por dos piezas que se introduce por los dos lados huecos de la llanta, a continuación se infla la cámara para verificar que no existen fugas de aire y que la llanta se ha colocado correctamente; una vez culminado este proceso se inserta rodamientos a cada lado en el aro y seguidamente se colocan los separadores de rueda en el interior de los rodamientos verificando que encajen correctamente.

Ahora se sujetan dos placas laterales de aluminio tanto a la rueda como al cuerpo principal mediante los pernos especificados. Posteriormente se fija el amortiguador al cuerpo principal y a las placas de soporte de las ruedas por medio de separadores fabricados mediante el proceso de maquinado CNC.

Para concluir el proceso de ensamble se fija un conjunto de arandelas, bujes y rodamientos fabricados mediante mecanizado CNC, al extremo libre del cuerpo principal por medio de pasadores. Este conjunto permitirá acoplar todo el sistema al fuselaje de avión. Finalmente se verifica el ajuste de todos los elementos.

Diagrama de ensamble del tren de de dirección

El diagrama de la Figura 24 muestra más detalladamente el proceso de ensamblaje del tren delantero de la aeronave.

Los diagramas presentados hasta el momento se basan en procesos previamente establecidos y detallados en hojas de trabajo y diagramas de proceso que son propiedad de la entidad.

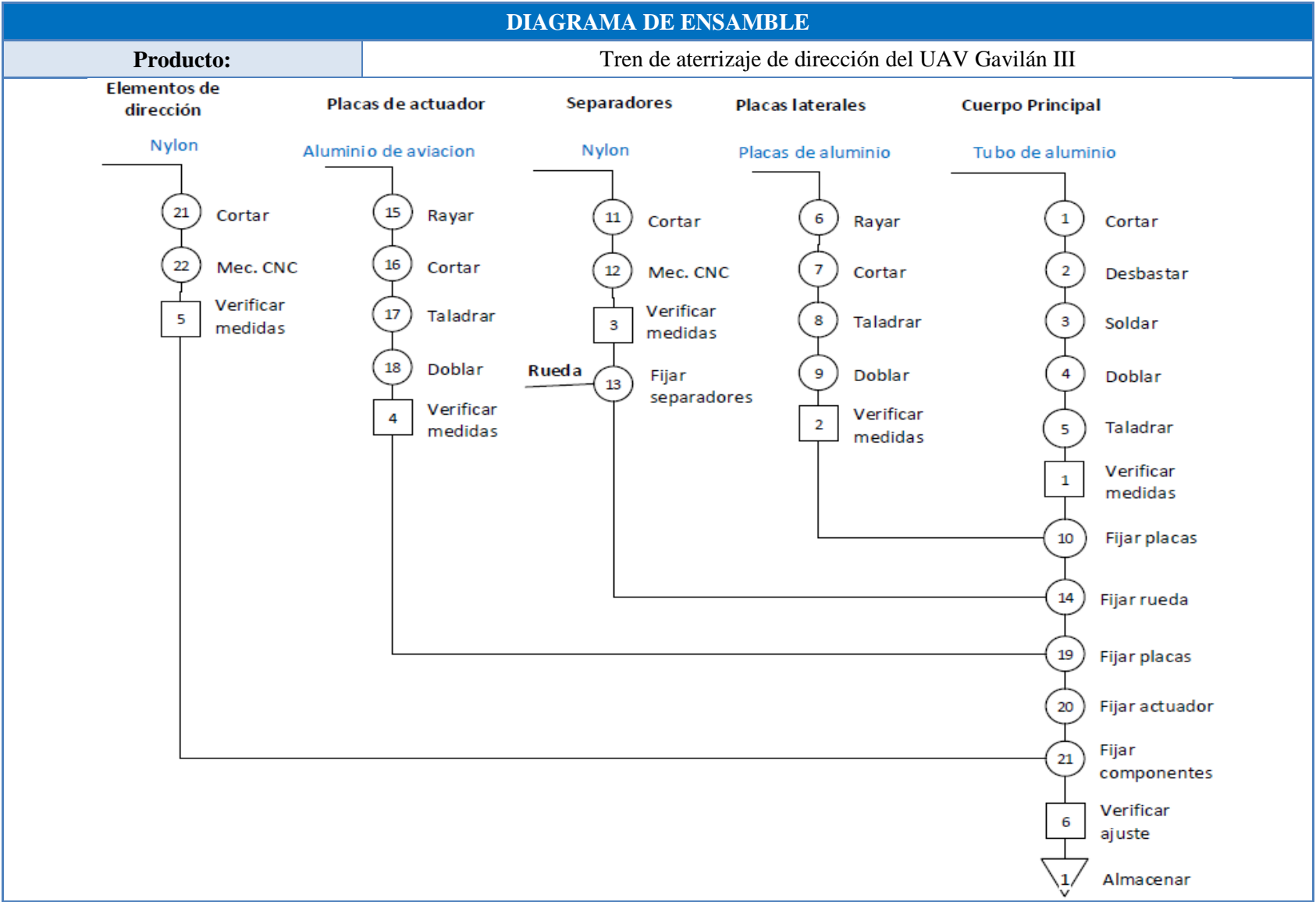


Figura 24: Diagrama de ensamblaje del tren de aterrizaje delantero

4.10.6. ALAS (GIII-01-AL-FA#EF)

Una de las partes más importantes de la aeronave son las alas, estas se conforman por una estructura muy fuerte envuelta por un perfil aerodinámico, capaz de generar una diferencia de presiones entre su cara superior e inferior, al desplazarse por el aire se genera una fuerza ascendente de sustentación que mantiene al avión en vuelo y a su vez contrarresta el peso del mismo.

Las alas del UAV Gavilán se componen de ciertos elementos móviles como los alerones de alta y baja velocidad y otros fijos como los winglets o puntas de ala, estos elementos permiten mantener el control de la trayectoria de la aeronave en pleno vuelo y además reducen los efectos negativos que producen las corrientes de aire en el avión. Estos elementos se los analizara más adelante.

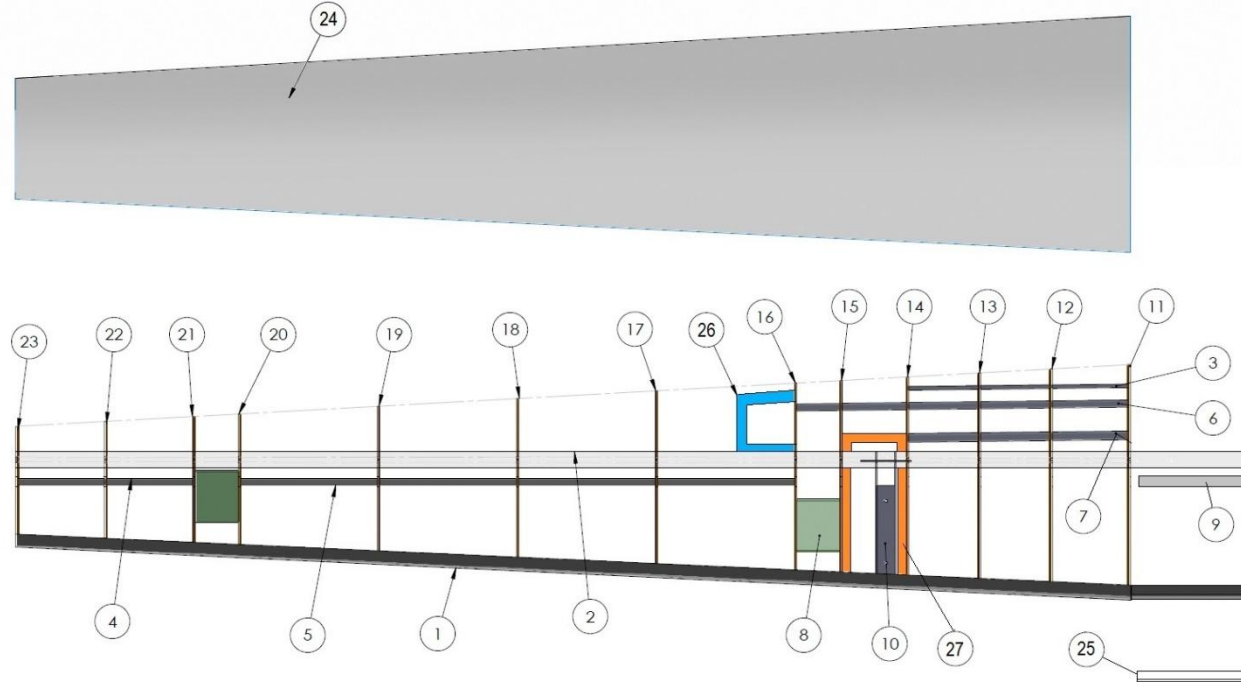
La estructura interna de las alas del UAV Gavilán III, es un arreglo de componentes totalmente rígido y elaborado a base de materiales compuestos como fibra de carbono, aramida, fibra de vidrio, lo cual permite que este subensamble sea totalmente liviano con relación a su tamaño.

Tanto el ala derecha como el ala izquierda de la aeronave son completamente simétricas. En la Figura 25 muestra el ala derecha del UAV Gavilán III, la Figura 26 se enfoca en los componentes necesarios para efectuar el montaje de las alas.



Figura 25: Ala derecha UAV Gavilán III

COMPONENTES DE LAS ALAS DEL UAV GAVILÁN III



N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	CÓDIGO	Cantidad	N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	Cantidad
1	Viga secundaria	FA#E1	1	10	Soporte del boom (JIG)	FA#E3	2	19	Costilla 9	FA#26	2
2	Viga principal	FA#E2	1	11	Costilla 1	FA#18	2	20	Costilla 10	FA#27	2
3	Tubo de Ø10 ; L=623mm	FA#05	2	12	Costilla 2	FA#19	2	21	Costilla 11	FA#28	2
4	Tubo de Ø19 ; L=500mm	FA#06	2	13	Costilla 3	FA#20	2	22	Costilla 12	FA#29	2
5	Tubo de Ø19 ; L=1553mm	FA#07	2	14	Costilla 4	FA#21	2	23	Costilla 13	FA#30	2
6	Tubo de Ø20 ; L=935mm	FA#08	2	15	Costilla 5	FA#22	2	24	Piel de alas	FA#31	2
7	Tubo de Ø25,4 ; L=623mm	FA#09	2	16	Costilla 6	FA#23	2	25	Alza posterior	FA#32	1
8	Caja de servos	FA#10	4	17	Costilla 7	FA#24	2	26	Refuerzo pitot	FA#33	1
9	Nylon de sujeción de alas	FA#11-12	1	18	Costilla 8	FA#25	2	27	Refuerzo boom	FA#34	1

Figura 26: Componentes de las alas

Partes que conforman las alas

En la Tabla 16 y la Figura 26 se detalla los componentes para el ensamblaje de las alas del UAV Gavilán III pertenecientes a la serie GIII-01-AL. La cantidad mostrada corresponde al total de componentes necesarios para armar el conjunto de alas derecha e izquierda, entre los componentes adicionales están los siguientes:

Tabla 16: Componentes adicionales para ensamblaje de alas

Descripción	Código	Cantidad
Pernos M4	GIII-01-AL-CO#01	4
Pernos M5	GIII-01-AL-CO#02	16
Pernos M6	GIII-01-AL-CO#03	6
Tornillos M3	GIII-01-AL-CO#04	16
Servomotores Tonegawa	GIII-01-AL-CO#05	4

Descripción general del proceso de ensamblaje de las alas

En el ensamblaje final el ala izquierda y el ala derecha forman un solo conjunto, para facilitar los procesos de ensamble y pintura se requiere armar cada viga por separado, con componentes fabricados con materiales compuestos.

Primeramente se toman los perfiles tipo C fabricados en fibra de carbono, se juntan la parte uno y la parte dos mediante pegamento estructural y pernos, este subensamble será la viga principal del ala derecha, se debe seguir las mismas pautas para obtener la viga principal izquierda.

Se procede a lijar la viga principal y posteriormente se van colocando una a una las costillas en el orden correspondiente tanto para el lado derecho como para el lado izquierdo, se aplica pegamento y se las fija en la ubicación correspondiente, a medida que se van fijando las costillas a la viga principal es necesario ir colocando los tubos de aluminio en la ubicación correspondiente respetando los diámetros y medidas especificadas en el diseño. Las distancias especificadas para el ala derecha son las mismas que se aplican en el ala izquierda.

Posteriormente se colocan los JIG's entre las costillas 9 y 10 de cada ala del UAV y se fija mediante pegamento y pernos. Seguidamente Para reforzar la estructura de las alas

se fija cada parte de la viga secundaria a la estructura de alas correspondiente este componente se fijará con pegamento a la parte posterior de las costillas

El proceso de ensamble continúa con la fijación de las cajas para servomotores en las ubicaciones correspondientes, en este caso dos cajas para cada ala del avión. Para obtener una estructura resistente se fijan los refuerzos en los lugares especificados en el diseño, ya que aquí se fijaran ciertos sensores más adelante.

Para el recubrimiento de la estructura se utiliza un laminado de fibra de carbono el cual se debe lijar las superficies internas para posteriormente fijarla definitivamente en su sitio mediante pegamento estructural.

Para completar el proceso se deben juntar las dos alas ensambladas por separado haciendo coincidir los extremos de sus vigas principales y secundarias, a la altura de la viga principal se debe colocar dos placas de nylon que servirán para reforzar esta unión.

Finalmente se colocan en su sitio los cuatro servomotores que accionan cada uno de los alerones, luego se añaden acoples a los soportes de dirección y una vez en su sitio se fijan las varillas entre los alerones y su respectivo servomotor.

El proceso de ensamble de las alas es uno de los procesos más complejos, debido a la gran cantidad de componentes que posee y los materiales que utiliza para dicho fin.

Diagrama de ensamble de alas

Para el proceso de montaje se utiliza en su gran mayoría la fijación de componentes por medio de pegamento estructural, por lo cual el tiempo de ensamblaje total dependerá del pegamento utilizado durante el proceso.

Las alas del UAV Gavilán III son uno de los elementos más complejos debido a la forma y cantidad de componentes que posee, por lo cual, hay que prestar especial cuidado al momento del ensamblaje, para llevar a cabo el proceso se coloca los componentes en un molde para evitar que se muevan y por tanto permitir una mejor fijación de los mismos.

En la Figura 27 se aprecia el Diagrama de ensamble de las alas de la aeronave.

DIAGRAMA DE ENSAMBLE

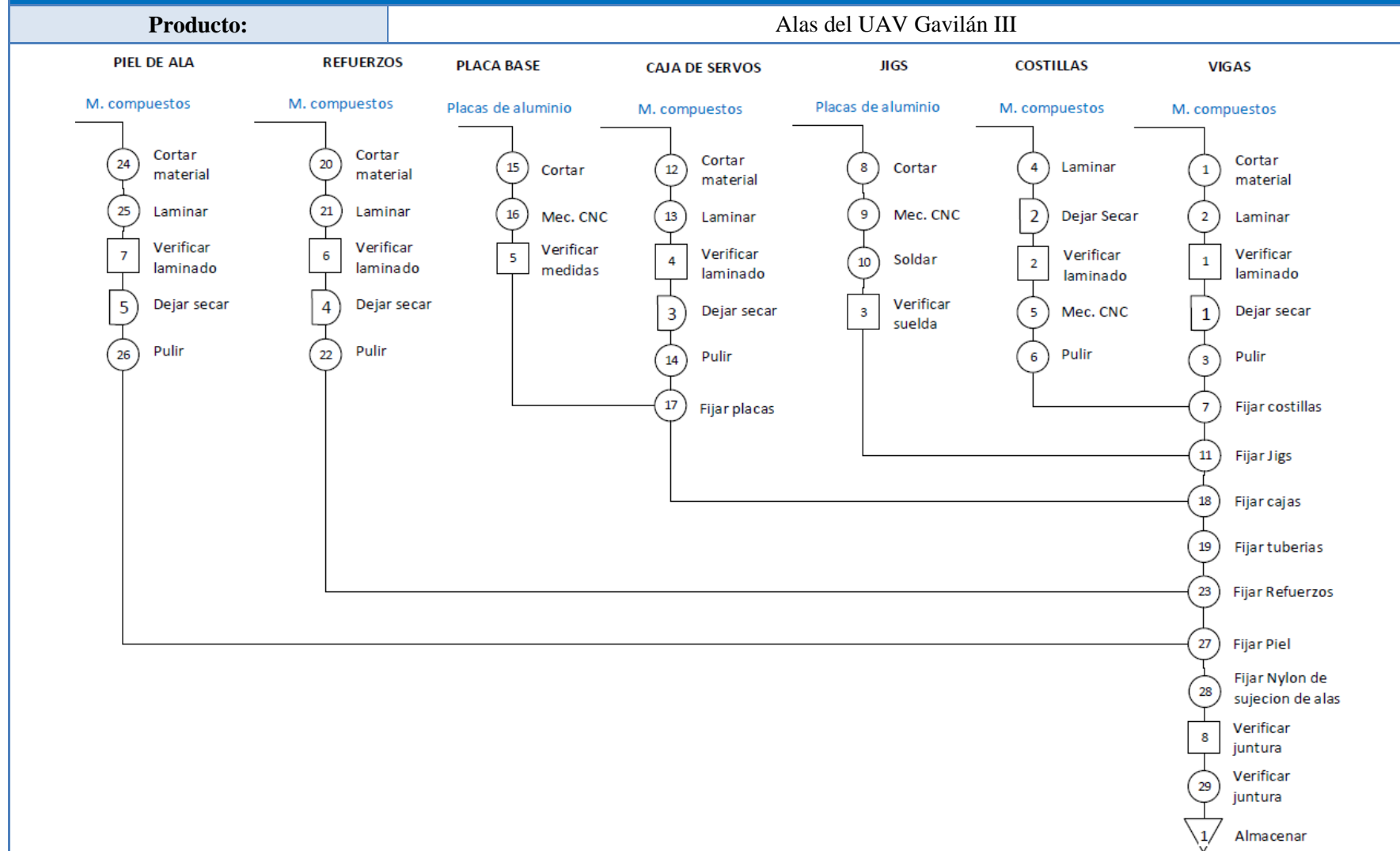


Figura 27: Diagrama de ensamble de las alas

4.10.7. ALERONES (GIII-01-A1-FA#EF); (GIII-01-A2-FA#EF)

Los alerones son superficies de mando y control que se encuentran generalmente en los extremos de las alas de los aviones. Llevan a cabo los virajes del avión a ambos lados a través de un movimiento de alabeo.

Su ubicación es la punta del ala para aumentar el par de fuerza ejercido y funcionan al modificar el flujo de aire que circula por debajo o por encima de las alas modificando su velocidad y aumentando o disminuyendo la presión por encima o por debajo de ellas.

Tienen un movimiento asimétrico. Al dirigir la aeronave hacia un lado, el alerón de ese lado sube disminuyendo la sustentación del ala y el lado contrario baja por aumento de sustentación y flujo de aire.

El UAV Gavilán III consta de dos pares de alerones distribuidos en sus alas, en la Figura 28 se muestra el ala izquierda junto con los alerones 1 y 2 del prototipo Gavilán.

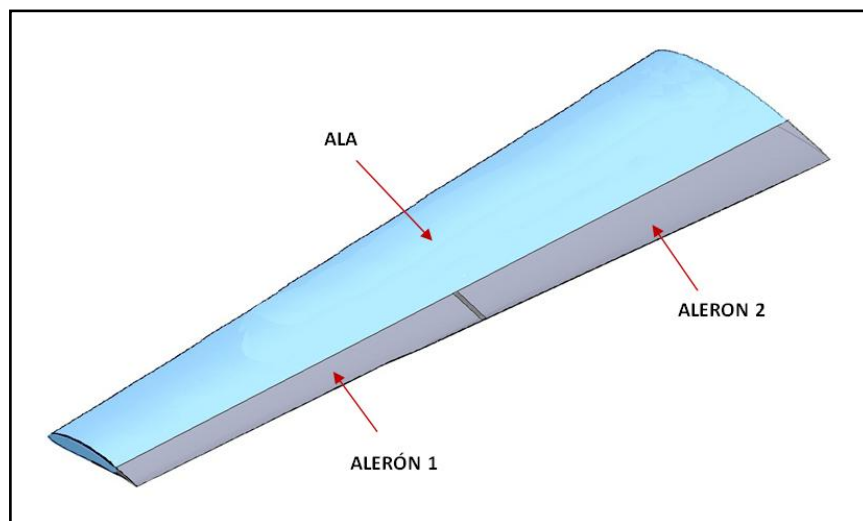


Figura 28: Alerones del ala izquierda UAV Gavilán III

Partes que conforman los alerones del UAV Gavilán

En la Figura 29 se detalla los componentes que conforman el subensamble y la cantidad necesaria para efectuar el montaje de los dos juegos alerones 1 y 2 del UAV Gavilán III. Los componentes mostrados a continuación pertenecen a las series GIII-01-A1 (Alerón 1) y GIII-01-A2 (Alerón 2)

COMPONENTES DE LOS ALERONES DEL UAV GAVILÁN III

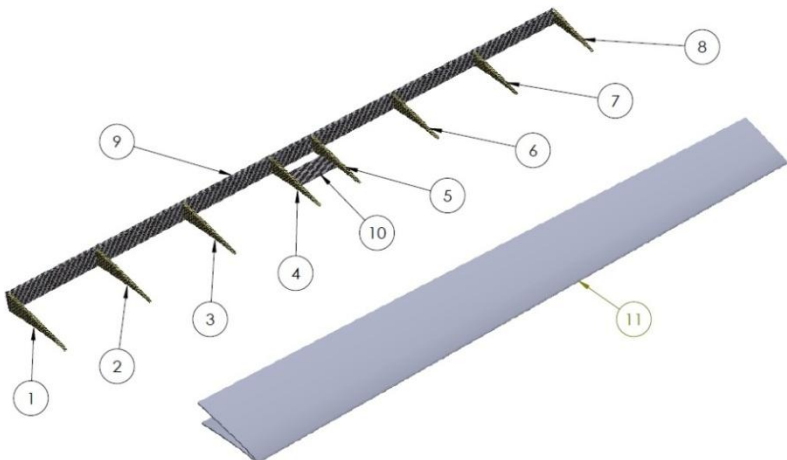
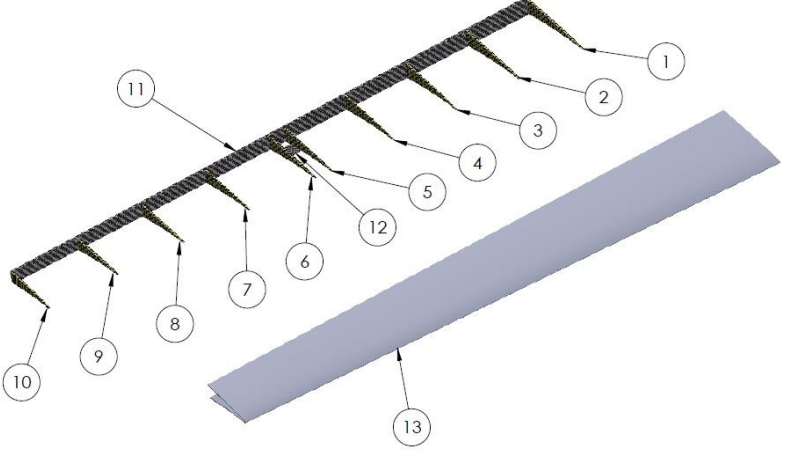
Alerón 1				Alerón 2			
							
N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	Código	Cantidad
1	Costilla 1	GIII-01-A1-FA#01	2	1	Costilla 1	GIII-01-A2-FA#01	2
2	Costilla 2	GIII-01-A1-FA#02	2	2	Costilla 2	GIII-01-A2-FA#02	2
3	Costilla 3	GIII-01-A1-FA#03	2	3	Costilla 3	GIII-01-A2-FA#03	2
4	Costilla 4	GIII-01-A1-FA#04	2	4	Costilla 4	GIII-01-A2-FA#04	2
5	Costilla 5	GIII-01-A1-FA#05	2	5	Costilla 5	GIII-01-A2-FA#05	2
6	Costilla 6	GIII-01-A1-FA#06	2	6	Costilla 6	GIII-01-A2-FA#06	2
7	Costilla 7	GIII-01-A1-FA#07	2	7	Costilla 7	GIII-01-A2-FA#07	2
8	Costilla 8	GIII-01-A1-FA#08	2	8	Costilla 8	GIII-01-A2-FA#08	2
9	SopORTE principal alerón1	GIII-01-A1-FA#09	2	9	Costilla 9	GIII-01-A2-FA#09	2
10	SopORTE de dirección alerón 1	GIII-01-A1-FA#10	2	10	Costilla 10	GIII-01-A2-FA#10	2
11	Piel alerón 1	GIII-01-A1-FA#11	2	11	SopORTE principal alerón 2	GIII-01-A2-FA#11	2
				12	SopORTE de dirección alerón 2	GIII-01-A2-FA#12	2
				13	Piel alerón 2	GIII-01-A2-FA#13	2

Figura 29: Componentes de los alerones 1 y 2.

Descripción general del proceso de ensamblaje de los alerones 1 y 2

Los componentes mostrados en la Figura 29, son elementos fabricados con materiales compuestos como fibra de carbono, para lo cual se moldea los componentes necesarios, pasan por un proceso de mecanizado CNC y posteriormente se lijan cada uno de los elementos para facilitar el proceso de junta.

Seguidamente se limpian los componentes y se coloca pegamento estructural y a continuación se van adhiriendo cada una de las costillas al soporte principal respetando la distancia establecida en los parámetros de diseño. Posteriormente se colocan las placas de soporte de dirección y se fijan mediante pegamento estructural, finalmente se lija las superficies externas del desarrollo y las caras internas de la piel, se limpia y se fija mediante pegamento estructural.

Posteriormente se realiza el montaje de estos elementos en las alas del UAV junto con los servomotores que se encargan de accionar estos mecanismos.

Diagrama de ensamble de los alerones

Los alerones son uno de los elementos más simples en cuanto a su estructura y construcción ya que poseen un reducido número de componentes. La Figura 30 presenta el diagrama de ensamble que se aplica a los alerones 1 y 2.

Si bien el alerón 2 tiene una envergadura mayor que la del alerón 1, debido a que tiene mayor número de costillas, el proceso de ensamble se debe efectuar de la misma manera en ambos componentes.

Una vez concluida la construcción de estos elementos se los fijara a la estructura de las alas descrita en el apartado 4.10.6 por medio de bisagras y tornillos, finalmente se acoplan varillas entre los servomotores y los alerones del modelo.

Para este subensamble se debe tener en cuenta el orden de ubicación de las distintas costillas que conforman la estructura, para el montaje de este subensamble se utiliza únicamente pegamento estructural de alta calidad.

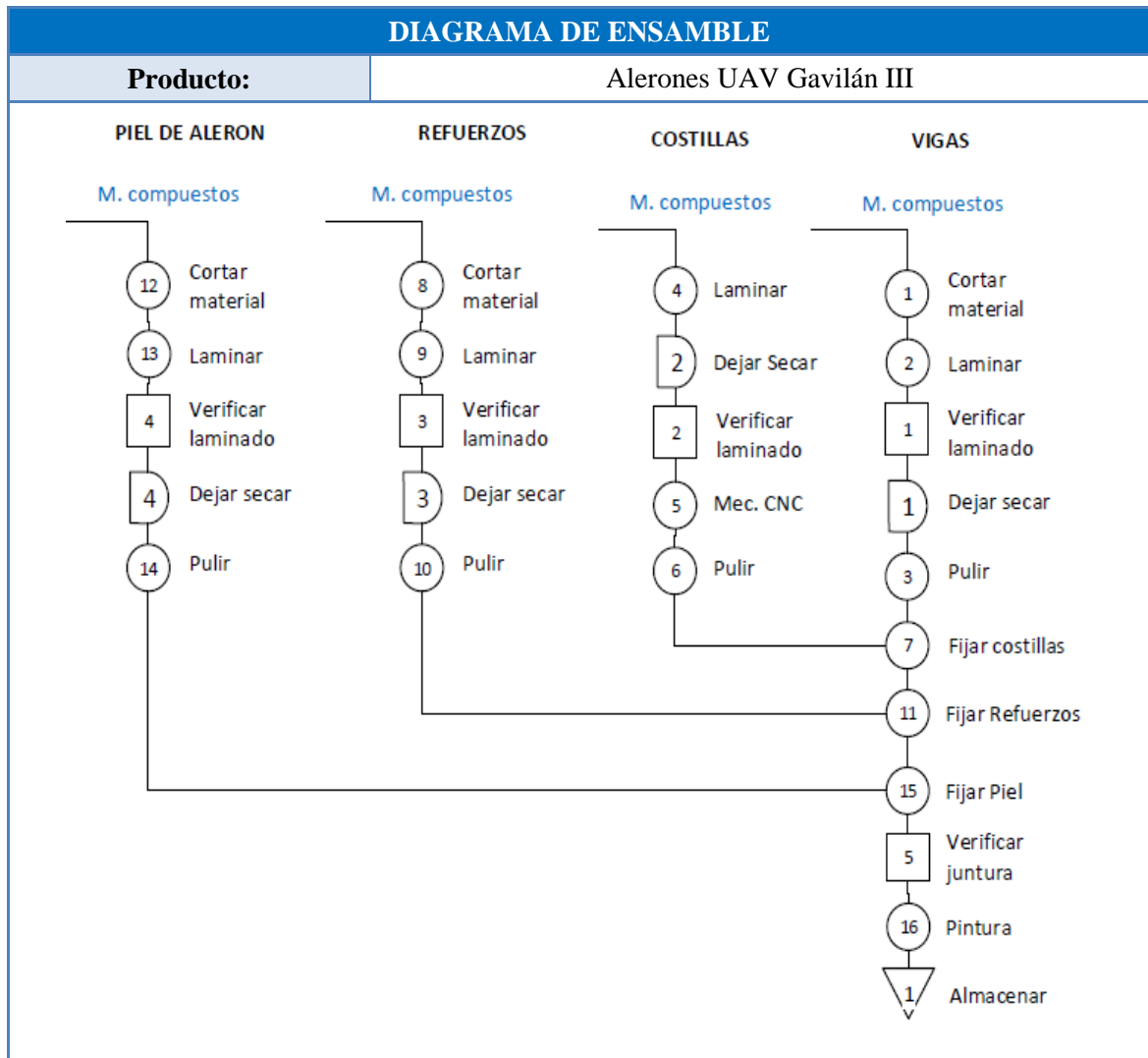


Figura 30: Diagrama de ensamble de los alerones 1 y 2

4.10.8. BOOM (GIII-01-BO-FA#EF)

Se denomina boom o cola a la parte posterior de la aeronave donde suelen estar situados el estabilizador horizontal, elevador, estabilizador vertical y flap de dirección. El estabilizador horizontal conjuntamente son los encargados de controlar el ascenso o descenso de la aeronave en pleno vuelo y el despegue o aterrizaje del mismo. Mientras que el estabilizador vertical junto con el flap de dirección se encargan de controlar la trayectoria del avión. El UAV Gavilán posee dos estabilizadores de dirección que están dispuestos verticalmente, y se montan en los extremos del estabilizador horizontal. Estos dispositivos trabajan conjuntamente con las alas permitiendo un mejor control del avión en pleno vuelo.

La Tabla 17 y la Figura 31 detallan los subensambles principales requeridos para efectuar el ensamblaje total de la cola del avión (Boom).

Tabla 17: Subensambles que conforman el Boom

Código	Nombre	Cantidad
GIII-01-BO-FA#E2	Estabilizadores verticales	2
GIII-01-BO-FA#E3	Flaps	2
GIII-01-BO-FA#E5	Estabilizador Horizontal	1
GIII-01-BO-FA#E6	Elevadores	2

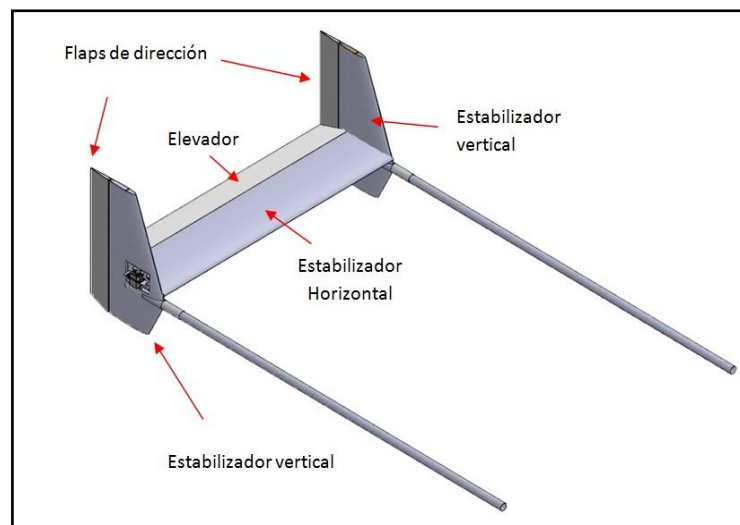


Figura 31: Boom UAV Gavilán III

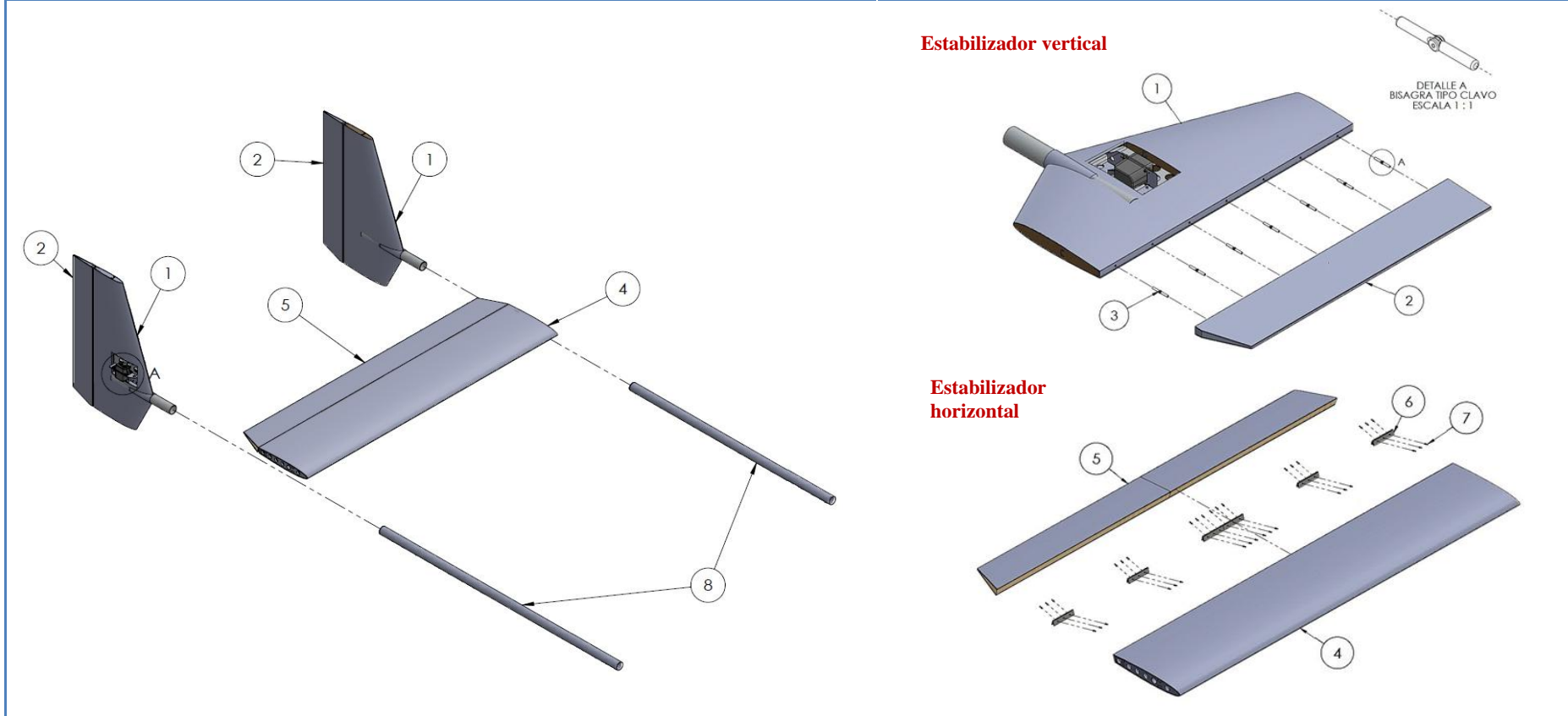
Componentes requeridos para el ensamblaje del Boom del UAV Gavilán

La Figura 32 detalla los componentes requeridos para efectuar el ensamblaje total de la cola del avión (Boom). Para este proceso se requiere otros componentes adicionales que se describen en la tabla adjunta.

Descripción general del proceso de ensamble del Boom

Para efectuar el ensamblaje final del boom se reúnen todos los componentes citados en la Figura 32 con la cantidad especificada. Como primer paso se monta el flap al estabilizador vertical mediante bisagras tipo clavo, primero se coloca una pequeña cantidad de pegamento en el agujero y luego se inserta a presión cada una de las bisagras tanto en el estabilizador vertical como en el flap. Posteriormente se fija unas varillas tanto al servomotor ubicado en el estabilizador vertical como al flap para permitir el accionamiento de este último.

COMPONENTES DEL BOOM DEL UAV GAVILÁN III



N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	CÓDIGO	Cantidad	N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	Cantidad
1	Estabilizador vertical	FA#E2	2	4	Estabilizador Horizontal	FA#E5	1	7	Tornillos M3	CO#02	36
2	Flap vertical	FA#E3	2	5	Elevadores	FA#E6	2	8	Tubos de aluminio	FA#40	2
3	Bisagras tipo clavo	CO#03	14	6	Bisagras de 10mm	CO#04	6				

Figura 32: Componentes del Boom

Estos procesos se deben efectuar dos veces tanto para el lado derecho como para el lado izquierdo. A continuación se fija cada uno de los elevadores al estabilizador horizontal mediante tres bisagras y tornillos. Del mismo modo se procede a fijar varillas desde los servomotores ubicados en el estabilizador horizontal hasta los elevadores de acuerdo a lo indicado en la Figura 32.

Luego se fija cada uno de los estabilizadores verticales a los extremos del estabilizador horizontal verificando que los servomotores del estabilizador vertical queden orientados hacia afuera del desarrollo y además verificando que estos elementos queden perpendiculares entre sí. Finalmente se fijan los tubos del boom en la posición mostrada.

Diagrama de ensamble del Boom

El proceso de montaje del boom se resume mediante el diagrama de ensamble mostrado en la Figura 33.

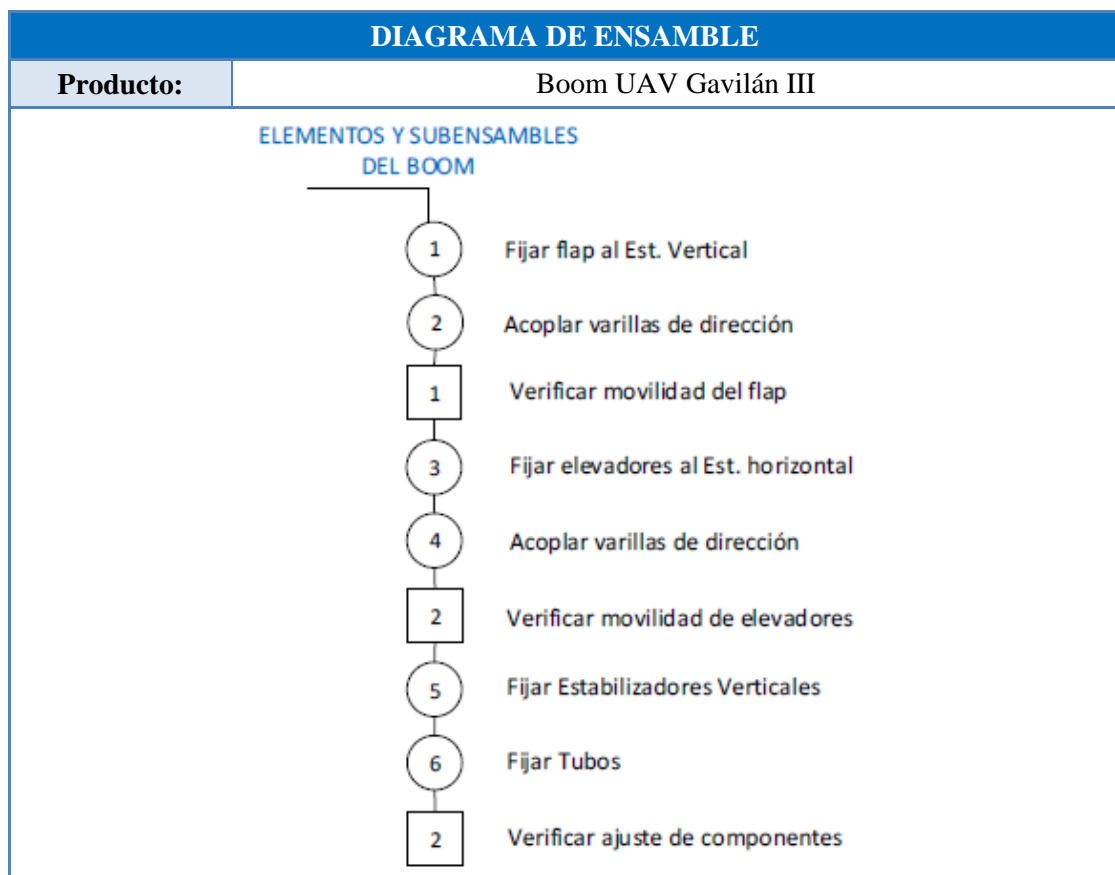


Figura 33: Diagrama de ensamble del boom

4.10.9. ESTABILIZADORES VERTICALES (GIII-01-BO-FA#E2)

Partes que conforman el estabilizador vertical del UAV Gavilán

En la Figura 34 se detalla los componentes necesarios para efectuar el ensamblaje de los estabilizadores verticales.

Los componentes mostrados corresponden a la serie GIII-01-BO y están elaborados en base a materiales compuestos de alta calidad. Para el proyecto Gavilán III se requiere ensamblar dos estabilizadores verticales totalmente simétricos tanto para el lado izquierdo como para el lado derecho.

La cantidad mostrada en la tabla es la cantidad de componentes requeridos para llevar a cabo los dos subensambles requeridos.

Descripción general del proceso de ensamblaje del estabilizador vertical

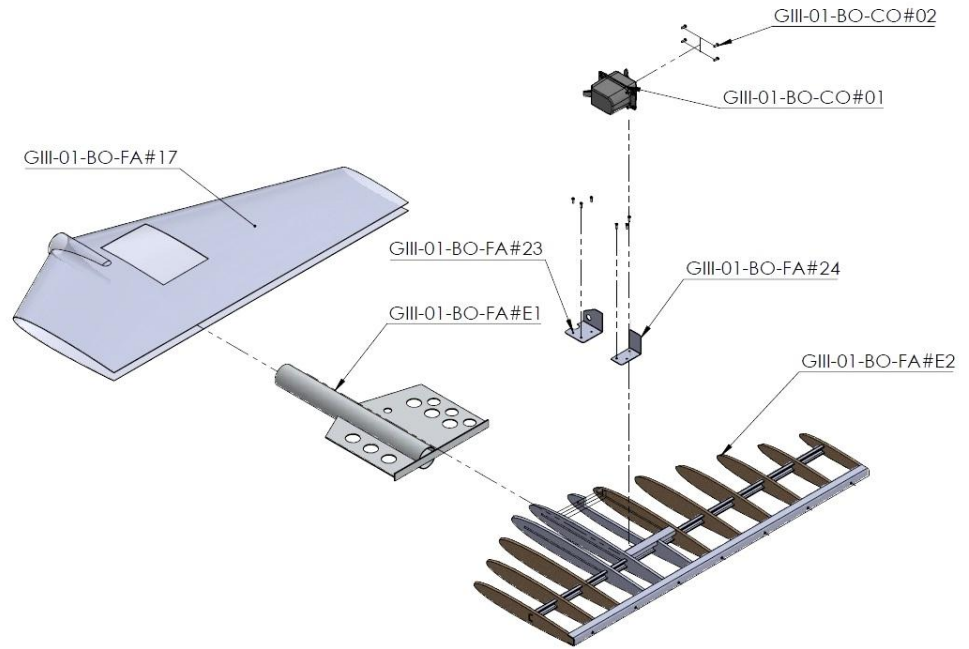
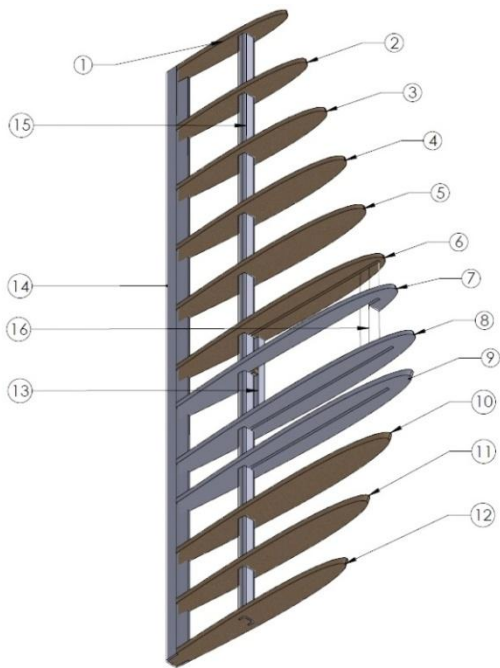
Para efectuar el proceso de ensamblaje de los estabilizadores verticales primeramente se lijan las perfiles tipo C que constituyen el soporte principal central y posteriormente se fija los soportes de aluminio mediante pegamento estructural luego se van colocando una a una las costillas en el orden y posición establecidos en los parámetros de diseño, se procede a fijar todo los elementos con pegamento estructural en la ubicación correspondiente.

A continuación se fija la viga posterior a las costillas del desarrollo y se añaden refuerzos en las posiciones establecidas, por último se lija las superficies externas de toda la estructura y las caras internas de la piel del estabilizador vertical, se aplica pegamento estructural en las caras y se fija definitivamente la piel al desarrollo. Finalmente se aseguran dos placas de aluminio a los extremos del servomotor mediante tonillos y luego se fija todo el conjunto en el agujero lateral del estabilizador vertical mediante los tornillos especificados.

Diagrama de ensamble del estabilizador vertical

En la Figura 35 se muestra más detalladamente el proceso de ensamble de los estabilizadores verticales del proyecto Gavilán III.

COMPONENTES DEL ESTABILIZADOR VERTICAL DEL UAV GAVILÁN III



Detalle de la estructura

N°	Descripción	Código	Cantidad	N°	Descripción	CÓDIGO	Cantidad	N°	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	Cantidad
1	Costilla 1	FA#01	2	9	Costilla 9	FA#09	2	17	Piel	FA#17	2
2	Costilla 2	FA#02	2	10	Costilla 10	FA#10	2	18	Soporte de aluminio	FA#E1	2
3	Costilla 3	FA#03	2	11	Costilla 11	FA#11	2	19	Placa 1 de servos	FA#23	2
4	Costilla 4	FA#04	2	12	Costilla 12	FA#12	2	20	Placa 2 de servos	FA#24	2
5	Costilla 5	FA#05	2	13	Soporte 1	FA#13	2	21	Servomotor Tonegawa	CO#01	2
6	Costilla 6	FA#06	2	14	Viga principal posterior	FA#14	2	22	Tornillos M3	CO#02	20
7	Costilla 7	FA#07	2	15	Viga principal central	FA#15	2	23			
8	Costilla 8	FA#08	2	16	Soporte 2	FA#16	2	24			

Figura 34: Componentes de los estabilizadores verticales

DIAGRAMA DE ENSAMBLE

Producto:

Estabilizador vertical UAV Gavilán III

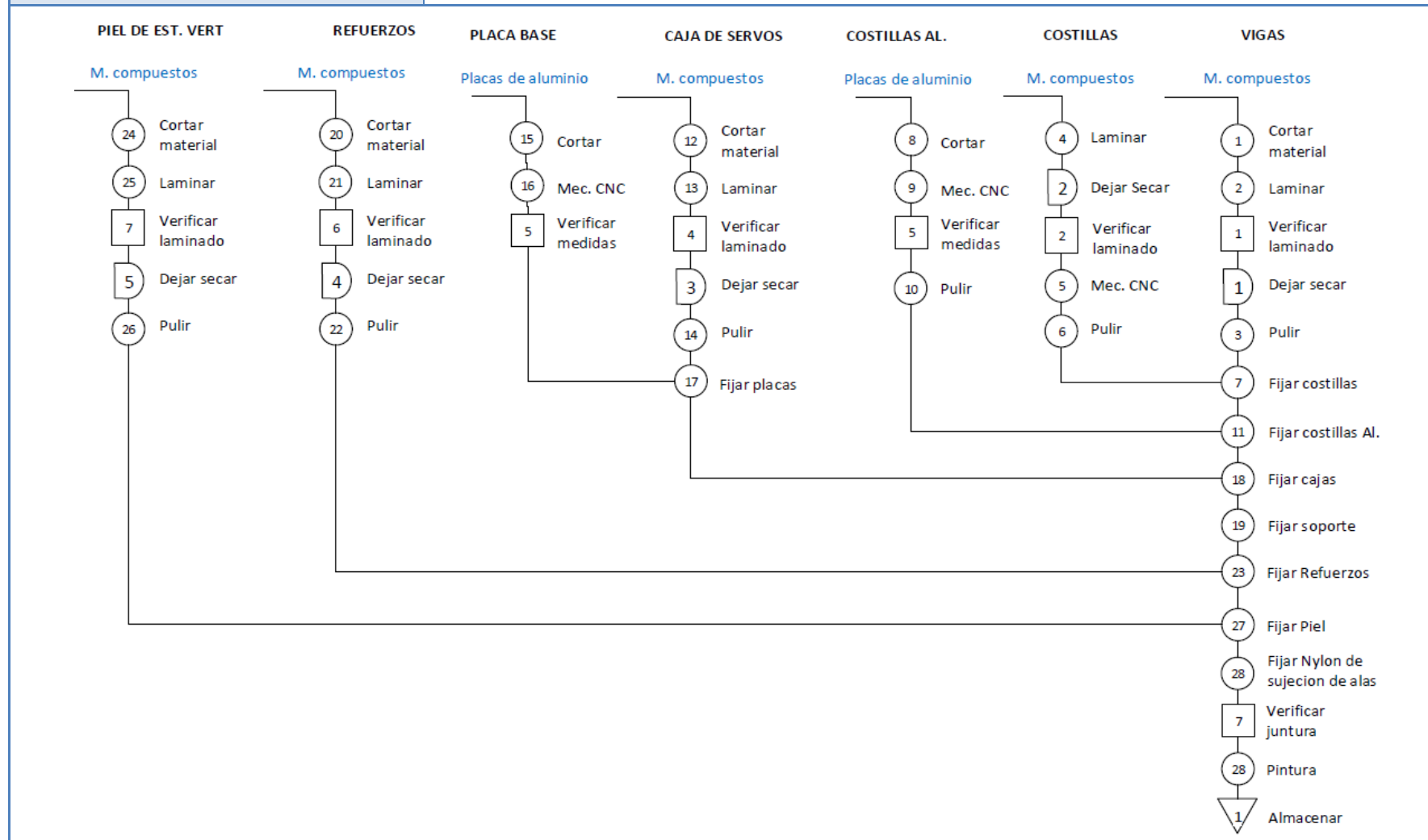


Figura 35: Diagrama de ensamble del estabilizador vertical

4.10.10. FLAPS VERTICALES (GIII-01-BO-FA#E3)

Partes que conforman los flaps verticales del UAV Gavilán

En Figura 36 se detalla los componentes necesarios para efectuar el ensamblaje de los flaps verticales. Este componente tiene una estructura semejante a los alerones por tal razón el proceso de análisis es similar. Los componentes mostrados son una continuación de la serie GIII-01-BO.

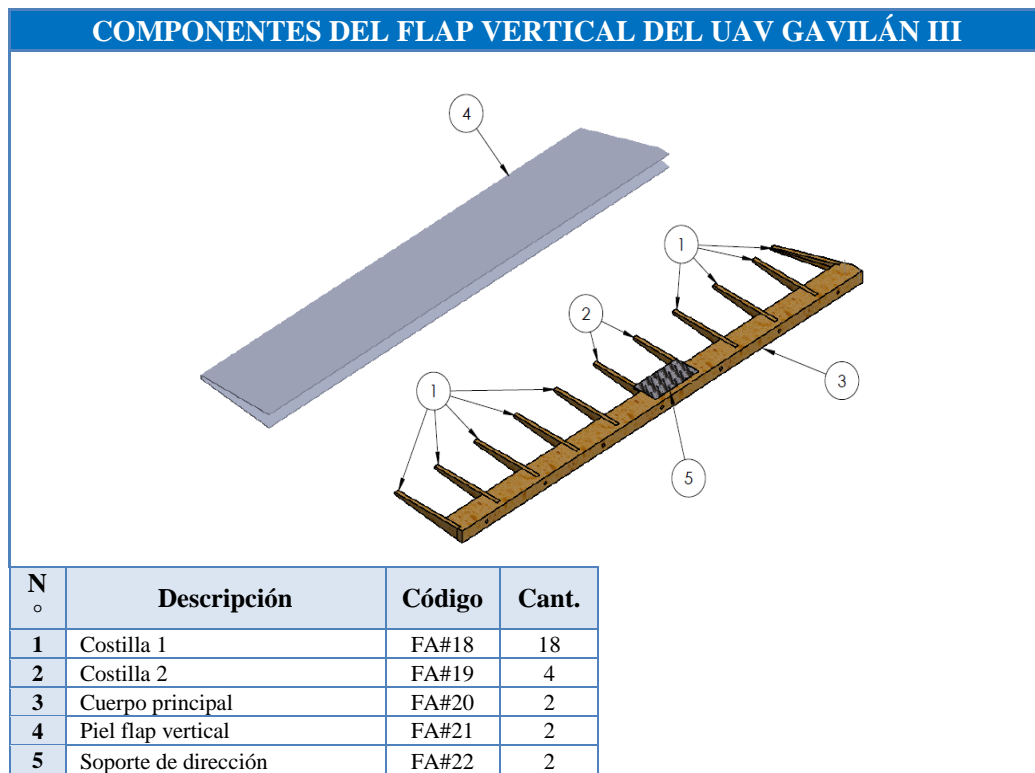


Figura 36: Componentes del flap vertical

Descripción general del proceso de ensamblaje de los Flaps verticales

Primeramente se lija los soportes y las costillas para facilitar el proceso de soldadura, seguidamente se limpian los componentes y se coloca pegamento estructural y a continuación se van adhiriendo cada una de las costillas al soporte principal respetando la distancia establecida en los parámetros de diseño. Luego se colocan las placas de soporte de dirección y se fijan mediante pegamento estructural. Finalmente se lija las superficies externas del desarrollo y las caras internas de la piel, se limpia y se fija mediante pegamento estructural.

Diagrama de ensamble del flap vertical

En la Figura 37 se muestra gráficamente el proceso de ensamble de los flaps verticales.

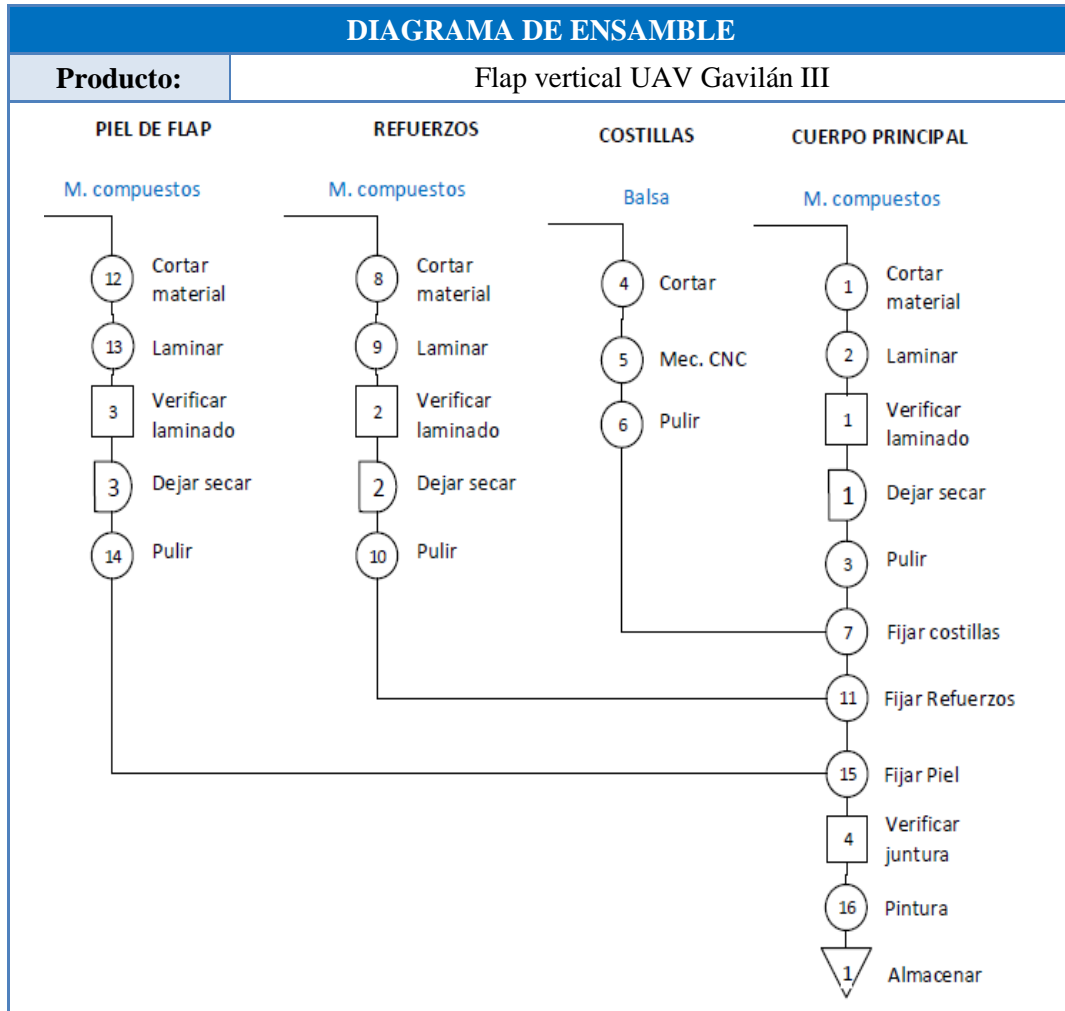


Figura 37: Diagrama de ensamble del flap vertical

4.10.11. ESTABILIZADOR HORIZONTAL (GIII-01-BO-FA#E5)

Partes que conforman el estabilizador horizontal del UAV Gavilán

La fabricación de los componentes que conforman la estructura interna de este subensamble es en base a madera de balsa en combinación con materiales compuestos, el proceso de ensamble se efectúa de manera similar al descrito para el montaje del estabilizador vertical.

Los componentes necesarios para efectuar el ensamblaje del estabilizador horizontal se muestran en la Figura 38 y son una continuación de la serie GIII-01-BO.

Componentes del estabilizador horizontal del UAV GAVILÁN III

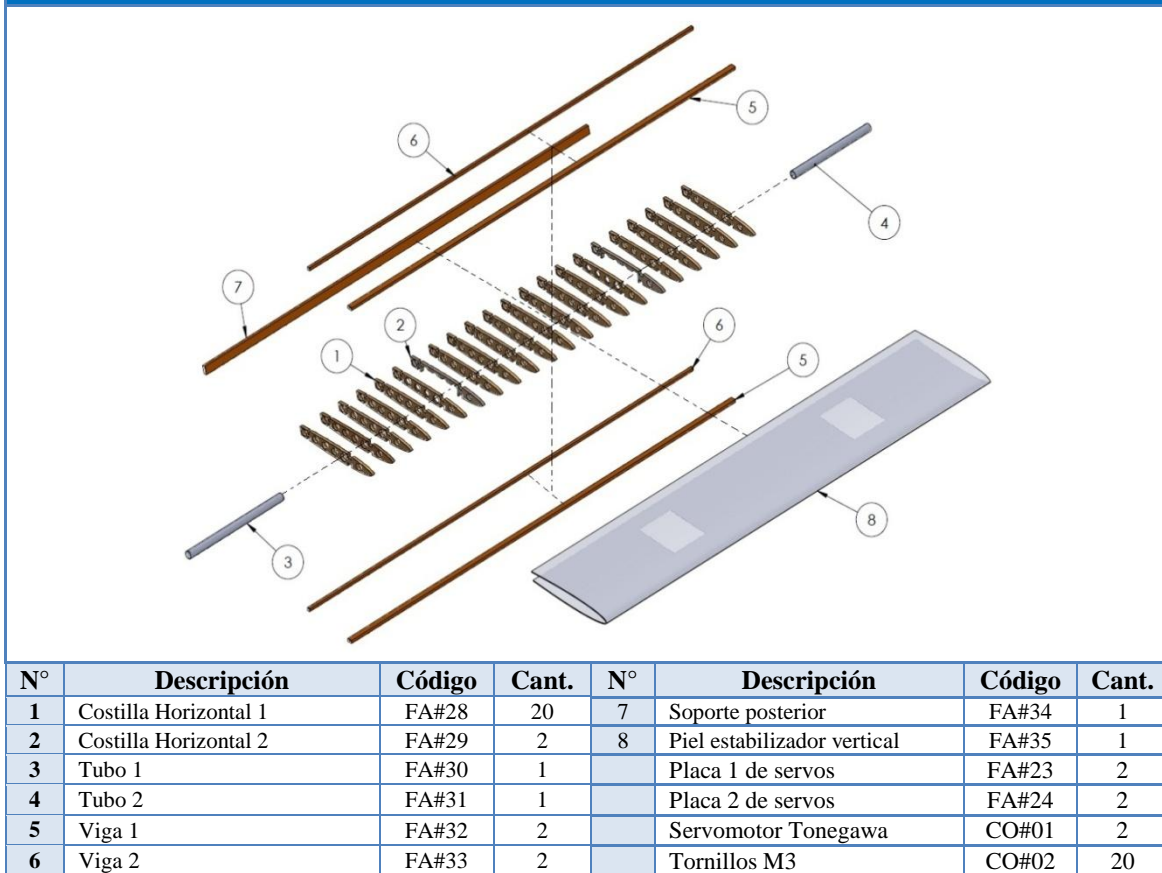


Figura 38: Componentes del estabilizador horizontal

Descripción general del proceso de ensamblaje del estabilizador Horizontal

Para el ensamblaje del estabilizador horizontal se fijan cuatro varillas de balsa en las hendiduras del contorno de las costillas con pegamento estructural teniendo en cuenta las distancias establecidas. Para fortalecer la estructura, se fija con pegamento el soporte posterior verificando que coincida perfectamente, luego se insertan dos tubos de aluminio por los extremos de la estructura hasta que los bordes del tubo coincidan con las costillas de los extremos.

Seguidamente se lija las superficies externas de la estructura y las caras internas de la piel del estabilizador horizontal, y por último se aplica pegamento estructural en las y se fija la piel al desarrollo. Finalmente se aseguran dos placas de aluminio a los extremos del servomotor mediante los tonillos especificados, finalmente se fija todo el conjunto en el agujero lateral del estabilizador horizontal. La figura 39 muestra el diagrama de ensamble del estabilizador horizontal.

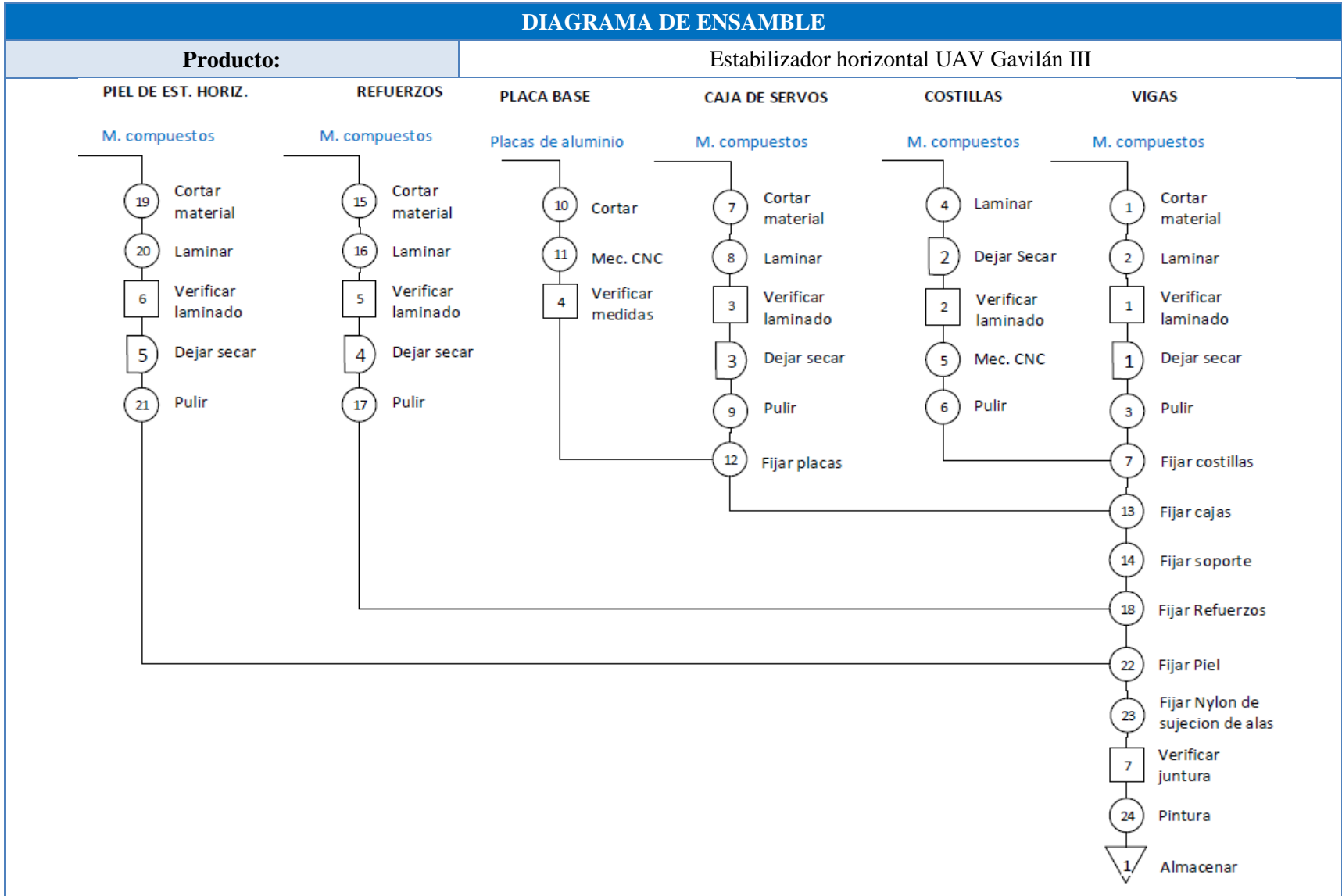


Figura 39: Diagrama de ensamble del estabilizador horizontal

Diagrama de ensamble del estabilizador horizontal

El proceso de construcción y ensamble indicado en la Figura 39 es similar a los métodos estudiados anteriormente en para la fabricación de alas y estabilizadores verticales.

4.10.12. ELEVADORES (GIII-01-BO-FA#E6)

Partes que conforman los elevadores del UAV Gavilán

La Figura 40 detalla los componentes necesarios para efectuar el ensamblaje de los elevadores, estos componentes son una continuación de la serie GIII-01-BO.

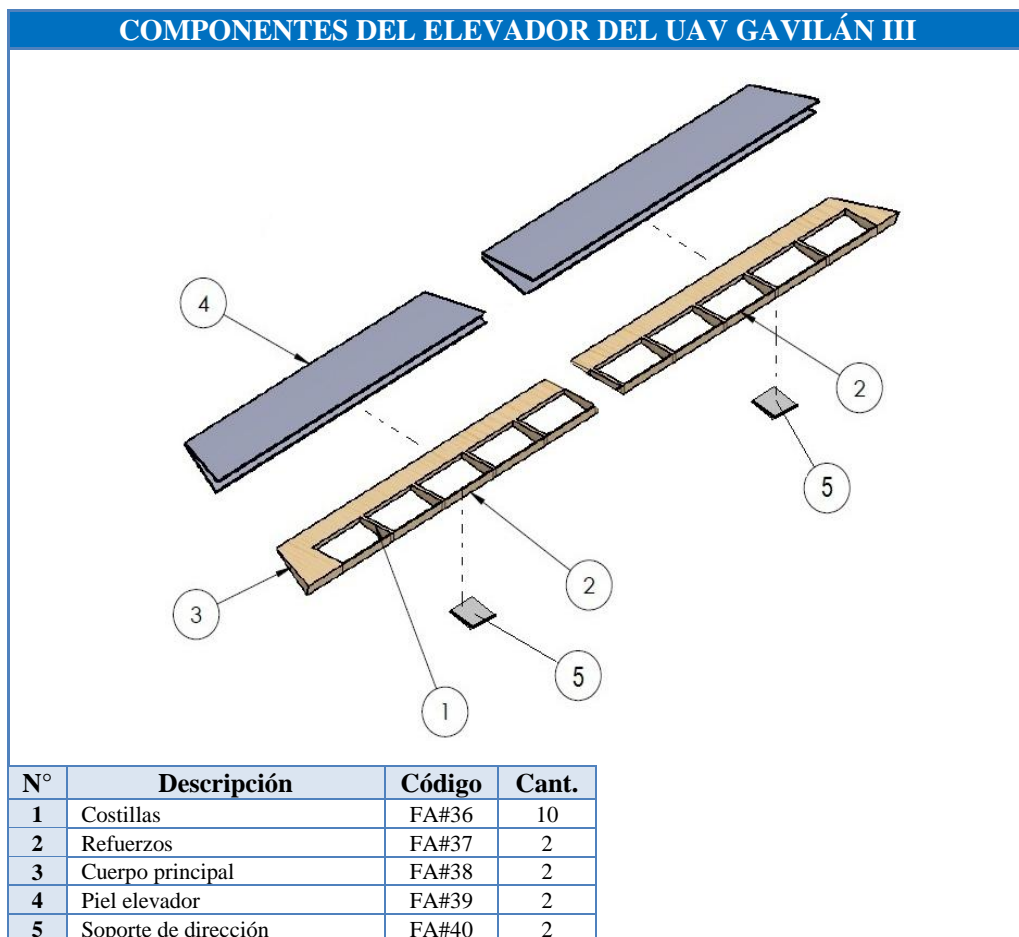


Figura 40: Componentes del elevador

Descripción general del proceso de ensamblaje de los elevadores

Para el ensamblaje se lija el cuerpo principal y las costillas, luego se van adhiriendo una a una las costillas al cuerpo principal mediante pegamento estructural respetando la

distancia establecida en los parámetros de diseño. Luego se colocan las placas de soporte de dirección y se fijan con el adhesivo. Por último se lija las superficies externas del desarrollo y las caras internas de la piel, se limpia y se fija mediante pegamento estructural.

Diagrama de ensamble de los elevadores

En la Figura 41 muestra el diagrama de ensamble de los elevadores del proyecto UAV Gavilán III.

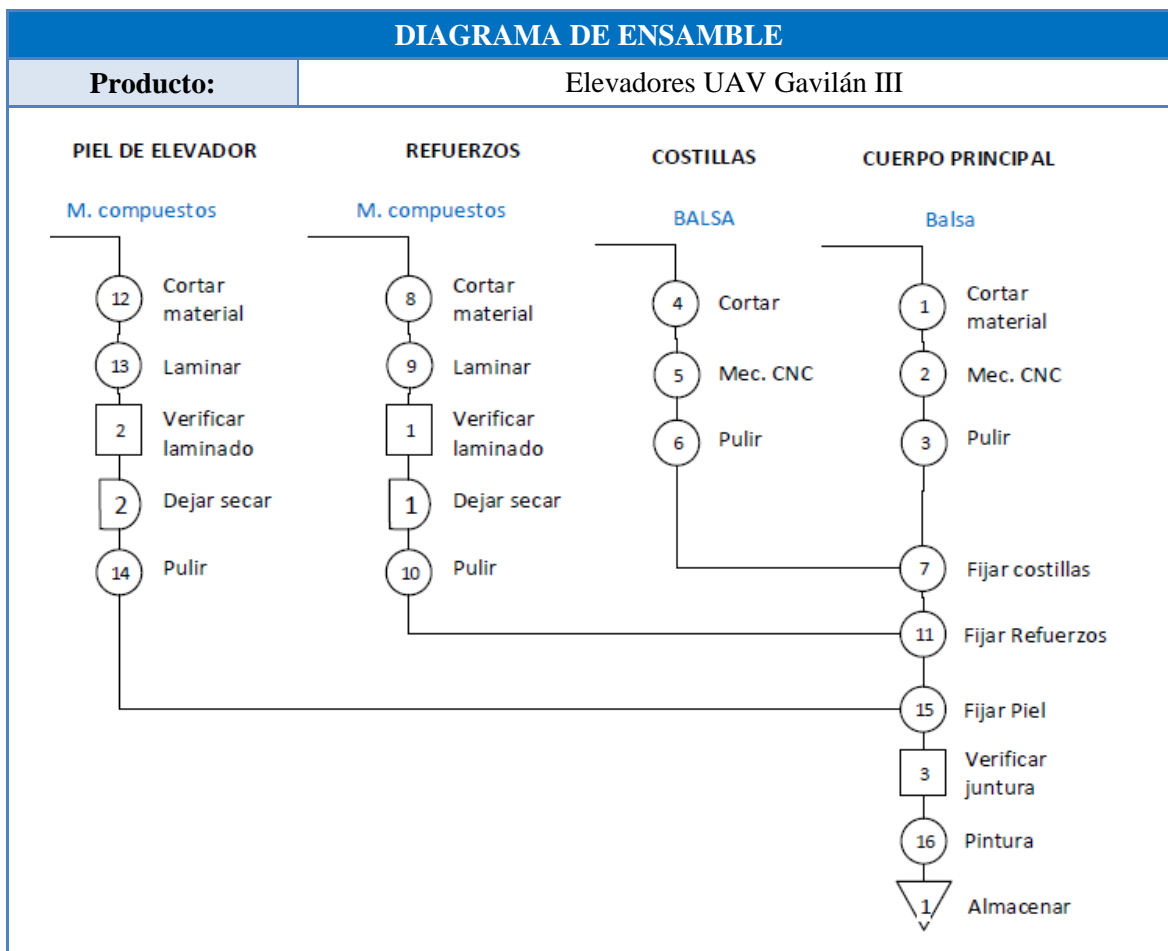


Figura 41: Diagrama de ensamble del elevador.

Diagrama básico de Procesos

En la figura 42 se muestra los diagramas básicos de procesos por los cuales pasa la materia prima para la fabricación de las distintas piezas de cada uno de los subensambles que conforman el Proyecto Gavilán III.

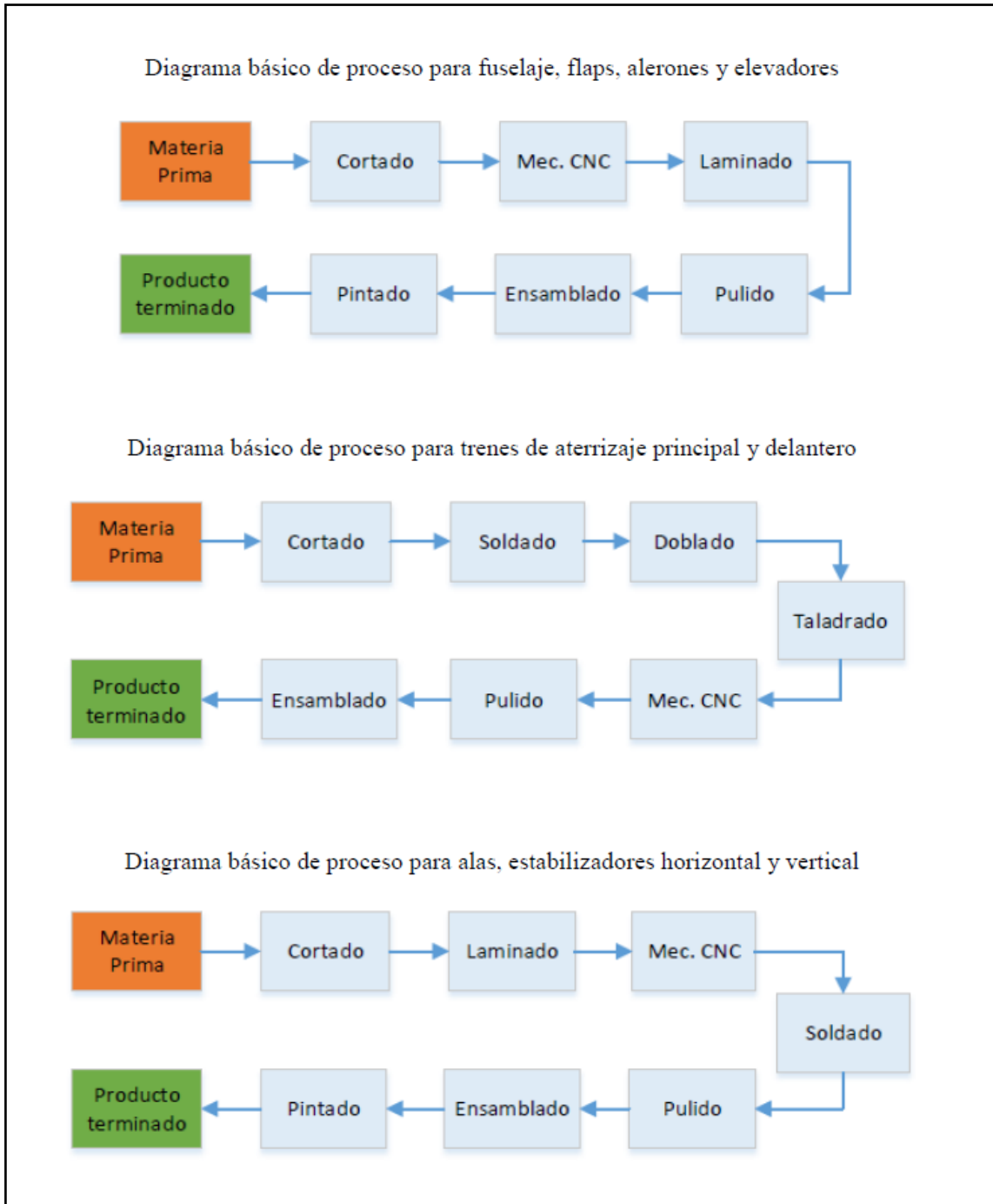


Figura 42: Diagramas básicos de proceso para fabricación de los subensambles

4.11. Diagrama de recorrido de material

En la Figura 43 se muestra el diagrama de recorrido de materiales para la fabricación de los distintos subensambles que conforman el proyecto Gavilán III.

DIAGRAMA DE RECORRIDO DE MATERIALES (HANGAR 2)

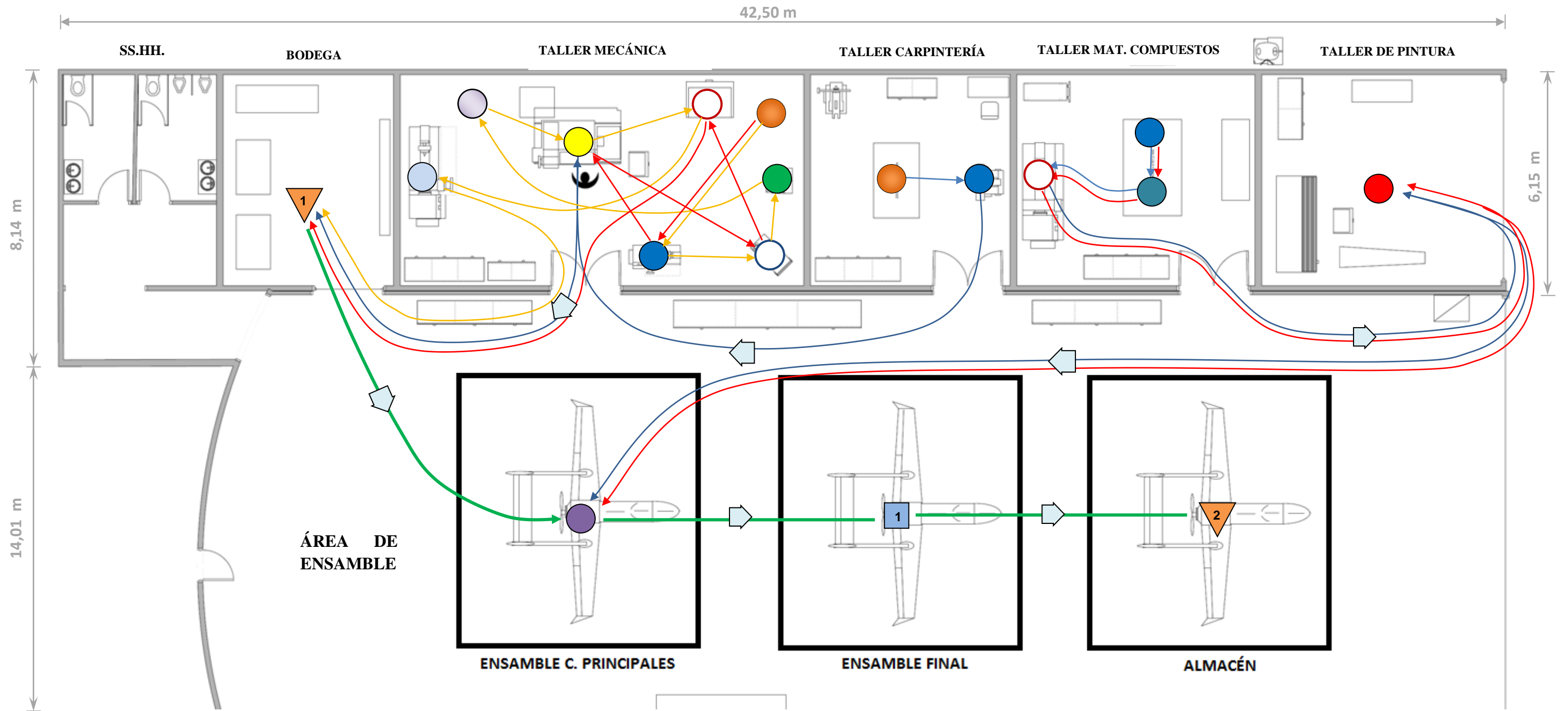


Figura 43: Diagrama de recorrido de materiales para fabricación del UAV Gavilán III

Recorrido para Fabricación de Piezas de:	
	Alas, Estabilizadores horizontal y vertical
	Fuselaje, Alerones, Flaps, Elevadores
	Trenes de aterrizaje
	Ensamble Final

ÁREAS	
	Rayado
	Corte
	Taladrado
	Doblado
	Mecanizado CNC
	Laminado
	Torneado
	Suelda
	Pulido
	Pintura
	Ensamble

TOLERANCIA:		PESO:		TÍTULO DEL ELEMENTO:		
N/A				DIAGRAMA DE RECORRIDO DE MATERIALES		
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO PRINCIPAL:		ESCALA:
19/08/2015		RICARDO FIALLOS		N/A		1:100
REVISÓ:		ING. JOHN REYES		MATERIAL:		N/A
19/08/2015		ING. JOHN REYES		N/A		N/A
APROBÓ:		ING. JOHN REYES		CÓDIGO:		REGISTRO:
19/08/2015		ING. JOHN REYES		N/A		N/A
CID-FAE CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO				N.º DE PARTE:		MILÍMETROS
				N/A		MILÍMETROS
				DIMENSIONES:		REGISTRO:
				1.0		

4.12. Estudio de tiempos y movimientos

Durante la ejecución del proyecto, no se ha podido realizar una medición de las tareas elementales debido a que es un tema conflictivo entre la institución y los trabajadores, ya que al tratarse en su gran mayoría de personal militar se conoce que poseen estabilidad económica cumplan o no con las tareas establecidas.

Para el desarrollo del proyecto se emplean las técnicas de estimación de tiempos y las normas de tiempo predeterminadas, ya que al ser un modelo nuevo se realizará una valoración que permita conocer el tiempo estimado requerido para la construcción del UAV Gavilán III, partiendo de la construcción de sus componentes hasta el montaje final de la unidad.

Por lo comentado, para el presente estudio, se han desarrollado una serie de tablas en base al sistema MTM-2 para realizar una estimación de tiempos de ensamblaje, para ello se ha dividido el proceso en tareas con sus respectivos tiempos predeterminados como se puede apreciar a partir del Anexo 14, es importante recalcar que los tiempos mostrados en las tablas indicadas corresponden a tiempos manuales.

Para los procesos de producción de las piezas que conforman la aeronave se ejecuta una estimación de tiempos con la ayuda de diagramas Hombre-Máquina en base a la experiencia adquirida por los operarios en la ejecución de tareas similares de proyectos anteriores como el UAV Fénix e incluso prototipo Gavilán II.

Para la ejecución del proyecto Gavilán la materia prima circula por 11 procesos operativos bien definidos de la siguiente manera (Figura 44)

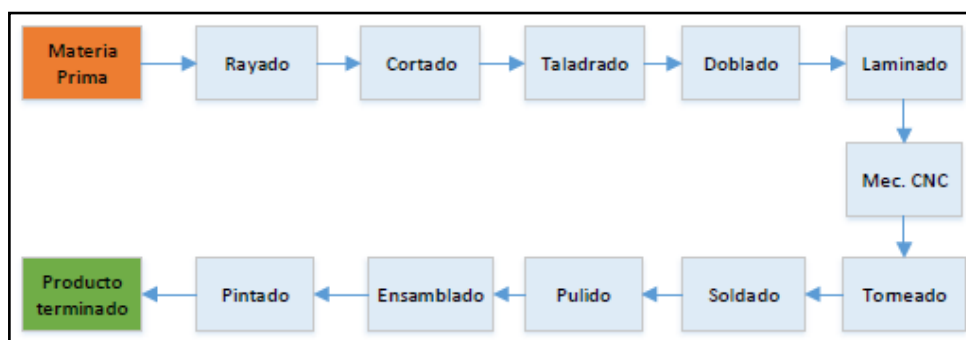


Figura 44: Diagrama Básico de procesos para elaboración del UAV Gavilán III

4.12.1. Análisis de tiempos para la producción de piezas del Fuselaje

El fuselaje en cuanto a su fabricación, es uno de los elementos más complejos que conforman la estructura del UAV Gavilán debido a que requiere de una gran cantidad de componentes, por esta razón el estudio de tiempos del proceso de fabricación de este subensamble principal se realiza en base a los procesos generales vistos durante el levantamiento de procesos, y con la ayuda de los encargados de cada área se establecerá una estimación de tiempo adecuada en base a su experiencia de trabajo.

Para la estimación de tiempos en base a la norma MTM-2 se utiliza el formato mostrado en el Anexo 5, para este análisis es necesario detallar las movimientos que efectúa el operario en base a los therbligs descritos en la Figura 3.

Para comprender de mejor manera la aplicación de la normativa MTM-2, se expone a continuación el proceso de fijación de la base del tren de dirección dentro del fuselaje, que es uno de los varios casos presentados durante el análisis de tiempos.

Para llevar a cabo la fijación de la base del tren de dirección dentro del fuselaje el operario debe realizar las siguientes tareas:

Toma el revestimiento más conocido como la piel de fuselaje laminada con sus dos manos y la coloca sobre la mesa de trabajo, a continuación mientras sostiene con su mano izquierda la piel de fuselaje, con la mano derecha toma la lija y procede a pulir la superficie sobre la cual se va a adherir el componente que en este caso es la base del tren de dirección, concluida la operación sitúa la lija en la posición de reposo y a continuación toma un paño con el cual limpia la superficie, seguidamente suelta sus manos y a continuación sujeta el recipiente de pegamento con la mano derecha y lo sitúa en una posición cercana con la mano izquierda.

Aplica pegamento con la mano derecha sobre la superficie, mientras sujeta la piel de fuselaje con la mano izquierda. Finalmente con la mano izquierda toma la base del tren de dirección, la coloca en la posición requerida y aplica presión, hasta que el componente se fije en su sitio.

En la Tabla 18 se descompone la tarea descrita anteriormente en elementos, tanto para la mano izquierda como para la mano derecha.

Tabla 18: Análisis del proceso de fijación de la base del tren de dirección con MTM-2

TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
tomar piel	GB30	14	23	23	GB80	tomar piel
	3 GW	1	3	1	3 GW	
situar piel	PB45	24	30	30	PB80	situar piel
	PW5	1	1	1	PW5	
		0	7	7	E	visualizar posicion de lija
		0	27	27	GC45	tomar lija
		0	15	15	PA45	situar lija
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	360	15	24 PA45	lijar superficie
		0	15	15	PA45	situar lija en reposo
		0	7	7	E	visualizar paño
		0	23	23	GB50	tomar paño
		0	20	20	PA50	situar paño
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar superficie
		0	20	20	PA50	situar paño en reposo
		0	7	7	E	visualizar pegamento
		0	23	23	GB80	tomar pegamento
		0	30	30	PB80	Situar pegamento
situar pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento
		0	30	30	PB80	situar pegamento en reposo
visualizar base	E	7	7	0		
Alcanzar base	2 S	18	36	0		
tomar base	GB80	23	23	0		
situar base	PA80	20	20	0		
situar base	PC45	36	36	36	PC45	situar base
aplicar presion	A	14	14	14	A	aplicar presion
Situar mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	Situar mano en reposo
			Σ =	1002		

La Tabla 18 consta de tres secciones:

- La sección celeste representa las actividades desarrolladas con la mano derecha, con su respectiva codificación y valor en TMU.
- La sección naranja representa las actividades desarrolladas con la mano izquierda, con la codificación y valoración en TMU correspondiente.
- La sección verde correspondiente al tiempo normal recoge el valor TMU más alto obtenido entre la mano izquierda y la mano derecha, si los valores TMU son iguales para ambas manos entonces se toma un promedio de estos valores.

Al analizar la primera tarea del ejemplo de la Tabla 18 que es “tomar piel” se tiene en cuenta dos aspectos importantes:

TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
tomar piel	GB30	14	23	23	GB80	tomar piel
	3 GW	1	3	1	3 GW	

- ✓ La piel de fuselaje es un elemento que se puede agarrar fácilmente simplemente con cerrar las manos por lo cual se le asigna el código **GB** y la distancia que tiene que tiene que situar sus brazos el operario es de 30 cm para la mano izquierda (**GB30**) y 80 cm para la mano derecha (**GB80**).

De acuerdo a la tabla MTM-2 expuesta en la Figura 40 se tiene:

Para GB30 = 14 TMU (mano izquierda).

Para GB80 = 23 TMU (mano derecha).

De estos dos valores mencionados se toma 23 debido a que es el tiempo que restringe la actividad.

- ✓ El revestimiento o piel de fuselaje tiene un peso aproximado de 6 kg por lo cual se asigna las siglas **GW**, como el operario utiliza sus 2 manos para agarrar el objeto, este tiene un equivalente de 3 kg de peso por cada mano (**3GW**), de acuerdo a la tabla se debe asignar 1 TMU por cada kg de peso, por lo tanto:

$3GW = 3TMU$ (Para cada mano).

Por lo cual se toma un valor promedio equivalente a 3TMU.

El proceso se realiza de manera semejante para cada una de las tareas descritas en la Tabla 18 ubicando los códigos correspondientes a cada actividad con su respectivo valor en TMU. Para obtener el tiempo normal total se suma los valores de tiempo normal en TMU, para el ejemplo presentado se tiene un valor de 1002 TMU.

Finalmente este valor de tiempo necesita ser transformado a unidades de tiempo fácilmente identificables, para eso se tienen en cuenta la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ TMU} = 0.036 \text{ s}$$

$$\frac{1002 \text{ TMU}}{1 \text{ TMU}} \times \frac{0.036 \text{ s}}{1 \text{ TMU}} = 36,07 \text{ s}$$

Mediante este análisis se tiene un tiempo normal de 36.07 segundos para realizar la fijación de la base del tren de dirección. El proceso de estimación de tiempos se desarrolla de manera similar para los distintos procesos de producción de piezas y ensamble de los distintos componentes principales, varios de estos documentos se pueden apreciar a partir del anexo 14.

Para facilitar el análisis se ha generado una matriz de resumen para cada subensamble principal, la cual consta de las piezas que se deben fabricar para cada subensamble, los procesos requeridos y los tiempos estimados para los mismos en minutos estándar, un ejemplo de esta matriz se puede observar en la Tabla 19, referente a la fabricación del fuselaje.

Para el caso del proceso de mecanizado CNC se asigna dos tiempos:

- **TCM**, que es el tiempo que trabaja la máquina sin intervención del operario en otras palabras el tiempo que tarda en realizar la operación de mecanizado.
- **TAM**, que es el tiempo de actividades manuales que realiza el operario a cargo de la máquina, siendo este último tiempo el que se ocupará para el cálculo de suplementos referente al proceso de mecanizado CNC.

Un proceso similar se desarrolla para el proceso de torneado, mientras que para el resto de máquinas como el taladro, dobladora se presenta un solo tiempo que incluye el tiempo de preparación de la máquina, ya que el operario interviene durante todo el proceso en que la máquina realiza su trabajo.

Con estas aclaraciones se procede a realizar el estudio de tiempos en base a estimaciones mediante la norma de tiempos predeterminada MTM-2, ya que por el momento no se puede realizar una medición debido a que se trata de un proyecto reciente que incorpora un nuevo diseño, nuevos materiales y nuevas características, además de que no existen registros de estudios de tiempos que se hayan desarrollado anteriormente.

La tabla 19 resume los tiempos estimados de fabricación de las piezas del fuselaje.

Tabla 19: Tiempos estimados de fabricación de las piezas del fuselaje

Tiempo estimado de fabricación (min)						
Componente	Rayar	Cortar	Mec. CNC		Laminado	Pulido
			TAM	TCM		
Piel de fuselaje	-	-	-	-	17,79	4,2
Cuaderna tren delantero	1,2	2,8	32	39	1,19	2,1
Cuaderna 3	-	-	-	12	1,2	1,6
Cuaderna 5	2,6	3,1	32	92	5,6	4,8
Cuaderna 6TMU	1,8	3,2	32	55	1,6	1,5
Cuaderna de ala 1	1,3	9,1	32	86	10,2	6,6
Cuaderna de Motor	1,4	5,9	32	46	1,3	2,1
Cuaderna 4	2,5	5,4	32	42	-	-
Cuaderna de ala 1	-	-	-	32	-	-
Cuaderna de ala 2	-	-	-	17	-	-
Separadores de motor	1,6	4,9	32	59	-	-
Base del tren principal	-	5,1	32	64	-	-
Placa superior	1,3	3,6	-	-	-	-
Placa inferior	0,9	4,3	-	-	-	-
Base tren de dirección	1,6	3,1	-	62	1,4	3,2
Nariz	-	-	-	-	10,67	3,5
Perfiles laterales	4,5	7,6	-	-	-	-
Tanque de combustible	-	-	-	-	18,26	-
Tapa de alas	-	-	-	-	10,71	3,2
Tapa de fuselaje	-	-	-	-	16,88	3,4
T. Actividades manuales			256			

Cálculo de Tiempos Básicos para la fabricación de las piezas del fuselaje

Para el estudio de los tiempos requeridos se desarrollaron formularios en base al formato mostrado en el Anexo 3, para este caso se toma cada uno de los procesos mostrados con su respectivo tiempo, para este estudio, al tratarse de una estimación de tiempos se utiliza una valoración (V.) del 100%, el tiempo restado será igual al tiempo estimado ya que al tratarse de un modelo nuevo, no existe estudios anteriores referentes a un análisis de tiempos, con estos datos obtenidos se aplica la fórmula mostrada en la ecuación (1). Los resultados obtenidos para los tiempos básicos se muestran en las Tablas 20 y 21. Debido a que el UAV Gavilán III es un modelo nuevo no existe ningún estudio de tiempos previamente desarrollado, por lo cual el valor TR (Tiempo Restado) será igual al valor TE (Tiempo Estimado).

Tabla 20: Cálculo de tiempos básicos fuselaje (hoja 1)

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora, cortadora				Subensamble	Fuselaje			
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 2				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Piel					Cuaderna de ala1				
Laminado	100	17,8		17,8	rayado	100	1,3		1,3
Pulido	100	4,2		4,2	cortado	100	9,1		9,1
Cuaderna tren delantero					Mecanizado CNC	100	86		86
Rayado	100	1,2		1,2	laminado	100	10,2		10,2
Cortado	100	2,8		2,8	pulido	100	8,6		8,6
Mecanizado CNC	100	39		39	Cuaderna de motor				
Laminado	100	1,19		1,19	rayado	100	1,4		1,4
Pulido	100	2,1		2,1	cortado	100	5,9		5,9
Cuaderna 3					Mecanizado CNC	100	46		46
Mecanizado CNC	100	12		12	laminado	100	1,3		1,3
Laminado	100	1,2		1,2	pulido	100	2,1		2,1
Pulido	100	1,6		1,6	Cuaderna 4				
Cuaderna 5					rayado	100	2,5		2,5
Rayado	100	2,6		2,6	cortado	100	5,4		5,4
Cortado	100	3,1		3,1	Mecanizado CNC	100	42		42
Mecanizado CNC	100	92		92	Cuaderna de ala1 (Al.)				
Laminado	100	5,6		5,6	Mecanizado CNC	100	32		32
Pulido	100	4,8		4,8	Cuaderna de ala2 (Al.)				
Cuaderna 6					Mecanizado CNC	100	17		17
Rayado	100	1,8		1,8	Separadores de motor				
Cortado	100	3,2		3,2	rayado	100	1,6		1,6
Mecanizado CNC	100	55		55	cortado	100	4,9		4,9
Laminado	100	1,6		1,6	Mecanizado CNC	100	59		59
Pulido	100	1,5		1,5					
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					TB. = Tiempo básico o normal				

Tabla 21: Cálculo de tiempos básicos fuselaje (hoja 2)

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora, cortadora			Subensamble	Fuselaje				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	2 de 2				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Base de tren principal					Perfiles laterales				
Cortado	100	5,1		5,1	rayado	100	4,5		4,5
Mecanizado CNC	100	64		64	cortado	100	7,6		7,6
Placa superior T. Principal					Tanque de combustible				
Rayado	100	1,3		1,3	laminado	100	18,3		18,3
Cortado	100	3,6		3,6	Tapa de alas				
Placa inferior T. Principal					laminado	100	10,7		10,7
Rayado	100	0,9		0,9	pulido	100	3,2		3,2
Cortado	100	4,3		4,3	Tapa de fuselaje				
Base tren de dirección					laminado	100	16,9		16,9
Rayado	100	1,6		1,6	pulido	100	3,4		3,4
Cortado	100	6,1		6,1	pintura	100	40		40
Mecanizado CNC	100	62		62	ensamble	100	23,1		23,1
Laminado	100	1,4		1,4					
Pulido	100	3,2		3,2					
Nariz									
Laminado	100	10,7		10,7					
Pulido	100	3,5		3,5					
V. = Valoración del ritmo de trabajo				TR. = Tiempo restado					
TE. = Tiempo Estimado				T.B. = Tiempo básico o normal					

El estudio de tiempos se efectúa de la misma manera para el resto de subensambles principales que conforman la estructura, en los anexos 6 al 13 se muestra las matrices de tiempos estimados de fabricación de cada subensamble con su respectivo cálculo de tiempos básicos.

Una vez concluido este análisis se procede a extraer una tabla de tiempos resumida de cada uno de los procesos mencionados, en base a esta tabla se obtiene el tiempo total utilizado por cada proceso. La tabla de resumen de tiempos se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22: Resumen de tiempos de utilización de cada proceso

Estudio Núm. 01				Hoja de Trabajo				Hoja núm. 1 de 2					
PROCESOS													
N° Veces	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC		Torneado		Soldado	Laminado	Pulido	Pintura	Ensamble
					TAM	TCM	TAM	TCM					
1	1,20	2,80	1,10	5,90	32,00	39,00	11,00	36,00	5,80	17,79	4,20	40,00	23,12
2	2,60	3,10	5,50	21,30	32,00	12,00			22,00	1,19	2,10	92,00	11,14
3	1,80	3,20	1,20	8,90	32,00	92,00			2,60	1,20	1,60	70,00	6,14
4	1,30	9,10	2,50	4,30	32,00	55,00			2,60	5,60	4,80	86,00	15,29
5	1,40	5,90	1,20	0,70	32,00	86,00				1,60	1,50	46,00	30,15
6	2,50	5,40	1,80	0,90	32,00	46,00				10,20	6,60	40,00	8,65
7	1,60	4,90	2,30	0,70	32,00	42,00				1,30	2,10	52,00	21,59
8	1,30	5,10		0,90	32,00	32,00				1,40	3,20		7,73
9	0,90	3,60			32,00	17,00				10,67	3,50		9,93
10	1,60	4,30			32,00	59,00				18,26	3,20		24,66
11	4,50	6,10			32,00	64,00				10,71	3,40		
12	3,00	7,60			32,00	62,00				16,88	4,20		
13	5,20	12,00			32,00	38,00				21,00	4,80		
14	9,00	7,10			32,00	92,00				17,00	6,60		
15	3,60	15,10			32,00	26,00				10,00	0,90		
16	5,00	5,10			32,00	24,00				35,00	3,00		
17	4,60	5,30			32,00	38,00				23,00	8,70		
18	1,40	5,20			32,00	46,00				17,00	4,20		
19	4,40	6,20			32,00	23,00				10,00	5,60		
20	3,80	3,40			32,00	50,00				36,00	9,10		
21	2,40	6,20			32,00	25,00				52,00	4,50		
22	0,80	4,40			32,00	23,00				98,00	4,30		
23	1,60	2,30			32,00	18,00				112,00	4,20		
24	6,40	4,60			32,00	72,00				36,00	8,70		

Tabla 22: Resumen de tiempos de utilización de cada proceso (continuación)

Estudio Núm. 01				Hoja de Trabajo				Hoja núm. 2 de 2					
PROCESOS													
N° Veces	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC		Torneado		Soldado	Laminado	Pulido	Pintura	Ensamble
					TAM	TCM	TAM	TCM					
25	4,20	4,30			32,00	68,00				96,00	3,50		
26	0,70	6,60			32,00	74,00				21,00	2,30		
27	1,50	2,30			32,00	27,00				36,00	5,20		
28	1,50	12,00			32,00	54,00				23,00	4,50		
29	2,10	2,60			32,00	76,00				37,00	0,60		
30	1,80	2,50			32,00	72,00				10,00	0,70		
31	1,20	3,80			32,00	68,00				22,00	8,70		
32	2,40	3,60			32,00	42,00				24,00	2,60		
33	2,60	2,10			32,00	12,00				32,00	5,60		
34	0,40	2,50			32,00	38,00				46,00	1,20		
35	1,20	2,60				52,00				23,00	1,20		
36	1,20	3,60				38,00				37,00	1,20		
37	0,50	3,80				54,00				21,00	3,60		
38		0,80				20,00					4,50		
39		3,20				20,00					2,30		
40		3,50				42,00					5,60		
41		1,20				32,00					1,20		
42		1,20				49,00					1,00		
43		1,20				20,00					3,60		
44		0,80				20,00					4,50		
45		0,60											
TB. Total (min.)	93,20	202,80	15,60	43,60	1088,00	1959,00	11,00	36,00	33,00	991,80	168,60	426,00	158,40
TB. Total (hrs.)	1,55	3,38	0,26	0,73	18,13	32,65	0,18	0,60	0,55	16,53	2,81	7,10	2,64

Mediante el análisis del lugar de trabajo y del operario y teniendo en cuenta la escala de valoración mostrada en la Tabla 3, se asignó los valores numéricos mostrados en las Tablas 23, 24 y 25 muestran los valores numéricos asignados a los factores de tensión física, tensión mental y condiciones de trabajo respectivamente.

Tabla 23: Tabla de puntuación para suplementos por Tensión Física

Producto:		TENSIÓN FÍSICA									
Condiciones de trabajo:		Fuerza Media		Postura		Vibraciones		Ciclo Breve		Ropa incomoda	
N°	Operaciones	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.
A	Rayar	B	6	B	5	B	3	M	6		0
B	Cortar	B	6	B	5	B	4	M	5	B	3
C	Taladrar	B	3	B	5	B	4	M	6		0
D	Doblar	M	10	M	10	B	2	M	4		0
E	Mec. CNC	B	6	B	4	M	5	B	2		0
F	Laminado	M	10	M	8	B	1	M	5	B	1
G	Tornear	B	6	M	6	M	5	B	2		0
H	Soldado	B	3	B	3	B	4	B	3	B	2
I	Pulir	B	6	B	4	B	4	M	4		0
J	Pintar	B	6	B	4	B	2	M	6	M	8
K	Ensamblar	B	7	M	8	B	4	M	4		0
Tensión:		Baja (B)		Media (M)		Alta (A)					

Tabla 24: Tabla de puntuación para suplementos por Tensión Mental

Producto:		TENSIÓN MENTAL									
Condiciones de trabajo:		Concentrac.		Monotonía		Tensión Visual		Ruido			
N°	Operaciones	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.		
A	Rayado	M	5	M	5	B	5	M	3		
B	Cortar	M	10	M	5	M	10	M	6		
C	Taladrar	M	7	A	8	M	10	M	5		
D	Doblar	M	7	M	6	M	8	B	2		
E	Mec. CNC	M	5	M	6	M	10	B	2		
F	Laminado	B	4	B	2	M	8	B	2		
G	Tornear	M	6	M	5	M	10	M	6		
H	Soldado	M	6	M	4	M	6	B	2		
I	Pulir	M	8	M	6	M	9	M	7		
J	Pintar	M	6	M	4	M	9	M	6		
K	Ensamblar	M	9	B	2	M	7	B	2		
Tensión:		Baja (B)		Media (M)		Alta (A)					

Tabla 25: Tabla de puntuación para suplementos por Condiciones de Trabajo

Producto:		CONDICIONES DE TRABAJO									
Condiciones de trabajo:		Temperat.		Ventilac.		Emanación de gases		Polvo		Suciedad	
N°	Operaciones	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.	Tens.	Pts.
A	Rayado	B	3	M	4	B	3	B	3	M	3
B	Cortar	B	3	M	5	B	2	M	5	M	4
C	Taladrar	B	3	M	5	B	1	M	6	M	5
D	Doblar	B	3	M	5	B	1	B	2	M	4
E	Mec. CNC	B	3	M	5	B	3	M	4	M	5
F	laminado	B	3	M	5	M	8	B	3	A	8
G	Tornear	B	3	M	5	B	2	M	4	M	5
H	Soldado	B	4	M	6	M	6	B	3	M	3
I	Pulir	B	3	M	5	B	2	M	8	A	7
J	Pintar	B	3	M	8	M	6	M	8	A	7
K	Ensamblar	B	3	M	5	B	1	M	4	M	4
Tensión:		Baja (B)		Media (M)		Alta (A)					

En la Tabla 26 se indica un resumen de los valores asignados a las distintas tensiones por cada proceso identificado, conjuntamente con la sumatoria de puntos y los respectivos valores de suplemento dados en porcentajes.

Tabla 26: Tabla de resumen de suplementos por descanso

Producto:		Sumatoria			Total de puntos	Suplemento
Condiciones de trabajo:		Tensión física	Tensión mental	condiciones de trabajo		Descanso Porc. (%)
N°	Operaciones	(Pts.)	(Pts.)	(Pts.)		
A	Rayado	20	18	16	54	26
B	Cortar	23	31	19	73	39
C	Taladrar	18	30	20	68	35
D	Doblar	26	23	15	64	32
E	Mec. CNC	17	23	20	60	30
F	Laminado	25	16	27	68	35
G	Tornear	19	27	19	65	33
H	Soldado	15	18	22	55	27
I	Pulir	18	30	25	73	39
J	Pintar	26	25	32	83	48
K	Ensamblar	23	20	17	60	30

Una vez conocidos los datos necesarios se calcula el tiempo estándar total de fabricación del UAV Gavilán III mediante la aplicación de la fórmula (2) y (3) para lo cual se obtiene los resultados.

Rayado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (1.55h(1 + 0.26))$$

$$T_s = 1.96 \text{ h}$$

Corte:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (3.38h(1 + 0.39))$$

$$T_s = 4.70 \text{ h}$$

Taladrado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (0.26h(1 + 0.35))$$

$$T_s = 0.35 \text{ h}$$

Doblado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (0.73h(1 + 0.32))$$

$$T_s = 0.96 \text{ h}$$

Mecanizado CNC:

$$T_s = (TB(1 + S)) + TCM$$

$$T_s = (18.13h(1 + 0.3)) + 32.65h$$

$$T_s = 56.22 \text{ h}$$

Laminado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (16.35h(1 + 0.35))$$

$$T_s = 22.32 \text{ h}$$

Torneado:

$$T_s = (TB(1 + S)) + TCM$$

$$T_s = (0.18h(1 + 0.33)) + 0.6h$$

$$T_s = 0.83 \text{ h}$$

Soldado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (0.55h(1 + 0.20))$$

$$T_s = 0.7 \text{ h}$$

Pulido:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (2.81h(1 + 0.39))$$

$$T_s = 3.91 \text{ h}$$

Pintado:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (7.10h(1 + 0.48))$$

$$T_s = 10.51 \text{ h}$$

Ensamble:

$$T_s = (TB(1 + S))$$

$$T_s = (2.64h(1 + 0.3))$$

$$T_s = 3.43 h$$

Tabla 27: Cálculo del tiempo estándar total y parcial de producción de UAV Tipo Gavilán III

Producto: UAV Gavilán III		Tiempo Básico (hrs)	Descanso (%)	Suplemento (h)	Tiempo estándar (h)
N°	Operaciones				
A	Rayado	1,55	26	0,40	1,96
B	Cortar	3,38	39	1,32	4,70
C	Taladrar	0,26	35	0,09	0,35
D	Doblar	0,73	32	0,23	0,96
E	Mec. TAM	18,13	5,44	56,22	55,32
	CNC TCM	32,65			
F	Laminado	16,53	35	5,79	22,32
G	Tornear TAM	0,18	0,06	0,84	0,83
	TCM	0,60			
H	Soldado	0,55	27	0,15	0,70
I	Pulir	2,81	39	1,10	3,91
J	Pintar	7,10	48	3,41	10,51
K	Ensamblar	2,64	30	0,79	3,43
TIEMPO ESTANDAR TOTAL:					105,89 h/u

De la sumatoria de estos tiempos de fabricación se obtiene un valor estimado de 105.89 horas por cada unidad terminada, este tiempo estándar de fabricación estimado servirá para realizar el respetivo cálculo de capacidad que se detalla en el siguiente apartado.

4.13. Cálculo de la Capacidad de Producción Estimada

Con el resultado obtenido para el tiempo estándar total de 105,89 hrs/unid es posible calcular la capacidad de producción estimada actual, mediante la utilización de la fórmula 4, descrita anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

a) Producción Diaria Estimada

$$TTP = 8h/d$$

$$T_s = 105,89 h/u$$

$$CP = \frac{8h/d}{105,89 h/u}$$

$$CP = 0.075 u/d$$

b) Producción Semanal Estimada

$$TTP = 8h/d * 5d/sem = 40h/sem$$

$$Ts = 105,89 h/u$$

$$CP = \frac{40h/sem}{105,89 h/u}$$

$$CP = 0.38 u/sem.$$

c) Producción Mensual Estimada

$$TTP = 8h/d * 20d/mes = 160 h/mes$$

$$Ts = 105,89 h/u$$

$$CP = \frac{160h/mes}{105,89 h/u}$$

$$CP = 1.5 u/mes$$

d) Producción Anual Estimada

$$TTP = 160 h/mes * 12 mes / año = 1920h/año$$

$$Ts = 105,89 h/u$$

$$CP = \frac{1920h/año}{105,89 h/u}$$

$$CP = 18.1 u/año$$

En la Tabla 28 se indica la capacidad de producción por proceso.

Tabla 28: Capacidad de producción por proceso

Producto: UAV Gavilán III		Capacidad de producción (unidades)			
N°	Operaciones	Diaria	Semanal	Mensual	Anual
A	Rayado	4,1	20,4	81,8	981
B	Cortar	1,7	8,5	34,1	408,7
C	Taladrar	22,8	114	455,8	5470,1
D	Doblar	8,3	41,7	166,8	2001,7
E	Mec. CNC	0,1	0,7	2,9	34,2
F	Laminado	0,4	1,8	7,2	86
G	Tornear	9,5	47,4	189,6	2275,3
H	Soldado	11,5	57,3	229,1	2748,8
I	Pulir	2,1	10,2	41	491,6
J	Pintar	0,8	3,8	15,2	182,7
K	Ensamblar	2,3	11,7	46,6	559,4

Estos resultados se deben a la complejidad del modelo ya que un 90% de los componentes que conforman este artefacto son producidos en las instalaciones del CIDFAE, claramente se puede observar que los procesos de laminado y mecanizado CNC son los que restringen la capacidad de producción debido a los aspectos mencionados anteriormente en el apartado 2.2.6. En la figura 45 se presenta gráficamente los resultados de capacidad obtenidos.

Uno de los procesos que restringen la línea de producción es el proceso de mecanizado CNC debido a que se requieren altos tiempos de preparación de la máquina antes de que esta entre en funcionamiento, además existe una gran cantidad de componentes que se deben fabricar mediante este proceso, por lo cual se puede optar por la adquisición de una nueva máquina CNC para el área de carpintería en la cual se desarrollan las costillas de los diferentes subensambles como alas alerones y flaps.

Otro de los procesos que genera problemas es el proceso de laminado, ya que requiere tiempos adicionales para que se seque adecuadamente el desarrollo y alcance las propiedades físicas requeridas, para solucionar este problema se puede optar por la construcción de un juego de moldes adicional para la construcción del revestimiento del avión, los moldes actuales están contruidos de madera en base al mecanizado CNC.

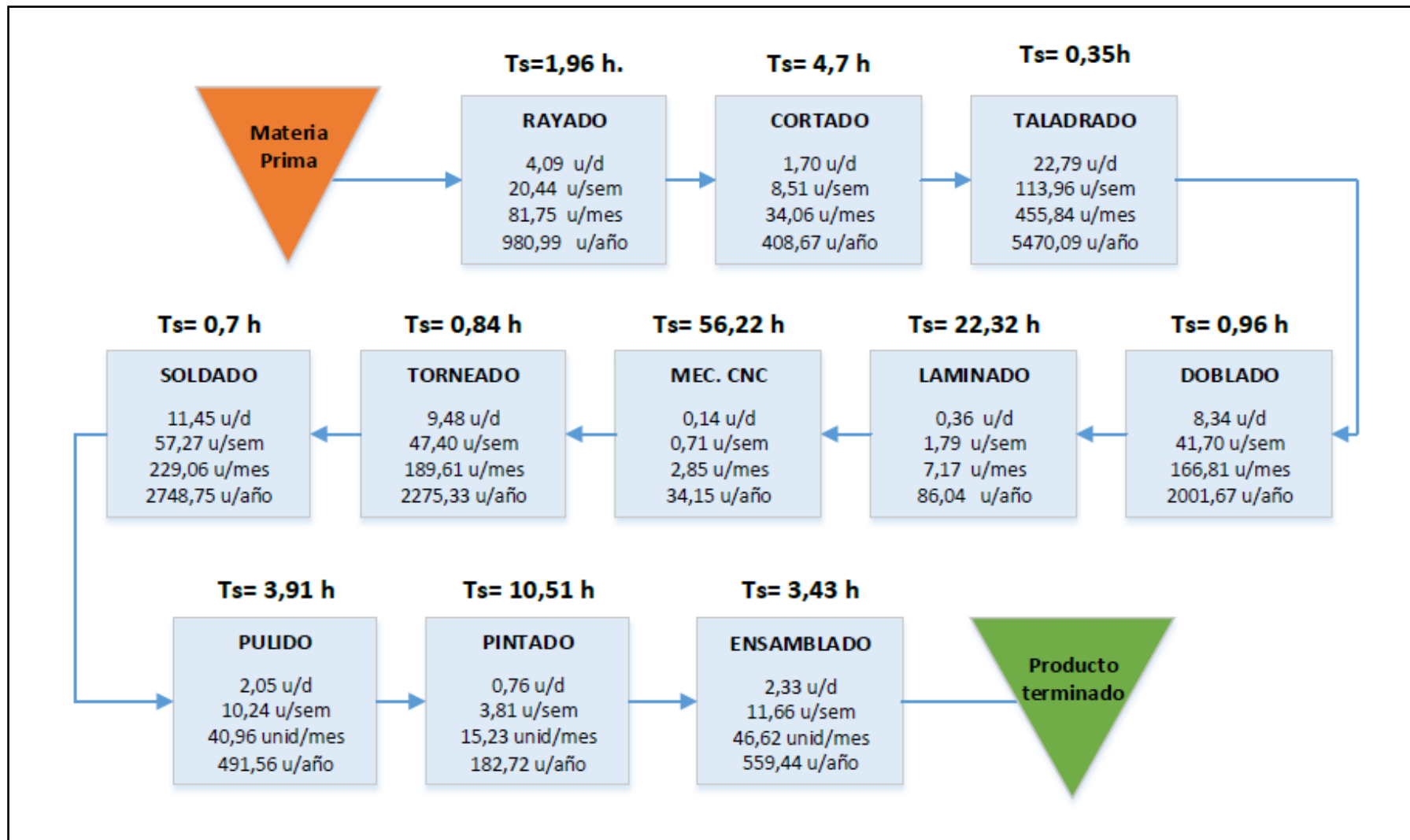


Figura 45: Flujo de información entre procesos para el área de producción

Uno de los procesos que restringen la línea de producción es el proceso de mecanizado CNC debido a que se requieren altos tiempos de preparación de la máquina antes de que esta entre en funcionamiento, además existe una gran cantidad de componentes que se deben fabricar mediante este proceso, por lo cual se puede optar por la adquisición de una nueva máquina CNC para el área de carpintería en la cual se desarrollan las costillas de los diferentes subensambles como alas alerones y flaps.

Otro de los procesos que genera problemas es el proceso de laminado, ya que requiere tiempos adicionales para que se seque adecuadamente el desarrollo y alcance las propiedades físicas requeridas, para solucionar este problema se puede optar por la construcción de un juego de moldes adicional para la construcción del revestimiento del avión, los moldes actuales están contruidos de madera en base al mecanizado CNC.

4.14. Restricciones de producción

Al igual que las restricciones identificadas en el apartado 2.2.6, se encuentran además las restricciones ocasionadas por la maquinaria que son fácilmente identificables en los diagramas de Hombre-Máquina que se presentan a continuación.

Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de mecanizado CNC

En base a la experiencia del operador se ha estimado que se requiere entre 10 y 15 minutos para cargar el material en la máquina ya que se debe fijar adecuadamente el material a mecanizar sobre la mesa de la CNC para evitar problemas durante el proceso de mecanizado, también se requiere de un tiempo adicional de 10 minutos para preparación, calibración de la máquina y carga de códigos G para el mecanizado de las piezas que se desea fabricar, seguidamente se efectúa el maquinado del material que dependiendo de la complejidad del diseño del componente se encuentra entre 12 y 92 minutos aproximadamente, estos tiempos elevados se deben a que algunos componentes deben ser maquinados en lotes para reducir el desperdicio del material como en el caso de las costillas que conforman la estructura de las alas del avión finalmente existe un tiempo adicional para extraer las piezas maquinadas que se ha estimado entre 3 y 7 minutos. El diagrama establecido se muestra en la Figura 46.

Las operaciones manuales que desempeña el operario suman un valor total ideal de 32 minutos, este tiempo será considerado para el cálculo de los suplementos correspondientes, además en la tabla de resumen de la parte inferior se muestra el porcentaje de utilización tanto de la máquina como del operario, es necesario señalar que el operario debe verificar continuamente el proceso mientras se realiza la operación de mecanizado.

Diagrama Hombre - Maquina						
Operación: Mecanizado CNC			Máquina: CNC HAAS VF-2			
Tiempo (min)	Operario			Maquina		
	Actividad	Tiempo	Gráfico	Actividad	Tiempo	Gráfico
5	Cargar máquina	15		En espera	15	
10						
15	Calibrar CNC Carga códigos G	10		Ajuste de punto cero	10	
20						
25	Inspección del proceso	22-92	Inspeccion del Proceso	Mecanizado del elemento	22-92	
30						
35						
40						
45						
50	Descargar máquina	7		En espera	7	
55						
60						
65						
70						
75						
77						
En operación			En ocio			
Resumen:	Tiempo de ciclo	Tiempo de acción	Tiempo de Ocio	% Utilización		
Operario:	54	32	-	59,26		
Máquina:	54	32	22	59,26		
Resumen:	Tiempo de ciclo	Tiempo de acción	Tiempo de Ocio	% Utilización		
Operario:	124	32	-	25,81		
Máquina:	124	102,00	22	82,26		

Figura 46: Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de mecanizado CNC

De igual modo en el Anexo 27 se presentan los diagramas Hombre-Máquina para el proceso de taladrado, doblado, corte y torneado.

De acuerdo a lo que se puede observar en los diagramas planteados uno de los procesos que resulta más restringido es el proceso de mecanizado CNC debido a que requiere mayor tiempo para calibración, carga y descarga del material, incluso el tiempo de la operación de mecanizado se verá afectada por la complejidad del componente a fabricar.

Otro de los procesos que limita la producción es el proceso de laminado ya que se requiere de tiempo adicional hasta que las capas de fibra de carbono y resina se sequen completamente hasta formar una estructura resistente y de bajo peso.

Los valores presentados en los diagramas Hombre-Máquina serán de gran utilidad para efectuar una estimación de los tiempos de fabricación de las piezas y posteriormente realizar el análisis de tiempos y capacidades de producción estimadas.

4.15. Simulación del modelo para fabricación de UAV Tipo Gavilán III

Mediante la simulación del proceso se busca corroborar los resultados obtenidos mediante cálculo esto permitirá conocer el comportamiento del sistema en una situación real, para llevar a cabo la simulación del modelo se siguen los pasos descritos a continuación.

4.15.1. Creación del modelo

Para la simulación del modelo presentado se utiliza el software Arena para lo cual es necesario seguir los pasos presentados a continuación:

1. Una vez dentro del programa dar clic en “*File / New*” para crear un nuevo archivo de simulación.
2. A continuación, en el panel izquierdo “*Project Bar*”, se presentan varias opciones básicas para realizar la simulación del modelo, de los cuales se arrastra el elemento “*Create*” hasta el área de trabajo para crear una nueva entidad, para este caso es la materia prima que se desea procesar, como se indica en la Figura 47.
3. Posteriormente es necesario añadir cada uno de los procesos, para ello se selecciona y se arrastra el elemento “*Process*” hasta el área de trabajo y se procede a modificar los parámetros, para este caso será el proceso de “*Cortado*”, en la pestaña *action* se

selecciona la opción “*Seize Delay Release*” que quiere decir tomar, ocupar, liberar, para que la entidad pase al siguiente proceso.

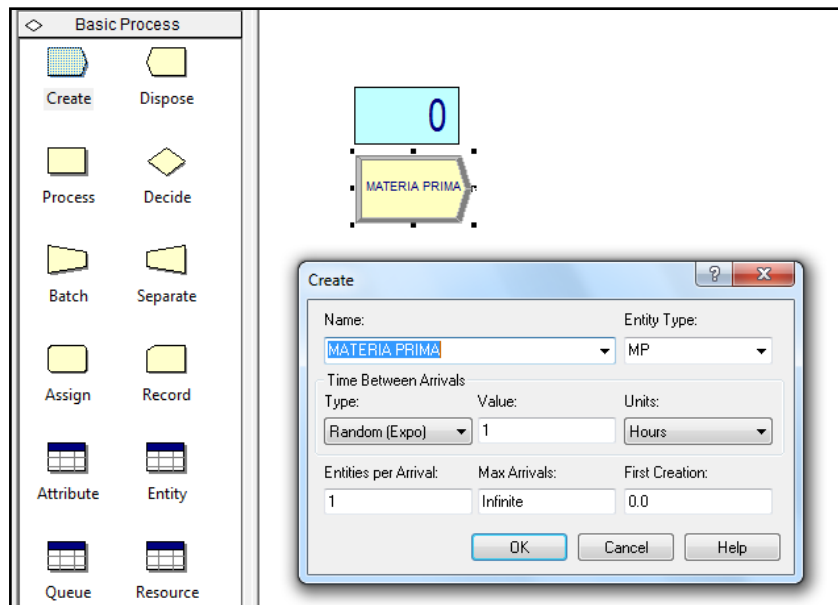


Figura 47: Parámetros de simulación para materia prima

En lo referente al tipo de retardo se selecciona la opción “*Expression*” y en la expresión la opción “*Expo (Mean)*” donde se reemplaza *Mean* por el tiempo estándar del proceso en cuestión de la siguiente manera.

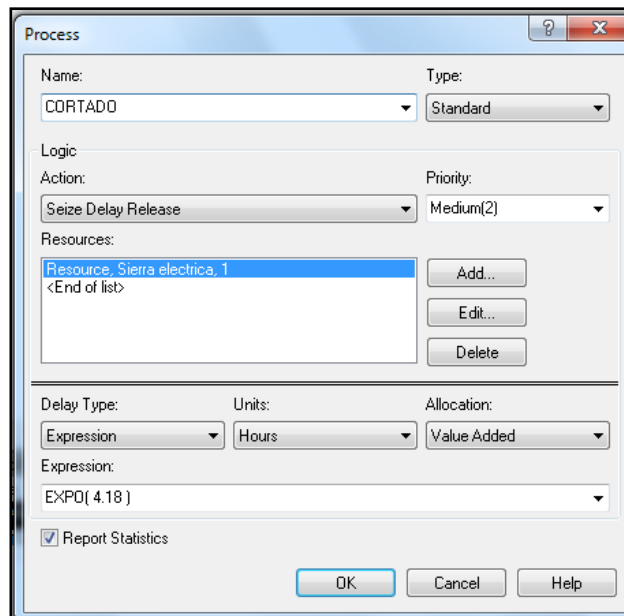


Figura 48: Parámetros de simulación para el proceso

4. Una vez creado el diagrama se procede a comprobar los resultados obtenidos mediante cálculo para lo cual primeramente se debe establecer los parámetros de simulación del modelo, haciendo clic en la barra de menú “Run / Setup” los parámetros establecidos se presentan a continuación (Ver Figura 49):

Para el estudio se utilizará el valor de 160 horas debido a que el personal trabaja ocho horas diarias, cinco días a la semana correspondiente a un mes de trabajo.

Para el caso de “*Replication Length*” se asigna el valor de tiempo sobre el cual se desea realizar la simulación, para este estudio se utilizará el valor de 160 horas correspondiente a un mes de trabajo, en el caso de “*Hours per Day*” se asigna el valor correspondiente a las horas laborables para cada día, en este caso la institución destina ocho horas diarias a las actividades de producción.

The image shows a screenshot of the 'Run Setup' dialog box in the Arena simulation software. The dialog is titled 'Run Setup' and has a close button (X) in the top right corner. It features four main tabs: 'Run Speed', 'Run Control', 'Reports', and 'Project Parameters'. Under the 'Run Control' tab, there are three sub-tabs: 'Replication Parameters', 'Array Sizes', and 'Arena Visual Designer'. The 'Replication Parameters' sub-tab is currently selected and active. It contains several input fields and checkboxes. The 'Number of Replications' is set to 1. The 'Start Date and Time' is set to 'jueves, 23 de julio de 2015 23:05:01'. The 'Wam-up Period' is set to 0.0. The 'Replication Length' is set to 160. The 'Hours Per Day' is set to 8. The 'Base Time Units' is set to 'Hours'. There are two checkboxes under 'Initialize Between Replications': 'Statistics' and 'System', both of which are checked. At the bottom of the dialog, there are four buttons: 'Aceptar', 'Cancelar', 'Aplicar', and 'Ayuda'.

Figura 49: Parámetros para la simulación del modelo

En la figura 50 se presenta el modelo de la secuencia de procesos para la fabricación del UAV Gavilán III.

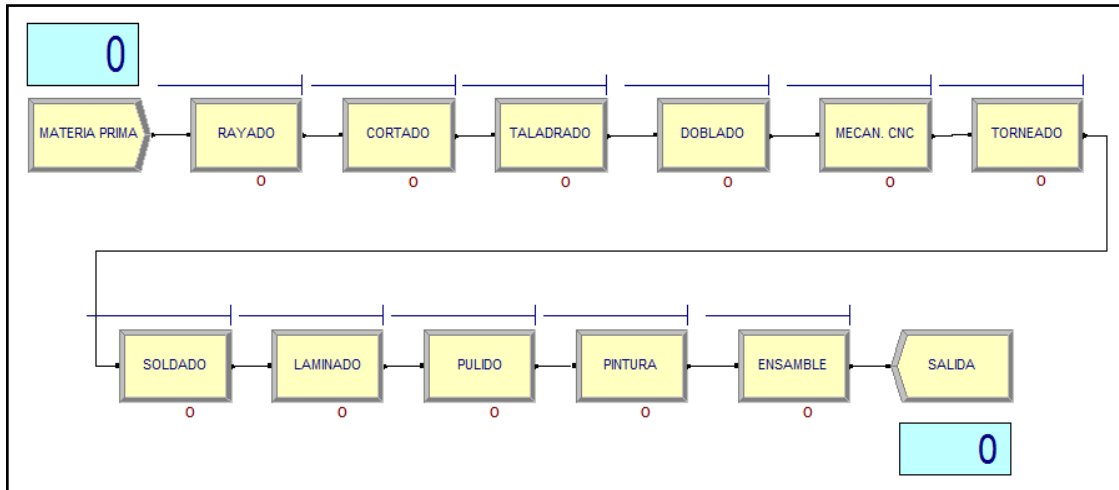


Figura 50: Modelo para la fabricación del UAV Gavilán III

4.15.2. Resultados Obtenidos

De acuerdo a la capacidad de producción calculada se obtuvo un total 1,51 unid/mes es decir una unidad completa y terminada dentro de 160 horas laborables, y aproximadamente tres unidades en dos meses para corroborar estos resultados se realizó la simulación para 160 hrs y 320 horas correspondientes a uno y dos meses de trabajo que se presenta en las Figuras 51 y 53 respectivamente.

Simulación con 160 horas laborables

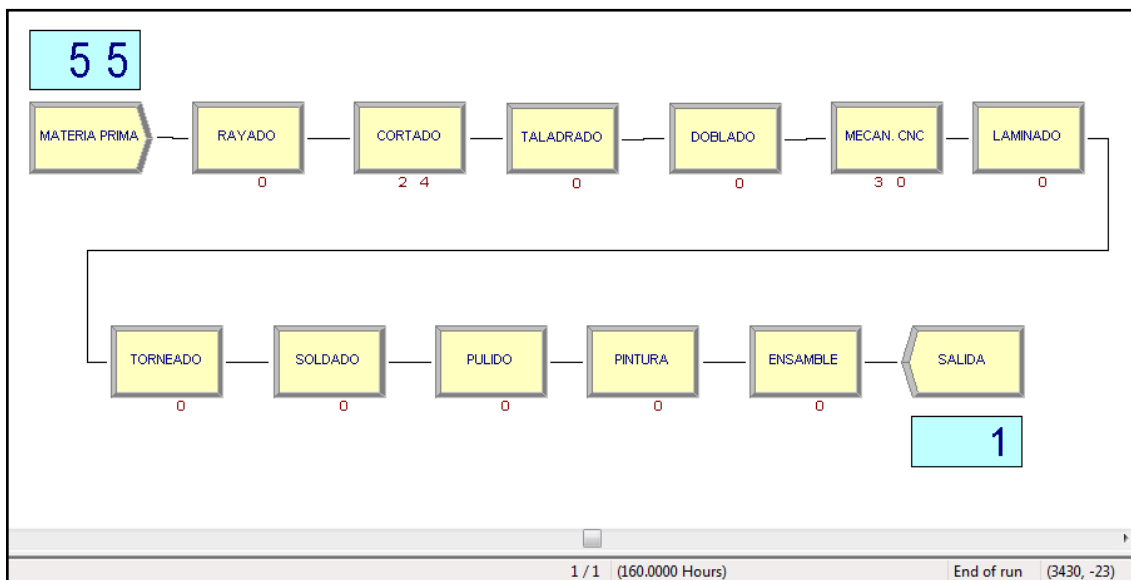


Figura 51: Simulación del modelo con 160 hrs laborables

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CORTADO.Queue	41.2219	(Insufficient)	0.00	70.9928
DOBLADO.Queue	0.07064356	(Insufficient)	0.00	0.9900
ENSAMBLE.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
LAMINADO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
MECAN.CNC.Queue	43.4757	(Insufficient)	0.00	86.9515
PINTURA.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
PULIDO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
RAYADO.Queue	3.0623	(Insufficient)	0.00	11.2941
SOLDADO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
TALADRADO.Queue	0.03959941	(Insufficient)	0.00	0.8313
TORNEADO.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
B.Vacio	0.2632	(Insufficient)	0.00	1.0000
Camara de Pintura	0.03438376	(Insufficient)	0.00	1.0000
CNC	0.9822	(Insufficient)	0.00	1.0000
DOBLADORA	0.1420	(Insufficient)	0.00	1.0000
Lijas	0.01096398	(Insufficient)	0.00	1.0000
LLAVES	0.01463515	(Insufficient)	0.00	1.0000
Rayador	0.7465	(Insufficient)	0.00	1.0000
Sierra electrica	0.9948	(Insufficient)	0.00	1.0000
Soldadora	0.00786604	(Insufficient)	0.00	1.0000
Taladro	0.08570230	(Insufficient)	0.00	1.0000
Torno	0.00341200	(Insufficient)	0.00	1.0000

Figura 52: Resultados obtenidos para 160 hrs

Los resultados obtenidos presentados en la Figura 53, demuestran que los procesos de corte y mecanizado CNC, representan los cuellos de botella del proceso, siendo el proceso de corte es el que mayor utilización presenta dentro del proceso productivo, por su parte el proceso de mecanizado CNC el que mayor tiempo de espera genera debido a las restricciones de la máquina.

Simulacion con 320 horas laborables

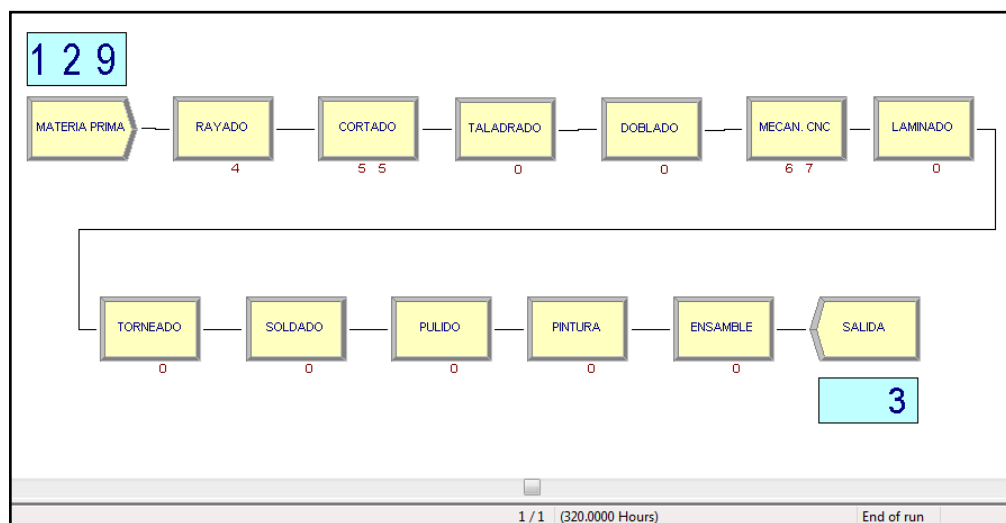


Figura 53: Simulación del modelo con 320 hrs laborables

De acuerdo a la simulación realizada el proceso productivo permite la construcción de 3 aviones no tripulados cada 320 horas laborables, es decir cada 2 meses. Actualmente los tornos que posee la institución se encuentran fuera de uso por falta de mantenimiento, por lo cual la fabricación de los ejes del tren de aterrizaje principal se realiza externamente.

4.16. Distribución de Planta

La distribución de planta que presenta actualmente el hangar 2 del CIDFAE, donde se desarrollan las actividades de producción, se puede apreciar en la Figura 12, gracias al estudio de métodos y tiempos, se identificó las operaciones necesarias y los procesos que se deben desarrollar en esta sección, de esta manera se busca una distribución de planta que facilite el flujo de materiales, operarios e información dentro de la sección, para reducir los costos debidos al manejo de materiales.

Dentro de la sección de producción se pudo detectar varios aspectos desfavorables que impiden que la producción se efectúe de manera eficiente.

- El área de ensamblaje posee elementos que interfieren en la circulación del personal, e interfieren en el proceso que se pretende efectuar.
- Las áreas de trabajo no se encuentran bien delimitadas.
- La sección de producción no cuenta con sitios de trabajo bien definidos en lo referente a ensamble, por lo cual es necesario ordenar esta sección.
- Deficiente utilización del espacio disponible.
- Grandes distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Procesos que representan cuellos de botella entre estos el proceso de laminado y mecanizado CNC.
- Malestar de la mano de obra, por falta de equipos de protección personal.

Su distribución actual presenta una distribución mixta, a nivel general se trata de una distribución celular, ya que posee diversos talleres con maquinaria para desempeñar las diversas tareas de manufactura, esto brinda muchas ventajas ya que se de esta manera cada taller se encarga de fabricar los componentes que se requieren.

Dentro de cada taller a su vez se trabaja con una distribución por proceso, la cual requiere de un tratamiento adecuado para identificar posibles falencias.

4.16.1. Análisis del espacio requerido

Cada uno de los puestos de trabajo requiere de un espacio necesario para efectuar sus tareas de manera eficiente por esta razón se utiliza el método de Guerchet, mediante el cual se evalúa el espacio físico de las instalaciones teniendo en cuenta los recursos como maquinaria, mobiliario, etc., para obtener una aproximación del área requerida.

Según el método de Guerchet la superficie total requerida vendrá dada por:

Superficie estática (Ses): Es la superficie productiva que ocupa físicamente la maquinaria, mobiliario, etc.

Superficie de Gravitación (Sg): Es la superficie utilizada por los operarios que están laborando y la materia prima que se procesa. Viene dada por la siguiente ecuación:

$$Sg = Ses * n \quad (5)$$

Donde:

Sg: Superficie Gravitacional

Ses: Superficie Estática

n: Numero de lados operativos de la máquina

Superficie de Evolución (Sev): Superficie necesaria para el movimiento del personal, materiales y sus medios de transporte, viene dada por la ecuación:

$$Sev = (Ses + Sg) * k \quad (6)$$

Sev: Superficie de evolución

Ses: Superficie estática

Sg: Superficie gravitacional

k: Coeficiente de proporción entre el volumen del material y el personal que se está moviendo entre los puestos de trabajo, existen diferentes valoraciones dependiendo del tipo de industria como se muestra en la tabla 28.

Tabla 29: Valores k por tipo de actividad productiva

Tipo		K
1	Gran industria alimenticia y evacuación mediante grúas.	0,05 – 0,15
2	Trabajo en cadena con transportador de acero	0,1 – 0,25
3	Textil Hilados	0,05 – 0,25
4	Textil Tejidos	0,5 – 1
5	Relojería y Joyería	0,75 – 1
6	Industria mecánica pequeña	1,5 – 2
7	Industria mecánica grande	2 – 3

Superficie Total: viene dada por la sumatoria de las superficies mencionadas anteriormente como se observa en la ecuación 8.

$$ST = Ses + Sg + Sev \quad (7)$$

Para el estudio se utilizara un valor de $k = 1.8$, reemplazando este dato y con la información recolectada se procede a calcular las superficies parciales y la superficie total requerida para cada taller dentro de la sección de producción, como se indica en las Tablas 30 a la 34.

Tabla 30: Superficie requerida para el taller de mecánica

TALLER DE MECÁNICA								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquinas/equipos /mobiliario	Largo (l)	Ancho (a)	N° de lados	Superficie estática Ss (m²)	Superficie de gravitación Sg (m²)	Superficie de evolución Sev (m²)	Superficie total St (m²)
1	Torno	1,92	0,8	1	1,536	1,536	5,5296	8,6016
2	CNC	3,2	2,26	1	7,232	7,232	26,0352	40,4992
3	Cortadora	1,27	0,45	1	0,5715	0,5715	2,0574	3,2004
4	Polyjet	0,95	0,75	1	0,7125	0,7125	2,565	3,99
5	Taladro de pedestal	0,6	0,4	1	0,24	0,24	0,864	1,344
6	Mesa de trabajo	1,2	0,9	1	1,08	1,08	3,888	6,048
7	Armario de herramientas	1,8	0,4	1	0,72	0,72	2,592	4,032
8	Soldadora	0,4	0,35	2	0,14	0,28	0,756	1,176
9	stands de herramientas 2	1	0,45	1	0,45	0,45	1,62	2,52
TOTAL:								71,4112

Tabla 31: Superficie requerida para el taller de materiales compuestos

TALLER DE MATERIALES COMPUESTOS								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquinas/equipos /mobiliario	Largo (l)	Ancho (a)	N° de lados	Superficie estática Ss (m²)	Superficie de gravitación Sg (m²)	Superficie de evolución Sev (m²)	Superficie total St (m²)
1	Mesa de aspiración filtro	3,3	1,3	1	4,29	4,29	15,444	24,024
2	Mesa de trabajo	1,8	1,2	1	2,16	2,16	7,776	12,096
3	Armario de herramientas	1,5	0,4	1	0,6	0,6	2,16	3,36
4	stands de fibras	2	0,4	1	0,8	0,8	2,88	4,48
TOTAL:								43,96

Tabla 32: Superficie requerida para el taller de pintura

TALLER DE PINTURA								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquinas/equipos /mobiliario	Largo (l)	Ancho (a)	N° de lados	Superficie estática Ss (m²)	Superficie de gravitación Sg (m²)	Superficie de evolución Sev (m²)	Superficie total St (m²)
1	Cabina de pintura Tecnodry	2,56	1,37	1	3,5072	3,5072	12,62592	19,64032
2	Armario de herramientas	1,6	0,4	1	0,64	0,64	2,304	3,584
3	Mesa de trabajo	0,9	0,45	1	0,405	0,405	1,458	2,268
4	Mesa de trabajo	3,5	0,6	1	2,1	2,1	7,56	11,76
5	Mesa de trabajo	2,2	0,6	1	1,32	1,32	4,752	7,392
TOTAL:								44,64432

Tabla 33: Superficie requerida para el área de ensamblaje

ÁREA DE ENSAMBLAJE								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquinas/equipos /mobiliario	Largo (l)	Ancho (a)	N° de lados	Superficie estática Ss (m²)	Superficie de gravitación Sg (m²)	Superficie de evolución Sev (m²)	Superficie total St (m²)
1	Mesa de trabajo	6	0,6	2	3,6	7,2	19,44	30,24
2	Mesa de trabajo 2	2	1	2	2	4	10,8	16,8
3	Mesa de trabajo 3	2	1	1	2	2	7,2	11,2
4	Estación 1 ensamble	6,5	5	4	32,5	130	292,5	455
5	Estación 2 ensamble	6,5	5	4	32,5	130	292,5	455
6	Stands producto terminado	3,5	1	1	3,5	3,5	12,6	19,6
7	Stands producto terminado	3,5	1	1	3,5	3,5	12,6	19,6
8	Stands producto terminado	3,5	1	1	3,5	3,5	12,6	19,6
9	Tanques de helio	2	0,5	1	1	1	3,6	5,6
TOTAL:								1032,64

Tabla 34: Superficie requerida para el taller de carpintería.

TALLER DE CARPINTERÍA								
Características					Superficie de Guerchet			
N°	Maquinas/equipos /mobiliario	Largo (l)	Ancho (a)	N° de lados	Superficie estática Ss (m ²)	Superficie de gravitación Sg (m ²)	Superficie de evolución Sev (m ²)	Superficie total St (m ²)
1	Mesa de trabajo	1,8	1,2	4	2,16	8,64	19,44	30,24
2	Armario de herramientas	1,6	0,4	1	0,64	0,64	2,304	3,584
3	Sierra de corte vertical	0,6	0,45	1	0,27	0,27	0,972	1,512
4	stand de materia prima	1,2	0,4	1	0,48	0,48	1,728	2,688
5	Caladora	0,5	0,4	1	0,2	0,2	0,72	1,12
6	Mesa de trabajo 2	1	0,4	1	0,4	0,4	1,44	2,24
TOTAL:								41,384

Para el cálculo se considera el mobiliario y maquinaria disponibles dentro de cada uno de los distintos talleres, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante el método de Guerchet, mostrados en la Tabla 35, para el área de producción se requiere de 778.76 m² para ubicar los distintos puestos de trabajo con sus respectivos equipos y máquinas en el diseño de la nueva distribución.

Tabla 35: Superficie total requerida para los talleres de la sección de producción

SUPERFICIE REQUERIDA	
Taller	Área requerida (m ²)
Mecánica	71,13
Materiales Compuestos	43,96
Carpintería	41,38
Ensamblaje	577,64
Pintura	44,64
Superficie total:	778,75 m²

De acuerdo a las dimensiones del Hangar mostradas en el anexo 2 se tiene lo siguiente:

Tabla 36: Superficie total existente para los talleres de la sección de producción

SUPERFICIE REQUERIDA	
Taller	Área requerida (m ²)
Mecánica	72,87
Materiales Compuestos	44,05
Carpintería	35,97
Ensamblaje	578,88
Pintura	43,23
Superficie total:	775 m²

Como se puede observar todos los talleres a excepción del taller de carpintería poseen el espacio necesario para desarrollar las tareas de manera eficiente. En este taller existen dos mesas de trabajo, por lo cual se deberá determinar la importancia de poseer estos dos elementos en el mismo sitio, seguidamente se analiza la distribución interna de cada uno de los talleres que posee la sección de producción, buscando la forma más idónea para la ubicación de la maquinaria y equipos.

4.16.2. Distribución para el taller de Mecánica

Cada uno de los talleres presentados requiere de una distribución por procesos, para efectuar el respectivo análisis es necesario primeramente conocer los costos de mover el material, este cálculo se realiza mediante la ecuación (8)

$$\text{Costo transporte} = \text{Sueldo hora} \times \text{Tiempo} \quad (8)$$

El sueldo que percibe el personal encargado de las tareas de producción se encuentra entre los 800 y 1500 dólares mensuales [22], como ya se menciono anteriormente el personal trabaja ocho horas diarias durante cinco días a la semana, para los respectivos cálculos se utilizará un valor intermedio correspondiente a 1150 dólares mensuales, obteniendo un valor de 7,18 dólares por cada hora de trabajo.

$$\text{Sueldo hora} = (1150 \$/\text{mes}) * (1\text{mes}/160\text{h})$$

$$\text{Sueldo hora} = 7.18 \$/\text{h}$$

Mediante cálculo se obtiene que el sueldo del operario es de 7,18 dólares por cada hora de trabajo. Para continuar es necesario conocer además el flujo de materiales y el tiempo de transporte de los mismos entre puestos de trabajo.

De acuerdo a las piezas y componentes que requieren procesos de fabricación similares y que a su vez serán desarrollados dentro del taller de mecánica se establece los valores de flujo de materiales entre procesos los cuales se presentan en la Tabla 37, estos valores numéricos corresponden a la cantidad de piezas para la construcción de una aeronave.

La Tabla 38 exhibe los respectivos tiempos de transporte de material entre puestos de trabajo. La Figura 54 presenta un diagrama en el cual se detalla el flujo de materiales y la distancia existente entre los puestos de trabajo dentro del taller de mecánica.

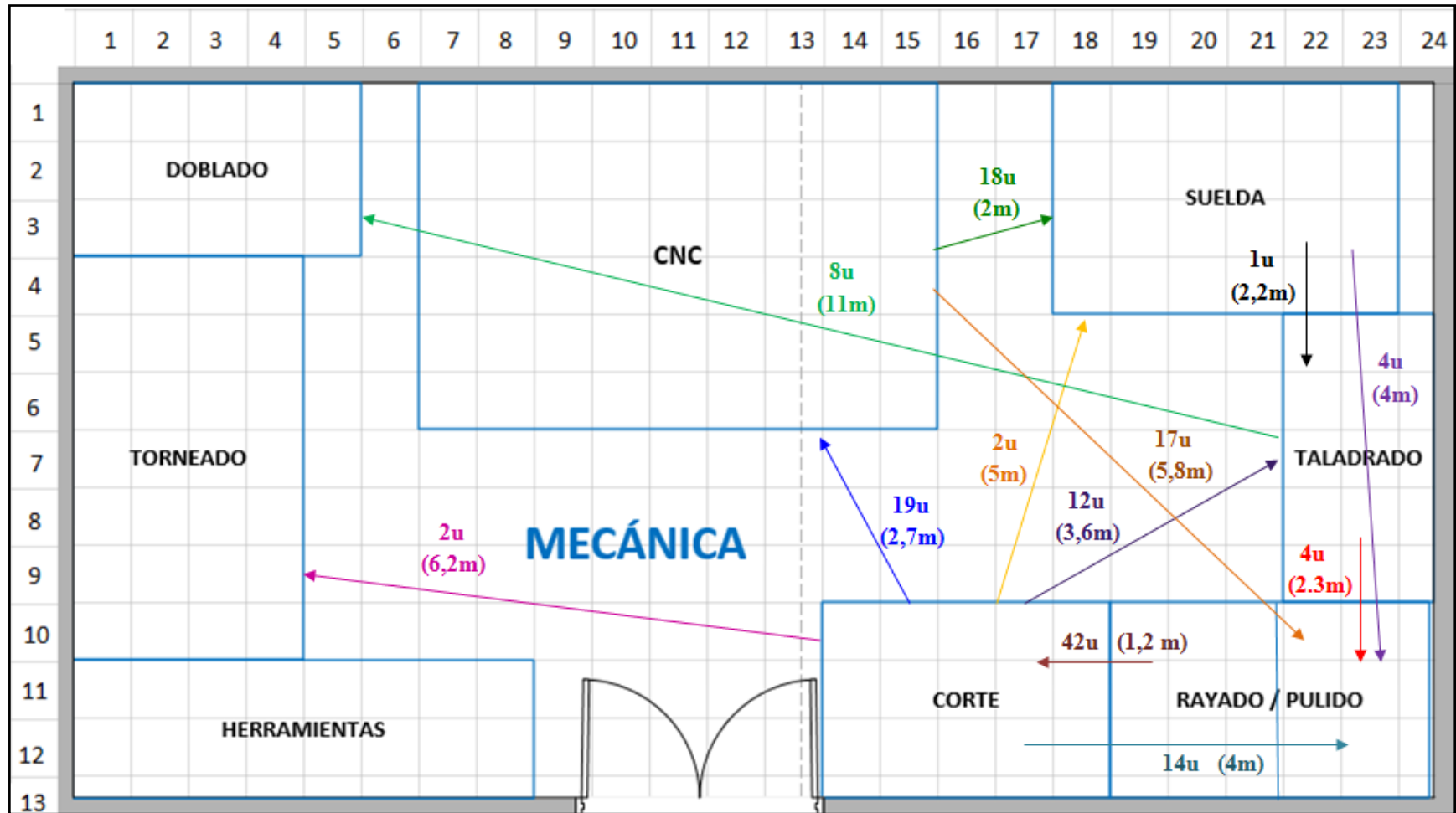


Figura 54: Diagrama de flujo de materiales y distancia entre puestos de trabajo

Tabla 37: Flujo de materiales entre puestos de trabajo taller mecánica

Fujo de materiales Taller de Mecánica (Unidades)								
PROCESOS								
Proceso	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC	Torneado	Soldado	Pulido
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	42,00	-	-	-	-	-	-
2		-	12,00	-	19,00	2,00	2,00	14,00
3			-	8,00	-	-	-	4,00
4				-	-	-	-	-
5					-	-	18,00	17,00
6						-	-	-
7			1,00				-	4,00
8								-

Tabla 38: Tiempos de transporte de material entre puestos de trabajo taller de mecánica

Costo de transporte entre puestos de trabajo								
PROCESOS								
Proceso	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC	Torneado	Soldado	Pulido
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0,0019						
2			0,0033		0,0036	0,0056	0,0042	0,0022
3				0,0061				0,0019
4								
5							0,0050	0,0058
6								
7			0,0025					0,0044
8								-

Una vez conocidos los datos necesarios se procede a calcular los costos por mover el material como se indica a continuación:

De rayado a corte

$$\text{Costo transporte}_{1-2} = 7.18 \text{ \$/h} \times 0,0019 \text{ h}$$

$$\text{Costo transporte}_{1-2} = 0,013 \text{ \$}$$

De corte a taladrado

$$\text{Costo transporte}_{2-3} = 7.18 \text{ \$/h} \times 0,0033 \text{ h}$$

$$\text{Costo transporte}_{2-3} = 0,023 \text{ \$}$$

De corte a CNC

$$\text{Costo transporte}_{2-5} = 7.18 \$/h \times 0,0036 \text{ h}$$

$$\text{Costo transporte}_{2-5} = 0,03 \$$$

De taladrado a doblado

$$\text{Costo transporte}_{3-4} = 7.18 \$/h \times 0,0061 \text{ h}$$

$$\text{Costo transporte}_{3-4} = 0,04 \$$$

El proceso de cálculo se realiza de la misma manera para cada uno de los flujos indicados, en la Tabla 39 se resume los resultados obtenidos mediante cálculo del costo de transporte entre puestos de trabajo. El costo indicado corresponde al flujo de piezas entre puestos de trabajo dentro del taller de mecánica, para una sola aeronave.

Tabla 39: Costo de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica

Costo de transporte entre puestos de trabajo (Dólares)								
PROCESOS								
Proceso	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC	Torneado	Soldado	Pulido
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0,01						
2		-	0,02		0,03	0,04	0,03	0,02
3				0,04				0,01
4								
5						-	0,04	0,04
6						-		
7			0,02				-	0,03
8								-

Costo de la distribución actual

Para encontrar una distribución adecuada de la maquinaria y equipos, primeramente es necesario calcular el costo de la distribución actual, para ello se multiplica el costo de mover el material por el volumen que circula de entre los puestos de trabajo, obteniendo los resultados indicados en la Tabla 40. Los valores de los círculos en rojo implican los costos más altos, por lo que es necesario acercar dichos puestos de trabajo para reducir el costo actual.

Tabla 40: Costo de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica distribución actual

Fujo de materiales Taller de Mecánica (Dólares)									
PROCESOS									
Proceso	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC	Torneado	Soldado	Pulido	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	-	(42)(0,01) = 0,59	-	-	-	-	-	-	0,59
2		-	(12)(0,02) = 0,29	-	(19)(0,026) = 0,49	(2)(0,04) = 0,08	(2)(0,03) = 0,06	(14)(0,02) = 0,28	1,14
3			-	(8)(0,04) = 0,35	-	-	-	(4)(0,01) = 0,06	0,41
4				-	-	-	-	-	0,00
5					-	-	(18)(0,036) = 0,65	(17)(0,04) = 0,71	1,36
6						-	-	-	0,00
7			(1)(0,02) = 0,02				-	(4)(0,03) = 0,13	0,15
8								-	0,00
Costo:									3,64

El costo de la distribución actual es de 3,64 dólares para mover los materiales dentro de esta instalación. En la figura 55 se presenta el diagrama de costos por flujo de materiales entre puestos de trabajo para la distribución actual.

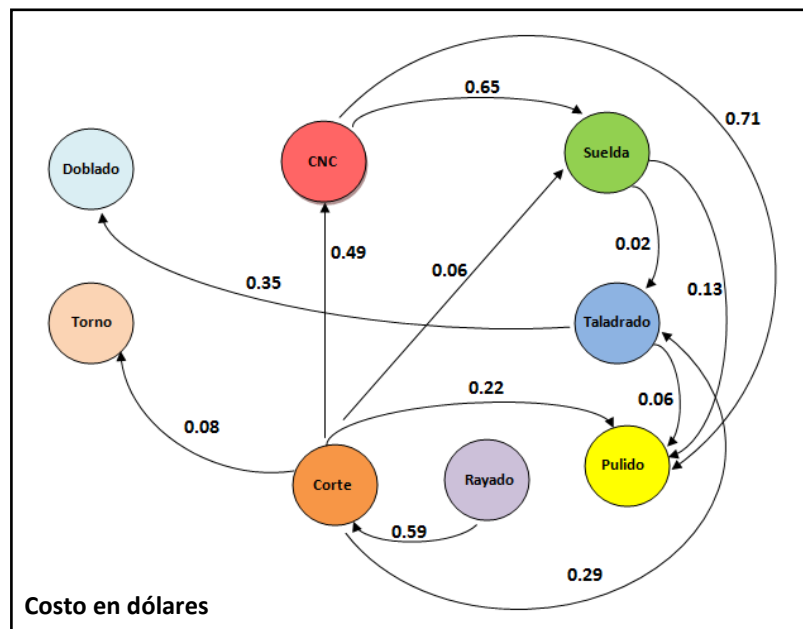


Figura 55: Diagrama de costos de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica

A simple vista se considera que se debe acercar el área de pulido al área de CNC ya que presenta el más alto costo de por manejo del material.

Costo de la distribución propuesta

Mediante un análisis minucioso de la distribución actual, se considera que se deben acercar los siguientes puestos de trabajo para reducir costos: corte junto a rayado, pulido y CNC, CNC junto a suelda y pulido. Para cumplir el objetivo se intercambio los puestos de trabajo de acuerdo a lo indicado en la Figura 56.

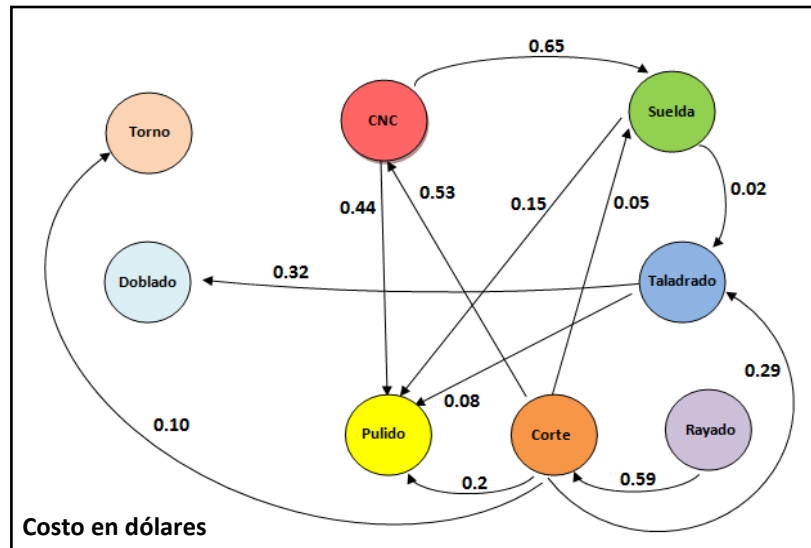


Figura 56: Diagrama de costos de flujo entre puestos de trabajo taller de mecánica

Los costos asociados a la nueva distribución se presentan en la Tabla 41.

Tabla 41: Costo de flujo entre puestos de trabajo del taller de mecánica distribución propuesta

Fujo de materiales Taller de Mecánica									
PROCESOS									
Proceso	Rayado	Cortado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC	Torneado	Soldado	Pulido	Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	-	(42)(0,014) = 0,59	-	-	-	-	-	-	0,59
2	-	-	(12)(0,024) = 0,29	-	(19)(0,028) = 0,53	(2)(0,048) = 0,10	(2)(0,024) = 0,05	(14)(0,014) = 0,2	1,16
3	-	-	-	(8)(0,04) = 0,32	-	-	-	(4)(0,02) = 0,08	0,40
4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
5	-	-	-	-	-	-	(18)(0,036) = 0,65	(17)(0,026) = 0,44	1,09
6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
7	-	-	(1)(0,017) = 0,02	-	-	-	-	(4)(0,038) = 0,15	0,17
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
Costo:									3,406979

4.16.3. Análisis cuantitativo de la distribución con el software WINQSB

Como ayuda para determinar la mejor solución de distribución de planta se utiliza además el software WinQSB, pero antes de proceder a ingresar los datos que el programa requiere, se debe graficar previamente un diagrama de la distribución actual como se indica en la Figura 57 y a cada área o puesto de trabajo se debe asignar una codificación para la identificación de las áreas como se indica en la Tabla 42.

Tabla 42: Codificación de las áreas de trabajo

Código	Área	Código	Área
R	Rayado	M	Mecanizado CNC
C	Cortado	D	Doblado
P	Pulido	K	Torneado
T	Taladrado	S	Suelda
H	Herramientas		

Para realizar el diagrama y tener una mayor precisión en el diseño, se utiliza una cuadrícula de 12 filas por 24 columnas, en las cuales se va asignando el espacio requerido por cada área de trabajo; el diagrama utilizado se presenta en la Figura 55.

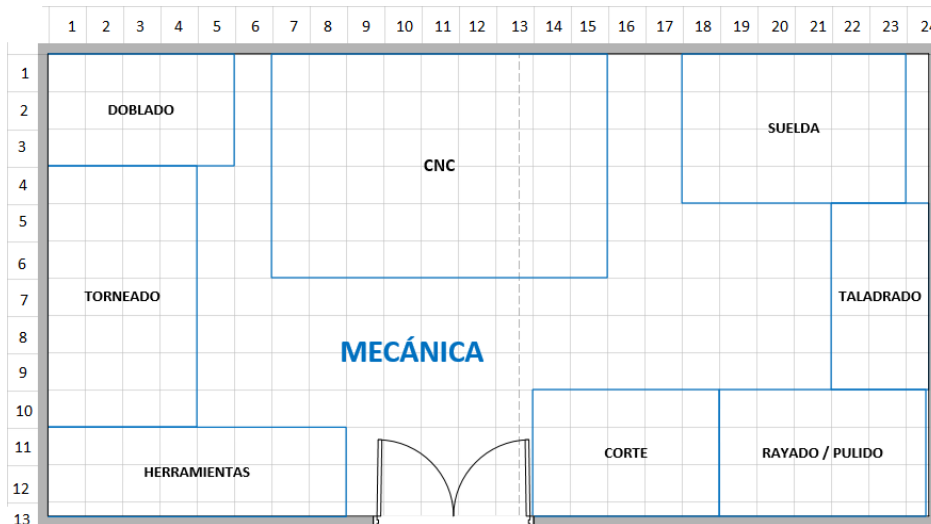


Figura 57: Layout actual del taller de mecánica

Una vez obtenidos todos los datos que el programa requiere como flujo de material, costo de transporte, etc. Se procede de la siguiente manera:

Desde el menú Inicio se accede a la carpeta WinQSB y se elige el modulo “*Facility Location and Layout*”. En la ventana de especificaciones que aparece (ver Figura 58) se

selecciona la opción “*Functional Layout*”, dentro la casilla “*Problem Type*”, y la opción “*Minimization*” en la casilla “*Objetivo Criterion*”, ya que lo se busca es minimizar los costos de transporte de materiales.

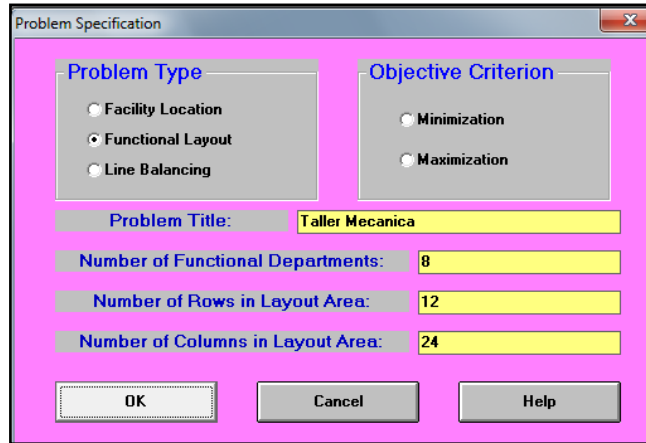


Figura 58: Parámetros para la distribución de planta del taller de mecánica

Además el programa solicita el número de departamentos o sitios de trabajo que posee la instalación, en este caso existen 8 puestos de trabajo ubicados dentro del taller objeto de estudio. Se puede apreciar además, que se asigno 12 filas y 24 columnas que son los valores utilizados para el diseño del diagrama de la Figura 57.

Una vez dentro del programa se procede a ingresar los datos como se indica en la Tabla 43, si una de las áreas de trabajo debe mantenerse fija en esa posición, es decir por alguna razón no se puede cambiar su ubicación, se deberá escribir *Yes* en la celda correspondiente de la columna “*Location Fixed*”, en cuanto a los valores numéricos, deberá ingresarse primeramente el valor de flujo seguido del signo “/” y luego el costo de transporte correspondiente.

Tabla 43: Tabla de datos ingresados en el software

partme	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit	To Dep. 2 Flow/Unit	To Dep. 3 Flow/Unit	To Dep. 4 Flow/Unit	To Dep. 5 Flow/Unit	To Dep. 6 Flow/Unit	To Dep. 7 Flow/Unit	To Dep. 8 Flow/Unit	To Dep. 9 Flow/Unit	Initial Layout in Cell Locations [e.g.,
1	Rayado/Pulido	no		42/0.01								(10,19)-(12,21)
2	Cortado	No			12/0.02		19/0.03	2/0.04	2/0.03	14/0.02		(10,14)-(12,18)
3	Taladrado	No				8/0.04				4/0.01		(5,22)-(9,24)
4	Doblado	No										(1,1)-(3,5)
5	Mec CNC	Yes								17/0.04		(1,7)-(6,15)
6	Torneado	No							18/0.04			(4,1)-(10,4)
7	Soldado	no			1/0.02					4/0.03		(1,18)-(4,23)
8	Pulido	No										(10,22)-(12,24)
9	Herramientas	Yes										(11,1)-(12,8)

Finalmente se ingresa la ubicación del puesto de trabajo dentro del layout, teniendo en cuenta el siguiente formato:


(Fila, Columna de la celda inicial) - (Fila, Columna de la celda final)

La Figura 59 presenta el layout inicial del taller de mecánica.

r\c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
1	D	D	D	D	D		M	M	M	M	M	M	M	M	M			S	S	S	S	S	S	S
2	D				D		M								M			S						S
3	D	D	D	D	D		M								M			S						S
4	K	K	K	K			M								M			S	S	S	S	S	S	S
5	K			K			M								M							T	T	T
6	K			K			M	M	M	M	M	M	M	M	M								T	T
7	K			K																			T	T
8	K			K																			T	T
9	K			K																			T	T
0	K	K	K	K											C	C	C	C	C	R	R	R	P	P
1	H	H	H	H	H	H	H	H							C				C	R		R	P	P
2	H	H	H	H	H	H	H	H							C	C	C	C	C	R	R	R	P	P
Total Cost =43,32 (Euclidian Distance)																								

Figura 59: Layout inicial para el taller mecánica

Resultados arrojados por el software

Para dar solución al problema planteado se presiona en el botón Solver , en el cuadro de dialogo que aparece se selecciona los parámetros “*Improve by exchanging 2 then 3 Departaments*” en el cual se analiza a manera de un flujo bidireccional con tres intercambios y “*Euclidean Distance*” como se indica en la Figura 60.

Solution Option

- Improve by Exchanging 2 departments
- Improve by Exchanging 3 departments
- Improve by Exchanging 2 then 3 departmei
- Improve by Exchanging 3 then 2 departmei
- Evaluate the Initial Layout Only

Distance Measure

- Rectilinear Distance
- Squared Euclidian Distance
- Euclidian Distance

Show the Exchange Iteration

Figura 60: Parámetros de solución para la nueva distribución de planta

Análisis de la distancia euclidiana

De acuerdo con los datos obtenidos de la distribución actual y la propuesta indicados en las Tablas 44 y 45 respectivamente, se puede diferenciar fácilmente que las distancias de recorrido entre áreas de trabajo que tienen una mayor circulación de materiales, disminuyen, por lo cual el flujo se desarrolla de manera eficiente y al más bajo costo.

Tabla 44: Distancias entre departamentos distribución actual

08-12-2015 09:06:33	To Rayado	To Cortado	To Taladrado	To Doblado	To Mec CNC	To KTorneado	To Soldado	To Pulido	To Herramientas	Sub Total
From Rayado	0	4	5	19,24	11,72	17,95	8,51	3	15,51	84,92
From Cortado	4	0	8,06	15,81	9,01	14,08	9,62	7	11,51	79,10
From Taladrado	5	8,06	0	20,62	12,50	20,50	5,15	4	19,04	94,87
From Doblado	19,24	15,81	20,62	0	8,14	5,02	17,51	21,93	9,62	117,88
From Mec CNC	11,72	9,01	12,50	8,14	0	9,19	9,55	14,15	10,31	84,57
From KTorneado	17,95	14,08	20,50	5,02	9,19	0	18,55	20,89	4,92	111,11
From Soldado	8,51	9,62	5,15	17,51	9,55	18,55	0	8,86	18,36	96,11
From Pulido	3	7	4	21,93	14,15	20,89	8,86	0	18,51	98,34
From Herramientas	15,51	11,51	19,04	9,62	10,31	4,92	18,36	18,51	0	107,77
Sub-Total	84,92	79,10	94,87	117,88	84,57	111,11	96,11	98,34	107,77	874,68

Tabla 45: Distancias entre departamentos distribución propuesta

08-12-2015 08:40:41	To Rayado	To Cortado	To Taladrado	To Doblado	To Mec CNC	To KTorneado	To Soldado	To Pulido	To Herramientas	Sub Total
From Rayado	0	3,80	8,05	21,98	13,41	20,70	4,26	7,75	19,34	99,28
From Cortado	3,80	0	5,20	20,00	12,78	19,26	6,66	9,94	16,70	94,35
From Taladrado	8,05	5,20	0	14,89	9,01	14,44	8,43	10,46	11,51	82,01
From Doblado	21,98	20,00	14,89	0	10,10	3,41	19,99	19,31	5,19	114,88
From Mec CNC	13,41	12,78	9,01	10,10	0	7,78	10,47	9,26	10,31	83,13
From KTorneado	20,70	19,26	14,44	3,41	7,78	0	18,17	17,00	7,39	108,15
From Soldado	4,26	6,66	8,43	19,99	10,47	18,17	0	3,51	18,29	89,78
From Pulido	7,75	9,94	10,46	19,31	9,26	17,00	3,51	0	18,54	95,76
From Herramientas	19,34	16,70	11,51	5,19	10,31	7,39	18,29	18,54	0	107,26
Sub-Total	99,28	94,35	82,01	114,88	83,13	108,15	89,78	95,76	107,26	874,61

Layout propuesto para el taller de mecánica

De acuerdo al análisis cuantitativo que desarrolla el software, este arroja una nueva alternativa de distribución que se presenta en la Figura 61.

El programa realiza los cálculos correspondientes y presenta un layout inicial con un costo total de 43,32 dólares, después de realizar la reubicación de los puestos de trabajo con sus respectivos cálculos se obtiene varias soluciones para un nuevo layout, de los cuales, el más apropiado presenta un costo total de 40 dólares, es decir existe un ahorro de 3,32 dólares relacionado con los costos de transporte de la distribución actual.

r/c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4		
1	K	K	K	K	K		M	M	M	M	M	M	M	M	M			S	S	S	S	S	S	S		
2	K				K		M								M			S						S		
3	K	K	K	K	K		M								M			S						S		
4							M								M			S	S	S	S	S	S	S		
5	D	D	D				M								M								P	P	P	
6	D		D				M	M	M	M	M	M	M	M	M									P	P	
7	D		D																				R	R	R	
8	D		D																				R		R	
9	D	D	D																				R	R	R	
0															T	T	T	T	T	C	C	C	C	C		
1	H	H	H	H	H	H	H	H							T				T	C				C		
2	H	H	H	H	H	H	H	H							T	T	T	T	T	C	C	C	C	C		
Total Cost =40,00 (Euclidian Distance)																										

Figura 61: Layout propuesto para el taller de mecánica

Para el análisis del resto de talleres el proceso de cálculo se efectúa de la misma manera, aunque en estos no se posee gran cantidad de maquinaria ya que los procesos en su mayoría son manuales.

4.17. Balanceo de la línea de ensamble final

En esta apartado se realiza el análisis y balanceo de la línea de ensamble final del UAV Gavilán III, los procesos de ensamble final en su gran mayoría son tareas manuales por lo cual el análisis de tiempos se realizó en base a la norma MTM-2 el estudio detallado se muestra en los anexos 14 al 25. En la Figura 62 se muestra el diagrama de ensamble final del UAV Gavilán III con sus respectivos tiempos estimados.

El proceso de ensamble final sigue la secuencia planteada, en la Tabla 46, las tareas 40 a 44 se ejecutan en otra instalación ajena a la sección de producción dedicada específicamente al área electrónica y de control, por esta razón formarán parte de una sola estación. Para el análisis dentro de la sección de producción solamente se toma en cuenta únicamente aquellas tareas referentes a la construcción de la estructura de la aeronave.

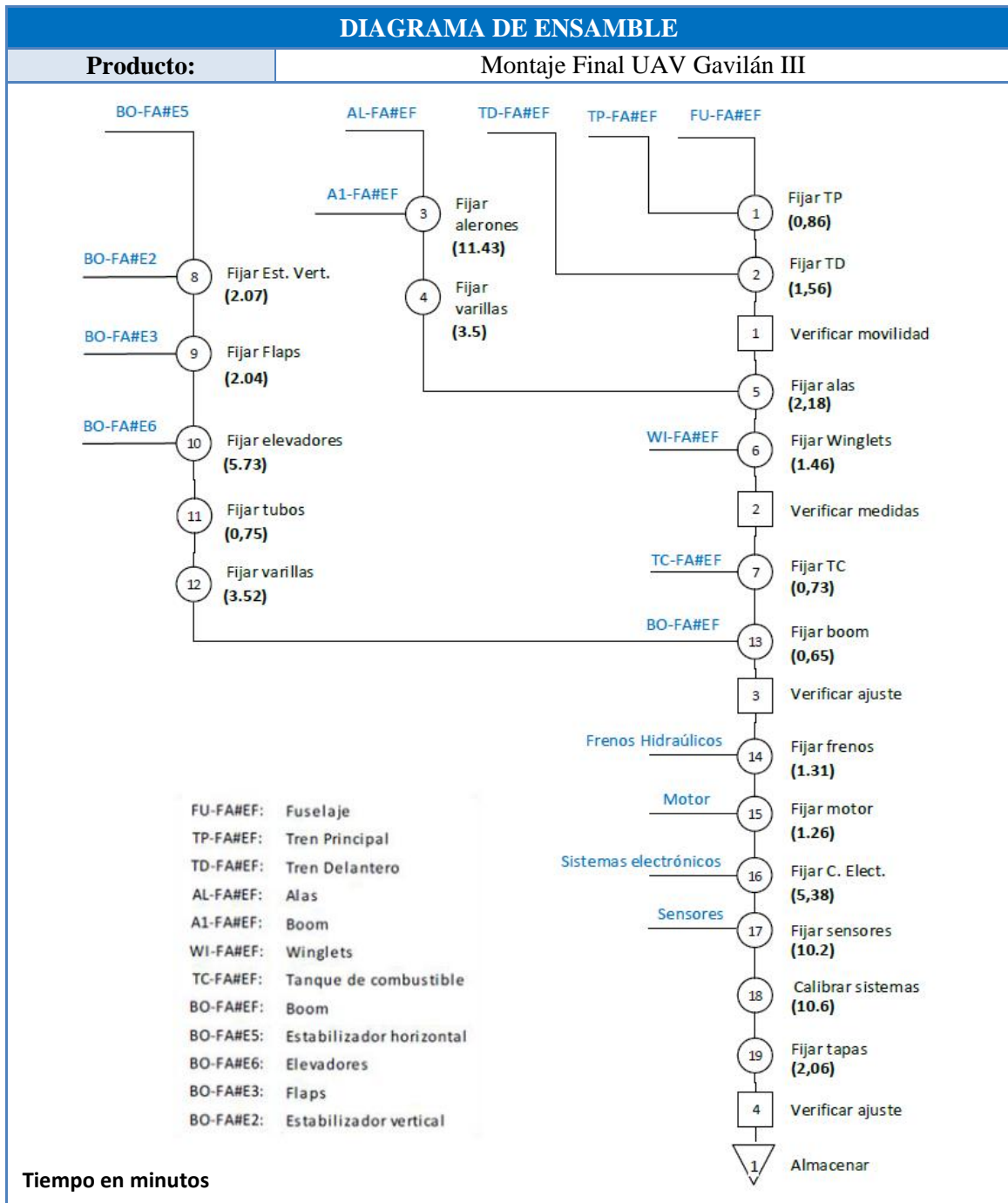


Figura 62: Diagrama de ensamble final del UAV Gavilán III

En base al diagrama presentado en la Figura 62 y los procesos de ensamble de cada componente principal, se construye la tabla de relaciones de precedencia correspondiente mostrada en la Tabla 46 y el diagrama de precedencia presentado en la Figura 63.

Tabla 46: Tabla de relaciones de precedencia para ensamble final

N°	Tarea	Tiempo (min)	Tarea Precedente
	FUSELAJE		
1	Fijar base tren de dirección	0,60	-
2	armar base tren principal	0,87	1
3	Fijar base del tren principal	0,75	2
4	Acoplar soportes laterales	1,50	3
5	Fijar cuadernas de madera	6,13	4
6	Fijar cuaderna de ala aluminio	1,90	5
7	Fijar nariz	0,70	6
	TREN PRINCIPAL		
8	Subensamble cuerpo principal	2,66	-
9	Fijar chapas de mordazas	1,16	8
10	armar ruedas	4,51	9
11	Fijar disco de freno	1,93	10
12	Fijar rueda al cuerpo principal	0,88	11
13	Fijar tren principal	0,86	7 , 12
	TREN DELANTERO		
14	Fijar soportes al cuerpo principal	1,14	-
15	armar rueda	1,62	14
16	Fijar rueda	0,40	15
17	Fijar actuador	0,84	16
18	Fijar componentes de dirección	2,13	17
19	Fijar tren de dirección	1,56	13 , 18
	ALAS		
20	Armar estructura	18,60	-
21	Fijar cajas de servos	2,32	21
22	fijar refuerzos de ala	2,97	22
23	Fijar piel	3,63	23
24	armar alerones 1	7,29	-
25	armar alerones 2	8,00	-
26	Fijar alerones y servos	17,56	23, 24, 25
27	Fijar alas	2,18	26
28	Fijar Winglets	1,46	27
29	Fijar tanque de combustible	0.73	27
	BOOM		
30	Armar estabilizador vertical	18,10	-
31	Armar estabilizador Horizontal	8,19	-
32	Fijar estabilizadores horizontal y vertical	2,07	30, 31
33	armar flaps	8,65	-
34	fijar flaps y servos	7,29	32, 33
35	armar elevadores	7,73	-
36	Fijar elevadores y servos	9,26	34, 35

Tabla 46: Tabla de relaciones de precedencia para ensamble final (Continuación)

N°	Tarea	Tiempo (min)	Tarea Precedente
37	Fijar tubos	0,75	36
38	Fijar boom	0,65	28, 29, 37
39	Fijar Frenos	1,31	19
40	Fijar motor	1,26	39
41	Fijar Sistemas electrónicos	5,38	40
42	Fijar sensores	10,20	41
43	Calibrar Sistemas	10,60	42
44	Fijar tapas de fuselaje	2,06	43

Diagrama de precedencia de las tareas de ensamble final del UAV Gavilán III

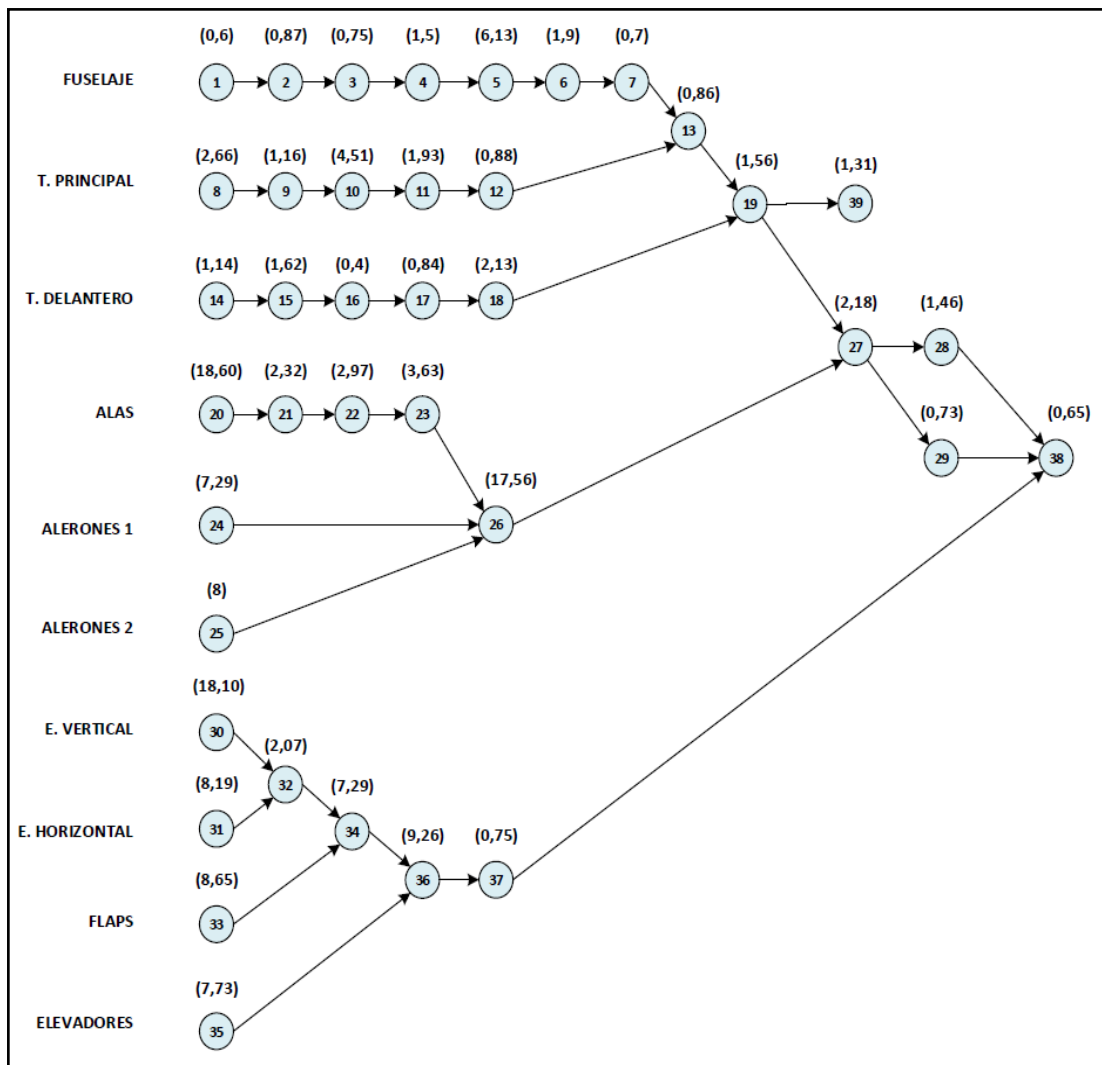


Figura 63: Diagrama de precedencia del Ensamble final

De acuerdo al diagrama de la figura 63, las tareas 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 38 controlan la línea de ensamblaje debido a que tienen los tiempos de operación más largos, con la sumatoria de estos valores se puede calcular el tiempo de ciclo para el ensamble final.

Tareas

$$TC = 18.60+2.32+2.97+3.63+17.56+2.18+1.46+0.65$$

$$TC = 49.37 \text{ min/u}$$

El tiempo de ciclo para las tareas que se desarrollan dentro de la sección de producción es de 49.37 minutos por cada unidad, por lo cual las tareas de montaje podrán realizarse únicamente dentro de este intervalo de tiempo.

Número teórico de estaciones

Para el área de ensamble se requiere distribuir la sección para facilitar las tareas de montaje para ello se determina el número de estaciones de trabajo en base a la ecuación (9).

$$Nt = \frac{\text{Suma de tiempos de tareas } (T)}{\text{Tiempo de Ciclo } (TC)} \quad (9)$$

$$Nt = \frac{160.15 \text{ min}}{49.37 \text{ min/u}}$$

$$Nt = 3,24 \text{ estaciones}$$

$$Nt = 4 \text{ estaciones de trabajo}$$

El balanceo de la línea de ensamble se efectuó en base a dos criterios:

- Criterio del número más alto de tareas subsiguientes.
- Criterio en base al tiempo de tarea más largo.

A continuación se presenta el balanceo de la línea de ensamble en base a cada uno de los criterios planteados. La Tabla 47 muestra el balanceo de línea en base al criterio del número más alto de tareas subsiguientes.

Tabla 47: Balanceo de la línea de ensamble en base al número más alto de tareas subsiguientes

			ESTACIONES DE TRABAJO SECCIÓN DE PRODUCCIÓN			
Tarea	Tiempo	Prec.	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
1	0,60	-	49,37 - 0,60 = 48,77			
2	0,87	1	48,77 - 0,87 = 47,90			
3	0,75	2	47,90 - 0,75 = 47,15			
4	1,50	3	47,15 - 1,50 = 45,65			
5	6,13	4	45,65 - 6,13 = 39,52			
6	1,90	5	39,52 - 1,90 = 37,63			
7	0,70	6	37,63 - 0,70 = 36,93			
8	2,66	-	36,93 - 2,66 = 34,27			
9	1,16	8	34,27 - 1,16 = 33,11			
10	4,51	9	33,11 - 4,51 = 28,60			
11	1,93	10	28,60 - 1,93 = 26,67			
12	0,88	11	26,67 - 0,88 = 25,78			
13	0,86	7, 12	25,78 - 0,86 = 24,92			
14	1,14	-	24,92 - 1,14 = 23,78			
15	1,62	14	23,78 - 1,62 = 22,16			
16	0,40	15	22,16 - 0,40 = 21,76			
17	0,84	16	21,76 - 0,84 = 20,92			
18	2,13	17	20,92 - 2,13 = 18,79			
19	1,56	13, 18	18,79 - 1,56 = 17,23			
20	18,60	-		49,37 - 18,60 = 30,77		
21	2,32	21		30,77 - 2,32 = 28,45		
22	2,97	22		28,45 - 2,97 = 25,48		
23	3,63	23		25,48 - 3,63 = 21,85		
24	7,29	-		21,85 - 7,29 = 14,56		
25	8,00	-		14,56 - 8,00 = 6,56		
26	17,56	23, 24, 25			49,37 - 17,56 = 31,81	
27	2,18	26				49,37 - 2,18 = 47,19
28	1,46	27				47,19 - 1,46 = 45,73
29	0,73	27				45,73 - 0,73 = 45,00
30	18,10	-			31,81 - 18,10 = 13,71	
31	8,19	-	17,23 - 8,19 = 9,04			
32	2,07	30, 31			13,71 - 2,07 = 11,64	
33	8,65	-	9,04 - 8,65 = 0,39			
34	7,29	32, 33				45,00 - 7,29 = 37,71
35	7,73	-			11,64 - 7,73 = 3,91	
36	9,26	34, 35				37,71 - 9,26 = 28,45
37	0,75	36				28,45 - 0,75 = 27,70
38	0,65	28, 29, 37				27,70 - 0,65 = 27,05
39	1,31	19		6,56 - 1,31 = 5,25		
Σ=	160,88					

En la Tabla 48 se presenta el balanceo de la línea de ensamble en base al criterio del tiempo de tarea más largo.

Tabla 48: Balanceo de la línea de ensamble en base al tiempo de tarea más largo.

			ESTACIONES DE TRABAJO SECCIÓN DE PRODUCCIÓN			
Tarea	Tiempo	Prec.	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
20	18,60	-	49,37 - 18,60 = 30,77			
30	18,10	-	30,77 - 18,10 = 12,67			
33	8,65	-	12,67 - 8,65 = 4,02			
31	8,19	-		49,37 - 8,19 = 41,18		
25	8,00	-		41,18 - 8,00 = 33,18		
35	7,73	-		33,18 - 7,73 = 25,45		
24	7,29	-		25,45 - 7,29 = 18,16		
8	2,66	-		18,16 - 2,66 = 15,50		
21	2,32	20	4,02 - 2,32 = 1,70			
22	2,97	21		15,50 - 2,97 = 12,53		
23	3,63	22		12,53 - 3,63 = 8,90		
26	17,56	23, 24, 25			49,37 - 17,56 = 31,81	
32	2,07	30, 31		8,90 - 2,07 = 6,83		
34	7,29	32, 33			31,81 - 7,29 = 24,52	
36	9,26	34, 35			24,52 - 9,26 = 15,26	
9	1,16	8		6,83 - 1,16 = 5,67		
14	1,14	-	1,70 - 1,14 = 0,56			
10	4,51	9		5,67 - 4,51 = 1,16		
11	1,93	10			15,26 - 1,93 = 13,33	
15	1,62	14			13,33 - 1,62 = 11,71	
12	0,88	11			11,71 - 0,88 = 10,82	
37	0,75	36			10,82 - 0,75 = 10,07	
1	0,60	-			10,07 - 0,60 = 9,47	
2	0,87	1			9,47 - 0,87 = 8,60	
3	0,75	2			8,60 - 0,75 = 7,85	
4	1,50	3			7,85 - 1,50 = 6,35	
5	6,13	4			6,35 - 6,13 = 0,22	
6	1,90	5				49,37 - 1,90 = 47,47
7	0,70	6				47,47 - 0,70 = 46,77
13	0,86	7, 12				46,77 - 0,86 = 45,91
16	0,40	15				45,91 - 0,40 = 45,51
17	0,84	16				45,51 - 0,84 = 44,67
18	2,13	17				44,67 - 2,13 = 42,54
19	1,56	13, 18				42,54 - 1,56 = 40,98
27	2,18	26				40,98 - 2,18 = 38,80
28	1,46	27				38,80 - 1,46 = 37,34
39	1,31	19				37,34 - 1,31 = 36,03
29	0,73	27				36,03 - 0,73 = 35,30
38	0,65	28, 29, 37				35,30 - 0,65 = 34,65
Σ=	160,88					

Eficiencia del balanceo de la línea de ensamble

La eficiencia del balanceo de la línea de ensamble se efectúa en base a la ecuación (10).

$$E\% = \frac{\text{Suma de tiempos de tareas (T)}}{(\text{Numero real de Est Trabajo (Nt)} * \text{Tiempo de Ciclo (TC)}} \quad (10)$$

Como la sección de producción se encarga de las tareas 1-39 que corresponden al ensamble de la estructura del avión se toma en cuenta solamente la sumatoria de los tiempos de estas tareas. Por lo tanto:

- **(T):** Tiempo de tareas (1-39) es de 160,88 min.
- **(Nt):** Para los casos presentados se tiene 4 estaciones reales de trabajo.
- **(TC):** El tiempo de ciclo es de 49.37 min.

Con estos datos y reemplazando en (10) se obtiene el siguiente resultado para los dos balanceos de línea propuestos:

$$E\% = \frac{160.88 \text{ min}}{(4) * (49.37 \text{ min})}$$

$$E\% = \frac{160.88 \text{ min}}{(4) * (49.37 \text{ min})}$$

$$E\% = 0.81 = 81\%$$

En lo que se refiere a la estación de trabajo 5, al pertenecer a otra instalación quedaría dispuesta de la siguiente manera:

Tabla 49: Tareas de la estación de trabajo 5 dedicada a la parte electrónica

Tarea	Tiempo	Prec.	Estación 5
40	1,26	39	29,5 - 1,26 = 28,24
41	5,38	40	28,24 - 5,38 = 22,86
42	10,20	41	22,86 - 10,20 = 12,66
43	10,60	42	12,66 - 10,60 = 2,06
44	2,06	43	2,06 - 2,06 = 0,00

Cuyo tiempo de ciclo es de 29.5 minutos correspondiente a la sumatoria de las tareas que se desarrollan en esta sección. Por lo tanto el tiempo de ciclo del ensamble final del UAV Gavilán III sería igual a la sumatoria del tiempo de ciclo de las actividades desarrolladas en el Hangar 2 que es de 49.37 minutos y el tiempo de ciclo de las actividades desarrolladas en el Hangar 1 correspondiente a la parte electrónica y de control que es de 29.5 minutos dando un total de 78.87 minutos por cada unidad ensamblada.

4.17.1. Balanceo de Línea con WinQSB

Para corroborar los resultados obtenidos se procede a realizar el balanceo de la línea de ensamblaje mediante la utilización del software WinQSB, mediante el modulo “*Facility Location and Layout*”. Una vez dentro del programa se selecciona “*Line Balancing*”, en la casilla “*Problem Type*”, el número de operaciones que se realizan en la sección de producción que para este caso es de 39, como se muestra en la Figura 64.

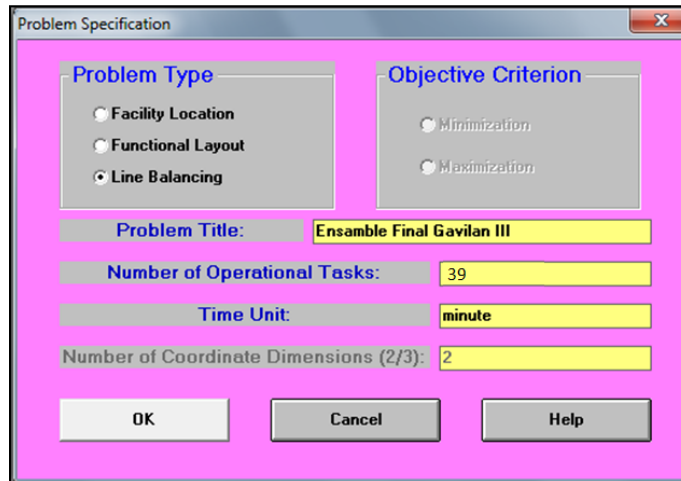


Figura 64: Interfaz Facility Location and Layout


A continuación se procede a ingresar al software las tareas con sus respectivos tiempos y restricciones de precedencia como se indica en la Tabla 50, el tiempo de cada tarea se mide en minutos. Para este estudio no existe tareas aisladas en el caso del ensamble final, por tal razón la columna “*Task Isolated*” se encuentra con selección No.

Tabla 50: Datos para el problema de balanceo de línea de ensamble

Task Number	Task Name	Task Time in minute	Task Isolated (Y/N)	Immediate Successor
1	Fijar base tren de dirección	0.6	No	2
2	armar base tren principal	0.87	No	3
3	Fijar base del tren principal	0.75	No	4
4	Acoplar soportes laterales	1.50	No	5
5	Fijar cuadernas de madera	6.13	No	6
6	Fijar cuaderna de ala	1.90	No	7
7	Fijar nariz	0.70	No	13
8	Subensamble cuerpo	2.66	No	9
9	Fijar chapas de mordazas	1.16	No	10
10	armar ruedas	4.51	No	11
11	Fijar disco de freno	1.93	No	12
12	Fijar rueda al cuerpo	0.88	No	13
13	Fijar tren principal	0.86	No	19
14	Fijar soportes al cuerpo	1.14	No	15
15	armar rueda	1.62	No	16

Tabla 50: Datos para el problema de balanceo de línea de ensamble (continuación)

Task Number	Task Name	Task Time in minute	Task Isolated (Y/N)	Immediate Successor
16	Fijar rueda	0.4	No	17
17	Fijar actuador	0.84	No	18
18	Fijar componentes de	2.13	No	19
19	Fijar tren de direccion	1.56	No	27,39
20	Armar estructura	18.60	No	21
21	Fijar cajas de servos	2.32	No	22
22	fijar refuerzos de ala	2.97	No	23
23	Fijar piel	3.63	No	26
24	armar alerones 1	7.29	No	26
25	armar alerones 2	8.00	No	26
26	Fijar alerones y servos	17.56	No	27
27	Fijar alas	2.18	No	28,29
28	Fijar Winglets	1.46	No	38
29	Fijar tanque de combustible	0.73	No	38
30	Armar estabilizador vertical	18.10	No	32
31	Armar estabilizador	8.19	No	32
32	Fijar estabilizadores	2.07	No	34
33	armar flaps	8.65	No	34
34	fijar flaps y servos	7.29	No	36
35	armar elevadores	7.73	No	36
36	Fijar elevadores y servos	9.26	No	37
37	Fijar tubos	0.75	No	38
38	Fijar boom	0.65	No	
39	Fijar Frenos	1.31	No	

Una vez ingresados los datos correspondientes, dar clic en el botón Solver  y aparecerá la siguiente ventana, donde se selecciona el procedimiento heurístico para este caso se selecciona el criterio del número más alto de tareas subsiguientes, el tiempo de ciclo que para este caso es de 49.37 min y la producción deseada que para este análisis se asigna 1 unidad terminada, luego dar clic en OK para resolver el problema planteado.

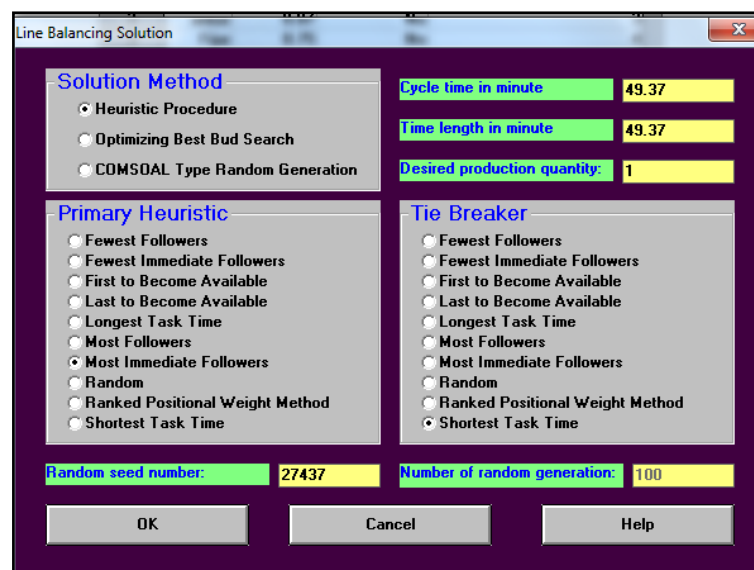


Figura 65: Parámetros para solución del balanceo de línea

4.17.2. Resultados obtenidos para el balanceo de línea

La Tabla 51 presenta los resultados obtenidos del balanceo de líneas mediante software.

Tabla 51: Resultados Obtenidos por el programa

08-06-2015 20:31:17	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Fijar base tren de dirección	0,60	48,77	98,78%
2			2	armar base tren principal	0,87	47,90	97,02%
3			3	Fijar base del tren principal	0,75	47,15	95,50%
4			14	Fijar soportes al cuerpo principal	1,14	46,01	93,19%
5			4	Acoplar soportes laterales	1,50	44,51	90,16%
6			15	armar rueda	1,62	42,89	86,87%
7			16	Fijar rueda	0,40	42,49	86,06%
8			17	Fijar actuador	0,84	41,65	84,36%
9			18	Fijar componentes de direccion	2,13	39,52	80,05%
10			8	Subensamble cuerpo principal	2,66	36,86	74,66%
11			9	Fijar chapas de mordazas	1,16	35,70	72,31%
12			10	armar ruedas	4,51	31,19	63,18%
13			11	Fijar disco de freno	1,93	29,26	59,27%
14			12	Fijar rueda al cuerpo principal	0,88	28,38	57,48%
15			5	Fijar cuadernas de madera	6,13	22,25	45,07%
16			6	Fijar cuaderna de ala aluminio	1,90	20,35	41,22%
17			7	Fijar nariz	0,70	19,65	39,80%
18			13	Fijar tren principal	0,86	18,79	38,06%
19			19	Fijar tren de direccion	1,56	17,23	34,90%
20			24	armar alerones 1	7,29	9,94	20,13%
21			35	armar elevadores	7,73	2,21	4,48%
22			39	Fijar Frenos	1,31	0,90	1,82%
23	2	1	25	armar alerones 2	8	41,37	83,80%
24			31	Armar estabilizador Horizontal	8,19	33,18	67,21%
25			33	armar flaps	8,65	24,53	49,69%
26			30	Armar estabilizador vertical	18,10	6,43	13,02%
27			32	Fijar estabilizadores horizontal y vertical	2,07	4,36	8,83%
28	3	1	34	fijar flaps y servos	7,29	42,08	85,23%
29			36	Fijar elevadores y servos	9,26	32,82	66,48%
30			37	Fijar tubos	0,75	32,07	64,96%
31			20	Armar estructura	18,60	13,47	27,28%
32			21	Fijar cajas de servos	2,32	11,15	22,58%
33			22	fijar refuerzos de ala	2,97	8,18	16,57%
34			23	Fijar piel	3,63	4,55	9,22%
35	4	1	26	Fijar alerones y servos	17,56	31,81	64,43%
36			27	Fijar alas	2,18	29,63	60,02%
37			29	Fijar tanque de combustible	0,73	28,90	58,54%
38			28	Fijar Winglets	1,46	27,44	55,58%
39			38	Fijar boom	0,65	26,79	54,26%

De este resultado se obtiene que es factible dividir el área de ensamble final en cuatro estaciones de trabajo debido al peso de ciertos componentes se asignara un operario adicional a cada estación para facilitar el movimiento de ciertos componentes como las alas: de este modo el proceso de ensamble final queda constituido de cinco estaciones bien definidas como se indica en la Figura 66, cuatro dentro de la sección de producción para el ensamble de la estructura del avión, y otra dedicada a la instalación de los sistemas electrónicos y de control en el hangar 1.

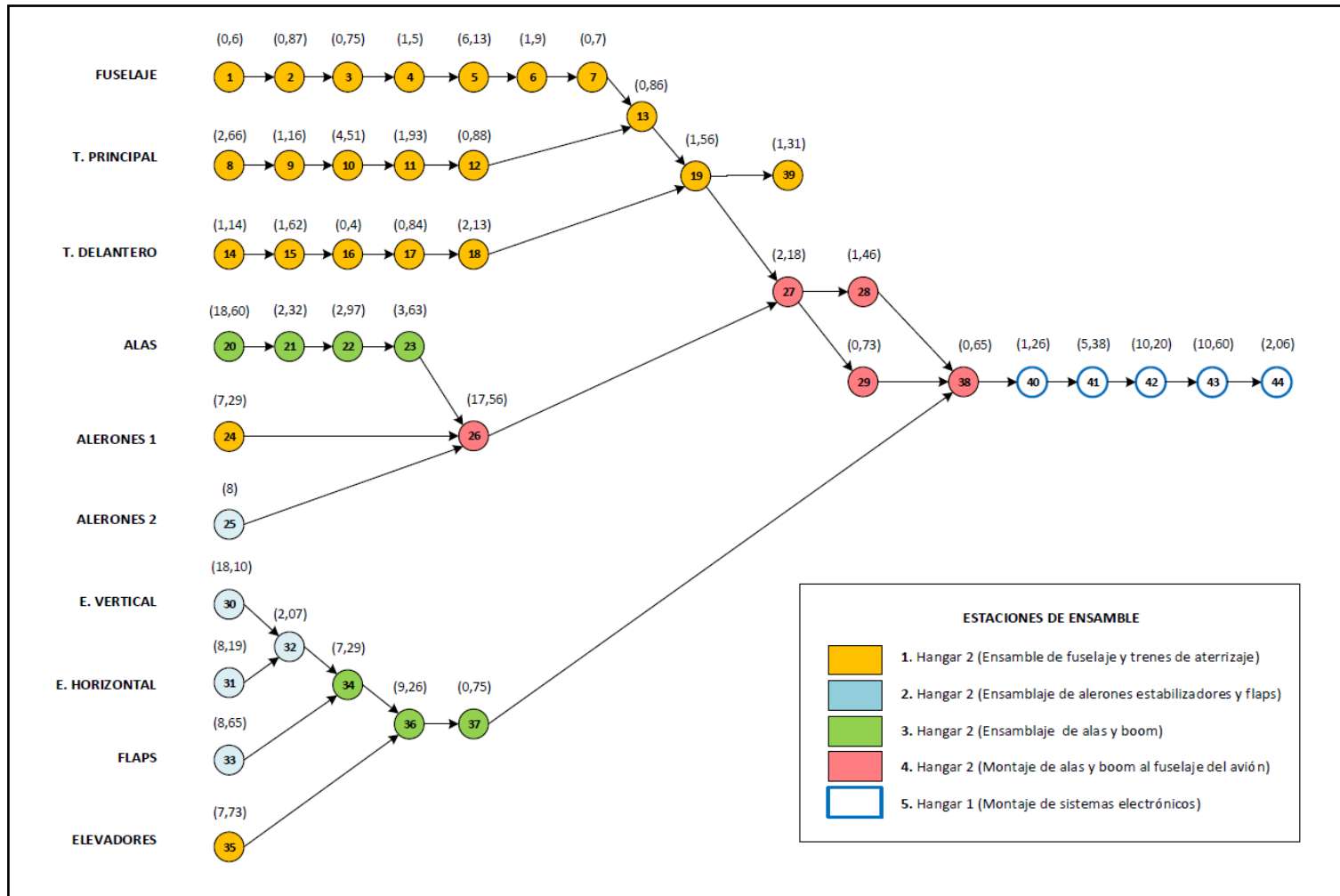


Figura 66: Balanceo de la línea de ensamble final del UAV Gavilán III

Los resultados obtenidos mediante WinQSB para el balanceo de la línea de ensamble se pueden observar en la Figuras 67.

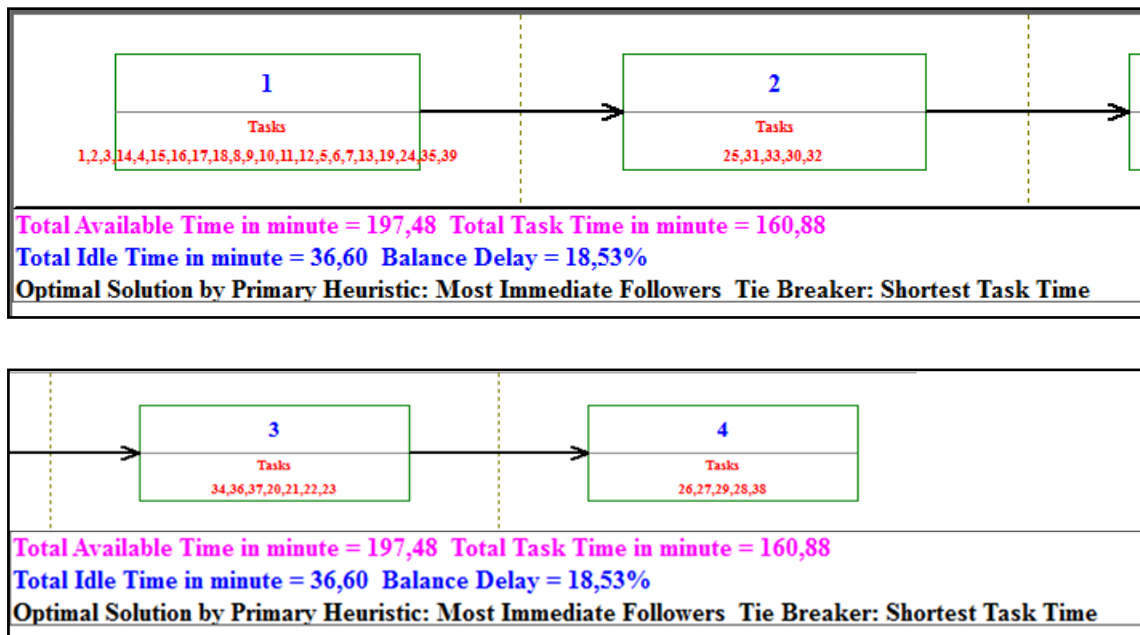


Figura 67: Tareas asignadas a cada estación por medio de WinQSB

De manera general las estaciones de trabajo desempeñan las siguientes funciones:

Estación de trabajo 1: En la cual se realiza el montaje del fuselaje y trenes de aterrizaje con el propósito de facilitar el transporte del subensamble de una estación de trabajo a otra, además se realiza el ensamble tanto de alerones 1 y elevadores.

Estación de trabajo 2: En la cual se realiza el montaje de los estabilizadores horizontal y vertical, alerones 2 y flaps verticales.

Estación de trabajo 3: En esta estación de trabajo se realiza el montaje final de las alas y el ensamblaje final del boom.

Estación de trabajo 4: En esta estación de trabajo se realiza el montaje final de alas que posteriormente se fijan al fuselaje del avión, posteriormente se ensambla y se fija el boom en su posición final.

Estación de trabajo 5: El avión ensamblado pasa al hangar 1, en donde se colocan los sistemas electrónicos de navegación, energía e instrumentación requeridos para cumplir con las misiones de vuelo.

Concluidos todos estos pasos, el aeroplano pasa a las respectivas pruebas y calibración en la pista de aterrizaje por un periodo de 10 a 15 minutos. Los materiales requeridos dentro de cada estación de trabajo, para efectuar el ensamblaje final del UAV Gavilán III se detallan en el Anexo 29.

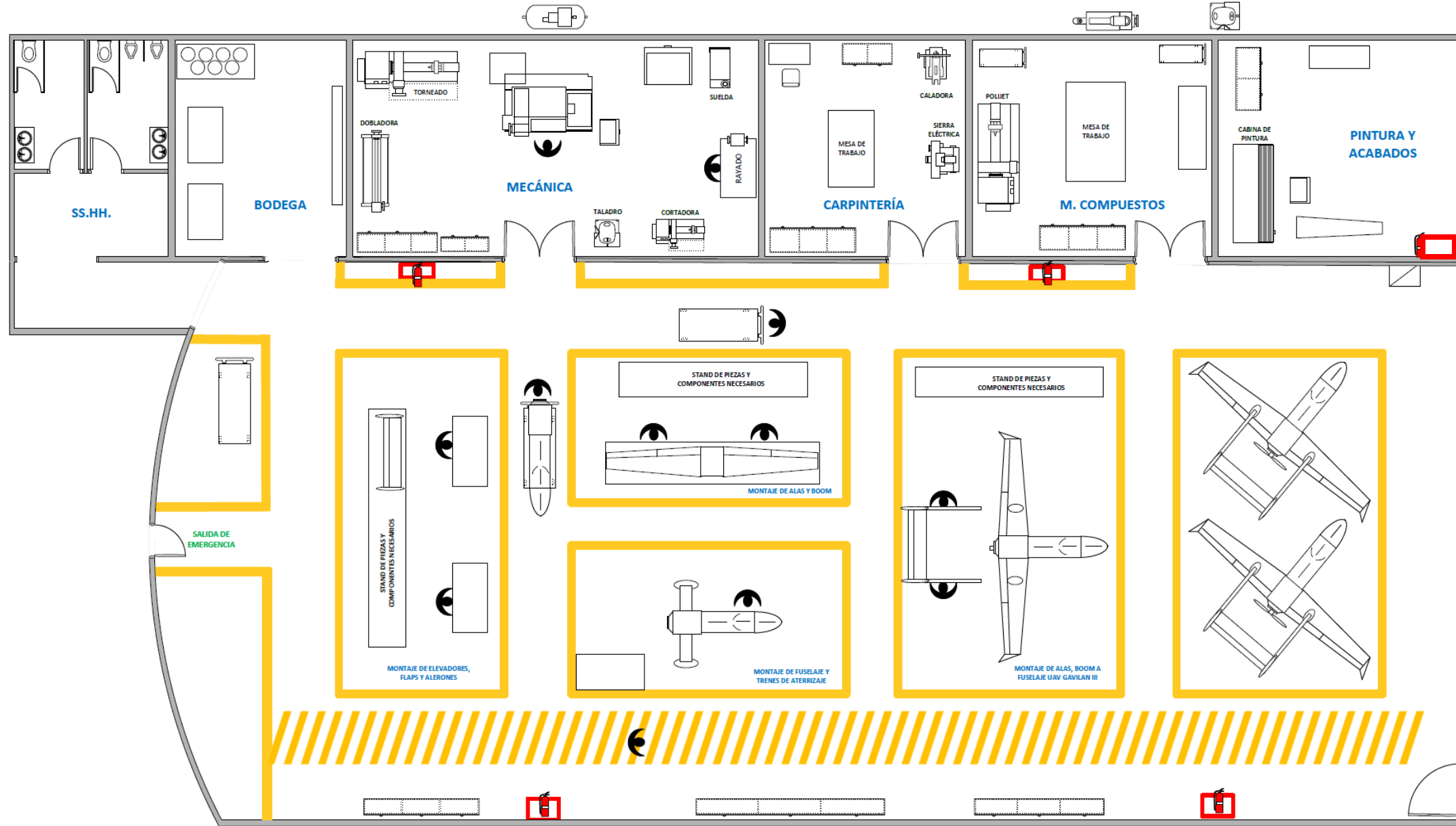
4.18.Distribución de planta final

A continuación se procederá a realizar el análisis para encontrar una distribución de planta adecuada para el área de producción.

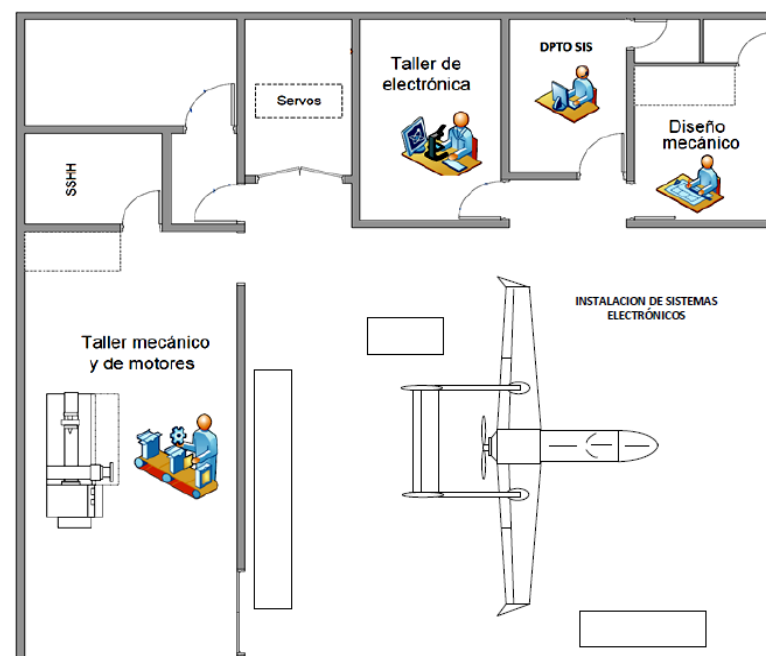
Al efectuar una revisión en base a las normativas de seguridad vigentes como el reglamento de salud y seguridad de los trabajadores se puede constatar que las instalaciones cumplen con los requisitos de seguridad mínimos planteados en este tipo de reglamentos.

Por esta razón y en base a los resultados obtenidos para la distribución de planta visto en el apartado 4.16, se procede a establecer una propuesta de distribución que facilite las tareas de ensamblaje dentro de la sección de producción. La distribución de planta final para la sección de producción se muestra en la Figura 68.

HANGAR N° 2



HANGAR N° 1



CALIBRACION Y PRUEBAS
PISTA DE ATERRIZAJE

Figura 68: Propuesta de distribución de planta para el Hangar 2

TOLERANCIA:	PESO:	TITULO DEL ELEMENTO:				
N/A		DISTRIBUCION FINAL HANGAR 2				
DIBUJO:	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	TITULO PRINCIPAL:	MATERIA:	ESCALA:
19/08/2015	19/08/2015	RICARDO FIALLOS		N/A	N/A	1:100
REVISÓ:	19/08/2015	ING. JOHN REYES				
APROBÓ:	19/08/2015	ING. JOHN REYES				
CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO CID-FAE				CÓDIGO:	N° DE PARTE:	REGISTRO:
				N/A	N/A	
				VERSION:	DIMENSIONES:	
				1.0	MILÍMETROS	

4.19. Análisis y selección de alternativas factibles aplicables al proceso productivo

Muchos de los procesos productivos que se desarrollan dentro de la sección de producción requieren ser acondicionados para facilitar la producción en serie de los aviones no tripulados tipo Gavilán III, en este punto serán aplicables muchas de las estrategias planteadas en el apartado 4.5.4 referente a la matriz FODA, entre las alternativas propuestas para mejorar el proceso productivo se cita las siguientes:

Proceso de Torneado:

Aunque este proceso es escasamente utilizado dentro de la producción del UAV Gavilán III, debido a que la gran mayoría de componentes que se fabrican utilizan otros procesos como el maquinado CNC, la Tabla 54 detalla el problema y soluciones respecto al proceso de torneado.

Tabla 52: Alternativa de solución para el proceso de torneado

Proceso:	Torneado
Problema:	Torno fuera de servicio por falta de mantenimiento
Solución:	Reparación de la maquinaria.
Estrategia:	Establecer planes de mantenimiento para maquinaria y equipos.

Es sumamente necesario habilitar esta máquina ya que gracias a este proceso se producen los ejes para las ruedas del tren principal y otros elementos de gran importancia para el avión, al habilitar esta máquina se reducen costos relacionados con la subcontratación del proceso a talleres externos. Además es necesario implantar programas de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos con el propósito de evitar paradas innecesarias de producción. Se recomienda realizar un análisis del estado de la máquina para determinar los costos de reparación de la misma.

Proceso de Mecanizado CNC:

La Tabla 53 detalla las alternativas de solución para el proceso de mecanizado CNC.

Tabla 53: Alternativa de solución para el proceso de mecanizado CNC

Proceso:	Mecanizado CNC
Problema:	Excesivos tiempos de fabricación
Solución:	Programar la producción de partes
Estrategia:	Creación de familia de partes para reducir ciclos de preparación carga y descarga continuamente. Adquisición de una nueva máquina CNC

En lo referente al proceso de mecanizado CNC se ha desarrollado familias de partes para la fabricación de los diversos componentes que se pueden apreciar en los Anexos 26 y 28, para ello se ha tomado en cuenta los procesos de fabricación de cada componente, el material del que se compone, las características de la maquinaria y las especificaciones técnicas de diseño previamente establecidas. Además se puede optar por la adquisición de una nueva máquina CNC como la que se presenta en la figura 69 para reducir la carga de este proceso.



Figura 69: Mecanizado vertical CNC VF-2

En la Tabla 54 se muestra los costos relacionados con la adquisición de una nueva máquina para mecanizado vertical CNC. Los costos indicados no cubren costos de instalación.

Tabla 54: Especificaciones Máquina CNC

Máquina:	CNC 4 ejes
Modelo:	Haas VF-2
Costo de la Máquina:	52995 Usd
Impuestos:	6359,4 Usd
Costo de transporte:	1000 Usd
Costo total:	60354,40 Usd

Proceso de Corte:

En la Tabla 55 se detalla las alternativas de solución para el proceso de corte.

Tabla 55: Alternativa de solución para el proceso de corte.

Proceso:	Corte
Problema:	Gran cantidad de componentes a mecanizar
Solución:	Reactivación de la Caladora de pestaña
Estrategia:	Dividir las tareas para reducir la carga del proceso de corte

La caladora de pestaña que posee el taller de carpintería puede ser reactivada para que pueda ser utilizada en las tareas que se requiera dentro de este sitio de trabajo, como puede ser el corte de las tablas triplex para fabricación de cuadernas, costillas, etc.

Proceso de Laminado:

La Tabla 56 muestra las alternativas de solución para el proceso de laminado.

Tabla 56: Alternativa de solución para el proceso de laminado.

Proceso:	Laminado
Problema:	Excesivos tiempos de fabricación
Solución:	Programar la producción de partes
Estrategia:	Fabricación de un juego adicional de moldes para la producción de los componentes

En cuanto al proceso de laminado es conveniente incrementar los moldes disponibles para la fabricación de los elementos como pieles (recubrimiento) de fuselaje, alas, alerones, etc. ya que este proceso requiere por lo menos de un día hasta que el desarrollo laminado se encuentre completamente seco tiempo en el cual el molde no se lo puede ocupar, para ello se requiere por lo menos, un juego de moldes adicional para incrementar la producción, estos elementos pueden ser fácilmente fabricados en madera mediante el proceso de mecanizado CNC.

Área de ensamblaje:

En lo referente a la sección de ensamblaje primeramente es necesario aplicar la metodología 5S con el propósito de clasificar y separar aquellos elementos que no son necesarios además de ordenar adecuadamente los elementos que intervienen en el proceso productivo, y a su vez mantener el orden de los puestos de trabajo. Posteriormente se debe acondicionar el área destinada a ensamble en este caso se determino que es factible dividir esta sección en 4 estaciones de trabajo para el montaje progresivo del UAV Gavilán III.

Tomando en cuenta las tareas de ensamblaje que se deben efectuar en cada estación se realizó un listado de componentes necesarios para cada estación los mismos que serán distribuidos en perchas y gabinetes previamente señalizados.

Para el transporte de subensambles se plantea las siguientes alternativas:

Transporte de fuselajes

Para facilitar el transporte y el proceso de ensamble se pretende utilizar una plataforma de elevación hidráulica como la que se muestra en la Figura 71 a la cual se realiza unas pequeñas adaptaciones para mantener el producto a transportar en su lugar, en este caso el fuselaje del UAV Gavilán. La Figura 70 presenta el precio de estos elementos en el mercado nacional, para el proyecto se requieren 2 plataformas de este tipo para tener un abastecimiento continuo al área de ensamble.



Figura 70: Plataforma de elevación hidráulica

Tabla 57: Especificaciones Mesa de elevación hidráulica

Especificaciones técnicas:	
Capacidad:	300 kg
Ancho:	50 cm
Largo:	1.1 m
Altura máxima	80 cm
Altura mínima:	27 cm

Sobre la mesa se realiza una adaptación de soportes elaborados en materiales que posee la institución como el nylon, que son fácilmente mecanizables, estos soportes permitirán

mantener inmóvil el fuselaje hasta que se realice el montaje de las cuadernas y los trenes de aterrizaje. Una vez concluido este proceso el fuselaje tiene la capacidad de rodar libremente, la plataforma utilizada desciende y libera el desarrollo para que pueda movilizarse sin problemas a la siguiente estación de trabajo.

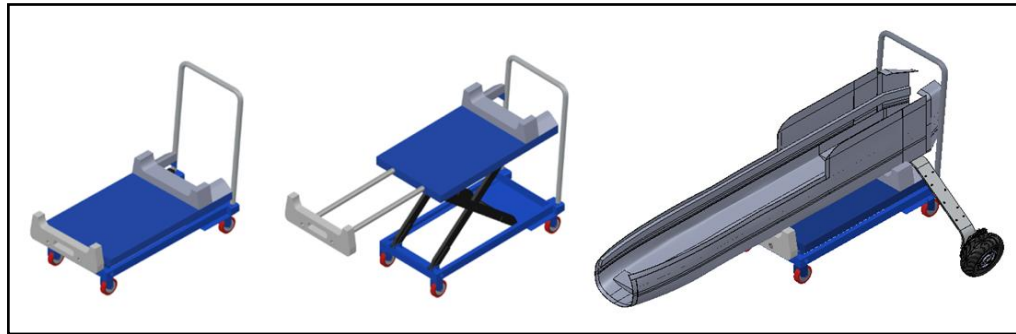


Figura 71: Plataforma de elevación hidráulica con sus respectivas adaptaciones

Al momento de posicionar las alas en el fuselaje los operarios tienen que transportar las mismas hasta el fuselaje, por esta razón se ve la necesidad de implementar un tecele que facilite el transporte de una estación de ensamble a otra, además este elemento es indispensable ya que se requiere elevar la aeronave por encima del suelo para verificar que el centro de masas del avión se encuentra en el sitio establecido de acuerdo a las condiciones del diseño. Para facilitar este proceso se ve la necesidad de adquisición de un tecele eléctrico con capacidad de carga para 500 kg como el mostrado en la Figura 72.



Figura 72: Tecele eléctrico con capacidad de carga de 500 kg

Tabla 58: Especificaciones tecele eléctrico

Especificaciones técnicas:	
Modelo:	PA1000
Voltaje:	110/220V
Altura máxima de levantamiento	11,5 m
Velocidad de levantamiento	8 m/min
Peso:	31 kg

Para facilitar el proceso de ensamblaje se requiere poseer los elementos necesarios para la tarea los mismos que deben estar identificados y organizados correctamente para evitar pérdidas de tiempo innecesarias en la búsqueda de un determinado componente. Debido a la gran cantidad de elementos de sujeción como tornillos y otros elementos requeridos se ve la necesidad de adquirir cajas de plástico multiservicios como los que se muestran en la Figura 73, donde cada compartimento albergara un determinado componente con su respectiva codificación.

Se requiere 4 organizadores, uno para cada estación de trabajo por lo cual el costo total corresponde a de 120 dólares.



Figura 73: Caja multiservicios para organización de componentes de sujeción

Tabla 59: Especificaciones organizador multiservicios

Especificaciones técnicas:	
Dimensiones:	34x32,1x16,2 cm
Contiene:	23 gavetas pequeñas y 4 gavetas grandes

Actualmente en el hangar 2 existen gran cantidad de elementos de proyectos anteriores por lo cual es necesario la construcción de una bodega para almacenamiento de estos productos, el espacio requerido se ha estimado alrededor de unos 50m², además es necesaria la construcción de un área para almacenaje exclusivo de los tanques de Helio, para prevenir y evitar accidentes de trabajo. De acuerdo a las estadísticas actuales el costo de construcción por metro cuadrado en la ciudad de Ambato se sitúa en los 350 dólares. De modo que para los 50m² requeridos a un costo de 350 dólares por cada metro cuadrado se tiene un costo total de 17500 dólares. Para trámites varios se estima un costo de 5200 dólares que serán utilizados para aprobación de planos, patentes y licencias de construcción y arquitectura.

Para delimitar y señalar adecuadamente las diferentes zonas de trabajo con sus respectivas señales de seguridad requiere de una inversión de 200 para compra de pintura y señalización de la distribución final.

De acuerdo con los materiales que se ocupan en la sección de producción y la norma técnica correspondiente al uso de extintores se determina que se puede utilizar tanto extintores de PQS como extintores de CO₂, para reducir costos se opta por los extintores PQS, el precio de los extintores PQS y CO₂ a nivel local se muestra en la Tabla 59. Para el hangar 2 se opta por 5 extintores PQS de 20 lbs. Cuyo costo total es de 235 dólares.

Tabla 60: Precio de extintores PQS y CO₂

Extintor	Precio
PQS 5 lbs.	25 usd
PQS 10 lbs.	35 usd
PQS 20 lbs.	47 usd
CO₂ 10 lbs.	70 usd
CO₂ 20 lbs.	225 usd

Con los datos mencionados anteriormente se elabora la Tabla 60 que resume los costos estimados para llevar a cabo la propuesta de mejora y nueva distribución de planta.

Tabla 61: Costo de inversión para la nueva distribución.

Espacio físico	
Obra civil	17500 usd
Instalación eléctrica	300 usd
Patentes y licencias	
Aprobación de planos, licencias, etc.	5200 usd
Señalización y seguridad	
Señalización	200 usd
Renovación de los Equipos de protección personal	1200 usd
Adquisición de extintores PQS	235 usd
Maquinaria y equipos	
Adquisición de una nueva CNC	60354,40 usd
Costo de reparación de torno	800 usd
Plataforma Hidráulica de transporte	600 usd
Tecle eléctrico para 500 kgs	350 usd
Varios	
Organizador de 8 gavetas	150 usd
Total de la inversión:	86889,40 usd

4.20. Análisis de Datos y discusión final

Para efectuar la producción en serie de las aeronaves no tripuladas tipo Gavilán III, el CIDFAE necesita adecuar sus instalaciones, para ello es necesario la construcción de una bodega para colocar los objetos y partes de proyectos anteriores que se encuentran en la sección de producción ya que no son de utilidad para el proceso productivo, estos elementos son una fuente de riesgos que pueden ocasionar múltiples accidentes laborales como caídas, golpes, etc.

En la línea de producción se han identificado que existen procesos que limitan la producción actual a tres aviones por cada dos meses de trabajo, entre estos procesos, el mecanizado CNC que requiere tiempos considerables para preparación, carga y descarga de la máquina, estos tiempos se pueden reducir mediante un entrenamiento adecuado del personal a cargo de la máquina, además con la creación de plantillas para mecanizado de los diferentes componentes, y como plan adicional se puede optar por la adquisición de una nueva máquina CNC de similares características que posee la

máquina existente, otro de los procesos que representan un cuello de botella es el proceso de laminado para el cual se requiere la fabricación adicional de un juego de moldes para la creación del revestimiento del avión y de los distintos subensambles principales. Para el proceso de corte es necesario reactivar la máquina caladora que se encuentra en el taller de carpintería, realizando previamente un chequeo y reparación de la misma, ya que este proceso es uno de los más utilizados en la línea de producción.

El torno existente la sección se encuentra fuera de servicio por falta de mantenimiento, esto representa un inconveniente debido a que los elementos deben fabricarse en talleres fuera de la institución, por lo tanto las políticas de confidencialidad se cumplen de forma parcial, por esta razón se requiere la elaboración de planes de mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos, para mantener funcionales estos recursos dentro del área de producción.

En lo referente a maquinaria, equipos y mobiliario, la sección cuenta con el espacio necesario para reubicar dichos elementos de manera eficiente, de este modo se logra reducir los costos de transporte de materiales entre puestos de trabajo, teniendo como resultado una distribución mixta en la cual se tiene una distribución por proceso dentro de los diferentes talleres, mientras que para la área de ensamble se opta por una distribución fija, que consta de 4 estaciones de trabajo descritas en el apartado 4.17.2 para llevar a cabo el ensamble total de la estructura del avión.

Para las estaciones uno, tres y cuatro se requieren de al menos dos operarios para facilitar las operaciones de montaje debido al tamaño de los subensambles principales como por ejemplo las alas, boom, trenes de aterrizaje y fuselaje.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Con la práctica de las estrategias de producción planteadas en el presente documento, se puede reducir el desperdicio de materiales ocasionado por una mala organización de la producción y a su vez explotar al máximo la capacidad operativa de las áreas involucradas en el desarrollo de los aeromodelos, además con las estrategias presentadas se busca integrar a los operarios en un sistema de mejora continua.
- Durante la etapa de levantamiento de información se identificaron los once procesos principales que se desarrollan dentro de la sección de producción y en base a estos se elaboró las diversas hojas de trabajo en detalle, para cada uno de los componentes a fabricar y los diferentes ensambles a desarrollar; uno de los inconvenientes principales en cuanto al estudio del proceso productivo es que no existen registros de estudios anteriores, ya que se trata de un modelo nuevo, razón por la cual se vio la necesidad de realizar un estudio de tiempos aproximado mediante el uso de diversas herramientas como la estimación de tiempos en base a la Norma MTM-2, el uso de diagramas hombre-máquina y la experiencia que poseen los operarios para realizar su trabajo, de este análisis se obtuvo que el CIDFAE actualmente está en capacidad de producir tres aviones

por cada dos meses de trabajo, partiendo desde la construcción de las piezas, ensamblaje y pruebas del prototipo.

- Para la línea de ensamble final del UAV Gavilán III, mediante cálculo y aplicación del software WinQSB se determinó que es necesario distribuir las tareas en cinco estaciones de trabajo: las cuatro primeras estaciones dentro de la sección de producción, destinadas al montaje de la estructura del avión cuyo tiempo total de actividades es de 160,88 minutos y el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo es de 49,37 minutos; una vez culminado el proceso pasa a la quinta estación dentro del Hangar 2 en donde se realiza instalación de diversos sistemas electrónicos de control, navegación, etc. para efectuar estas actividades se requiere de 29,5 minutos; por lo cual el tiempo total de ensamble de cada unidad terminada es de 190,38 minutos, luego de culminar estos procesos el aeroplano pasa a las pruebas de rigor y calibración en vuelo.
- El diseño de la distribución del área de producción se realizó mediante cálculo y con la ayuda del software WinQSB para cada uno de los talleres que posee la sección, con las dos metodologías utilizadas se obtuvo una distribución semejante de las cuales se optó por la propuesta del software ya que presenta varias opciones de distribución por procesos cuyo costo más bajo total es de 40 dólares para la distribución propuesta en comparación con los 43,30 dólares que presenta la distribución actual, de esta manera se consigue un ahorro de 3,30 dólares relacionados con los costos por transporte de materiales entre puestos de trabajo para una sola unidad; además se logra una reducción de las distancias entre procesos que requieren un mayor flujo de materiales. De este modo, el diseño final del layout de la sección de producción presenta una distribución mixta, en la cual los talleres se organizan mediante una distribución por procesos, mientras que el área de ensamble presenta una distribución fija dividida en cuatro estaciones de trabajo obtenidas mediante el balanceo de la línea de ensamble de la estructura del avión.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar las estrategias planteadas en el presente documento como por ejemplo la adquisición de maquinaria de última generación, capacitación del personal, la creación de programas de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipos, etc., con el objetivo establecer mejoras dentro del sistema productivo y a su vez encaminar a la institución hacia la producción en serie de UAV's.
- El presente estudio corresponde el punto de partida para la producción en serie de UAV tipo Gavilán III, en base a este análisis se pueden llevar a cabo mejoras del proceso productivo, por lo cual es conveniente realizar estudios continuamente para incrementar la eficiencia de los procesos y por sobre todo la calidad del producto terminado.
- Optar por la adquisición de nueva maquinaria y herramientas que ayuden a reducir los cuellos de botella generados en los procesos de mecanizado CNC, laminado y el proceso de corte debido a los elevados tiempos de producción y la gran cantidad de componentes que requieren de estos procesos para su fabricación.
- Los procesos de ensamblaje actualmente se realizan por métodos de trabajo manuales, se sugiere realizar un estudio para verificar la factibilidad del uso de herramientas neumáticas en esta área.
- Realizar una estimación de costos del modelo en base a los nuevos componentes que se implanten en el producto final UAV Gavilán III con el propósito de conocer costo de fabricación total y posteriormente establecer el precio de distribución.
- Realizar estudios referentes a seguridad laboral para la aplicación de las normas de seguridad vigentes, señalización adecuada de las áreas de trabajo, ubicación de extintores, etc. y sobre se considera necesaria la renovación de los equipos de protección personal de los operarios de la sección.
- Construir un espacio exclusivo para la colocación de los tanques de Helio que se encuentran en el área de ensamble, ya que representan un peligro para el personal que trabaja en esta sección, ya que si no se almacenan de la forma adecuada pueden producir explosiones violentas, asfixia por inhalación, etc.

5.3. Bibliografía

- [1] T. Leggett. (2013, Julio) BBC. [Online]. http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/06/130621_tecnologia_drones_paris_aviones_dp
- [2] D. Landi. (2014, Abril) InfoTechnology.com. [Online]. <http://www.infotechnology.com/comunidad/La-industria-de-los-drones-crece-en-la-Argentina-con-desarrollos-locales-20140416-0004.html#sthash.5Qpd0LGf.ot31HvDc.dpuf>
- [3] "CIDFAE se quedará en Chachoan," *El Herald*o, Noviembre 2012.
- [4] M. Baca, "El Proyecto de Aeronaves No Tripuladas (UAV) de la Fuerza Aérea Ecuatoriana," *Aeromundo Magazine*, Enero 2014.
- [5] "El Cidfae se alista para producir aviones no tripulados en serie," *ElTelégrafo*, Mayo 2014.
- [6] R. G. Criollo, "Medición del trabajo," in *Estudio del Trabajo*, Segunda ed., McGraw Hill, Ed. México, 2005, ch. 5, pp. 144-145,150,221.
- [7] P. Aguaysa, "Distribución de planta del área de manufactura en la empresa Tenería Inca," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tesis de Grado Ingeniería Industrial 2013.
- [8] E. Morales, "Distribucion de planta para la optimizacion del manejo de materiales en la empresa Dav-Sport," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, Tesis de grado Ingeniería Industrial 2014.
- [9] R. Sharma, "A Simulation Model of Horseshoe Layouts," *Virtual Pro*, no. 113, p. 12, Junio 2011.
- [10] G.M. Nawara, A.H. Reyad, Kh. EL-Darandaly M.A. Shouman. (2011) Academia.edu. [Online]. http://www.academia.edu/1031122/Facility_Layout_Problem_and_Intelligent_Techniques_A_Survey
- [11] A. M. Galindo, "Desarrollo de un método de distribución física aplicable en las industrias ecuatorianas," Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Tesis de Grado Maestría 2011.
- [12] A. M. Serrano Á. Cobo, "An Ant Colony-Based Hybrid Algorithm for Process-Oriented Layout Solving Problems," *Virtual Pro*, no. 113, p. 22, Junio 2011.
- [13] O. G. Seang, S. Zawiah E. N. Roslin. Research Gate. [Online]. http://www.researchgate.net/publication/228778646_A_Study_on_Facility_Layout_in_Manufacturing_Production_Line_Using_WITNESS

- [14] K. Alvarez, R. Vasquez J. Reyes, "Dynamic buffer management for raw material supply in the footwear industry," *Journal of industrial and intelligent information*, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, 2016.
- [15] J. Reyes C. Molina, "Plan agregado de producción mediante el uso de un algoritmo de programación lineal," *Revista Escuela Politecnica Nacional*, vol. 34, no. 1, pp. 108-114, Agosto 2014.
- [16] H. Ryaciotaki D. Guillaume, "Computational and Experimental Design of a Fixed-Wing UAV," in *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Kimon P. Valavanis, Ed., 2014, ch. 2, pp. 109-141.
- [17] A. Brown, J. Collins H. Edge, "Pressurized Structures Based Unmanned Aerial Vehicle Research," in *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, Kimon Valavanis, Ed., 2012, vol. 65, pp. 603-620.
- [18] J.Cobano, G.Heredia, A.Ollero D.Alejo, "Collision-Free 4D Trajectory Planning in Unmanned Aerial Vehicles for Assembly and Structure Construction," in *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, Kimon Valavanis, Ed., 2014, vol. 73, pp. 783-795.
- [19] Y. M. Park, J. Lee J. W. Jun, "Coincidence measurement system of concentricity and horizontality using polarizing laser for unmanned assembly of T-50 supersonic advanced trainer," in *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing.*, 2012, vol. 13, pp. 1759-1763.
- [20] C. Williams, *Management*, Sexta ed. United States of America, 2011, pp. 828.
- [21] E. Peter S. Certo, *Dirección estratégica*, Tercera ed. Madrid, 1997.
- [22] C. Banbury S. Hart, "How strategymaking processes can make a difference," *Strategic Management Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 251-269, Noviembre 2006.
- [23] F. Ospino, "El direccionamiento estratégico basado en las opiniones de los empleados: Estrategia para lograr las metas," *INGE CUC*, vol. 6, no. 6, Septiembre 2010.
- [24] E. Bravo, B. Amante L. Serrano, "Una metodología innovadora para la planeación estratégica en las universidades," *INGE CUC*, vol. 9, no. 1, pp. 43-63, Junio 2013.
- [25] G. Frazier N. Gaither, "Disposicion Fisica de Instalaciones," in *Administración de Produccion y Operaciones*, Octava ed.: International Thompson, ch. 8, pp. 43,268-269.
- [26] R. Pons N. Caicedo, "Optimización del Proceso de fabricación de Alambres de Aleación 6201 T-81," *INGE CUC*, vol. 7, no. 1, pp. 207-216, Agosto 2012.
- [27] J. B. Carrasco, "Qué es un proceso?," in *Gestión de Procesos (con Responsabilidad Social)*.: Evolucion, 2009, ch. 1, pp. 21,22,30,31.

- [28] G. Kanawaty, "Disposición del espacio, manipulación y planificación del proceso," in *Introducción al estudio del trabajo OIT*, Cuarta (Revisada) ed., Organización Internacional del Trabajo, Ed., 1996, ch. 14, pp. 21,22,207,500-510.
- [29] mtmingenieros. (2015) mtmingenieros. [Online]. <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-el-mtm/>
- [30] Nathalia Guzmán and Julián Sanchez, "Estudio de métodos y tiempos de la línea de producción de calzado tipo clásico de dama," Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2013.
- [31] mtmingenieros. (2013) mtmingenieros. [Online]. <http://mtmingenieros.com/recursos-mtm/>
- [32] J. Reyes, "Distribución de Instalaciones," in *Estudio del Trabajo: Aplicaciones en la Industria Ecuatoriana*, Primera ed. Ambato, Ecuador, 2014, ch. 6, pp. 33-39,56,57.
- [33] G. Kanawaty, "Disposición del espacio, manipulación y planificación del proceso," in *Introducción al estudio del trabajo OIT*, Cuarta (Revisada) ed., Organización Internacional del Trabajo, Ed., 1996, ch. 14, pp. 21,22,207.
- [34] R. G. Criollo, "Distribución de Planta," in *Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo*, Segunda ed.: Mc Graw Hill, 2005, ch. 8, pp. 144-145,150,221.
- [35] A. Berroa. (2012) SlidePlayer. [Online]. <http://slideplayer.es/slide/21091/>
- [36] R. Jacobs, N. Aquilano R. Chase, "Distribución de las Instalaciones," in *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*, Duodécima ed.: Mc Graw Hill, ch. 2, pp. 223-224.
- [37] F. Niebel, "Análisis de la operación," in *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 11th ed.: Alfaomega, ch. 3, pp. 110-111.
- [38] Blog Distribución de planta. [Online]. <http://stevenenelsena.blogspot.com/2010/09/distribucion-de-posicion-fija-se-trata.html>
- [39] G. Frazier N. Gaither, "Disposición Física de Instalaciones," in *Administración de Producción y Operaciones*, Octava ed.: International Thompson, ch. 8, pp. 268-269.
- [40] R. Shannon, "Simulación de Sistemas," in *Simulación de Sistemas*.: Trillas, p. 63.
- [41] M. Stephens F. Meyers, "Las computadoras y la simulación en el diseño de instalaciones de manufactura," in *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*, Pearson Prentice Hall, Ed., 2006, ch. 1, pp. 14-15.
- [42] J. Parra, J. Murcia E. Bautista, "La industria Aeronáutica en Colombia a partir del desarrollo e innovación de vehículos aéreos no tripulados (VANT)," *Perfiles Libertadores*,

- no. 3, pp. 34-41, 2011.
- [43] M. Baca, "Cómo se Diseña una Aeronave No Tripulada (UAV)," *Aeromundo Magazine*, pp. 2,3, Noviembre 2013.
- [44] Patricio Lascano, "Gestión de Calidad para los procesos operativos en el area de ensamblaje del CIDFAE," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Trabajo de Titulación 2015.
- [45] Manuel Mulero Gema Sánchez, *Vehículos aéreos no tripulados en Latinoamérica*. Madrid, España, 2013.
- [46] Fred R. David, *Conceptos de Administración Estratégica*, Novena ed. México: Pearson Prentice Hall, 2003.
- [47] Jessica Erazo Ruth Chillagana, "Diseño de un sistema de Gestion por procesos para el CIDFAE ," Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Trabajo de Titulación 2015.
- [48] "Decreto Ejecutivo 2393," IESS, Reglamento de Salud y Seguridad de los Trabajadores 2012.

Anexos

Anexo 1: Formato de entrevista utilizada para la recolección de información



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industria



Entrevista dirigida al Director del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana CIDFAE con el propósito de recoger la información necesaria acerca de los procesos de producción y ensamblaje de los aviones no tripulados UAV tipo Gavilán III.

Pregunta 1

¿Considera usted que la sección de producción posee el espacio necesario y una distribución óptima de las instalaciones para llevar a cabo la producción de las aeronaves no tripuladas?

Pregunta 2

¿Se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos anteriormente en el área de producción?

Pregunta 3

¿Cree usted que los procesos que se realizan actualmente en el área de producción son los necesarios?

Pregunta 4

¿La cantidad de trabajadores que laboran en el área de producción es la necesaria?

Pregunta 5

¿El personal de la sección recibe la capacitación necesaria para efectuar las operaciones que su trabajo demanda?

Pregunta 6

¿En qué condiciones cree usted que se encuentra la maquinaria y equipos del área de producción?

Pregunta 7

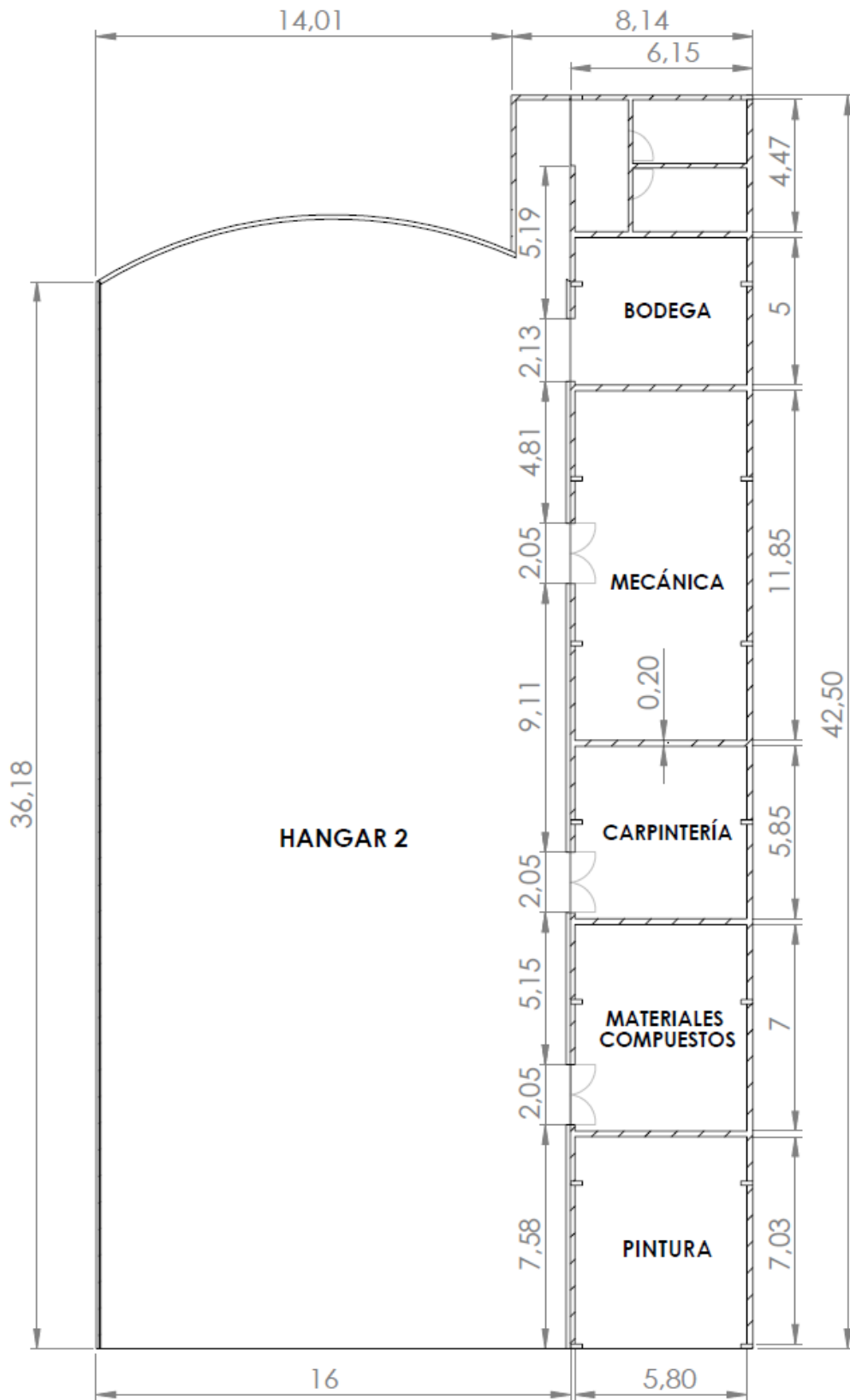
¿El personal dispone de las herramientas, maquinaria, equipos y materiales necesarios para realizar su trabajo?

Pregunta 8

Cree usted que se deberían estandarizar los procesos de fabricación que se efectúan en el área de producción para reducir el desperdicio de materiales, tiempos de fabricación, entre otros parámetros.

Gracias por su Colaboración

Anexo 2: Medidas del Hangar N° 2



Anexo 3: Formulario para estudio de tiempos.

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento: Producción			Producto: UAV Gavilán III			Subensamblado: Fuselaje			
Máquina:			Hoja N°: 1 de 2			Elaborado por:			
Herramientas:			Fecha:						
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
V. = Valoración del ritmo de trabajo TE. = Tiempo Estimado					TR. = Tiempo restado T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 4: Formato de Hoja de Resumen de tiempos estimados

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS				
		Nº 01				
A. DATOS GENERALES:						
1. PROYECTO:	DOCR			5. FECHA DE EMISIÓN:	20/01/2015	
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III			6. CÓDIGO:	GIII-01-FU-HT-01	
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS			7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN: 1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL FUSELAJE				8. PARTE N°:	
					GIII-01-FU-FA#EF	
B. DETALLES DEL PROCESO:						
9. DESCRIPCIÓN:						
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM						
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)	
Tiempo total:				0,00 seg.	0,00 min	
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:						
			FECHA	FIRMA		
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN					
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO					
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS					

Anexo 6: Estudio de tiempos de fabricación de piezas del Tren Principal

Tiempo estimado de fabricación (min)								
Componente	Rayar	Cortar	Taladrado	Doblado	Mec. CNC		Torneado	
					TAM	TCM	TAM	TCM
Aros MATCO WHLNW40EE	-	-	-	-	32	38		-
Bocín	1,5	12	-	-	32	92		-
Chapa de Mordazas	2,6	7,1	1,1	5,9		-		-
Cuerpo principal	4,5	15,1	5,5	21,3		-		-
Eje Principal	1,8	5,1	-	-		-	11	36
T. Actividades manuales					64		11	

Anexo 6.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas del tren Principal

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, cortadora, Pulidora, taladro, dobladora			Subensamble	Tren Principal				
Herramientas:	Estilete, brochas, Destornilladores, llaves			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Aros MATCO					Cuerpo principal				
Mecanizado CNC	100	38	38	38	Rayado	100	4,5	4,5	4,5
Bocines					cortado	100	15,1	15,1	15,1
Rayado	100	1,5	1,5	1,5	taladrado	100	5,5	5,5	5,5
cortado	100	12	12	12	doblado	100	21,3	21,3	21,3
Mecanizado CNC	100	92	92	92	Ejes Principales				
Chapa de Mordazas					Rayado	100	1,8	1,8	1,8
Rayado	100	2,6	2,6	2,6	Cortado	100	5,1	5,1	5,1
cortado	100	7,1	7,1	7,1	Torneado	100	36	36	36
taladrado	100	1,1	1,1	1,1	Ensamble	100	11,1	11,1	11,1
doblado	100	5,9	5,9	5,9					
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 7: Estudio de tiempos de fabricación de piezas del Tren delantero

Tiempo estimado de fabricación (min)								
Componente	Rayar	Cortar	Soldado	Taladrado	Doblado	Mec. CNC		Pulido
						TAM	TCM	
Soporte lateral rueda	2,5	5,3	-	1,2	8,9		-	4,2
Separador de actuador	2,3	5,2	-	-	-	32	26	-
Separador de rueda	-	-	-	-	-		24	-
Cuerpo principal	1,4	6,2	5,8	2,5	4,3		-	4,8
Base de dirección	-	3,4	-	1,2	-	32	38	-
Soporte de dirección	-	6,2	-	-	-	32	46	6,6
Arandela superior	-	4,4	-	-	-		23	-
Tapa de dirección	-	2,3	-	-	-	32	50	-
Soporte sup. de actuador	2,2	4,6	-	1,8	-		-	0,9
Tubo buje	-	4,3	-	-	-	32	25	-
Arandela inferior	-	-	-	-	-		23	-
Placa de sujeción	1,9	6,6	-	2,3	-		-	3
Buje de dirección	-	2,3	-	-	-		18	-
T. Actividades manuales						160		

Anexo 7.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas del Tren Delantero

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, cortadora, Pulidora, taladro, dobladora			Subensamble	Tren Delantero				
				Hoja N°	1 de 1				
Herramientas:	Estilete, brochas, Destornilladores, llaves			Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					

Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Soporte lateral rueda					Arandela superior				
Rayado	100	2,5	2,5	2,5	cortado	100	4,4	4,4	4,4
cortado	100	5,3	5,3	5,3	Mecanizado CNC	100	23	23	23
taladrado	100	1,2	1,2	1,2	Tapa de dirección				
doblado	100	8,9	8,9	8,9	cortado	100	2,3	2,3	2,3
pulido	100	4,2	4,2	4,2	Mecanizado CNC	100	50	50	50
Separador de actuador					Soporte sup. de actuador				
Rayado	100	2,3	2,3	2,3	Rayado	100	2,2	2,2	2,2
cortado	100	5,2	5,2	5,2	cortado	100	4,6	4,6	4,6
Mecanizado CNC	100	26	26	26	taladrado	100	1,8	1,8	1,8
Separador de rueda					pulido	100	0,9	0,9	0,9
Mecanizado CNC	100	24	24	24	Tubo buje				
Cuerpo principal					cortado	100	4,3	4,3	4,3
Rayado	100	1,4	1,4	1,4	Mecanizado CNC	100	25	25	25
cortado	100	6,2	6,2	6,2	Arandela inferior				
soldado	100	5,8	5,8	5,8	Mecanizado CNC	100	23	23	23
taladrado	100	2,5	2,5	2,5	Placa de sujeción				
doblado	100	4,3	4,3	4,3	Rayado	100	1,9	1,9	1,9
pulido	100	4,8	4,8	4,8	cortado	100	6,6	6,6	6,6
Base de dirección					taladrado	100	2,3	2,3	2,3
cortado	100	3,4	3,4	3,4	pulido	100	3	3	3
taladrado	100	1,2	1,2	1,2	Buje de dirección				
Mecanizado CNC	100	38	38	38	cortado	100	2,3	2,3	2,3
Soporte de dirección					Mecanizado CNC	100	18	18	18
cortado	100	6,2	6,2	6,2	ensamble	100	6,14	6,14	6,14
Mecanizado CNC	100	46	46	46					
pulido	100	6,6	6,6	6,6					

V. = Valoración del ritmo de trabajo	TR. = Tiempo restado
TE. = Tiempo Estimado	T.B. = Tiempo básico o normal

Anexo 8: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Alerones 1 y 2

Tiempo estimado de fabricación de piezas de los alerones 1 y 2 (min.)				
Componente	Laminado	Mec. CNC		Pulido
		TAM	TCM	
Costilla 1-8	21	32	72	8,7
Soporte principal aleron1	17		-	4,2
Soporte de dirección alerón 1	10		-	-
Piel alerón 1	35		-	5,6
Costilla 1-10	23	32	68	9,1
Soporte principal alerón 2	17		-	4,5
Soporte de dirección alerón 2	10		-	-
Piel alerón 2	36		-	4,3
T. Actividades manuales		64		

Anexo 8.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas de los Alerones 1 y 2

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora			Subensamble	Alerones 1 y 2				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
ALERON 1					ALERON 2				
Costillas 1-8					Costillas 1-10				
laminado	100	21	21	21	laminado	100	23	23	23
Mecanizado CNC	100	68	68	68	Mecanizado CNC	100	72	72	72
pulido	100	8,7	8,7	8,7	pulido	100	9,1	9,1	9,1
Soporte principal aleron1					Soporte principal alerón 2				
laminado	100	17	17	17	laminado	100	17	17	17
pulido	100	4,2	4,2	4,2	pulido	100	4,5	4,5	4,5
Soporte de dirección alerón 1					Soporte de dirección alerón 2				
laminado	100	10	10	10	laminado	100	10	10	10
Piel alerón 1					Piel alerón 1				
laminado	100	35	35	35	laminado	100	36	36	36
pulido	100	5,6	5,6	5,6	pulido	100	4,3	4,3	4,3
					pintura	100	23	23	23
					ensamble	100	15,3	15,3	15,3
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 9: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de las alas

Tiempo estimado de fabricación de piezas para alas (min)							
Componente	Rayar	Cortar	Laminado	Mec. CNC		Soldado	Pulido
				TAM	TCM		
Viga secundaria	-	-	52		-	-	4,2
Viga principal	-	-	98		-	-	8,7
Tubo 1-5	2,4	12	-		-	-	3,5
Placas caja de servos	0,8	2,6	-	32	74	-	-
Caja de servos	-	-	112		-	-	2,3
Nylon de sujeción de alas	0,8	2,5	-	32	54	-	-
placas de jig 1	3,2	3,8	-	32	76	22	-
placas de jig 2	2,1	3,6	-	32	72	-	-
Costilla 1-13	-	-	36	32	68	-	5,2
Piel de alas	-	-	96		-	-	4,5
Alza posterior	0,7	2,1	-	32	27	-	-
Refuerzo pitot	1,5	2,5	-		-	-	0,6
Refuerzo boom	1,5	2,6	-		-	-	0,7
T. Actividades manuales				192			

Anexo 10: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Estabilizadores Verticales

Tiempo estimado de fabricación de piezas para alas (min)								
Componente	Rayar	Cortar	Laminado	Mec. CNC		Soldado	Doblado	Pulido
				TAM	TCM			
Costillas 1-6 Y 10-12	-	-	37	32	52	-	-	1,2
Costillas 7-9	2,1	3,6	-	32	38	-	-	1,2
Soportes	-	-	10		-	-	-	1,2
Viga principal posterior	-	-	22		-	-	-	-
Viga principal central	-	-	24		-	-	-	-
Piel	-	-	32		-	-	-	3,6
Placas soporte boom	1,8	3,8	-	32	54	2,6	-	4,5
Tubos de boom	1,2	0,8	-		-	2,6	-	2,3
Placa 1 de servos	-	-	-	32	20	-	0,7	-
Placa 2 de servos	-	-	-		20	-	0,9	-
T. Actividades manuales				128				

Anexo 9.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas de las alas

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora			Subensamble	Alas				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					

Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Viga Secundaria					placas de jig 2				
laminado	100	52	52	52	Rayado	100	2,1	2,1	2,1
pulido	100	4,2	4,2	4,2	cortado	100	3,6	3,6	3,6
					Mecanizado CNC	100	72	72	72
Viga Principal					Costillas 1-13				
laminado	100	98	98	98	laminado	100	36	36	36
pulido	100	8,7	8,7	8,7	Mecanizado CNC	100	68	68	68
					pulido	100	5,2	5,2	5,2
Tubo 1-5					Piel de alas				
Rayado	100	2,4	2,4	2,4	laminado	100	96	96	96
cortado	100	12	12	12	pulido	100	4,5	4,5	4,5
Pulir	100	3,5	3,5	3,5	Alza posterior				
					Rayado	100	0,7	0,7	0,7
Placas caja de servos					cortado	100	2,1	2,1	2,1
Rayado	100	0,8	0,8	0,8	Mecanizado CNC	100	27	27	27
cortado	100	2,6	2,6	2,6	Refuerzo pitot				
Mecanizado CNC	100	74	74	74	Rayado	100	1,5	1,5	1,5
					cortado	100	2,5	2,5	2,5
Caja de servos					pulido	100	0,6	0,6	0,6
laminado	100	112	112	112	Refuerzo boom				
pulido	100	2,3	2,3	2,3	Rayado	100	1,5	1,5	1,5
					cortado	100	2,6	2,6	2,6
Nylon de sujeción de alas					pulido	100	0,7	0,7	0,7
Rayado	100	0,8	0,8	0,8	pintura	100	70	70	70
cortado	100	2,5	2,5	2,5	ensamble	100	30,2	30,2	30,2
Mecanizado CNC	100	54	54	54					
placas de jig 1									
Rayado	100	3,2	3,2	3,2					
cortado	100	3,8	3,8	3,8					
Mecanizado CNC	100	76	76	76					
soldado	100	22	22	22					

V. = Valoración del ritmo de trabajo	TR. = Tiempo restado
TE. = Tiempo Estimado	T.B. = Tiempo básico o normal

Anexo 10.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas de los Estabilizadores Verticales

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora			Subensamble	Alas				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Costillas 1-6 y 10-12					Tubos del boom				
laminado	100	37	37	37	Rayado	100	1,2	1,2	1,2
Mecanizado CNC	100	52	52	52	cortado	100	0,8	0,8	0,8
pulido	100	1,2	1,2	1,2	soldado	100	2,6	2,6	2,6
Costillas 7-9					pulido	100	2,3	2,3	2,3
Rayado	100	2,1	2,1	2,1	Placa 1 de servos				
cortado	100	3,6	3,6	3,6	Mecanizado CNC	100	20	20	20
Mecanizado CNC	100	38	38	38	doblado	100	0,7	0,7	0,7
pulido	100	1,2	1,2	1,2	Placa 2 de servos				
soportes					Mecanizado CNC	100	20	20	20
laminado	100	10	10	10	doblado	100	0,9	0,9	0,9
pulido	100	1,2	1,2	1,2	pintura	100	43	43	43
Viga principal posterior					ensamble	100	21,6	21,6	21,6
laminado	100	22	22	22					
Viga principal central									
laminado	100	24	24	24					
Piel est. Vertical									
laminado	100	32	32	32					
pulido	100	3,6	3,6	3,6					
Placas soporte boom									
Rayado	100	1,8	1,8	1,8					
cortado	100	3,8	3,8	3,8					
Mecanizado CNC	100	54	54	54					
soldado	100	2,6	2,6	2,6					
pulido	100	4,5	4,5	4,5					
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 11: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Flaps Verticales

Tiempo estimado de fabricación de piezas de los flaps (min.)				
Componente	Laminado	Mec. CNC		Pulido
		TAM	TCM	
Costillas 1	21	32	42	8,7
Costillas 2	-	32	12	-
Cuerpo principal	-	32	38	2,6
Piel flap vertical	36		-	5,6
Soporte de dirección	23		-	-
T. Actividades manuales		96		

Anexo 11.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas de los Flaps Verticales

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento: Producción		Producto: UAV Gavilán III							
Máquina: Máquina CNC, Pulidora		Subensamble Flaps verticales							
Herramientas: Estilete, brochas		Hoja N° 1 de 1							
		Elaborado por: Ricardo Daniel Fiallos							
		Fecha:							
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Costillas 1					Piel del flap				
laminado	100	21	21	21	laminado	100	36	36	36
Mecanizado CNC	100	42	42	42	pulido	100	5,6	5,6	5,6
pulido	100	8,7	8,7	8,7	Soporte de dirección				
Costillas 2					laminado	100	23	23	23
Mecanizado CNC	100	12	12	12	pintura	100	46	46	46
Cuerpo principal					ensamble	100	8,65	8,65	8,65
Mecanizado CNC	100	38	38	38					
pulido	100	2,6	2,6	2,6					
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 12: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Estabilizador Horizontal

Tiempo estimado de fabricación de piezas para alas (min)							
Componente	Rayar	Cortar	Laminado	Mec. CNC		Doblado	Pulido
				TAM	TCM		
Costilla Horizontal 1	-	-	37	32	49	-	-
Tubo 1	0,4	1,2	-		-	-	1,2
Tubo 2	-	1,2	-		-	-	1
Vigas 1	0,6	0,9	-		-	-	3,6
Vigas 2	0,6	0,8	-		-	-	-
Soporte posterior	0,5	0,6	-		-	-	-
Piel	-	-	21		-	-	4,5
Placa 1 de servos	-	-	-	32	20	0,7	-
Placa 2 de servos	-	-	-		20	0,9	-
T. Actividades manuales				64			

Anexo 13: Estudio de tiempos de fabricación de piezas de los Elevadores

Tiempo estimado de fabricación de piezas de los flaps (min.)						
Componente	Rayar	Cortar	Laminado	Mec. CNC		Pulido
				TAM	TCM	
Costillas y refuerzos	1,2	3,2	-	32	42	-
Cuerpo principal	1,3	3,5	-	32	32	-
Piel Elevador	-	-	46		-	5,6
Soporte de dirección	-	-	23		-	-
T. Actividades manuales				64		

Anexo 12.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas del Estabilizador Horizontal

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora			Subensamble	Estabilizador Horizontal				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					

Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Costillas 1-6 y 10-12					Soporte posterior				
laminado	100	37	37	37	Rayado	100	0,5	0,5	0,5
Mecanizado CNC	100	49	49	49	cortado	100	0,6	0,6	0,6
Tubo 1					piel				
Rayado	100	0,4	0,4	0,4	laminado	100	21	21	21
cortado	100	1,2	1,2	1,2	pulido	100	4,5	4,5	4,5
pulido	100	1,2	1,2	1,2	Placa 1 de servos				
Tubo 2					Mecanizado CNC	100	20	20	20
cortado	100	1,2	1,2	1,2	doblado	100	0,7	0,7	0,7
pulido	100	1	1	1	Placa 2 de servos				
Vigas 1					Mecanizado CNC	100	20	20	20
Rayado	100	0,4	0,4	0,4	doblado	100	0,9	0,9	0,9
cortado	100	1,2	1,2	1,2	pintura	100	40	40	40
pulido	100	1,2	1,2	1,2	ensamble	100	9,93	9,93	9,93
Vigas 2									
Rayado	100	0,6	0,6	0,6					
cortado	100	0,8	0,8	0,8					

V. = Valoración del ritmo de trabajo	TR. = Tiempo restado
TE. = Tiempo Estimado	T.B. = Tiempo básico o normal

Anexo 13.1: Cálculo de tiempos básicos de fabricación de piezas de los Elevadores

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
Departamento:	Producción			Producto:	UAV Gavilán III				
Máquina:	Máquina CNC, Pulidora			Subensamble	Flaps verticales				
Herramientas:	Estilete, brochas			Hoja N°	1 de 1				
				Elaborado por:	Ricardo Daniel Fiallos				
				Fecha:					
Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.	Descripción del Elemento	V.	TE.	TR.	TB.
Costillas y refuerzos					Piel del flap				
rayado	100	1,2	1,2	1,2	laminado	100	45	45	45
cortado	100	3,2	3,2	3,2	pulido	100	5,6	5,6	5,6
Mecanizado CNC	100	42	42	42	Soporte de dirección				
Cuerpo principal					laminado	100	23	23	23
rayado	100	1,3	1,3	1,3	pintura	100	26	26	26
cortado	100	3,5	3,5	3,5	ensamble	100	7,73	7,73	7,73
Mecanizado CNC	100	32	32	32					
V. = Valoración del ritmo de trabajo					TR. = Tiempo restado				
TE. = Tiempo Estimado					T.B. = Tiempo básico o normal				

Anexo 14: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del fuselaje

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS			
N° 01					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR		5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015	
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III		6. CÓDIGO:	GIII-01-FU-HT-01	
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS		7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN: 1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL FUSELAJE				8. PARTE N°:
					GIII-01-FU-FA#EF
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del fuselaje del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM-2					
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Fijar base tren de dirección	1	36,07	36,07
2	T02	Subensamble 1 base tren principal	1	30,31	30,31
3	T03	Subensamble 2 base tren principal	1	21,82	21,82
4	T04	Fijar base del tren principal	1	44,96	44,96
5	T05	Acoplar soportes laterales	2	44,93	89,86
6	T06	Laminar en fibra de carbono (1 capa)	9	71,17	640,55
7	T07	Fijar cuaderna de nariz	1	45,83	45,83
8	T08	Fijar cuaderna 3-6	4	45,76	183,02
9	T09	Fijar cuaderna de ala 1 (madera)	1	47,34	47,34
10	T10	Fijar cuaderna de ala 2 (madera)	1	47,34	47,34
11	T11	Fijar cuaderna de motor	1	44,28	44,28
12	T12	Fijar cuaderna de ala 1 (aluminio)	1	56,88	56,88
13	T13	Fijar cuaderna de ala 2 (aluminio)	1	56,88	56,88
14	T14	Fijar nariz	1	41,98	41,98
Tiempo total:				segundos:	1387,12
				minutos:	23,12
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
			FECHA	FIRMA	
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				

ANEXO 14.1 : (Hoja 01) Fijar base tren de dirección

PROCESO Nº 1 Fijar base tren de dirección (TMU)						
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
tomar piel	GB30	14	23	23	GB80	tomar piel
	3 GW	1	3	1	3 GW	
situar piel	PB45	24	30	30	PB80	situar piel
	PW5	1	1	1	PW5	
			7	7	E	visualizar posición de lija
			27	27	GC45	tomar lija
			15	15	PA45	situar lija
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	360	15	24 PA45	lijar superficie
			15	15	PA45	situar lija en reposo
			7	7	E	visualizar paño
			23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situar paño
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar superficie
			20	20	PA50	situar paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
situar pegamento	GB15	10	23	23	PB80	Situar pegamento
			23	23	GB70	tomar brocha
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situar pegamento en reposo
visualizar base	E	7	7			
Alcanzar base	2 S	18	36			
tomar base	GB80	23	23			
situar base	PA80	20	20			
situar base	PC45	36	36	36	PC45	situar base
aplicar presión	A	14	14	14	A	aplicar presión
Situar mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	Situar mano en reposo
			Σ =	1002		

Horas	Seg.	
1TMU =	1/100000	= 0,036

Tiempo Normal Total:	1002	TMU
	36,07	Seg.

ANTERIOR : N/A	N/A	SIGUIENTE :	2-14	Subensamble 1 base tren principal
-----------------------	-----	--------------------	------	-----------------------------------

ANEXO 14. 7 : (Hoja 07) Fijar cuaderna de nariz

PROCESO N° 7							
Fijar cuaderna de nariz							
(TMU)							
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA	
tomar fuselaje	2 GW	1	2	1	2 GW	tomar fuselaje	
alcanzar fuselaje	2 S	18	36	18	2 S	alcanzar fuselaje	
Situar fuselaje	PW5	1	1	1	PW5	situar fuselaje	
visualizar cuadernas	E	7	7				
alcanzar cuadernas	2 S	18	36				
tomar cuadernas	GB50	23	23	23	GB50	tomar cuadernas	
situar cuadernas	PB50	30	30	30	PB50	situar cuadernas	
alcanzar lija	2 S	18	36				
			27	27	GC45	tomar lija	
			15	15	PA45	situar lija	
sujetar piel de fuselaje	GB10	10	255	15	17 PA45	lijar superficie	
			15	15	PA45	situar lija en reposo	
			7	7	E	visualizar paño	
			23	23	GB50	tomar paño	
			20	20	PA50	situar paño	
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar superficie	
			20	20	PA50	situar paño en reposo	
			7	7	E	visualizar pegamento	
			23	23	GB80	tomar pegamento	
			30	30	PB80	Situar pegamento	
situar pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha	
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento	
			30	30	PB80	situar pegamento en reposo	
tomar cuaderna delantera	GB45	18	23	23	GB50	tomar paño	
			20	20	PA50	situar paño	
sujetar cuaderna	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar contorno	
			20	20	PA50	situar paño en reposo	
			7	7	E	visualizar pegamento	
			23	23	GB80	tomar pegamento	
			30	30	PB80	Situar pegamento	
situar pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha	
sujetar cuaderna	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento	
			30	30	PB80	situar pegamento en reposo	
situar cuaderna en fuselaje	GB40	18	18	18	GB40	situar cuaderna en fuselaje	
encajar cuaderna	GC10	19	19	19	GC10	encajar cuaderna	
presionar firmemente	A	14	14	14	A	presionar firmemente	
situar mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	situar mano en reposo	
			Σ =	1273			

Horas	Seg.	
1TMU = 1/100000	= 0,036	

Tiempo Normal Total:	1273	TMU
	45,83	Seg.

ANTERIOR : 6-14	Laminar en fibra de carbono (1 capa)	SIGUIENTE :	8-14	Fijar cuaderna 3-6
------------------------	--------------------------------------	--------------------	------	--------------------

ANEXO 14. 9 : (Hoja 09) Fijar cuaderna de ala 1 (madera)

PROCESO N° 9 Fijar cuaderna de ala 1 (madera)						
(TMU)						
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
visualizar cuaderna	E	7	7			
alcanzar cuaderna	2 S	18	36			
tomar cuaderna	GB50	23	23	23	GB50	tomar cuaderna
situat cuaderna	PB50	30	30	30	PB50	situat cuaderna
alcanzar lija	2 S	18	36			
			32	32	GC50	tomar lija
			20	20	PA50	situat lija
sujetar piel de fuselaje	GB30	14	270	15	18 PA45	lijar superficie
			15	15	PA45	situat lija en reposo
			7	7	E	visualizar paño
			23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situat paño
Sostener piel de fuselaje	GB20	14	120	15	8 PA45	limpiar superficie
			20	20	PA50	situat paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situat pegamento
situat pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	110	11	10 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situat pegamento en reposo
tomar cuaderna delantera	GB45	18	23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situat paño
sujetar cuaderna	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar contorno
			20	20	PA50	situat paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situat pegamento
situat pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
sujetar cuaderna	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situat pegamento en reposo
situat cuaderna en fuselaje	GB40	18	18	18	GB40	situat cuaderna en fuselaje
encajar cuaderna	GC20	23	23	23	GC20	encajar cuaderna
presionar firmemente	A	14	14	14	A	presionar firmemente
situat mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	situat mano en reposo
		Σ =	1315			

Horas Seg. 1TMU = 1/100000 = 0,036	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Tiempo Normal Total:</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">1315</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">TMU</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">47,34</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">Seg.</td> </tr> </table>	Tiempo Normal Total:	1315	TMU		47,34	Seg.
Tiempo Normal Total:	1315	TMU					
	47,34	Seg.					

ANTERIOR : 8-14	Fijar cuaderna 3-6	SIGUIENTE :	10-14 Fijar cuaderna de ala 2 (madera)
------------------------	--------------------	--------------------	---

ANEXO 14. 10 : (Hoja 10) Fijar cuaderna de ala 2 (madera)

PROCESO Nº 10						
Fijar cuaderna de ala 2 (madera)						
(TMU)						
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
visualizar cuaderna	E	7	7			
alcanzar cuaderna	2 S	18	36			
tomar cuaderna	GB50	23	23	23	GB50	tomar cuaderna
situar cuaderna	PB50	30	30	30	PB50	situar cuaderna
alcanzar lija	2 S	18	36			
			32	32	GC50	tomar lija
			20	20	PA50	situar lija
sujetar piel de fuselaje	GB30	14	270	15	18 PA45	lijar superficie
			15	15	PA45	situar lija en reposo
			7	7	E	visualizar paño
			23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situar paño
Sostener piel de fuselaje	GB20	14	120	15	8 PA45	limpiar superficie
			20	20	PA50	situar paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situar pegamento
situar pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	110	11	10 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situar pegamento en reposo
tomar cuaderna delantera	GB45	18	23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situar paño
sujetar cuaderna	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar contorno
			20	20	PA50	situar paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situar pegamento
situar pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
sujetar cuaderna	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situar pegamento en reposo
situar cuaderna en fuselaje	GB40	18	18	18	GB40	situar cuaderna en fuselaje
encajar cuaderna	GC20	23	23	23	GC20	encajar cuaderna
presionar firmemente	A	14	14	14	A	presionar firmemente
situar mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	situar mano en reposo
			$\Sigma =$	1315		

<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Horas</td> <td style="padding: 5px;">Seg.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">1TMU = 1/100000</td> <td style="padding: 5px;">= 0,036</td> </tr> </table>	Horas	Seg.	1TMU = 1/100000	= 0,036	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Tiempo Normal Total:</td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">1315</td> <td style="padding: 5px;">TMU</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px; text-align: right;">47,34</td> <td style="padding: 5px;">Seg.</td> </tr> </table>	Tiempo Normal Total:	1315	TMU		47,34	Seg.
Horas	Seg.										
1TMU = 1/100000	= 0,036										
Tiempo Normal Total:	1315	TMU									
	47,34	Seg.									

ANTERIOR : 9-14	Fijar cuaderna de ala 1 (madera)	SIGUIENTE :	11-14	Fijar cuaderna de motor
------------------------	----------------------------------	--------------------	-------	-------------------------

ANEXO 14. 11 : (Hoja 11) Fijar cuaderna de motor

<p style="text-align: center;">PROCESO Nº 11 Fijar cuaderna de motor</p>						
(TMU)						
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
visualizar cuaderna	E	7	7			
alcanzar cuaderna	2 S	18	36			
tomar cuaderna	GB50	23	23	23	GB50	tomar cuaderna
situat cuaderna	PB50	30	30	30	PB50	situat cuaderna
alcanzar lija	2 S	18	36			
			27	27	GC45	tomar lija
			15	15	PA45	situat lija
sujetar piel de fuselaje	GB10	10	240	15	16 PA45	lijar superficie
			15	15	PA45	situat lija en reposo
			7	7	E	visualizar paño
			23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situat paño
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar superficie
			20	20	PA50	situat paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situat pegamento
situat pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
Sostener piel de fuselaje	GB10	10	99	11	9 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situat pegamento en reposo
tomar cuaderna delantera	GB45	18	23	23	GB50	tomar paño
			20	20	PA50	situat paño
sujetar cuaderna	GB10	10	90	15	6 PA45	limpiar contorno
			20	20	PA50	situat paño en reposo
			7	7	E	visualizar pegamento
			23	23	GB80	tomar pegamento
			30	30	PB80	Situat pegamento
situat pegamento	GB15	10	23	23	GB70	tomar brocha
sujetar cuaderna	GB10	10	88	11	8 PA30	aplicar pegamento
			30	30	PB80	situat pegamento en reposo
situat cuaderna en fuselaje	GB40	18	18	18	GB40	situat cuaderna en fuselaje
encajar cuaderna	GC10	19	19	19	GC10	encajar cuaderna
presionar firmemente	A	14	14	14	A	presionar firmemente
situat mano en reposo	PB45	24	24	24	PB45	situat mano en reposo
			$\Sigma =$	1230		

Horas 1TMU = 1/100000 = 0,036	Seg. = 0,036	Tiempo Normal Total:	1230	TMU
			44,28	Seg.

ANTERIOR : 10-14	Fijar cuaderna de ala 2 (madera)	SIGUIENTE :	12-14	Fijar cuaderna de ala 1 (aluminio)
-------------------------	----------------------------------	--------------------	-------	------------------------------------

ANEXO 14. 14 : (Hoja 14) Fijar nariz



PROCESO N° 14						
Fijar nariz						
(TMU)						
TAREA	MI	TMU	TIEMPO NORMAL	TMU	MD	TAREA
visualizar nariz del UAV	E	7	7			
alcanzar nariz del UAV	2 S	18	36			
tomar nariz	GC50	32	32	32	GC50	tomar nariz
situar nariz	PC50	41	41	41	PC50	situar nariz
visualizar tornillos	E	7	28	7	4 E	visualizar tornillos
			128	32	4 GC60	tomar tornillo
sujetar nariz	GB30	14	164	41	4 PC55	situar tornillo
			24	3	8 PA5	encajar tornillo
			7	7	E	visualizar destornillador
			23	23	GB50	tomar destornillador
			104	26	4 PC10	situar destornillador
			280	7	40 GB5	ajustar tornillo
			120	3	40 PA5	
			112	14	8 A	apretar tornillo
			30	30	PB50	situar destornillador en reposo
situar mano en reposo	PB50	30	30	14	GB30	situar mano en reposo
			Σ =	1166		

	Horas	Seg.	
1TMU =	1/100000	=	0,036



Tiempo Normal Total:	1166	TMU
	41,98	Seg.

ANTERIOR : 13-14	Fijar cuaderna de ala 2 (aluminio)	SIGUIENTE :	N/A	N/A
-------------------------	------------------------------------	--------------------	-----	-----



Anexo 15: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del tren principal

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS			
Nº 02					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR	5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III	6. CÓDIGO:	GIII-01-TP-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS	7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN:	1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL TREN PRINCIPAL			8. PARTE N°:	
				GIII-01-TP-FA#EF	
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del Tren de aterrizaje principal del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM					
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Subensamble cuerpo principal	1	159,55	159,55
2	T02	Fijar chapas de mordazas	2	34,78	69,55
3	T03	Fijar aros al neumatico	2	70,63	141,26
4	T04	Fijar rodamientos 1 al aro	2	19,37	38,74
5	T05	Fijar bocin al aro	2	7,06	14,11
6	T06	Fijar rodamiento 2	2	11,30	22,61
7	T07	Fijar Eje	2	26,93	53,86
8	T08	Fijar disco de freno	2	58,00	115,99
9	T09	Fijar rueda al cuerpo principal	2	26,50	52,99
Tiempo total:				segundos:	668,66
				minutos:	11,14
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
			FECHA	FIRMA	
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				



Anexo 16: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del tren de dirección

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS			
Nº 03					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR	5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III	6. CÓDIGO:	GIII-01-TD-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS	7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN:	1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL TREN DE DIRECCIÓN			8. PARTE N°:	
				GIII-01-TD-FA#EF	
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del tren de dirección del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM					
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Fijar soportes sup. de actuador al cuerpo	1	41,65	41,65
2	T02	Fijar soportes laterales de rueda	1	26,89	26,89
3	T03	Fijar aros al neumatico	1	71,75	71,75
4	T04	Fijar rodamientos y sep. de rueda	1	25,31	25,31
5	T05	Fijar rueda	1	24,05	24,05
6	T06	Fijar extremo 1 actuador	1	17,60	17,60
7	T07	Fijar extremo 2 actuador	1	32,94	32,94
8	T08	Fijar base de direccion y componentes	1	21,24	21,24
9	T09	Fijar soporte de direccion y componentes	1	23,33	23,33
10	T10	Fijar soporte de direccion y componentes	1	8,71	8,71
11	T11	Fijacion de placas de sujecion	1	74,63	74,63
Tiempo total:				segundos:	368,10
				minutos:	6,14
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
			FECHA	FIRMA	
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				



Anexo 18: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del Alerón 2

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS					
		Nº 05					
A. DATOS GENERALES:							
1. PROYECTO:	DOCR			5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III			6. CÓDIGO:	GIII-01-A2-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS			7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN:	1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL ALERON 1					8. PARTE N°:	
						GIII-01-A2-FA#EF	
B. DETALLES DEL PROCESO:							
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del aleron 2 del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados							
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM							
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)		
1	T01	Fijar costillas al soporte principal	2	80,86	161,71		
2	T02	Fijar placa de soporte de direccion	2	34,52	69,05		
3	T03	Fijar piel	2	124,56	249,12		
				Tiempo total:		segundos:	479,88
						minutos:	8,00
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:							
			FECHA	FIRMA			
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN						
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO						
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS						



Anexo 19: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble de las alas

 HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS 					
Nº 06					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR	5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III	6. CÓDIGO:	GIII-01-AL-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS	7. MODELO:	SERIE 1		
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL ALAS		8. PARTE N°: GIII-01-AL-FA#EF		
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble de las alas del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM					
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Armar viga 1	2	71,06	142,13
2	T02	Empernar viga	1	73,15	73,15
3	T03	Fijar costillas	26	22,72	590,62
4	T04	Fijar Tuberia de aluminio	2	68,18	136,37
5	T05	Fijar JIG's	2	32,90	65,81
6	T06	Fijar viga secundaria	2	54,11	108,22
7	T07	Fijar caja de servos	4	34,81	139,25
8	T08	Fijar refuerzos	2	26,68	53,35
9	T09	Fijar alza posterior	1	33,30	33,30
10	T10	Fijar piel	2	108,94	217,87
11	T11	Juntar alas y fijar nylon de sujecion	1	91,69	91,69
12	T12	Fijar servomotores	4	39,38	157,54
13	T13	Fijar alerones 1	2	170,82	341,64
14	T14	Fijar alerones 2	2	172,12	344,23
15	T15	Fijar varillas a servomotor	4	52,56	210,24
Tiempo total:				segundos:	2705,40
				minutos:	45,09
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
			FECHA	FIRMA	
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				



Anexo 20: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble del fuselaje

		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS				
Nº 07						
A. DATOS GENERALES:						
1. PROYECTO:	DOCR			5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015	
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III			6. CÓDIGO:	GIII-01-BO-HT-01	
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS			7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN: 1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DEL ESTABILIZADOR VERTICAL				8. PARTE N°:	
				GIII-01-BO-FA#E2		
B. DETALLES DEL PROCESO:						
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del estabilizador vertical del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados						
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM						
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)	
1	T01	Fijar soporte de aluminio a la viga	2	41,51	83,02	
2	T02	Fijar costillas 7-9 (aluminio)	2	65,02	130,03	
3	T03	Fijar costillas 1-6 (honeycomb)	2	118,84	237,67	
4	T04	Fijar costillas 10-12 (honeycomb)	2	73,48	146,95	
5	T05	Fijar viga posterior	2	65,84	131,69	
6	T06	Fijar refuerzos	2	47,95	95,90	
7	T07	Fijar piel	2	130,25	260,50	
8	T08	Fijar placas al servomotor	2	43,70	87,41	
9	T09	Fijar servomotor	2	61,09	122,18	
				Tiempo total:		segundos: 1295,35
						minutos: 21,59
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:						
			FECHA	FIRMA		
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN					
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO					
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS					

Anexo 21: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble de los flaps verticales

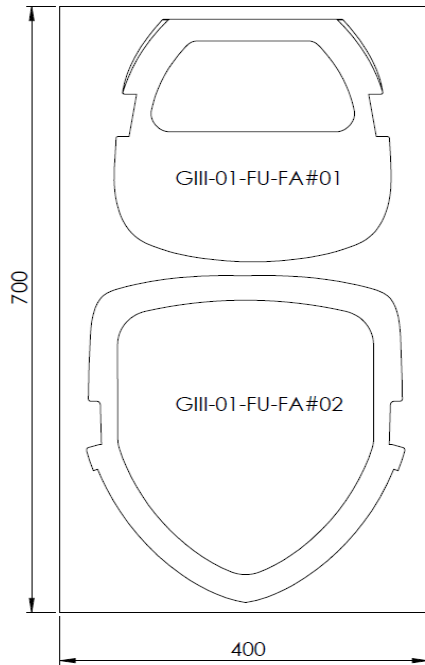
	<h3>HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS</h3>				
Nº 08					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR	5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III	6. CÓDIGO:	GIII-01-BO-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS	7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN: 1.0	
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE DE LOS FLAPS VERTICALES			8. PARTE N°: GIII-01-BO-FA#E3	
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamble del flap vertical del UAV Gavilán III a partir de elementos previamente fabricados					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM					
Nº	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Fijar costillas 1 al soporte principal	2	83,48	166,97
2	T02	Fijar costillas 2 al soporte principal	2	16,20	32,40
3	T03	Fijar placa de soporte de direccion	2	34,52	69,05
4	T04	Fijar piel	2	125,35	250,70
Tiempo total:				segundos:	519,12
				minutos:	8,65
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
		FECHA	FIRMA		
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				

Anexo 25: Hoja de resumen de tiempos estimados para ensamble final del UAV Gavilán III

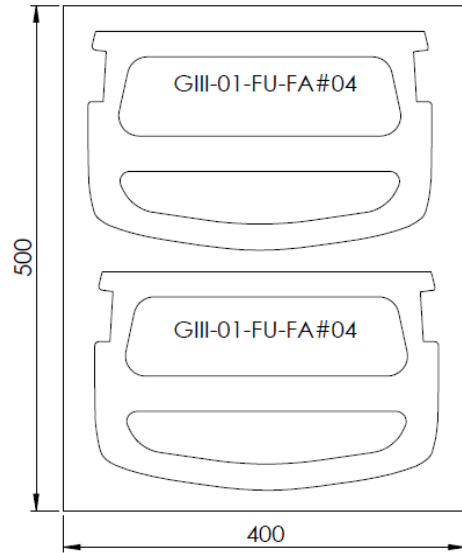
		HOJA DE RESUMEN DE TIEMPOS			
Nº 11					
A. DATOS GENERALES:					
1. PROYECTO:	DOCR	5. FECHA DE EMISIÓN:	20/04/2015		
2. PRODUCTO:	UAV-GAVILAN III	6. CÓDIGO:	GIII-01-EF-HT-01		
3. ÁREA:	ESTRUCTURAS AERONAÚTICAS	7. MODELO:	SERIE 1	VERSIÓN:	1.0
4. SUBENSAMBLE	ENSAMBLAJE FINAL UAV GAVILÁN III			8. PARTE N°:	
				GIII-01-ET-FA#EF	
B. DETALLES DEL PROCESO:					
9. DESCRIPCIÓN: Proceso de ensamblaje final del UAV Gavilán III a partir de subensambles					
RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SUS TIEMPOS SEGÚN NORMAS MTM					
N°	Ver hoja N°	Tarea	FREC.	Tiempo (s)	Tiempo (s)
1	T01	Fijar tren delantero	1	65,81	93,53
2	T02	Fijar tren delantero	1	27,72	
3	T03	Fijar tren principal	1	51,84	51,84
4	T04	Fijar alas	1	130,82	130,82
5	T05	Fijar Winglets	2	43,81	87,62
6	T06	Fijar tanque de combustible	1	44,17	44,17
7	T07	Fijar Boom	1	39,02	39,02
8	T08	Fijar mordazas de freno	2	39,42	78,84
9	T09	Fijar motor	1	76,03	76,03
10	T10	Fijar tapa de fuselaje	1	76,39	76,39
11	T11	Fijar tapa de alas	1	47,38	47,38
				segundos:	725,65
				minutos:	12,09
C. RESPONSABILIDADES EN LA TAREA:					
		FECHA	FIRMA		
10. APROBADO POR:	TNTE. GUSTAVO LEÓN				
11. SUPERVISADO POR:	SUBS. N. ROMERO				
12. ELABORADO POR:	RICARDO FIALLOS				

Anexo 26: Maquinado de cuadernas o costillas internas para fuselaje

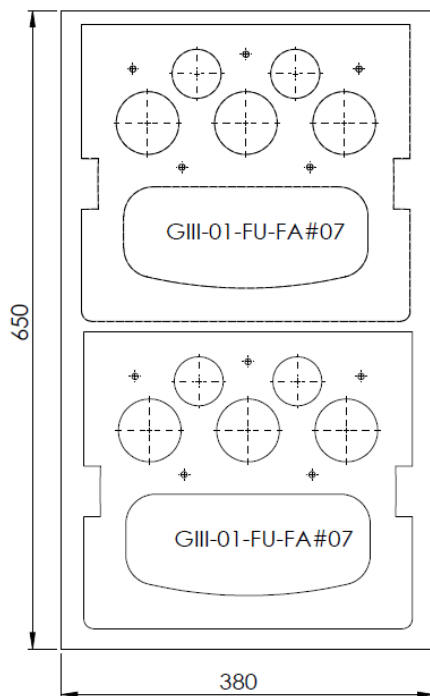
Cuaderna Tren delantero y cuaderna 3
Madera de espesor 12 mm



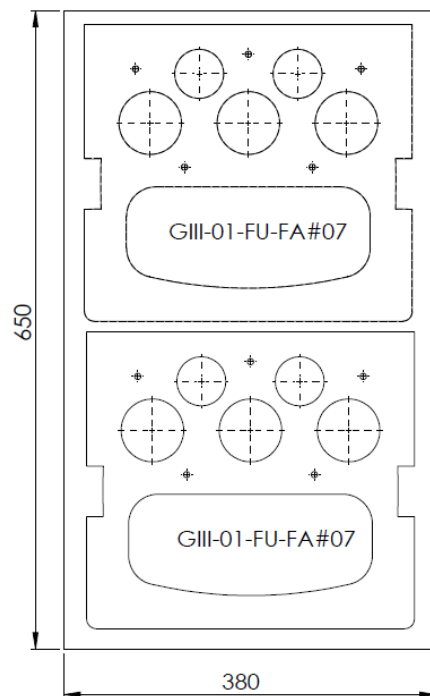
Cuaderna 5
Madera de espesor 12 mm



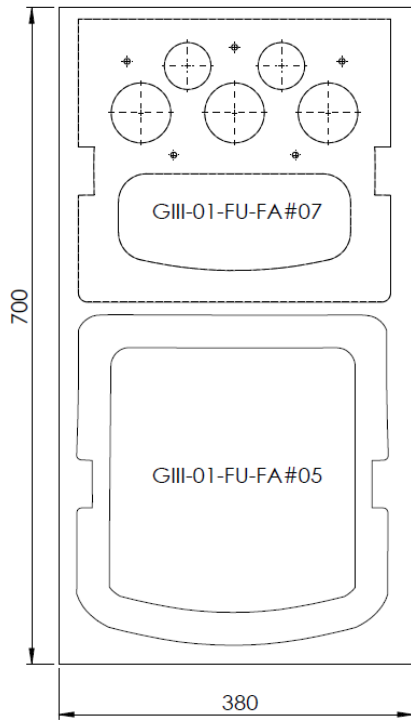
Cuaderna de alas 1
Madera de espesor 18 mm



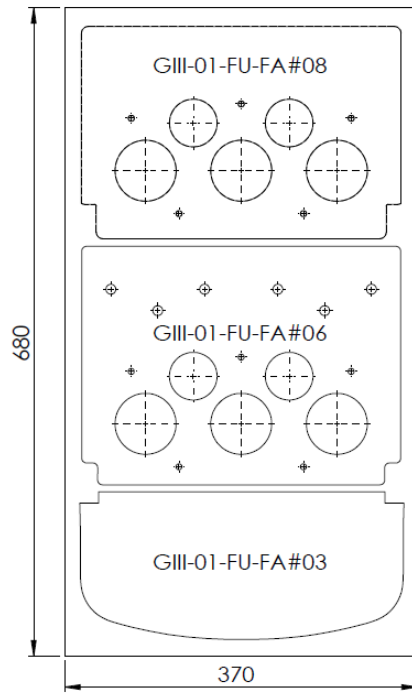
Cuaderna de alas 1
Madera de espesor 9 mm



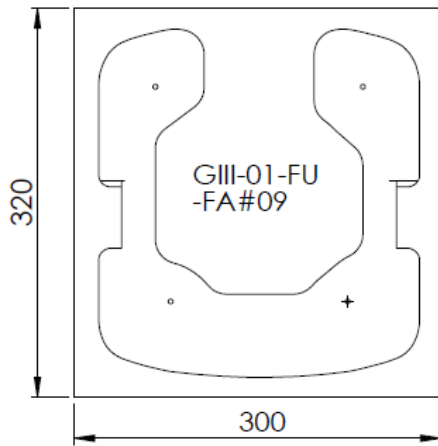
Cuaderna de ala 1 y cuaderna 6
Madera de espesor 18 mm



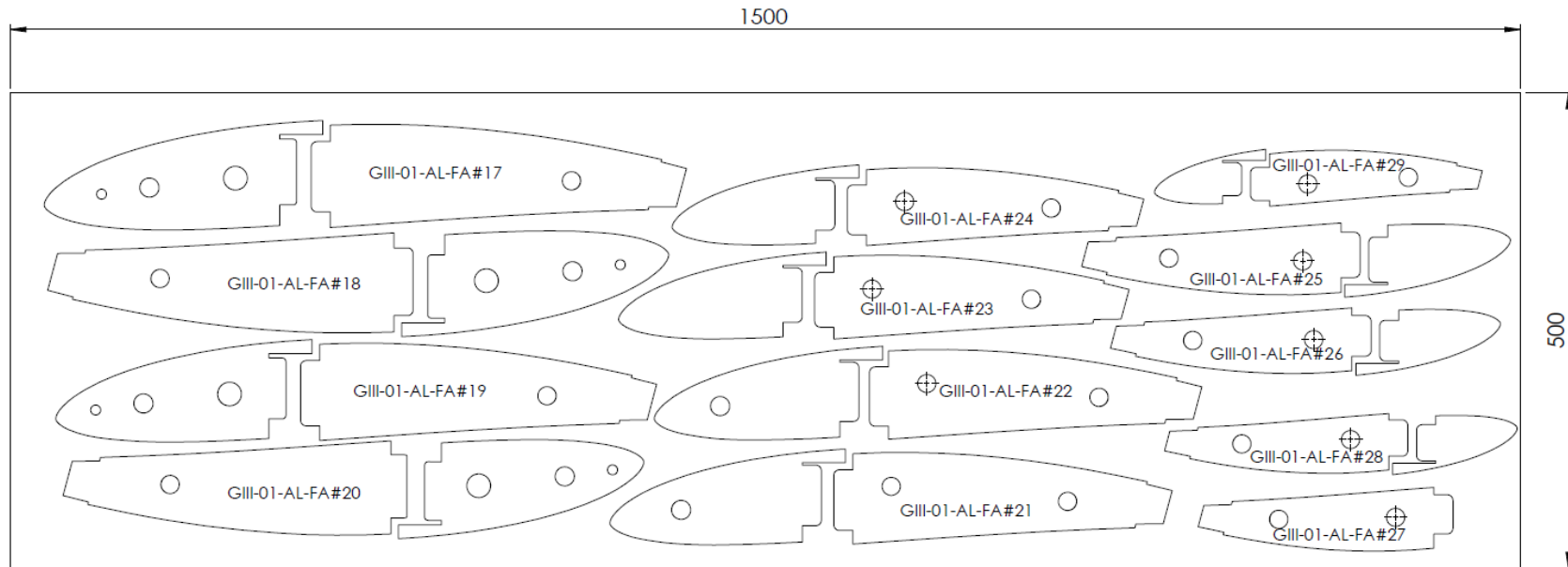
Cuadernas ala 2, ala 1, 4
Aluminio de espesor 4 mm



Cuaderna de motor
Madera de espesor 25 mm



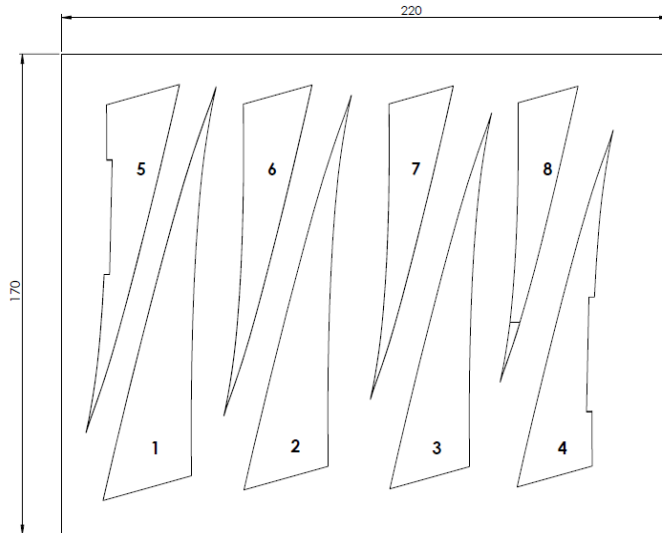
Maquinado de Costillas para alas



La plantilla presentada en el gráfico debe maquinarse dos veces una correspondiente al ala derecha y otra para el ala izquierda.

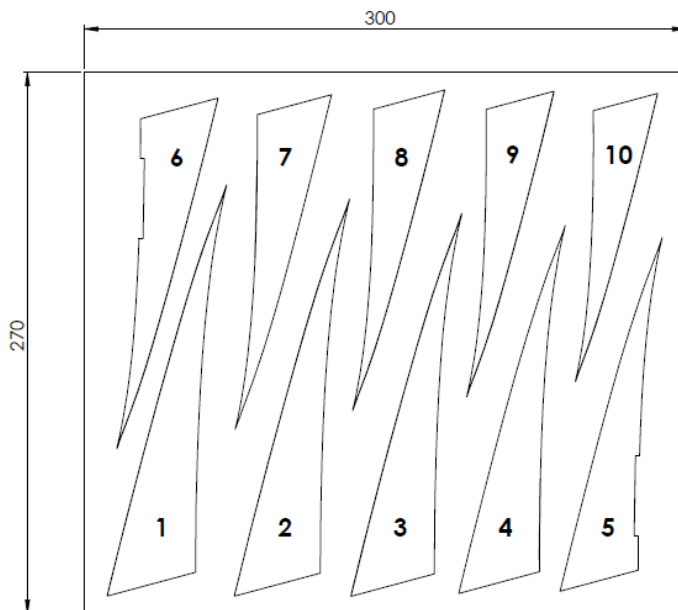
Maquinado de Costillas para Alerones

**Costillas Alerón 1*



Nº	DESCRIPCION	CÓDIGO
1	Costilla 1	GIII-01-A1-FA#01
2	Costilla 2	GIII-01-A1-FA#02
3	Costilla 3	GIII-01-A1-FA#03
4	Costilla 4	GIII-01-A1-FA#04
5	Costilla 5	GIII-01-A1-FA#05
6	Costilla 6	GIII-01-A1-FA#06
7	Costilla 7	GIII-01-A1-FA#07
8	Costilla 8	GIII-01-A1-FA#08

**Costillas Alerón 2*

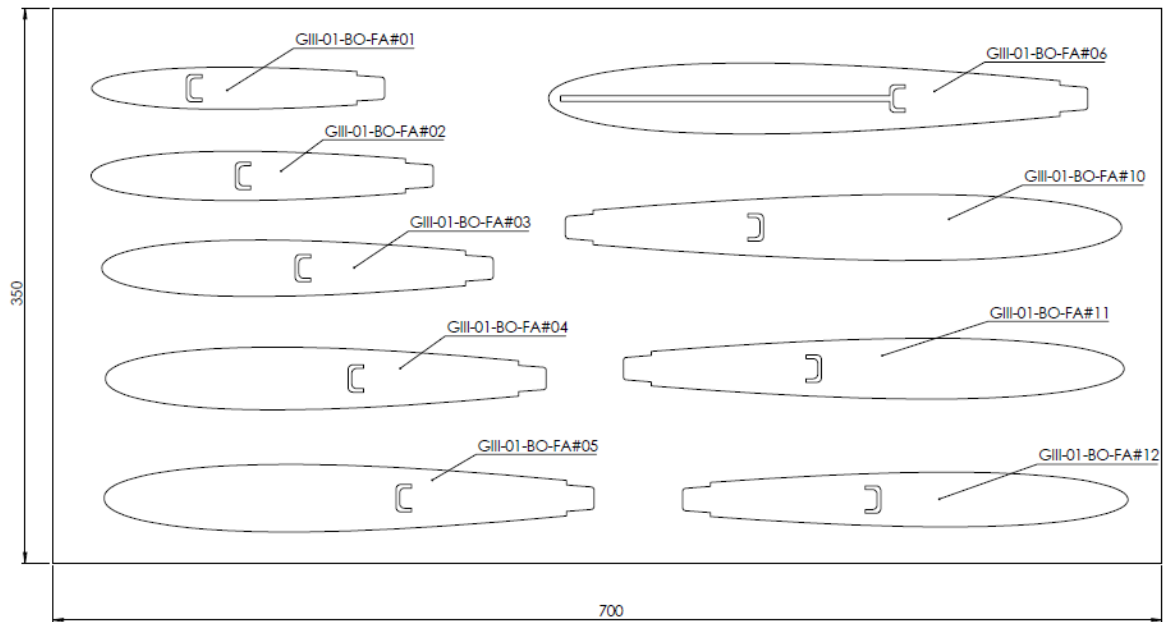


Nº	DESCRIPCION	CÓDIGO
1	Costilla 1	GIII-01-A2-FA#01
2	Costilla 2	GIII-01-A2-FA#02
3	Costilla 3	GIII-01-A2-FA#03
4	Costilla 4	GIII-01-A2-FA#04
5	Costilla 5	GIII-01-A2-FA#05
6	Costilla 6	GIII-01-A2-FA#06
7	Costilla 7	GIII-01-A2-FA#07
8	Costilla 8	GIII-01-A2-FA#08
9	Costilla 9	GIII-01-A2-FA#09
10	Costilla 10	GIII-01-A2-FA#10

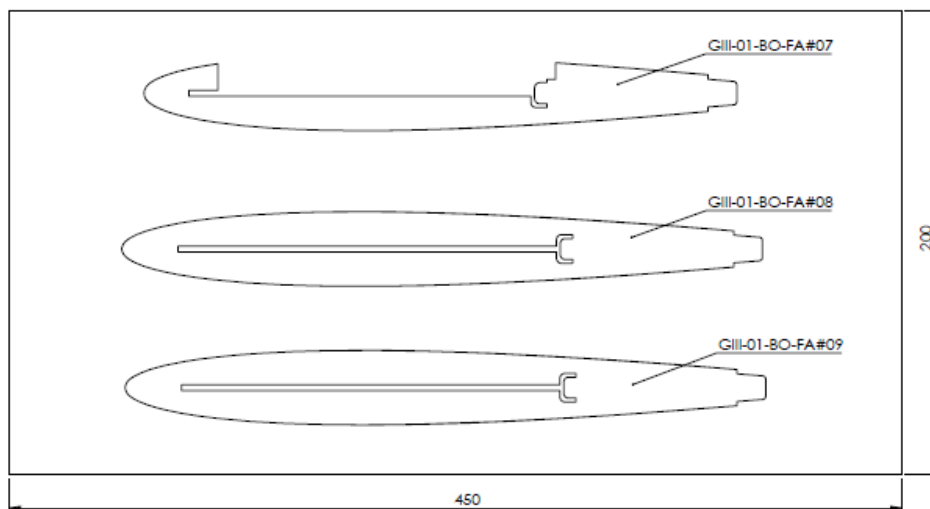
(*) Las plantillas mostradas deben maquinarse dos veces tanto para el alerón derecho como para el alerón izquierdo.

Maquinado de Costillas para Estabilizadores y Flaps verticales

**Costillas de honeycomb*

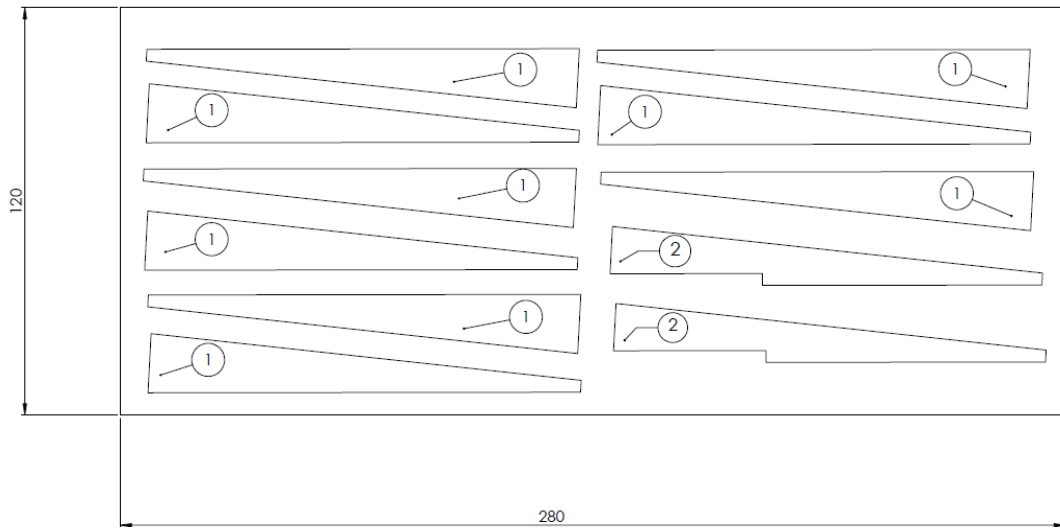


**Costillas de aluminio 3 mm*



(*) Las plantillas mostradas deben maquinarse dos veces, para el estabilizador vertical derecho e izquierdo

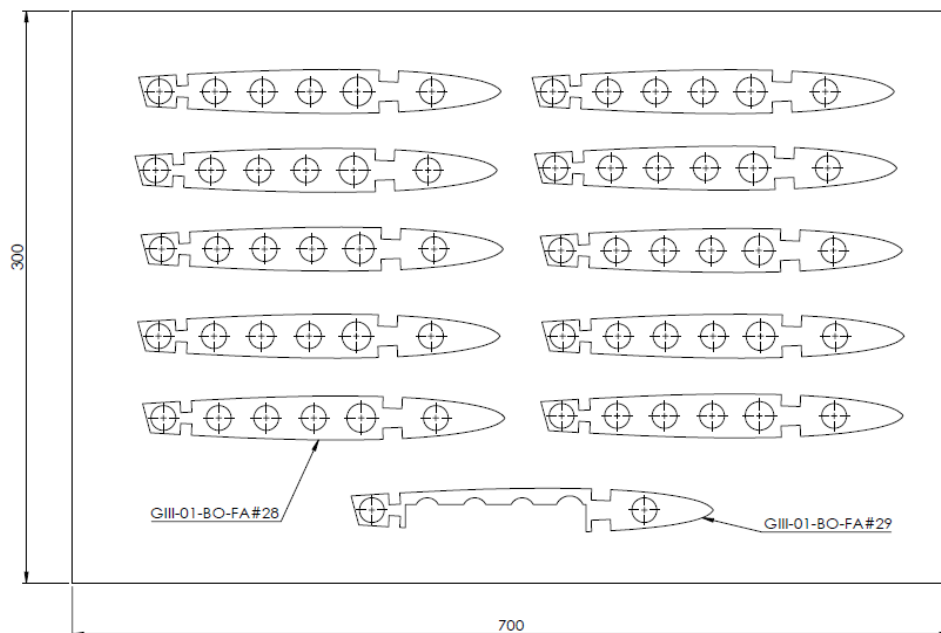
*** Costillas de Flap vertical**



N.º	ELEMENTO	CANTIDAD	CÓDIGO
1	FLAP VERTICAL 1	9	GIII-01-BO-FA#18
2	FLAP VERTICAL 2	2	GIII-01-BO-FA#19

Maquinado de Costillas para Estabilizador Horizontal y Elevadores

*** Costillas de honeycomb (Estabilizador Horizontal)**



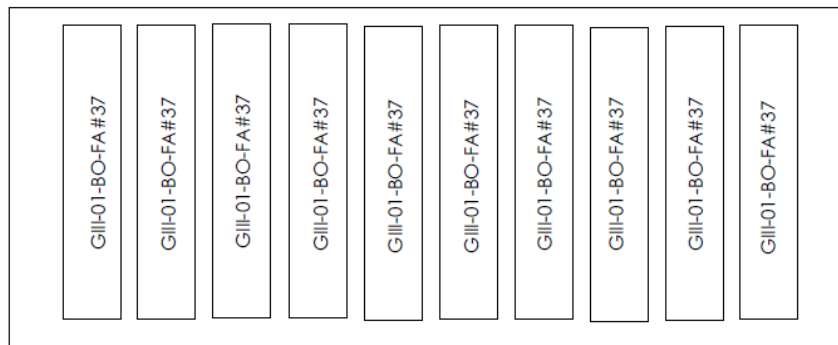
(*) Las plantillas mostradas deben maquinarse dos veces tanto para el alerón derecho como para el alerón izquierdo.

Costillas para elevadores (honeycomb)

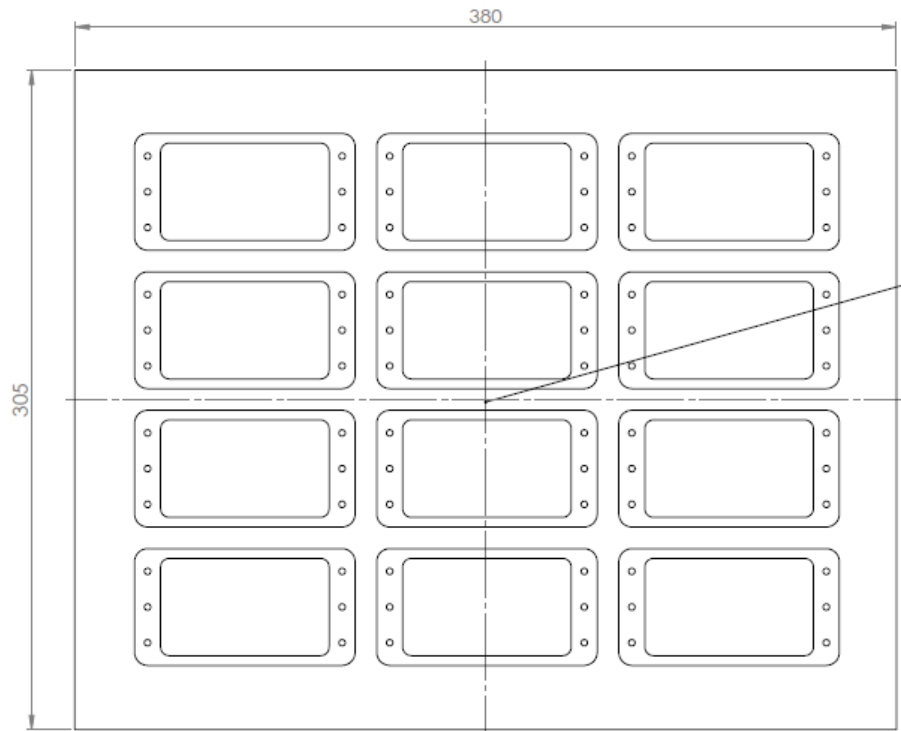
LÁMINA 1
ESPESOR: 9mm



LÁMINA 2
ESPESOR: 3,2mm



Maquinado de placas de sujeción para servomotor



12 placas de espesor 3 mm

Anexo 27: Diagramas Hombre-Máquina

Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de Taladrado

Diagrama Hombre - Maquina						
Operación: Taladro			Máquina: Taladro de pedestal			
Tiempo (min)	Operario			Maquina		
	Actividad	Tiempo	Gráfico	Actividad	Tiempo	Gráfico
0,20	Cargar máquina	0,5		En espera	0,5	
0,40						
0,60						
0,80						
1,00	Sujetar componente	1,8		Corte del elemento	1,8	
1,20						
1,40						
1,60						
1,80						
2,00						
2,20	Descargar máquina	0,4		En espera	0,4	
2,40						
2,60						
2,80						
2,90						
En operación 			En ocio 			
Resumen:	Tiempo de ciclo	Tiempo de acción	Tiempo de Ocio	% Utilización		
Operario:	2,7	2,7	0	100,00		
Máquina:	2,7	1,8	0,9	66,67		

Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de Doblado

Diagrama Hombre - Maquina						
Operación: Doblado			Máquina: Dobladora hidráulica manual			
Tiempo (min)	Operario			Maquina		
	Actividad	Tiempo	Gráfico	Actividad	Tiempo	Gráfico
0,30	Cargar máquina	0,6		En espera	0,6	
0,60						
0,90						
1,20						
1,50	Doblado	2,4		Doblado del elemento	2,3	
1,80						
2,10						
2,40						
2,70						
3,00						
3,30	Descargar	0,3		abrir mordazas	0,3	
3,30						
En operación 			En ocio 			
Resumen:	Tiempo de ciclo	Tiempo de acción	Tiempo de Ocio	% Utilización		
Operario:	3,3	3,3	2,4	100,00		
Máquina:	3,3	2,3	0,9	69,70		

Diagrama Hombre-Máquina para el proceso de Torneado

Diagrama Hombre - Maquina							
Operación: Torneado			Máquina: Torno				
Tiempo (min)	Operario			Maquina			
	Actividad	Tiempo	Gráfico	Actividad	Tiempo	Gráfico	
1,00	Cargar máquina	3		En espera	3		
2,00							
3,00	Calibrar Torno	5			Ajuste de punto cero	5	
4,00							
5,00							
6,00	Supervisar operación de torneado	40		Mecanizado del elemento	40		
7,00							
8,00							
9,00							
10,00							
11,00							
12,00	Descargar máquina	3		En espera	3		
13,00							
14,00							
15,00							
16,00							
17,00							
18,00							
19,00	En operación 			En ocio 			
20,00	Resumen:	Tiempo de ciclo	Tiempo de acción	Tiempo de Ocio	% Utilización		
21,00	Operario:	51	51	0	100,00		
22,00	Máquina:	51	45	6	88,24		
23,00							

Anexo 28: Familia de partes

a. Piezas a producir en el taller de Laminados y moldes

Taller de Laminados y Moldes					
Subens.	Componente	Código	Subensamble	Componente	Código
Fuselaje	Piel de fuselaje	FU-FA#18	Alas	Viga principal	AL-FA#E2
Fuselaje	Nariz	FU-FA#15	Alas	Caja de servos	AL-FA#10
Fuselaje	Tanque de combustible	FU-FA#19	Alas	Costilla 1-13	AL-FA#18-30
Fuselaje	Tapa de alas	FU-FA#20	Alas	Piel de alas	AL-FA#31
Fuselaje	Tapa de fuselaje	FU-FA#21	Flaps	Piel flap vertical	BO-FA#21
Alerón 1	Costilla 1-8	A1-FA#01-08	Flaps	Soporte de dirección	BO-FA#22
Alerón 1	Soporte principal A1	A1-FA#09	Est. Vertical	Costillas 1-6 Y 10-12	BO-FA#01-12
Alerón 1	Soporte de dirección A1	A1-FA#10	Est. Vertical	Viga posterior	BO-FA#14
Alerón 1	Piel A1	A1-FA#11	Est. Vertical	Viga central	BO-FA#15
Alerón 2	Costilla 1-10	A2-FA#01-10	Est. Vertical	Piel	BO-FA#17
Alerón 2	Soporte principal A2	A2-FA#11	Elevador	Piel Elevador	BO-FA#39
Alerón 2	Soporte de dirección A2	A2-FA#12	Elevador	Soporte de dirección	BO-FA#40
Alerón 2	Piel A2	A2-FA#13	Est. Horizontal	Soporte posterior	BO-FA#34
Alas	Viga secundaria	AL-FA#E1	Est. Horizontal	Piel	BO-FA#35

b. Piezas a producir en el taller de carpintería

Taller de Carpintería		
Subensamble	Componente	Código
Fuselaje	Cuaderna tren delantero	FU-FA#01
Fuselaje	Cuaderna 3	FU-FA#02
Fuselaje	Cuaderna 5	FU-FA#04
Fuselaje	Cuaderna 6	FU-FA#05
Fuselaje	Cuaderna de ala 1	FU-FA#07
Fuselaje	Cuaderna de Motor	FU-FA#09
Flaps	Cuerpo principal	BO-FA#20
Flaps	Costillas 1	BO-FA#18
Flaps	Costillas 2	BO-FA#19
Est. Vertical	Soportes	BO-FA#13;16
Elevador	Costillas y refuerzos	BO-FA#36-37
Elevador	Cuerpo principal	BO-FA#38
Est. Horizontal	Costilla Horizontal 1	BO-FA#28-29
Est. Horizontal	Vigas 1	BO-FA#32
Est. Horizontal	Vigas 2	BO-FA#33

c. Piezas a producir en el taller de mecánica

Taller de Mecánica					
Subensamblado	Componente	Código	Subensamblado	Componente	Código
Fuselaje	Cuaderna 4	FU-FA#03	Alas	Tubo 1-5	AL-FA#05-09
Fuselaje	Cuaderna de ala 1	FU-FA#06	Alas	Placas caja de servos	AL-FA#10
Fuselaje	Cuaderna de ala 2	FU-FA#08	Alas	placas de jig 1	AL-FA#13-14
Fuselaje	Placa superior	FU-FA#12	Alas	placas de jig 2	AL-FA#15-17
Fuselaje	Placa inferior	FU-FA#13	Alas	Refuerzo pitot	AL-FA#33
Fuselaje	Base tren de dirección	FU-FA#16	Alas	Refuerzo boom	AL-FA#34
Fuselaje	Perfiles laterales	FU-FA#17	Est. Vertical	Costillas 7-9	BO-FA#07-09
T. Principal	Bocín	TP-FA#02	Est. Vertical	Placas soporte boom	BO-FA#25;27
T. Principal	Chapa de Mordazas	TP-FA#03	Est. Vertical	Tubos de boom	BO-FA#26
T. Principal	Cuerpo principal	TP-FA#04	Est. Vertical	Placa 1 de servos	BO-FA#23
T. Principal	Eje Principal	TP-FA#05	Est. Vertical	Placa 2 de servos	BO-FA#24
T. Delantero	Soporte lateral rueda	TD-FA#01	Est. Horizontal	Tubo 1	BO-FA#30
T. Delantero	Cuerpo principal	TD-FA#04	Est. Horizontal	Tubo 2	BO-FA#31
T. Delantero	Soporte sup. de actuador	TD-FA#09	Est. Horizontal	Placa 1 de servos	BO-FA#23
T. Delantero	Placa de sujeción	TD-FA#12	Est. Horizontal	Placa 2 de servos	BO-FA#24

d. Elementos que se fabrican únicamente mediante mecanizado CNC

Mecanizado CNC		
Subensamblado	Componente	Código
Fuselaje	Separadores de motor	FU-FA#10
Fuselaje	Base del tren principal	FU-FA#11
Fuselaje	Base tren de dirección	FU-FA#16
T. Principal	Aros MATCO WHLNW40EE	TP-FA#01
T. Delantero	Separador de actuador	TD-FA#02
T. Delantero	Separador de rueda	TD-FA#03
T. Delantero	Base de dirección	TD-FA#05
T. Delantero	Soporte de dirección	TD-FA#06
T. Delantero	Arandela superior	TD-FA#07
T. Delantero	Tapa de dirección	TD-FA#08
T. Delantero	Tubo buje	TD-FA#10
T. Delantero	Arandela inferior	TD-FA#11
T. Delantero	Buje de dirección	TD-FA#13
Alas	Nylon de sujeción de alas	AL-FA#11-12
Alas	Alza posterior	AL-FA#32

Anexo 29: Lista de componentes por cada estación de trabajo

ESTACIÓN DE TRABAJO 1					
	Código	Nombre	Cantidad	Sección	Tipo
1	GIII-01-TP-FA#01	Aros WHLNW40EE	2	Tren principal	Fabricado
2	GIII-01-TP-FA#02	Bocín	2	Tren principal	Fabricado
3	GIII-01-TP-FA#03	Chapa de Mordazas	2	Tren principal	Fabricado
4	GIII-01-TP-FA#04	Cuerpo principal	1	Tren principal	Fabricado
5	GIII-01-TP-FA#05	Eje Principal	2	Tren principal	Fabricado
6	GIII-01-TP-CO#01	Rodamientos 1623R5	4	Tren principal	Comprado
7	GIII-01-TP-CO#02	Kit de frenos hidráulicos BR-M446	2	Tren principal	Comprado
8	GIII-01-TP-CO#03	Discos de Freno	2	Tren principal	Comprado
9	GIII-01-TP-CO#04	Rodamientos 6202LLB/16C3/2AS	2	Tren principal	Comprado
10	GIII-01-TP-CO#05	Pernos 3/16X32 AN3-10A	20	Tren principal	Comprado
11	GIII-01-TP-CO#06	Pernos M5x0,8x25	4	Tren principal	Comprado
12	GIII-01-TP-CO#07	Pernos C. hueca hex M5x12	12	Tren principal	Comprado
13	GIII-01-TP-CO#08	Tuercas M15	2	Tren principal	Comprado
14	GIII-01-TP-CO#09	Tuercas M5	20	Tren principal	Comprado
15	GIII-01-TP-CO#10	Tuercas de seguridad M5	4	Tren principal	Comprado
16	GIII-01-TP-CO#11	Tuercas M15 ranuradas	2	Tren principal	Comprado
17	GIII-01-TP-CO#12	Llantas de aviación 3.00-4 29B	2	Tren principal	Comprado
18	GIII-01-TD-FA#01	Soporte lateral de rueda	2	Tren delantero	Fabricado
19	GIII-01-TD-FA#02	Separador de actuador	2	Tren delantero	Fabricado
20	GIII-01-TD-FA#03	Separador de rueda	2	Tren delantero	Fabricado
21	GIII-01-TD-FA#04	Cuerpo principal	1	Tren delantero	Fabricado
22	GIII-01-TD-FA#05	Base de dirección	1	Tren delantero	Fabricado
23	GIII-01-TD-FA#06	Soporte de dirección	1	Tren delantero	Fabricado
24	GIII-01-TD-FA#07	Arandela Superior	1	Tren delantero	Fabricado
25	GIII-01-TD-FA#08	Tapa de dirección	1	Tren delantero	Fabricado
26	GIII-01-TD-FA#09	Soporte superior de actuador	2	Tren delantero	Fabricado
27	GIII-01-TD-FA#10	Tubo buje	1	Tren delantero	Fabricado
28	GIII-01-TD-FA#11	Arandela inferior	1	Tren delantero	Fabricado
29	GIII-01-TD-FA#12	Placa de sujeción	2	Tren delantero	Fabricado
30	GIII-01-TD-FA#13	Buje de dirección	1	Tren delantero	Fabricado
31	GIII-01-TD-CO#01	Rueda neumática 6"x2"	1	Tren delantero	Comprado
32	GIII-01-TD-CO#02	Actuador T120417	1	Tren delantero	Comprado
33	GIII-01-TD-CO#03	Rodamientos MT-3000 Ø int=1"	2	Tren delantero	Comprado
34	GIII-01-TD-CO#04	Perno Allen 5/16"x2"	2	Tren delantero	Comprado
35	GIII-01-TD-CO#05	Perno Hex. 3/16"x1 3/4"	2	Tren delantero	Comprado
36	GIII-01-TD-CO#06	Perno Allen 5/16-24x3 3/4"	2	Tren delantero	Comprado
37	GIII-01-TD-CO#07	Perno Hex. 3/16"x1 1/2"	4	Tren delantero	Comprado
38	GIII-01-TD-CO#08	Perno Hex. 3/16"x2"	1	Tren delantero	Comprado
39	GIII-01-TD-CO#09	Tuerca de presión 3/16"	7	Tren delantero	Comprado
40	GIII-01-TD-CO#10	Arandela plana 3/16"	14	Tren delantero	Comprado
41	GIII-01-TD-CO#11	Arandela plana 5/16"	10	Tren delantero	Comprado
42	GIII-01-TD-CO#12	Tuerca de presión 5/16"	4	Tren delantero	Comprado
43	GIII-01-TD-CO#13	Seguro Ø3/16"x1 3/8"	1	Tren delantero	Comprado
44	GIII-01-FU-FA#01	Cuaderna para tren delantero	1	Fuselaje	Fabricado
45	GIII-01-FU-FA#02	Cuaderna 3	1	Fuselaje	Fabricado
46	GIII-01-FU-FA#03	Cuaderna 4	1	Fuselaje	Fabricado
47	GIII-01-FU-FA#04	Cuaderna 5	2	Fuselaje	Fabricado
48	GIII-01-FU-FA#05	Cuaderna 6	1	Fuselaje	Fabricado
49	GIII-01-FU-FA#06	Cuaderna de ala 1	1	Fuselaje	Fabricado
50	GIII-01-FU-FA#07	Cuaderna de ala 1	2	Fuselaje	Fabricado
51	GIII-01-FU-FA#08	Cuaderna de ala 2	1	Fuselaje	Fabricado

52	GIII-01-FU-FA#09	Cuaderna de Motor	1	Fuselaje	Fabricado
53	GIII-01-FU-FA#10	Separadores de motor	4	Fuselaje	Fabricado
54	GIII-01-FU-FA#E1	Base del tren principal	1	Fuselaje	Fabricado
55	GIII-01-FU-FA#15	Nariz	1	Fuselaje	Fabricado
56	GIII-01-FU-FA#16	Base del tren de dirección	1	Fuselaje	Fabricado
57	GIII-01-FU-FA#17	Perfiles laterales	2	Fuselaje	Fabricado
58	GIII-01-FU-FA#18	Fuselaje	1	Fuselaje	Fabricado
59	GIII-01-FU-FA#19	Tanque de combustible	1	Fuselaje	Fabricado
60	GIII-01-FU-FA#20	Tapa de alas	1	Fuselaje	Fabricado
61	GIII-01-FU-FA#21	Tapa de fuselaje	1	Fuselaje	Fabricado
62	GIII-01-FU-FA#21	Pernos M8	6	Fuselaje	Comprado
63	GIII-01-FU-FA#21	Tornillos M3	14	Fuselaje	Comprado
64	-A1-FA#01 - 08	Costilla 1 - 8	2	Alerón 1	Fabricado
65	GIII-01-A1-FA#09	Soporte principal aleron1	2	Alerón 1	Fabricado
66	GIII-01-A1-FA#10	Soporte de dirección a1	2	Alerón 1	Fabricado
67	GIII-01-A1-FA#11	Piel alerón 1	2	Alerón 1	Fabricado
68	GIII-01-BO-FA#36	Costillas	10	Elevadores	Fabricado
69	GIII-01-BO-FA#37	Refuerzos	2	Elevadores	Fabricado
70	GIII-01-BO-FA#38	Cuerpo principal	2	Elevadores	Fabricado
71	GIII-01-BO-FA#40	Soporte de dirección	2	Elevadores	Fabricado
72	GIII-01-BO-FA#39	Piel alerón 1	2	Elevadores	Fabricado

ESTACION DE TRABAJO 2					
	Código	Nombre	N. PARTES	Sección	Tipo
73	GIII-01-A2-FA#01 - 10	Costilla 1 - 10	2	Alerón 2	Fabricado
74	GIII-01-A2-FA#11	Soporte principal alerón 2	2	Alerón 2	Fabricado
75	GIII-01-A2-FA#12	Soporte de dirección alerón 2	2	Alerón 2	Fabricado
76	GIII-01-A2-FA#13	Piel alerón 2	2	Alerón 2	Fabricado
77	GIII-01-BO-FA#01 - 12	Costilla 1 - 12	2	Est. Vertical	Fabricado
78	GIII-01-BO-FA#13	Soporte 1	2	Est. Vertical	Fabricado
79	GIII-01-BO-FA#14	Viga vertical	2	Est. Vertical	Fabricado
80	GIII-01-BO-FA#15	Viga vertical principal	2	Est. Vertical	Fabricado
81	GIII-01-BO-FA#16	Soporte 2	2	Est. Vertical	Fabricado
82	GIII-01-BO-FA#17	Piel estabilizador vertical	2	Est. Vertical	Fabricado
83	GIII-01-BO-FA#18	Costillas 1 Flap vertical		Flap	Fabricado
84	GIII-01-BO-FA#19	Costillas 2 Flap vertical		Flap	Fabricado
85	GIII-01-BO-FA#20	Cuerpo flap vertical	2	Flap	Fabricado
86	GIII-01-BO-FA#21	Piel del flap vertical	2	Flap	Fabricado
87	GIII-01-BO-FA#22	Soporte de dirección	2	Flap	Fabricado
88	GIII-01-BO-FA#23	Placas de fijación servos A	4		Fabricado
89	GIII-01-BO-FA#24	Placas de fijación servos B	4		Fabricado
90	GIII-01-BO-FA#E1	Soporte de aluminio	2	Est. Vertical	Fabricado
91	GIII-01-BO-FA#28	Costilla Horizontal 1	20	Est. Horizontal	Fabricado
92	GIII-01-BO-FA#29	Costilla Horizontal 2	2	Est. Horizontal	
93	GIII-01-BO-FA#30	Tubo 1	1	Est. Horizontal	
94	GIII-01-BO-FA#31	Tubo 2	1	Est. Horizontal	
95	GIII-01-BO-FA#32	Viga 1	2	Est. Horizontal	
96	GIII-01-BO-FA#33	Viga 2	2	Est. Horizontal	
97	GIII-01-BO-FA#34	Soporte posterior	1	Est. Horizontal	
98	GIII-01-BO-FA#35	Piel estabilizador vertical	1	Est. Horizontal	
99	GIII-01-BO-CO#01	Servomotor Tonegawa	4		
100	GIII-01-BO-CO#02	Tornillos M3	40		
101	GIII-01-BO-CO#03	Bisagras tipo clavo	14		


ESTACION DE TRABAJO 3					
	Código	Nombre	N. PARTES	Sección	Tipo
102	GIII-01-AL-FA#01	Viga secundaria derecha	1	Alas	Fabricado
103	GIII-01-AL-FA#02	Viga secundaria izquierda	1	Alas	Fabricado
104	GIII-01-AL-FA#03	Viga principal parte 1	2	Alas	Fabricado
105	GIII-01-AL-FA#04	Viga principal parte 2	2	Alas	Fabricado
106	GIII-01-AL-FA#05	Tubo de 10x623mm	2	Alas	Fabricado
107	GIII-01-AL-FA#06	Tubo 19x500mm	2	Alas	Fabricado
108	GIII-01-AL-FA#07	Tubo 19x1553mm	2	Alas	Fabricado
109	GIII-01-AL-FA#08	tubo 20mmx935	2	Alas	Fabricado
110	GIII-01-AL-FA#09	tubo 25,4mmx623	2	Alas	Fabricado
111	GIII-01-AL-FA#10	Caja de servos	8	Alas	Fabricado
112	GIII-01-AL-FA#11	Nylon de sujeción de alas 1	1	Alas	Fabricado
113	GIII-01-AL-FA#12	Nylon de sujeción de alas 2	1	Alas	Fabricado
114	GIII-01-AL-FA#13	Costilla lateral 1	2	Alas	Fabricado
115	GIII-01-AL-FA#14	Costilla lateral 2	2	Alas	Fabricado
116	GIII-01-AL-FA#15	Soporte principal	2	Alas	Fabricado
117	GIII-01-AL-FA#16	Soporte secundario	2	Alas	Fabricado
118	GIII-01-AL-FA#17	Base	2	Alas	Fabricado
119	GIII-01-AL-FA#18 - 30	Costilla 1 - 13	2	Alas	Fabricado
120	GIII-01-AL-FA#31	Piel de alas	2	Alas	Fabricado
121	GIII-01-AL-FA#32	Soporte posterior de alas	1	Alas	Fabricado
122	GIII-01-BO-FA#26	tubo de cola de boom	2	Boom	Fabricado
123	GIII-01-BO-FA#27	Placa de fijación	2	Boom	Fabricado
124	GIII-01-BO-CO#01	Servomotor Tonegawa	4	Alas	Comprado
125	GIII-01-BO-CO#02	Tornillos M3	24	Alas	Comprado
126	GIII-01-AL-CO#01	Pernos M6	16	Alas	Comprado
127	GIII-01-AL-CO#02	Pernos M8	6	Alas	Comprado
128	GIII-01-BO-CO#04	Bisagras de 10mm	6	Boom	Comprado

ESTACION DE TRABAJO 4					
	Código	Nombre	N. PARTES	Sección	Tipo
129	GIII-01-BO-CO#02	Tornillos M3	60	Alas	Comprado
130	GIII-01-BO-CO#05	Pernos M6	10		
131	GIII-01-FU-FA#19	Tanque de combustible	1	Tanque	Fabricado
132	GIII-01-WI-FA#01	Winglets	2	Winglets	Fabricado
133	GIII-01-AL-CO#03	Bisagras de 10 mm	10	Alas	Comprado
134	GIII-01-FU-FA#EF	Fuselaje	1		
135	GIII-01-TP-FA#EF	Tren de aterrizaje principal	1		
136	GIII-01-TD-FA#EF	Tren de aterrizaje delantero	1		
137	GIII-01-AL-FA#EF	Conjunto de Alas	1		
138	GIII-01-A1-FA#EF	Alerones 1	2		
139	GIII-01-A2-FA#EF	Alerones 2	2		
140	GIII-01-BO-FA#EF	Boom	1		
141	GIII-01-FU-FA#20	Tapa de alas	1		
142	GIII-01-FU-FA#21	Tapa de fuselaje	1		
143	GIII-01-AL-CO#04	Pernos M8	8	Alas	


Anexo 30: Inspección de cumplimiento de requisitos mínimos de seguridad según el decreto de salud y seguridad de los trabajadores (2393) [48].

Requisitos mínimos de seguridad según el decreto de salud y seguridad de los trabajadores impuesto por el IESS (Decreto 2393)		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 22 Superficies y ubicación de los puestos de trabajo</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 23 Suelo, techos y paredes</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 24 Pasillos</p>	<p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input checked="" type="checkbox"/></p>	
Observaciones: Falta de señalización		


Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 33 Puertas y salidas</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 42 Excusados y Urinarios</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 73 Ubicación de maquinaria</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		
Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 74 La separación de las máquinas</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
Observaciones:		

Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 75 Colocación de materiales y útiles</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	


Observaciones: Se requiere orden en los puestos de trabajo

Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 159 Extintores</p>	<p>SI <input type="checkbox"/></p> <p>NO <input checked="" type="checkbox"/></p>	

Observaciones: Es necesaria la colocación de extintores ya sea tipo PQS o CO2.

Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 161 Salidas de emergencia</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	

Observaciones: El Hangar dispone de salidas de emergencia pero necesitan ser señalizadas

Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 176, 179, 180 Equipos de protección personal</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	

Observaciones: Existen implementos que debido a su uso continuo se encuentran deteriorados y necesitan ser reemplazados.

Artículo	Conformidad	Evidencia
<p>Artículo 176, 179, 180 Señalización</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>NO <input type="checkbox"/></p>	
<p>Observaciones:</p>		

De acuerdo al análisis realizado, las instalaciones cumplen con más del 80% de los requisitos mínimos de seguridad que establece el decreto, por tanto las instalaciones son adecuadas para realizar las tareas de producción.