



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

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

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

**Tema:**

---

**SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS  
PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS  
EN EL CID FAE.**

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo estructurado de manera independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

AUTOR: Jose Carlos Morales Palacios

TUTOR: Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

Ambato - Ecuador

Noviembre 2012

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS EN EL CID FAE”**, del señor Jose Carlos Morales Palacios, 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 Art. 16 del Capítulo IV, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Noviembre del 2012

EL TUTOR

-----  
Ing. César Aníbal Rosero Mantilla, Mg.

## AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: **“SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS EN EL CID FAE”**. 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 del 2012

---

Jose Carlos Morales Palacios  
CC: 180448125-5

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. M. Sc. Oswaldo Eduardo Paredes Ochoa, Presidente y los señores Miembros, Ing. M. Sc. Carlos Humberto Sánchez Rosero, e Ing. Víctor Manuel Pérez Rodríguez, revisaron y aprobaron el Informe Final del Trabajo de Graduación titulado: **“SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS EN EL CID FAE”**, presentado por el señor Jose Carlos Morales Palacios de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Eduardo Paredes Ochoa, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Humberto Sánchez Rosero, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Víctor Pérez Rodríguez, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA:**

A mis padres José y Enma por confiar en mis decisiones y apoyarme a lo largo de mi carrera, a mis hermanas Susana, Mónica y Wilma por ayudarme en cada reto sin dudar nunca de mi inteligencia y capacidad.

Jose Carlos Morales Palacios

## **AGRADECIMIENTO:**

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial; por darme la oportunidad de representar a mi carrera en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, haciendo posible la ejecución de este proyecto que aporta al desarrollo de la soberanía nacional.

Jose Carlos Morales Palacios

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## PRELIMINARES

Portada .....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Declaración de Autenticidad y Responsabilidad .....	iii
Aprobación de la comisión Calificadora .....	iv
Dedicatoria. ....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice general de contenidos.....	vii
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de imágenes .....	xiv
Resumen ejecutivo .....	xvii
Introducción .....	xix

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico .....	3
1.2.3 Prognosis .....	4
1.2.4 Formulación del problema .....	4
1.2.5 Preguntas directrices .....	5
1.2.6 Delimitación del problema.....	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos: .....	6
1.4.1 Objetivo General: .....	6
1.4.2 Objetivos específicos: .....	6

CAPITULO II  
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos .....	7
2.2 Fundamentación legal .....	8
2.3 Categorías Fundamentales .....	9
2.3.1 MECÁNICA DE FLUIDOS .....	11
2.3.1.1 Presión: .....	11
2.3.1.2 Presión absoluta y manométrica .....	12
2.3.1.3 Caudal .....	13
2.3.1.4 Compresibilidad.....	13
2.3.2 NEUMÁTICA.....	13
2.3.2.1 Leyes de los gases perfectos .....	14
2.3.2.2 Ley de Boyle-Mariotte.....	14
2.3.2.3 Ley de Gay-Lussac .....	14
2.3.2.4 El aire.....	14
2.3.2.5 Ventajas del aire comprimido .....	15
2.3.2.6 Inconvenientes del aire comprimido.....	16
2.3.2.7 ¿Cómo se comprime el aire?.....	16
2.3.2.8 Compresor.....	17
2.3.3 SISTEMA NEUMÁTICO.....	18
2.3.3.1 Diseño de la red .....	18
2.3.3.2 Instalación de aire comprimido.....	19
2.3.3.3 Diseño de la instalación .....	20
2.3.4 MEDICIÓN DEL TRABAJO .....	22
2.3.4.1 Medida del trabajo .....	23
2.3.5 ESTUDIO DEL TRABAJO .....	23
2.3.6 PROCESOS DE MANUFACTURA .....	25
2.3.6.1 Operaciones de proceso .....	26
2.3.6.2 Operaciones de ensamble.....	26
2.3.6.3 Máquinas de producción y herramientas .....	28

2.3.7 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES	
NO TRIPULADAS .....	28
2.3.7.1 Materiales.....	28
2.3.7.2 Procesos de construcción .....	30
2.4 Hipótesis.....	31
2.5 Variables .....	31
2.5.1 Variable Independiente .....	31

### CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Enfoque .....	32
3.2 Modalidad Básica de Investigación .....	32
3.3 Tipos de Investigación .....	33
3.4 Población y Muestra.....	33
3.4.1 Población.....	33
3.4.2 Muestra.....	33
3.5 Operacionalización De Las Variables .....	34
Matriz de Operacionalización de variables; variable independiente.....	34
Matriz de Operacionalización de variables; variable dependiente.....	35
3.6 Recolección de la Información.....	36
3.7 Procesamientos y análisis.....	37
3.7.1 Procesamiento .....	37
3.7.2 Análisis e interpretación de resultados.....	38

### CAPITULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de la encuesta .....	39
4.2 Verificación de la hipótesis .....	48

CAPITULO V  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones .....	51
5.2 Recomendaciones.....	52

CAPITULO VI  
PROPUESTA

6.1 Datos Informativos.....	53
Tema:.....	53
Institución Ejecutora: .....	53
Beneficiarios: .....	53
Ubicación: .....	53
Tiempo estimado para la ejecución.....	53
Equipo Técnico responsable: .....	54
6.2 Antecedentes de la propuesta .....	54
6.3 Justificación.....	54
6.4 Objetivos. ....	55
General. ....	55
Específicos. ....	55
6.5 Análisis de factibilidad.....	56
Tecnológica.....	56
Económico – Financiero .....	56
6.6 Fundamentación Científico Técnica .....	57
Redes de aire comprimido.....	57
Clasificación de las redes de aire comprimido.....	57
Tipos de configuraciones de la red principal .....	59
Factores que considerar en el diseño de una red .....	60
Calculo de una red.....	61
Material de las tuberías .....	61
Tratamiento del aire comprimido.....	62
Tratamiento del aire .....	62
Pasos para el tratamiento .....	62

6.7 Modelo operativo .....	63
Consideraciones previas.....	63
Calculo de cargas de aire en el interior del hangar 1 del CIDFAE. ....	64
Análisis de cargas para el área de mantenimiento automotriz (1).....	64
Análisis de cargas para el área de ensamblaje (2). ....	65
Análisis de cargas para el taller de materiales compuestos (3).....	65
Análisis de cargas para el taller de metal mecánica (4).....	65
Análisis de cargas para la sección de acabados (5). ....	66
Análisis de cargas para el taller de mecánica aeronáutica (6) (7).....	66
Análisis de cargas para la máquina CNC (8).....	67
Análisis de cargas para taller de trabajos en balsa (9). ....	68
Resumen de los puntos de carga .....	68
Coeficiente de simultaneidad .....	71
Las pérdidas de presión.....	72
Futuras ampliaciones.....	73
Resumen del análisis de cargas .....	73
Selección del equipo de aire comprimido .....	74
Calidad del aire comprimido.....	74
Componentes de la red.....	74
Selección del compresor .....	75
Ubicación del compresor .....	78
Tuberías .....	79
La tubería principal.....	80
La tubería de servicio.....	80
Calculo de las tuberías .....	81
INSTALACIÓN DEL SISTEMA.....	85
Presupuesto de la construcción .....	94
Equipos y materiales.....	94
Servicios, Mano de obra .....	96
Herramientas.....	96
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO CON HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS.....	97

Descripción de los métodos utilizados para el estudio.....	97
Selección de operaciones .....	97
Selección del Operario .....	98
Método para la Toma de Tiempos .....	98
Tiempo Básico .....	99
Suplementos .....	99
Suplementos Constantes.....	99
Suplementos variables.....	100
Tiempo Estándar .....	100
<b>ESTUDIO DE TIEMPOS .....</b>	<b>101</b>
Procesos seleccionados de fabricación de aeronaves no tripuladas .....	101
Estudio 1.....	101
Construcción de una cubierta para molde de ala.....	101
Estudio 1.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas .....	101
Estudio 1.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas .....	103
Estudio 2.....	105
Construcción de una costilla de soporte para ala .....	105
Estudio 2.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas .....	105
Estudio 2.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas .....	107
Estudio 3.....	109
Construcción de un excéntrico de mecanismo basculante .....	109
Estudio 3.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas .....	109
Estudio 3.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas .....	111
Resultados de los estudios de tiempos .....	113
6.8 Previsión de la evaluación.....	114
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
Conclusiones .....	115
Recomendaciones.....	116
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>117</b>
Linkografía.....	117

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Etapas para el estudio del trabajo.....	25
Tabla N° 2: Operacionalización variable independiente.....	34
Tabla N° 3. Operacionalización variable dependiente. ....	35
Tabla N° 4.Recolección de información .....	36
Tabla N° 5.Trabajo anterior con herramientas neumáticas. ....	39
Tabla N° 6. Mayor esfuerzo físico. ....	40
Tabla N° 7.Capacidad con herramientas neumáticas. ....	41
Tabla N° 8.Aumento de rapidez con herramientas neumáticas.....	42
Tabla N° 9. Son prácticas las herramientas neumáticas. ....	43
Tabla N° 10.Herramientas más seguras.....	44
Tabla N° 11.Herramientas más confiables. ....	45
Tabla N° 12.Mejoras en la calidad. ....	46
Tabla N° 13.Instalar para equipos futuros.....	47
Tabla N° 14. Frecuencias observadas.....	49
Tabla N° 15. Frecuencias esperadas .....	49
Tabla N° 16. Calculo del chi cuadrado.....	50
Tabla N° 17. Resumen de consumo en las áreas de trabajo. ....	69
Tabla N° 18. Porcentaje de utilización de herramientas en cada área de trabajo. ..	70
Tabla N° 19. Calculo de consumo real en cada puesto de trabajo. ....	70
Tabla N° 20. Cuadro comparativo de compresores.....	77
Tabla N° 21. Presupuesto de equipos y materiales utilizados en el sistema. ....	95
Tabla N° 22. Costo de instalación del sistema .....	96
Tabla N° 23. Costo de herramientas neumáticas.....	97
Tabla N° 24. Tabla de suplementos.....	100
Tabla N° 25. Descripción de actividades para estudio 1.1. ....	101
Tabla N° 26. Toma de tiempos para estudio 1.1. ....	102
Tabla N° 27. Calculo de tiempo estándar para estudio 1.1. ....	102
Tabla N°28. Descripción de actividades para estudio 1.2 .....	103
Tabla N° 29. Toma de tiempos para estudio 1.2. ....	103
Tabla N°30. Calculo de tiempo estándar para estudio 1.2 .....	104

Tabla N°31. Descripción de actividades para estudio 2.1.....	105
Tabla N° 32. Toma de tiempos para estudio 2.1. ....	106
Tabla N° 33. Calculo de tiempo estándar para estudio 2.1. ....	107
Tabla N°34. Descripción de actividades para estudio 2.2.....	107
Tabla N°35. Toma de tiempos para estudio 2.2 .....	108
Tabla N°36. Calculo de tiempo estándar para estudio 2.2. ....	108
Tabla N°37. Descripción de actividades para estudio 3.1.....	109
Tabla N°38. Toma de tiempos para estudio 3.1. ....	110
Tabla N°39. Calculo de tiempo estándar para estudio 3.1. ....	110
Tabla N° 40. Descripción de actividades para estudio 3.2.....	111
Tabla N° 41. Toma de tiempos para estudio 3.2. ....	112
Tabla N° 42. Calculo de tiempo estándar para estudio 3.2. ....	112
Tabla N° 43. Resultados de los estudios de tiempos.....	113

#### INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Arbol de problemas.....	3
Figura N°2: Categorías fundamentales de la variable Independiente. ....	9
Figura N°3: Categorías fundamentales de la variable Dependiente. ....	10
Figura N°4: Constelación de ideas variable independiente.....	10
Figura N°5: Constelación de ideas variable dependiente.....	11
Figura N°6: Dirección de la presión del fluido sobre las fronteras.....	12
Figura N°7: Clasificación de los procesos de manufactura .....	27
Figura N°8. Trabajo anterior con herramientas neumáticas. ....	39
Figura N°9. Mayor esfuerzo físico. ....	40
Figura N° 10. Capacidad con herramientas neumáticas. ....	41
Figura N° 11. Aumento de rapidez con herramientas neumáticas. ....	42
Figura N° 12. Son prácticas las herramientas neumáticas .....	43
Figura N°13. Herramientas más seguras. ....	44
Figura N°14. Herramientas más confiables.....	45
Figura N° 15. Mejoras en la calidad usando herramientas neumáticas.....	46
Figura N° 16. Sería un sistema neumático útil para futuros equipos. ....	47
Figura N° 17. Configuración de tuberías.....	59

Figura N° 18. Pasos para el tratamiento del aire comprimido.....	63
Figura N° 19. Distribución del hangar 1 .....	64
Figura N° 20. Componentes de una red neumática .....	75
Figura N° 21. Compresor de pistón 10 hp.....	78
Figura N° 22. Inclinación de tuberías.....	81
Figura N° 23. Medidas reales en tuberías comerciales según la norma ASTM A53.....	83
Figura N° 24. Esquema de una unidad de mantenimiento .....	84
Figura N° 25. Unidad de mantenimiento 3/8” .....	85
Figura N° 26. Vista lateral de la estructura (en construcción) de alojamiento para el compresor .....	86
Figura N° 27. Estructura de alojamiento para el compresor en fase de acabados .....	86
Figura N° 28. Instalación eléctrica en el área del compresor .....	87
Figura N° 29. Elevación del compresor a su sitio de instalación .....	87
Figura N° 30. Compresor colocado sobre los durmientes.....	88
Figura N° 31. Sistema de arranque y de protección contra sobrecargas .....	88
Figura N° 32. Especificaciones técnicas de soporte para tuberías .....	89
Figura N° 33. Diseño del soporte para tuberías.....	89
Figura N° 34. Soportes para tubería de 1/2” a 3/4" .....	90
Figura N° 35. Seccionamiento de circuitos .....	90
Figura N° 36. Tubería de consumo.....	91
Figura N° 37. Regulador, filtro, deshumidificador, secador instalado en el taller de acabados .....	91
Figura N° 38. Regulador, filtro, lubricador instalado en el taller de materiales compuestos.....	92
Figura N° 39. Tubería de servicio de color azul, punto de trabajos en balsa .....	92
Figura N° 40. Cartel de señalización para los puntos de consumo .....	93
Figura N° 41. Señalización del área del compresor .....	93
Figura N° 42. Construcción de cubierta para molde de ala.....	101
Figura N° 43. Costilla de soporte para ala.....	105
Figura N° 44. Mecanismo basculante.....	109

Figura N° 45. Resultados estudio 1 .....	113
Figura N° 46. Resultados estudio 2 .....	113
Figura N° 47. Resultados estudio 3 .....	114

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto tiene como tema: “Sistema neumático para la optimización de los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE”

Este trabajo está encaminado a facilitar los procesos de construcción de modelos aeroespaciales mediante la utilización de herramientas neumáticas buscando reducir los tiempos estándar de los procesos y minimizar la fatiga del personal, proporcionándoles equipos de mayor potencia que reemplacen las herramientas manuales utilizadas comúnmente para estos trabajos. Este proyecto está dividido en seis capítulos, los mismos que se detallan a continuación.

En el primer capítulo se describe el Planteamiento del Problema, donde se resume la realidad del CIDFAE en cuanto al uso de herramientas, con lo cual se puede analizar, formular, delimitar y justificar la inexistencia de un sistema neumático en el CIDFAE.

Cada uno de los objetivos está basado de acuerdo a las variables tanto independientes como dependientes del tema; con lo cual se ha planteado una propuesta que dé solución al problema de este centro de investigación.

El capítulo II se refiere al Marco Teórico, consta de los antecedentes investigativos en los cuales se pueden observar las investigaciones previas similares al tema que se está planteando con sus respectivas conclusiones.

A continuación se describen las categorías fundamentales que van a regir en el desarrollo investigativo del proyecto y por el cual se darán a conocer aspectos importante para el entendimiento del tema. La hipótesis planteada para este proyecto es: “La implementación de un sistema neumático influirá en los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE” con lo que se señalan las variables tanto independiente como dependiente.

El capítulo III contiene la metodología con la que se va a tratar el desarrollo del proyecto; el enfoque es cualicuantitativo pues se basa en resultados y análisis crítico del problema. El tipo de investigación abarca diferentes niveles, con los cuales se puede determinar causas, comportamientos y los problemas que aquejan a este centro de investigación.

En el capítulo IV se muestra el análisis e interpretación de resultados de la encuesta dirigida al personal de aerotécnicos y al jefe del área de mecánica aeronáutica del CIDFAE con el propósito de recopilar información necesaria para elaborar el proyecto.

El capítulo V consta de las conclusiones derivadas de la interpretación de resultados las que ayudan en la toma de decisiones para solucionar el problema de este centro de investigación; con lo cual se recomienda instalar una red neumática que permita realizar mejoras a los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas mediante la utilización de herramientas neumáticas.

El capítulo VI contiene la Propuesta, en la que se detalla objetivamente el desarrollo del proyecto de diseño e instalación de un sistema neumático para la optimización de los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está encaminado a realizar un análisis de los métodos de trabajo que se llevan a cabo para la construcción de aeronaves no tripuladas, con el objetivo de promover el uso de herramientas adecuadas para cada proceso, consiguiendo reducir los tiempos de las tareas, reducir el esfuerzo humano, mejorar la calidad de los productos finales y ayudar en el cumplimiento de estrictos cronogramas de entrega.

Un análisis de los puestos de trabajo permite determinar factores tales como:

Las herramientas neumáticas requeridas en cada puesto de trabajo, el caudal y presión necesarios para que se puedan utilizar dichas herramientas y el lugar más adecuado para la colocación de una toma de aire comprimido.

Un cálculo detallado de los caudales y presiones requeridos en cada punto de consumo permite un dimensionamiento y selección adecuada tanto de los equipos como de los materiales que formarán parte de este sistema de generación y distribución de aire comprimido.

Una vez instalado el sistema, un estudio de tiempos es fundamental para registrar el desempeño de los aerotécnicos con las nuevas herramientas determinando de esta forma si el cambio es favorable en distintos puestos de trabajo dentro del CIDFAE.

Al trabajar con herramientas versátiles para cada operación se prestan facilidades para que los aerotécnicos realicen su trabajo de una forma rápida, cómoda y segura logrando mejor calidad en las partes y por lo tanto en las aeronaves terminadas, motivando así a que todo el personal involucrado use estos equipos en sus labores diarias.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Tema**

**“SISTEMA NEUMÁTICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS EN EL CID FAE”**

### **1.2 Planteamiento del problema**

#### **1.2.1 Contextualización**

El aire comprimido es una fuente de energía que al aprovechar las ventajas que proporciona el trabajar con elementos neumáticos, nos permite realizar de una forma más rápida y eficiente las tareas que se puedan emprender en cualquier industria.

En países industrializados las aplicaciones de la neumática son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañado además de estudios más acabados de las materias y principios que rigen la hidráulica y neumática. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general.

Los países que no implantan esta tecnología se privan a sí mismos de todos los beneficios que esta aporta exponiéndose así a retrasos en su desarrollo industrial, además contribuyen con la producción de agentes contaminantes al negarse a emplear un tipo de energía que no contamina por sí mismo e impiden que en sus industrias se lleven a cabo procesos que son posibles únicamente gracias al uso de la energía neumática y que aportan un gran valor agregado al producto final que de seguro sería muy apreciado por los clientes.

En el Ecuador la necesidad de facilitar el trabajo de los obreros no afecta únicamente a las grandes empresas, sino también a la pequeña industria. Incluso la industria artesanal se ve obligada a desarrollar métodos de producción racionales que ayude en las tareas diarias a sus trabajadores, es por esto que muchas de estas industrias ya cuentan con fuentes de energía neumática en sus instalaciones, mientras que las empresas que se mantienen utilizando herramientas completamente manuales se vuelven cada vez menos competitivas perdiendo así clientes debido a su baja confiabilidad y calidad.

En los hangares del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana los aerotécnicos cumplen estrictos cronogramas de trabajo requiriendo así herramientas que faciliten al máximo sus deberes como constructores de aeronaves no tripuladas.

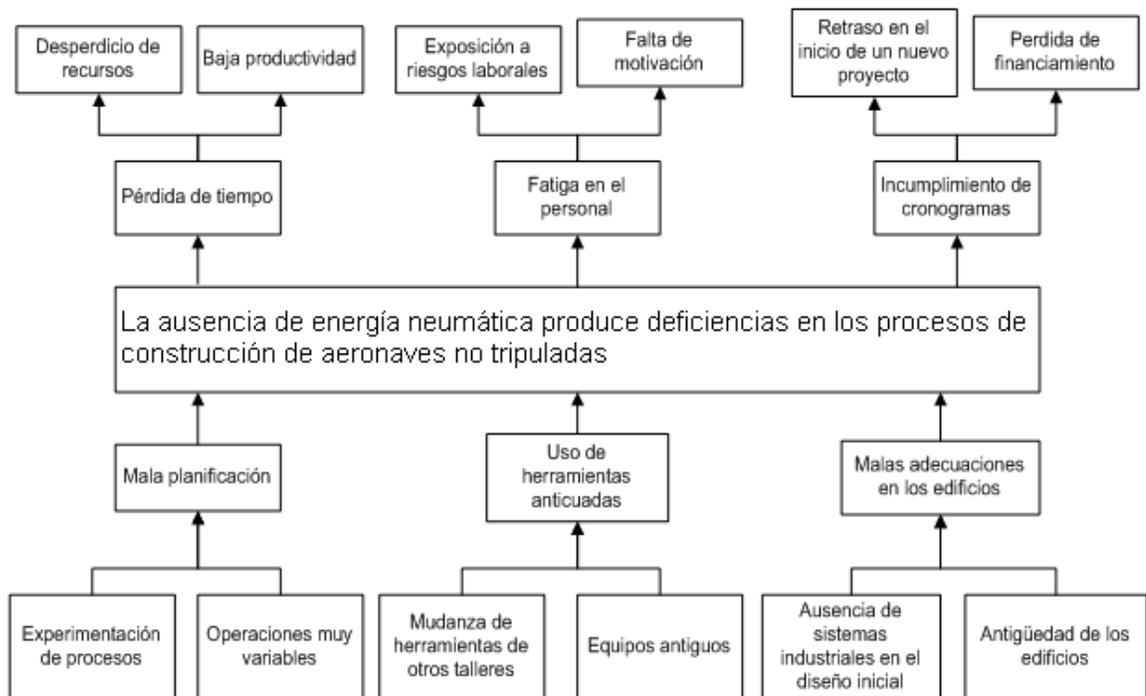
Actualmente se ve reducida la gama de herramientas que podrían facilitar ciertos procesos de fabricación retrasando la manufactura y causando fatiga al personal que se ve obligado a emplear herramientas manuales. Lo que produce que no se pueda cumplir con los cronogramas establecidos corriendo el riesgo de perder el financiamiento e impidiendo el inicio de un nuevo proyecto de investigación.

Al contar con otros tipos de energía dentro de estos edificios, se otorga la capacidad de usar herramientas más especializadas que facilitarían la construcción y mantenimiento de aeronaves de una forma más rápida, mejorando el desempeño de

los aerotécnicos dentro de centro de investigación e impulsando el cumplimiento del cronograma establecido.

## Árbol De Problemas

### Efectos



### Causas

Figura N° 1: Árbol de problemas  
Elaborado por: Investigador

### 1.2.2 Análisis crítico

Actualmente el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana desarrolla prototipos de aeronaves en sus hangares los mismos que no cuentan con instalaciones neumáticas debido en gran parte a que en el diseño inicial de estos edificios no se consideraron las actividades a desarrollarse en su interior por esto

todas las tareas deben efectuarse utilizando herramientas manuales las mismas que aunque funcionan bien requieren de más tiempo para concluir un trabajo que una herramienta neumática.

En la etapa de planificación que antecede a cada proyecto desarrollado en este centro de investigación se organizan los recursos humanos y materiales, se establecen los objetivos y plazos para cumplirlos, poniendo especial atención a la investigación y diseño dejando de lado un paso muy importante como es la manufactura, debido a esto los técnicos aeronáuticos responsables de la construcción de prototipos no cuentan con las facilidades necesarias para realizar su trabajo de manera rápida lo que les produce cansancio por el sobreesfuerzo realizado para intentar cumplir con los tiempos de producción.

La selección adecuada de herramientas en los procesos de fabricación de aeronaves es un factor muy importante debido a que esto influye en el tiempo total de manufactura y por ende afecta el desempeño de los técnicos aeronáuticos limitando su capacidad de cumplir con los cronogramas de trabajo.

### **1.2.3 Prognosis**

Si el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana no utiliza herramientas neumáticas en sus hangares, los procesos efectuados en la fabricación de aeronaves no tripuladas tendrán deficiencias por lo que habrá demoras y los cronogramas establecidos no se cumplirán retrasando las investigaciones notablemente.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Cómo afectan los deficientes procesos en el cumplimiento de cronogramas en la construcción de aeronaves no tripuladas en el CID FAE?

### **1.2.5 Preguntas directrices**

¿Qué procesos se realizan actualmente en el CIDFAE para la construcción de aeronaves?

¿Se cumplen eficientemente los cronogramas establecidos en la construcción para la construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE?

¿Se optimizarán los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas con la implementación de un sistema neumático?

### **1.2.6 Delimitación del problema**

**Campo:** Instalaciones Industriales

**Área:** Neumática

**Aspecto:** Optimización de procesos de construcción

**Delimitación espacial:** La investigación se realizará en la Provincia del Tungurahua, ciudad Ambato, en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

**Delimitación temporal:** La presente investigación será desarrollada en el periodo comprendido entre noviembre del 2011 y abril del 2012.

### **1.3 Justificación**

La investigación de este tema es importante, ya que a través del mismo se podrán optimizar los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el hangar del CIDFAE mediante el uso de herramientas que funcionan con energía neumática, reduciendo los tiempos de fabricación, aumentando la calidad del producto final y

haciendo posible el cumplimiento de cronogramas establecidos dentro de un proyecto.

Al estudiar estos temas se tendrá un amplio conocimiento de los elementos necesarios para optimizar los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE, así como de la relación que existe entre el uso de energía neumática y la mejora en la fabricación de prototipos dentro de este centro de investigación.

La correcta implantación de un sistema neumático hará posible el uso de herramientas neumáticas dentro del hangar, lo que será de ayuda a los técnicos aeronáuticos influyendo en la fabricación de los prototipos, promoviendo su construcción a tiempo y facilitando el inicio de un nuevo proyecto de investigación.

#### **1.4 Objetivos:**

##### **1.4.1 Objetivo General:**

- Diseñar un sistema neumático para optimizar los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

##### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Analizar los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.
- Indagar sobre la influencia de un sistema neumático en la construcción de aeronaves no tripuladas.
- Proponer la implementación de un sistema neumático que optimice los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos**

Una vez revisados los archivos de la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial se pudo constatar que no existen proyectos de tesis similares que hayan sido realizados anteriormente.

Después de una investigación en la biblioteca de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se ha encontrado un trabajo de similares características.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA ACERÍA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A.”

Año: 2009

Autor: Luis Alberto Viracocha Chicaiza

Cuyas principales conclusiones son:

- Se cuantifico el trabajo útil en cilindros actuadores y fuelles de acuerdo con los requerimientos de tiempo y fuerza en cada uno de los procesos en las diferentes áreas de la acería.
- Se determinó la energía extraída debido a la apertura de las válvulas de membrana, que son un valor muy alto respecto de la energía de entrada.
- Se determinó la eficiencia energética total del sistema neumático la cual corresponde en forma cercana a los valores de eficiencia de otros dispositivos mecánicos como bombas centrífugas o motores eléctricos pequeños.

## **2.2 Fundamentación legal**

### **CREACIÓN DEL CIDFAE**

En primera instancia el Centro de Investigación y Desarrollo (CID) fue creado el 5 de Mayo de 1998, teniendo como predecesor al Departamento de Ingeniería Aeronáutica, el cual se creó en el año 1994 y está ubicado en la Base Aérea Cotopaxi de la ciudad de Latacunga. 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, fortaleciendo al poder aeronáutico del Ecuador a través de la autosuficiencia tecnológica.

Siendo su fortaleza las secciones de: Aerodinámica, Estructuras, Materiales Compuestos, Propulsión, Performance, Adquisición de Datos, Telemática, Dispositivos Electrónicos, Control, Guiado y Navegación, entre otros; el CID de la ciudad de Latacunga decide formar parte de la Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea (DIAF) a partir del 23 de marzo del 2004 y paso a llamarse CID-DIAF. Pero a partir de Noviembre del 2009 se lo conoce como el Centro de Ingeniería y Mantenimiento de Aviación Militar (CIMAM) y sigue bajo la dependencia de la DIAF.

Por lo expuesto y tras la aprobación del ambicioso Proyecto Plataforma de Gran Altitud, la FAE decide crear un Centro de Investigación y Desarrollo que sea específicamente para realizar proyectos de tipo aeronáutico y aeroespacial, que además esté orientado a la labor social y al desarrollo nacional. Este CID está bajo el mando de la Dirección Aeroespacial de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, al momento el Centro sigue trabajando en las instalaciones del ex COS-3 en la ciudad de Ambato, con el nombre de “Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CID-FAE)” pues en este reparto continuarán ejecutando proyectos aeronáuticos y aeroespaciales en el futuro.

Fuente: Archivo CIDFAE.

### 2.3 Categorías Fundamentales

Diseño de un sistema neumático.

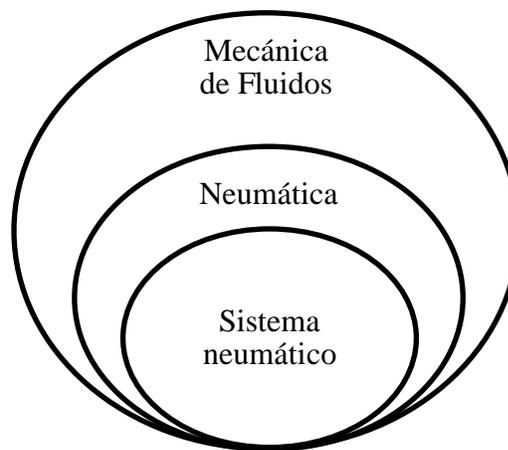


Figura 2: Categorías fundamentales de la variable Independiente.  
Elaborado por: El investigador

Mejorar los tiempos de construcción de aeronaves no tripuladas mediante la utilización de herramientas neumáticas en el CIDFAE.

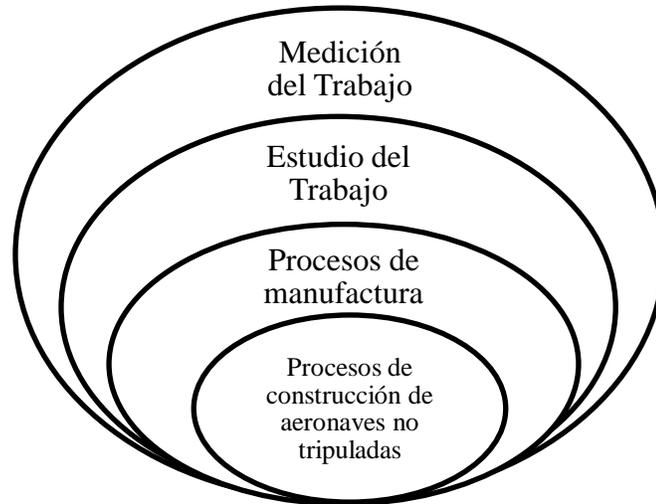


Figura 3: Categorías fundamentales de la variable Dependiente.  
Elaborado por: El investigador

### CONSTELACIÓN DE IDEAS



Figura 4: Constelación de ideas variable independiente  
Elaborado por: El investigador

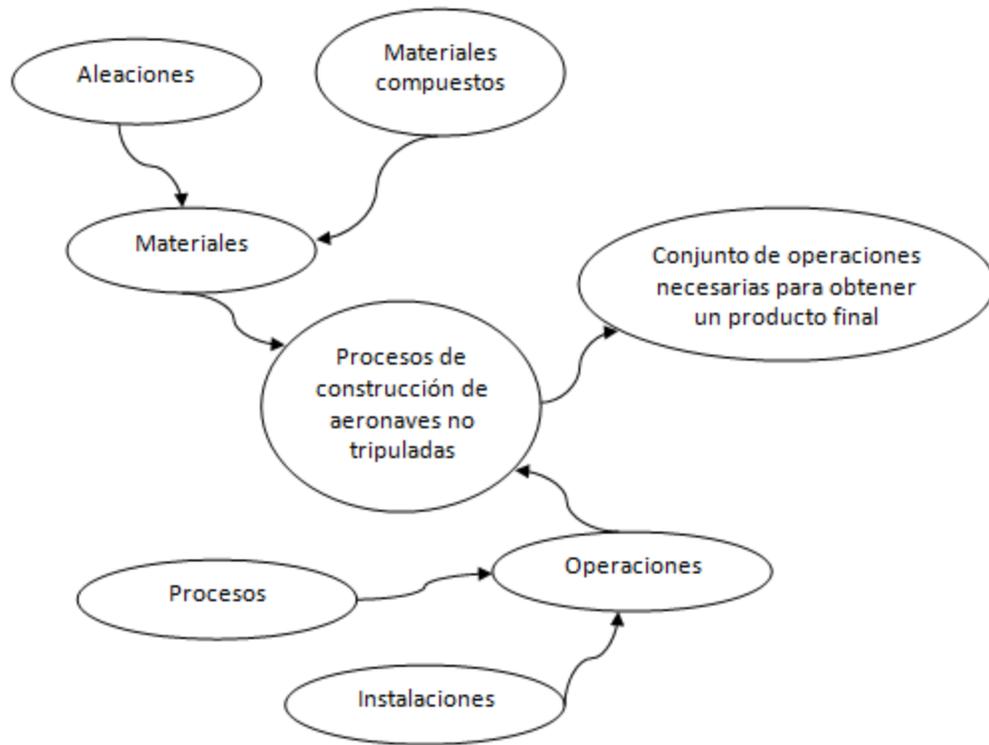


Figura 5: Constelación de ideas variable dependiente  
Elaborado por: El investigador

### 2.3.1 MECÁNICA DE FLUIDOS

“La mecánica de fluidos es el estudio del comportamiento de los fluidos, ya sea que estén en reposo (estática de fluidos) o en movimiento (dinámica de fluidos).

**2.3.1.1 Presión:** Se define presión como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia. Esto se enuncia por medio de la ecuación:

$$p = \frac{F}{A}$$

En un fluido confinado por fronteras sólidas, la presión actúa de manera perpendicular a la pared.”(MOTT, Robert L. (2006) Mecánica de Fluidos- 6ta Edición, p. 1)

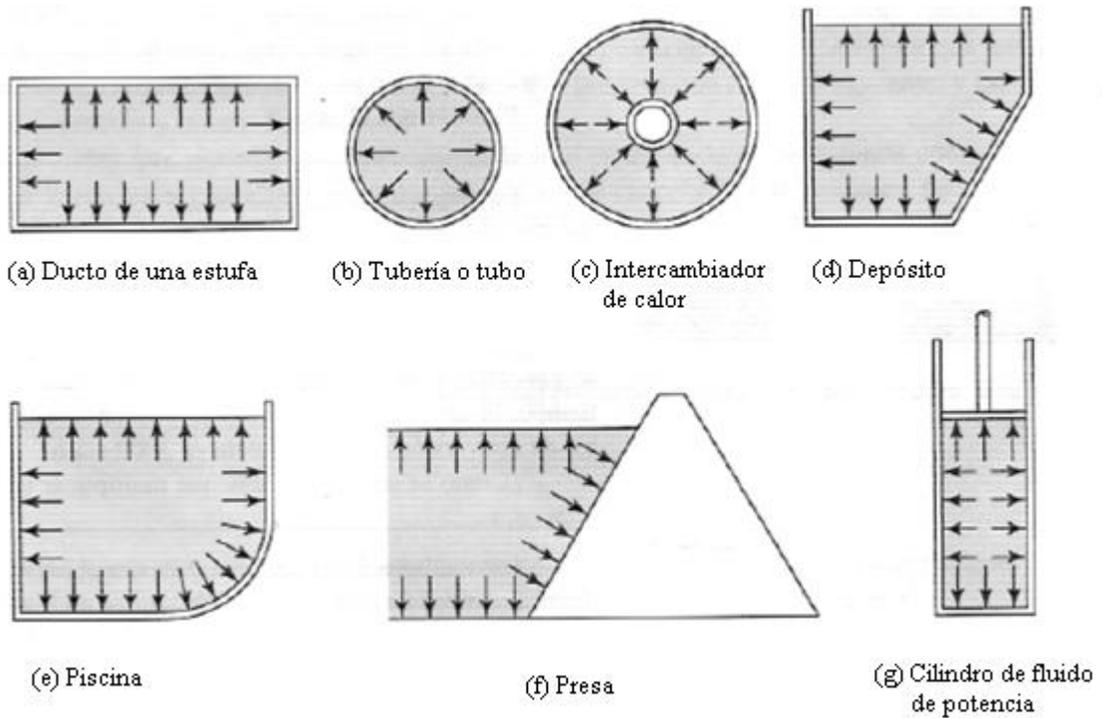


Figura N° 6: Dirección de la presión del fluido sobre las fronteras  
 Fuente: Mecánica de fluido, ROBERT L, MOTT.

**2.3.1.2 Presión absoluta y manométrica.-** Una ecuación sencilla que relaciona los dos sistemas de medición de la presión es:

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

Donde:

$P_{abs}$  = Presión absoluta

$P_{man}$  = Presión Manométrica

$P_{atm}$  = Presión Atmosférica

*Los siguientes conceptos ayudarán a entender la ecuación.*

- *Un vacío perfecto es la presión más baja posible. Por lo tanto, una presión absoluta siempre será positiva.*

- *Una presión manométrica superior a la presión atmosférica siempre es positiva.*
- *Una presión manométrica inferior a la presión atmosférica es negativa en ocasiones.*
- *La magnitud de la presión atmosférica varía con la ubicación y condiciones climáticas. La presión barométrica, como la que se emite en los reportes del clima es un indicador de la variación continua de la presión atmosférica.*
- *El rango de variación normal de la presión atmosférica cerca de la superficie de la tierra es de 95 kPa a 105kPa aproximadamente, o bien de 13.8 psi a 15.3 psi. Al nivel del mar, la presión atmosférica estándar es de 101.3 kPa o 14.69 psi.*

**2.3.1.3 Caudal.-** Representa el volumen de un fluido V que pasa por una sección A, transversal a la corriente, en una unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

**2.3.1.4 Compresibilidad:** La compresibilidad se refiere al cambio de volumen que sufre una sustancia cuando se le sujeta a un cambio de presión. La cantidad usual que se emplea para medir este fenómeno es el modulo volumétrico de elasticidad o modulo volumétrico (E).

## **2.3.2 NEUMÁTICA**

“El término neumática es derivado del griego Pneumos o Pneuma (respiración, soplo) y es definido como la parte de la Física que se ocupa de la dinámica y de los fenómenos físicos relacionados con los gases o vacíos. Es también el estudio de la transformación de energía neumática en energía mecánica, a través de los respectivos elementos de trabajo.” (PARKER, Hannifin. (2003) Tecnología Neumática Industrial, p. 4)

### **2.3.2.1 Leyes de los gases perfectos**

“Las características esenciales del estado gaseoso son:

- La presión de un gas en equilibrio es la misma en todos los puntos de la masa.
- La densidad de un gas depende de su presión y temperatura.
- La masa de un gas presenta una resistencia prácticamente nula a los esfuerzos de corte.” (GUILLEN, Salvador. (1993) Introducción a la neumática, p. 11)

*Estas leyes rigen a todos los gases por lo tanto el aire comprimido también se ve afectado, aunque este no es un gas perfecto se puede concebir una idea de su comportamiento en base a estos enunciados.*

### **2.3.2.2 Ley de Boyle-Mariotte**

A temperatura constante, la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen, es decir, el producto de la presión absoluta por el volumen es una constante para una determinada masa de gas.

### **2.3.2.3 Ley de Gay-Lussac**

El volumen de una determinada cantidad de gas varía proporcionalmente a la temperatura. A presión constante, el volumen ocupado por un gas es proporcional a su temperatura absoluta. A volumen constante, la presión de un gas es proporcional a su temperatura absoluta.

### **2.3.2.4 El aire**

Se define aire como la mezcla de gases que envuelven la esfera terrestre formando la atmósfera.

## Composición volumétrica

- ✓ 78% de nitrógeno
- ✓ 20% de oxígeno
- ✓ 1.3% de argón
- ✓ 0.05% de helio, hidrógeno, dióxido de carbono, etc. y cantidades variables de agua y polvo.

**Peso específico:** Es el peso por unidad de volumen. Para el aire =  $1.293 \text{ kg/m}^3$  a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  y una atmósfera de presión.

**Volumen Específico:** Es el volumen de la unidad de peso. Para el aire =  $0.773 \text{ m}^3/\text{kg}$  a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  y una atmósfera de presión.

### 2.3.2.5 Ventajas del aire comprimido

“Entre las ventajas del aire comprimido, podemos encontrar las siguientes:

- El aire está a prueba de explosiones porque no existen los riesgos de chispas en minas, fábricas de explosivos, petroquímica, etc., no precisando las especiales protecciones que exige el empleo de electricidad.
- El aire está indicado en automatización en lugares húmedos porque no existe riesgo de descargas.
- Cuando se producen averías, éstas no dan lugar a suciedades, excelente característica para su utilización en laboratorios, industria alimentaria, etc.
- Rapidez en su desplazamiento por el interior de las conducciones.
- El aire comprimido se almacena fácilmente en depósitos para ser empleado en el momento necesario.
- Fácil transformación de la energía en otras como la hidráulica (neumohidráulica).

- El aire después de utilizado vuelve a la atmósfera, dividiendo por dos el gasto de la instalación al no precisar de retorno.”(TEJA, Millan,(1995) Automatización neumática y electro neumática, p. 20)

*La utilización de aire comprimido resulta muy conveniente en un centro de investigación por todas las ventajas mencionadas, gracias a este no solo se facilitan tareas sino que se mejora la calidad y se ofrece mayor seguridad al personal y a las instalaciones.*

### **2.3.2.6 Inconvenientes del aire comprimido**

Preparación: Es preciso eliminar impurezas y humedades previas a su utilización.

Velocidad: Debido a su gran compresibilidad, no se obtienen velocidades uniformes en elementos de trabajo.

Ruidos: El aire que escapa a la atmósfera produce a veces ruidos bastante molestos. Se superan mediante dispositivos silenciadores.

Esfuerzos: Son limitados (2.000 a 3.000 kilogramos con presión de trabajo de 7 Kg/cm<sup>2</sup>).

Costo: Es una fuente de energía cara, pero compensada con el buen rendimiento y facilidad de implantación.

### **2.3.2.7 ¿Cómo se comprime el aire?**

“El objetivo que se persigue con la compresión de un gas (en nuestro caso el aire) es aumentar su energía interna, con la intención de usarla conveniente y oportunamente.

Las máquinas que se usan con este propósito reciben el nombre genérico de compresores y se clasifican por la forma en que puede obtenerse dicha energía.

Distinguimos dos grandes grupos: los compresores de desplazamiento positivo y los compresores dinámicos. En los del primer grupo el aumento de presión se consigue disminuyendo el volumen de una determinada masa de gas.

En los del segundo, el concepto cambia, el aumento de presión surge como consecuencia del aumento de energía cinética, que ha conseguido comunicársele al gas.

Dentro de estos grandes, existen subgrupos con características bien definidas, en cuanto a su principio de funcionamiento y a su comportamiento.”(INACAP, (2002) Manual de Hidráulica y Neumática, p 73.)

*La compresión de aire se logra gracias a la reducción de volumen de este logrando así una transferencia de energía cinética en energía neumática, existen una variedad de máquinas para lograr este propósito generalmente llamadas compresores, cada uno tiene sus propias características y usos, por lo que se debe elegir uno dependiendo de los requerimientos propios.*

### **2.3.2.8 Compresor**

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

### **2.3.3 SISTEMA NEUMÁTICO**

“El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones, se emplea para atomizar o aplicar sprays de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear.”(<http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos>)

#### **2.3.3.1 Diseño de la red**

“La primera labor de diseño de una red de aire comprimido es levantar u obtener un plano de la planta donde claramente se ubiquen los puntos de demanda de aire anotando su consumo y presión requeridos. También identificar el lugar de emplazamiento de la batería de compresores. Es importante realizar una buena labor puesto que una vez establecida la distribución esta influirá en las futuras ampliaciones y mantenimiento de la red.” (<http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>)

Para el diseño de la red se recomiendan las siguientes observaciones:

1. Diseñar la red con base en la arquitectura del edificio y de los requerimientos de aire.
2. Procurar que la tubería sea lo más recta posible con el fin de disminuir la longitud de la misma, número de codos, t's, y cambios de sección que aumentan la pérdida de presión en el sistema.
3. La tubería siempre debe ir instalada aéreamente. Puede sostenerse de techos y paredes. Esto con el fin de facilitar la instalación de accesorios, puntos de drenaje, futuras ampliaciones, fácil inspección y accesibilidad para el mantenimiento. Una tubería enterrada no es práctica, dificulta el mantenimiento e impide la evacuación de condensados.
4. La tubería no debe entrar en contacto con los cables eléctricos y así evitar accidentes.

5. En la instalación de la red deberá tenerse en cuenta cierta libertad para que la tubería se expanda o contraiga ante variaciones de la temperatura. Si esto no se garantiza es posible que se presentes “combas” con su respectiva acumulación de agua.
6. Un buen diámetro de la tubería principal evita problemas ante una ampliación de la red. La línea principal deberá tener una leve inclinación en el sentido de flujo del aire para instalar sitios de evacuación de condensados.
7. Para el mantenimiento es esencial que se ubiquen llaves de paso frecuentemente en la red. Con esto se evita detener el suministro de aire en la red cuando se hagan reparaciones de fugas o nuevas instalaciones.
8. Todo cambio brusco de dirección o inclinación es un sitio de acumulación de condensados. Allí se deben ubicar válvulas de evacuación.
9. Las conexiones de tuberías de servicio o bajantes deben hacerse desde la parte superior de la tubería secundaria para evitar el descenso de agua por gravedad hasta los equipos neumáticos y su deterioro asociado.

### **2.3.3.2 Instalación de aire comprimido**

La instalación de aire comprimido consta de los siguientes elementos:

1. **Llaves de paso.** Sirven para poder manipular en los distintos ramales y serán como mínimo de igual diámetro al de la tubería, pues conviene que no haya estrangulamientos de paso de aire, ya que ello produciría una pérdida de presión.
2. **Purgadores.** Se instalan para la evacuación del agua y de las condensaciones que se producen en la instalación de aire, es conveniente que estos sean automáticos.
3. **Grupo de filtro, regulador y lubricador.** Si no se colocan secadores, quedara al llegar al punto de utilización residuos de aceite y vapor de agua, así

como pequeñas impurezas que son necesarios eliminar mediante la colocación de filtros. Los reguladores de presión y lubricadores se colocaran para mantener la presión constante, sin fluctuaciones, y para lubricar los elementos neumáticos respectivamente, consiguiendo así un rendimiento óptimo de los receptores y sin provocar un acortamiento de su vida.

4. **Enchufes rápidos con cierre automático.** Estos tienen la propiedad de abrir el paso del aire comprimido en el momento en el que se acoplan a ellos la toma y se cierra en el momento en el que se desacoplan. En nuestra industria pondremos como mínimo una toma de aire o enchufe rápido en cada máquina, ya que por las características de nuestra actividad, será conveniente limpiar los residuos que continuamente se va produciendo.
5. **Mangueras para aire comprimido.** La elección de una manguera debe basarse en el consumo de aire libre que requiere la herramienta cuando funciona a plena carga y a máxima potencia. Para su elección atenderemos a los siguientes puntos:

#### **2.3.3.3 Diseño de la instalación**

“Una vez situados los puntos de consumo tenemos que realizar el diseño de la instalación teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones constructivas:

- Trazado de la red según la configuración del edificio y las actividades que se desarrollan dentro del edificio industrial, escogiendo el mejor itinerario para la tubería principal.
- Colocar la tubería de modo que se elijan las distancias más cortas y procurando que las conducciones sean lo más rectas posibles.
- El montaje de las tuberías será aéreo para facilitar su inspección y mantenimiento.

- Las sujeciones de las tuberías se realizarán de forma que permitan su variación de longitud cuando se produzcan cambios de temperatura, sin que tengan lugar las deformaciones ni tensiones adicionales.
- No deben realizarse nuevas tomas o salidas de aire sin comprobar antes si los diámetros de las tuberías son todavía suficientes, para una cantidad adicional de aire.
- La pendiente de las tuberías será del 1% en la dirección del flujo.
- Se colocarán purgadores al final de cada tramo para la recogida del agua condensada.
- Las tomas de aire para los bajantes o tuberías de servicio no deben hacerse nunca en la parte inferior de la tubería, sino en la parte superior, a fin de evitar que el agua condensada que circula por defecto de la gravedad pueda ser recogida y llevada a los distintos equipos neumáticos conectados. Debe preverse un grifo de purga al final. Las acometidas a la red se deberán ajustar siempre por la parte superior de la tubería y formando un ángulo de 180°, de forma que se minimice la posibilidad de que el agua sea arrastrada por el aire hacia el punto de consumo.
- Se recomienda que la pérdida de presión hasta el punto más desfavorable se establezca en un máximo de 0,6 bar.
- En cada uno de los bajantes de las acometidas, y previo a la toma del equipo neumático, se instalará un equipo de mantenimiento compuesto por: regulador de presión, filtro y lubricador.
- Los tipos de tuberías utilizados son de acero, unidas mediante roscado. Para evitar las fugas, se utilizará estopa impregnada en minio o se recubrirá con cinta de teflón. Exteriormente tendrán un tratamiento antioxidante e irán pintadas de color azul moderado.
- En las tuberías de servicio se procurará no colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos. Y evitar poner tuberías de servicio inferiores a ½” de

diámetro, ya que si el aire está sucio puede cegarlas.”

(<http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos>)

*Para lograr un diseño óptimo de una red de distribución de aire comprimido se debe contar con un plano del edificio y trabajar conjuntamente con las personas que laboran en el lugar para de esta manera obtener información detallada de los requerimientos en cada puesto de trabajo.*

### **2.3.4 MEDICIÓN DEL TRABAJO**

“Definimos estudio del trabajo a ciertas técnicas, y en particular estudio de métodos y medida del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficacia y en la economía de la situación estudiada, con el fin de mejorarla.

El estudio de métodos se define como el registro y examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces de reducir costos.

El campo de estas actividades comprende: el diseño, formulación y selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para fabricar un producto después de que haya sido proyectado.

El objetivo final del estudio de métodos es el aumento de los beneficios de la empresa utilizando:

- Materias primas, herramientas, consumibles.
- Espacios, edificios, depósitos, almacenes, instalaciones.
- Tiempos.

- Esfuerzos, tanto mentales como físicos, a fin de utilizar racionalmente todos los medios disponibles.”(neira, alfredo caso. (2006) técnicas de medición del trabajo – 2da edición, p 14-15)

*La utilización de mejores herramientas así como la adecuación correcta de edificios son métodos para reducir costos en el trabajo y por ende en la producción; por esto es muy importante contar con sistemas que permitan la utilización de herramientas más desarrolladas en sitios estratégicos dentro de un edificio de producción.*

#### **2.3.4.1 Medida del trabajo**

La medida del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según la norma de ejecución preestablecida.

La medida del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar, si es posible, el tiempo improductivo, es aquel tiempo en el que no se realiza trabajo productivo alguno, sea cual sea la causa. Una vez conocido este tiempo improductivo, se pueden tomar medidas para eliminarlo o al menos minimizarlo.

La medida del tiempo se ha utilizado generalmente para reducir el tiempo improductivo imputable al trabajador (ausencias injustificadas, retrasos, ritmo lento, trabajo con escasa calidad que obliga a reprocesos o achatarramientos, inobservancia de las normas de seguridad que da lugar a accidentes).

#### **2.3.5 ESTUDIO DEL TRABAJO**

“En cualquier sistema organizacional se habla, de trabajo, por lo que las empresas realizan estudios que tratan de optimizar sus recursos para obtener un bien y/o servicio. Por ello el trabajo representa la dinámica de la empresa, ya que ésta presenta

un factor primordial para aumentar su productividad. Por ello comenzaremos definiendo lo que es el trabajo.

Durante cualquier proceso en donde intervenga el hombre, se trata de ser los más eficientes, es por ellos que el Estudio del Trabajo nos presenta varias técnicas para aumentar la productividad.

El estudio de trabajo se divide en dos ramas que son las siguientes:

*Estudio de tiempos:* Se define como un análisis científico y minucioso de los métodos y aparatos utilizados para realizar un trabajo, el desarrollo de los detalles prácticos de la mejor manera de hacerlo y la determinación del tiempo necesario.

*Estudio de movimientos:* Consiste en dividir el trabajo en los elementos más fundamentales posibles estudiar éstos independientemente y en sus relaciones mutuas, y una vez conocidos los tiempos que absorben ellos, crear métodos que disminuyan al mínimo el desperdicio de mano de obra.”

(<http://www.monografias.com/trabajos12/igmanalis/igmanalis.shtml>.)

Podemos aumentar la productividad a través del Estudio del Trabajo. Para realizar este estudio es necesario aplicar las ocho etapas que contiene el procedimiento básico para el estudio del trabajo, las cuales son:

<b>ETAPAS PARA LA MEDIDA DEL TRABAJO</b>	
<b>1. Seleccionar</b>	La tarea que va a ser objeto de estudio.
<b>2. Registrar</b>	Todos los datos y circunstancias relativos al trabajo, a los métodos y a los elementos.
<b>3. Analizar</b>	Con mente crítica los datos que se han registrado, comprobando que se utilizan los métodos y movimientos más eficaces, separando los improductivos.

<b>4. Medir</b>	La cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo.
<b>5. Reunir o compilar</b>	El tiempo estándar de la operación, teniendo en cuenta en el estudio de tiempos los suplementos.
<b>6. Definir</b>	El método de operación y las actividades a las que corresponde el tiempo medido.

Tabla N° 1. Etapas para el estudio del trabajo

Fuente: NEIRA, Alfredo Caso. (2006) Técnicas de Medición del Trabajo – 2da Edición, p. 18.

Estas etapas se aplican tanto al estudio de tiempos como al estudio de movimientos, dándole el perfil que requiere su análisis. Cabe hacer mención que las etapas 1, 2 y 3 son INEVITABLES.

*Después de estas etapas se debe implantar la solución propuesta, capacitar al personal y dar seguimiento para controlar que los resultados obtenidos sean los deseados, y para mejorar el modelo.*

### **2.3.6 PROCESOS DE MANUFACTURA**

“Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos básicos: 1) operaciones de proceso y 2) operaciones de ensamble. Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Esto le agrega valor al cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial. Por lo general, las operaciones de proceso se ejecutan sobre partes discretas de trabajo, pero algunas de ellas se aplican también a artículos ensamblados. Una operación de ensamble une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, subensamble o cualquier otra manera que se refiera al proceso de unir (por ejemplo a un ensamble soldado se le llama conjunto soldado).” (GROOVER, Mikell P. (1997) Fundamentos de Manufactura Moderna.)

### **2.3.6.1 Operaciones de proceso**

Una operación de proceso utiliza energía para alterar la forma, las propiedades físicas o el aspecto de una pieza de trabajo a fin de agregar valor al material. Las formas de energía incluyen la mecánica, térmica, eléctrica o química. La energía se aplica de forma controlada mediante la maquinaria y su herramienta. También puede requerirse la energía humana, pero los seres humanos generalmente se dedican a controlar las máquinas, a examinar las operaciones, a cargar y descargar partes antes y después de cada ciclo de operación.

### **2.3.6.2 Operaciones de ensamble**

El segundo tipo básico de operaciones es el ensamble, en el cual dos o más partes separadas se unen para formar una nueva entidad, los componentes de esta quedan unidos en forma permanente o semipermanente. Los procesos de unión permanente incluyen: la soldadura térmica, la soldadura fuerte, la soldadura blanda y el pegado con adhesivos. Estos procesos forman una unión entre componentes que no puede deshacerse fácilmente. Los métodos de ensamble mecánico aseguran dos o más partes en una unión que puede desarmarse cuando convenga; el uso de tornillos, pernos, tuercas y demás sujetadores roscados son métodos tradicionales importantes dentro de esta categoría. El remachado, los ajustes a presión y los encajes de expansión son otras técnicas de ensamble mecánico que forman uniones más permanentes.

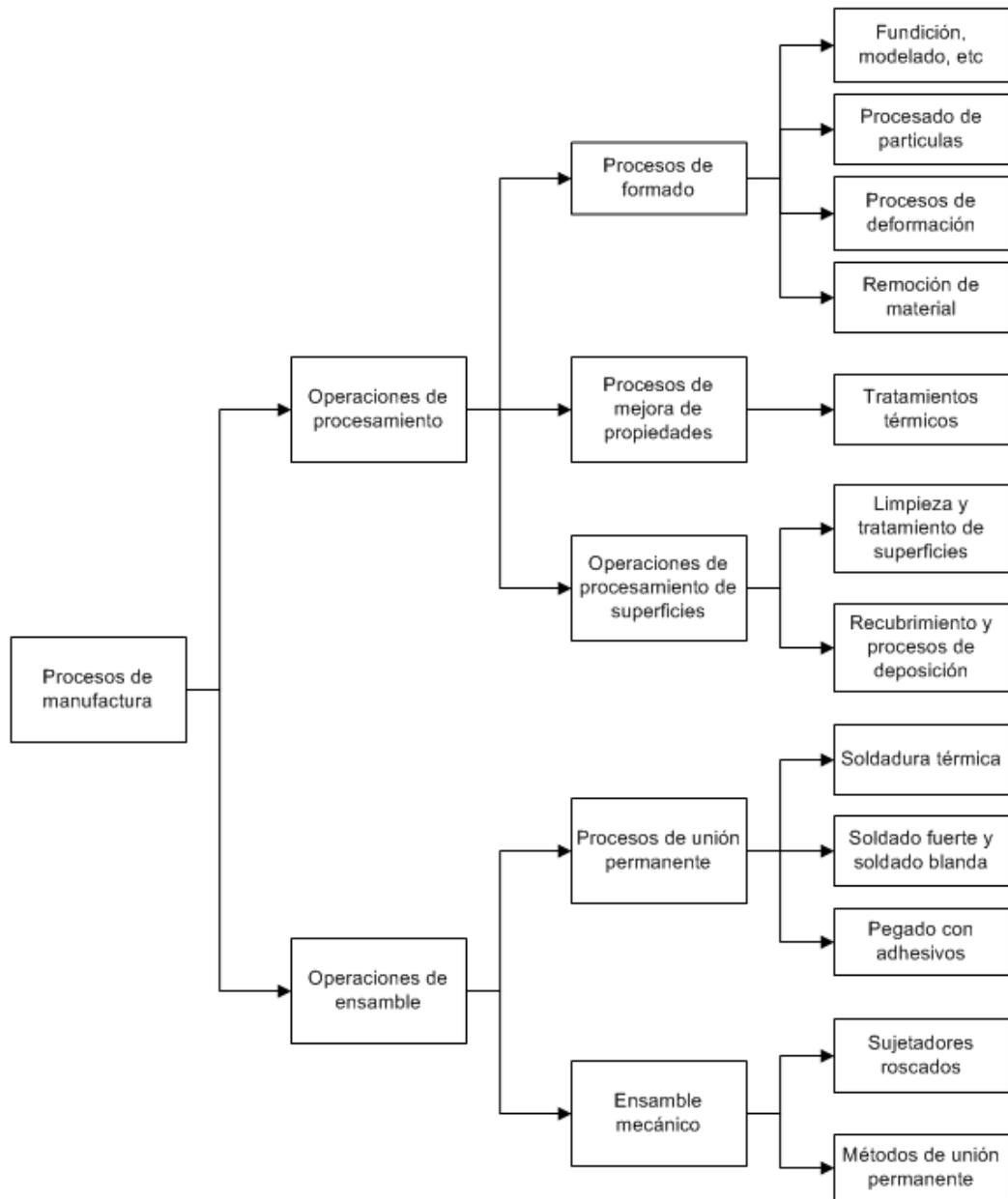


Figura N°7: Clasificación de los procesos de manufactura

Fuente: GROOVER, Mikell P. (1997) Fundamentos de Manufactura Moderna, p 13.

### **2.3.6.3 Máquinas de producción y herramientas**

Para la ejecución de las operaciones de producción se utilizan máquinas y herramientas (así como mano de obra).

El equipo de producción puede ser de propósito general o de propósito especial. El equipo de propósito general es más flexible y adaptable a la diversidad de tareas; se encuentra en el comercio al alcance de cualquier empresa manufacturera que quiera invertir en él. El equipo de propósito especial se diseña para producir partes o artículos específicos en grandes cantidades. La economía de la producción en masa justifica las grandes inversiones que persiguen lograr una alta eficiencia y ciclos de tiempo corto con equipos de propósito especial. Esta no es la única razón para el uso del equipo de propósito especial, pero si es la dominante. Otra razón para su uso es la existencia de un proceso único para el que no existe equipo comercial disponible.

## **2.3.7 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE AERONAVES NO TRIPULADAS**

### **Materiales y procesos de construcción**

#### **2.3.7.1 Materiales**

Al principio, los fuselajes de los aviones estaban contruidos a base de madera y lona, que evolucionaron posteriormente por componentes estructurales metálicos. Las aleaciones de aluminio se han utilizado mucho debido a su ligereza y a su gran resistencia.

También se utilizan aleaciones de berilio, titanio y magnesio, especialmente en la construcción de aviones de altas prestaciones. Los materiales compuestos modernos (conjuntos de fibras embutidas en matrices de plástico) son unos sustitutos, resistentes y de larga duración, a los componentes metálicos. Los materiales compuestos ofrecen una resistencia igual o superior a los metales actualmente

utilizados, además de un peso menor y una resistencia térmica mayor, con la ventaja adicional (para la aviación militar) de que los fuselajes fabricados con materiales compuestos reducen significativamente el perfil radar. Los sistemas a base de resinas epóxicas son los materiales compuestos más utilizados en el sector aeroespacial: suponen cerca del 65 % de todos los materiales utilizados.

Entre las fibras de soporte utilizadas destacan el grafito, el Kevlar y la fibra de vidrio.

Los estabilizadores, los catalizadores, los aceleradores, los antioxidantes y los plastificantes actúan como accesorios para producir la consistencia deseada. Otros sistemas a base de resinas son: los poliésteres saturados e insaturados, los poliuretanos y los polímeros vinílicos, los acrílicos y los que contienen urea y flúor.

Las imprimaciones, las lacas y los esmaltes protegen de la corrosión y de las temperaturas extremas a las superficies más vulnerables. Las capas de imprimación más comunes son las hechas de resinas sintéticas pigmentadas con cromato de zinc y con pigmentos extendidos. Secan con gran rapidez, mejoran la adhesión de las capas superiores y evitan la corrosión del aluminio, el acero y sus aleaciones.

Las mezclas a base de caucho se utilizan habitualmente en pinturas, en materiales para el revestimiento de los depósitos de combustible, en lubricantes y en agentes conservadores, fijaciones del motor, prendas protectoras, mangueras, casquillos y juntas de estanqueidad. Los aceites, naturales y sintéticos, se emplean para refrigerar, lubricar y reducir la fricción en motores, sistemas hidráulicos y herramientas de máquinas. La gasolina de aviación y el combustible empleado por los reactores se obtienen a partir de hidrocarburos derivados del petróleo.

### **2.3.7.2 Procesos de construcción**

La construcción de aviones se hace por lo general en grandes plantas integradas.

Un numeroso equipo de ingenieros expertos son los que elaboran y perfeccionan las características estructurales de los aviones o de los vehículos espaciales. Otros técnicos se encargan de los niveles de resistencia y durabilidad de los materiales de los componentes y elaboran procesos de fabricación eficaces. Buena parte de la carga de trabajo que suponían los cálculos y los trabajos de delineación que antes realizaban ingenieros, delineantes y personal técnico lo hacen ahora los ordenadores: hoy en día los sistemas informáticos integrados se emplean para construir aviones sin necesidad de planos en papel ni de modelos estructurales a escala. El proceso comienza con la fabricación de las piezas a partir de los materiales generales: se hacen plantillas y herramientas, laminación de metal, mecanizado, trabajos con plásticos y materiales compuestos, y otras actividades auxiliares. Las herramientas se fabrican para servir de plantillas y superficies de trabajo sobre las que se fabrican piezas de metal o de materiales compuestos. Las plantillas se emplean como patrones de guía para cortar, taladrar y montar.

Las piezas de menor tamaño se cortan con precisión y se moldean con fresas, muelas y tornos. Las conducciones se fabrican con lámina de acero o con materiales compuestos. Los componentes internos, como el suelo, por lo general se fabrican con laminados o con materiales compuestos, a base de múltiples capas de revestimiento muy delgadas pero de gran rigidez, dispuestas sobre estructuras de panel. Los materiales compuestos suelen disponerse (es decir, colocarse cuidadosamente en capas superpuestas) a mano o mecánicamente, para su posterior curado en hornos o en autoclaves.

La fase de montaje comienza con la elaboración de submontajes a partir de las piezas componentes. Entre los submontajes principales destacan las alas, los estabilizadores, las secciones del fuselaje, el tren de aterrizaje, y los componentes interiores.

Una vez comprobado exhaustivamente el funcionamiento de la totalidad de los componentes del avión, éste se remolca hasta un hangar independiente y bien ventilado para proceder a su pintura. El pintado comienza por una capa de imprimación protectora (por lo general a base de cromato de zinc) seguida de una capa decorativa externa a base de pinturas de uretano o epoxídicas.

Antes de proceder a su entrega, el avión es sometido a una serie de rigurosas pruebas tanto en tierra como en vuelo.

Además de los trabajadores que participan en los procesos reales de ingeniería y construcción, hay otros muchos dedicados a las tareas de planificación, seguimiento e inspección de trabajos, facilitando así el trasiego de piezas y de herramientas. El personal técnico se encarga del mantenimiento de las herramientas mecánicas y de la puesta a punto de los dispositivos de corte. Se precisan también muchos trabajadores para el mantenimiento de las instalaciones, los servicios de conserjería y manejo del parque de vehículos.

## **2.4 Hipótesis**

La implementación de un sistema neumático influirá en los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Variable Independiente**

Sistema neumático

### **2.5.2 Variable Dependiente**

Procesos de construcción de aeronaves no tripuladas.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Enfoque**

La presente investigación fue cualicuantitativa pues se basó en resultados y análisis crítico del problema, además se identificaron las necesidades en los procesos que se ejecutan dentro de los hangares del CIDFAE así como las herramientas necesarias para facilitar estas tareas. Y estos resultados fueron utilizados con base en el marco teórico para la realización de una propuesta que satisfaga el problema ya mencionado.

#### **3.2 Modalidad Básica de Investigación**

La presente investigación se contextualizó en la modalidad de investigación bibliográfica y de campo, debido a que los hechos fueron estudiados en primera instancia en base de libros y de documentos presentados en internet, también se revisaron documentos que expresen los tiempos de construcción de las aeronaves.

Además el investigador permaneció en las instalaciones del CIDFAE para de esta manera conocer los procesos que se desarrollan dentro de los hangares y así poder obtener la información necesaria para proponer una solución al problema, que en este caso es la inexistencia de un sistema neumático en los hangares del CIDFAE.

### **3.3 Tipos de Investigación**

La investigación abarcará el nivel exploratorio pues reconocerá las variables que competen, el nivel descriptivo permitirá caracterizar la realidad investigada, el nivel correlacional dilucidará el grado de relación entre las variables en estudio y finalmente el nivel explicativo detectará las causas de determinados comportamientos y los problemas que aquejan a este centro de investigación, de los cuales he priorizado el que es motivo de mi investigación.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población motivo de la investigación, la conforman doce personas que son las que están directamente afectadas con el problema.

#### **3.4.2 Muestra**

Por ser un número reducido la muestra fue conformada por toda la población.

### 3.5 Operacionalización De Las Variables

#### Matriz de Operacionalización de variables; variable independiente

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS INSTRUMENTALES
<p><b>Sistema neumático:</b></p> <p>Conjunto de elementos que transforma energía eléctrica en energía neumática para proveer una fuente de aire a presión.</p>	<p>Elementos neumáticos</p> <p>Energía neumática</p> <p>Aire a presión</p>	<p>Herramientas neumáticas requeridas</p> <p>Generación de aire comprimido</p> <p>Presión de trabajo</p> <p>Caudal requerido</p> <p>Calidad del aire</p> <p>Cantidad requerida de fluido</p>	<p>¿Qué tipo de componentes deberían instalarse en los hangares del CIDFAE?</p> <p>¿Qué herramientas neumáticas se pueden utilizar el CIDFAE?</p> <p>¿Cuáles son los requerimientos de aire comprimido en los hangares del CIDFAE?</p>	<p>Observación- guía de observación</p> <p>Toma de datos</p> <p>Entrevista- guía de entrevista.</p>

Tabla N°2: Operacionalización variable independiente.

Elaborado por: El Investigador

**Matriz de Operacionalización de variables; variable dependiente**

<b>CONCEPTO</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS BÁSICOS</b>	<b>TÉCNICAS INSTRUMENTALES</b>
<p><b>Procesos de manufactura:</b></p> <p>Se refiere al conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas para obtener un producto final.</p>	<p>Operaciones</p> <p>Materias Primas</p> <p>Producto final</p>	<p>Método de trabajo</p> <p>Tiempo estándar de producción</p> <p>Secuencia de procesos</p> <p>Características de los materiales</p> <p>Materiales de construcción de aeronaves.</p> <p>Calidad del producto final.</p>	<p>¿Qué procesos se realizan dentro de los hangares del CIDFAE?</p> <p>¿Se realizan los procesos dentro de los cronogramas establecidos?</p> <p>¿Con qué tipo de materiales se fabrican las aeronaves en los hangares del CIDFAE?</p> <p>¿Se puede mejorar la calidad del producto final?</p>	<p>Observación – guía de observación.</p> <p>Toma de datos</p> <p>Entrevista- guía de la entrevista dirigida a los técnicos.</p>

Tabla N° 3. Operacionalización variable dependiente.

Elaborado por: El Investigador

### 3.6 Recolección de la Información

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación
2. ¿De qué personas u objetos?	Estudios, aerotécnicos del CIDFAE, productos.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Mejora de tiempos de fabricación, realidad actual
4. ¿Quién? ¿Quiénes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	2011
6. ¿Dónde?	Centro de investigación y desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana
7. ¿Cuántas veces?	Las necesarias
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, entrevista.
9. ¿Con qué?	Guías de observación, entrevista y toma de muestras.
10. ¿En qué situación?	Lugar de trabajo, hangares.

Tabla N° 4.Recolección de información  
Elaborado por: El investigador

## **3.7 Procesamientos y análisis**

### **3.7.1 Procesamiento**

Revisión crítica de la información recogida, es decir limpieza de información defectuosa, contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.

Repetición de la recolección, en casos para corregir fallas de contestación.

Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis.

Cuadro de cartas de control: por variables, por atributos.

Manejo de la información estudio estadístico de datos para presentación de resultados. Una vez aplicados los instrumentos y analizada la validez, se procederá a la tabulación de datos cualitativos y cuantitativos los cuales se presentarán gráficamente en términos de porcentajes a fin de facilitar la interpretación.

Acto seguido se procederá al análisis integral, enriquecido gracias a los elementos de juicio desprendidos del marco teórico, objetivos y variables de la investigación.

A continuación se efectuará la estructuración de conclusiones y recomendaciones que organizadas en una propuesta lógica y factible, permitirán participar proactivamente en la solución o minimización de la problemática planteada.

Finalmente, como parte medular de la investigación crítica propositiva, se estructura una propuesta pertinente al tema de investigación que nos compete, enfocada al diseño de un sistema neumático para reducir el tiempo de construcción de aeronaves no tripuladas en este centro de investigación.

### **3.7.2 Análisis e interpretación de resultados**

Análisis de los resultados estadísticos, destacando tendencias relacionadas fundamentalmente de acuerdo con los objetivos e hipótesis.

Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.

Comprobación de hipótesis, para la investigación estadística conviene seguir la asesoría de un especialista.

Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis e interpretación de la encuesta

Encuesta dirigida a los aerotécnicos y al jefe de mecánica aeronáutica del CIDFAE, con el propósito de recopilar información necesaria para elaborar el proyecto Sistema neumático para la optimización de los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

##### 1.- ¿Trabajo usted con herramientas neumáticas anteriormente?

Respuesta	Número	Porcentaje
Si	12	100%
No	0	0%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 5.Trabajo anterior con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El investigador.

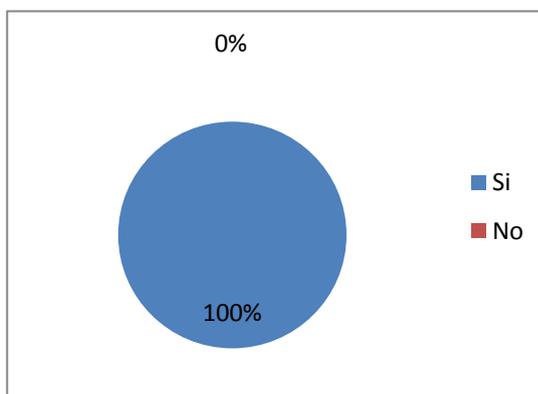


Figura N° 8. Trabajo anterior con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El Investigador.

Todo el personal ha utilizado herramientas neumaticas en algún momento por lo que conocen de sus beneficios e inconvenientes.

## 2.- ¿Con qué herramientas realiza usted más esfuerzo físico?

Respuesta	Número	Porcentaje
Manuales	11	92%
Neumáticas	1	8%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 6. Mayor esfuerzo físico.  
Elaborado por: El investigador.

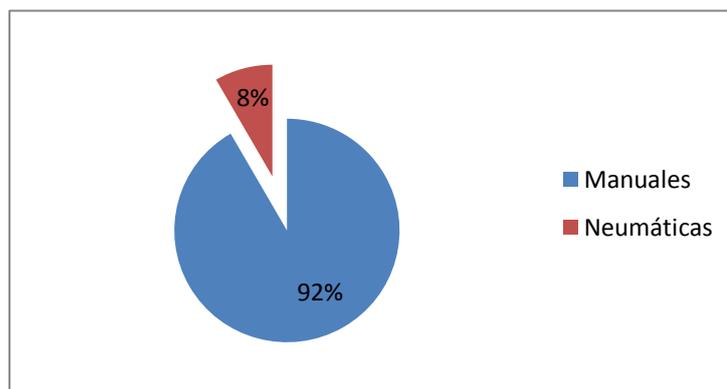


Figura N° 9. Mayor esfuerzo físico.  
Elaborado por: El Investigador.

El 92% de la población indicó que realiza más esfuerzo físico utilizando herramientas manuales, el 8% considera que las herramientas neumáticas exigen más esfuerzo debido a su peso.

De este resultado podemos deducir que las herramientas neumáticas son consideradas más fáciles de operar.

**3.- ¿Podría llevar a cabo el trabajo que realiza actualmente utilizando herramientas neumáticas?**

<b>Respuesta</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	8	67%
<b>No</b>	4	33%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 7. Capacidad con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El investigador.

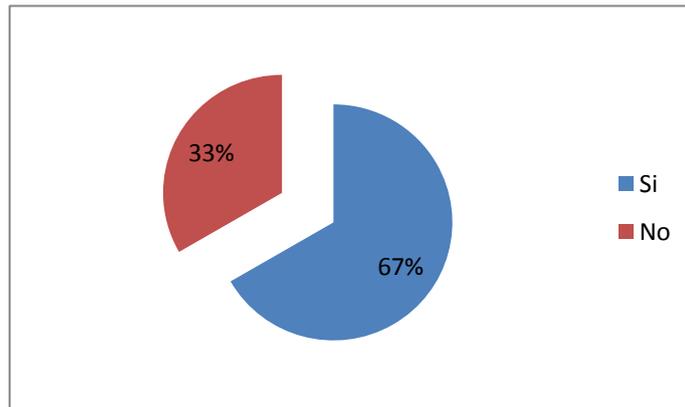


Figura N° 10. Capacidad con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El Investigador.

El 67% de la población indicó que no tendría inconvenientes en utilizar herramientas neumáticas para desempeñar sus funciones actuales, mientras que el 33% considera que estas mismas herramientas no son aplicables a las tareas que les han sido asignadas.

Dado el resultado se deduce que se podría realizar el trabajo con herramientas neumáticas sin necesidad de grandes cambios en los procesos de construcción.

#### 4.- ¿Usar herramientas neumáticas ayudaría a que desempeñe su trabajo de una forma más rápida?

Respuesta	Número	Porcentaje
Si	7	58%
No	5	42%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 8. Aumento de rapidez con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El investigador.

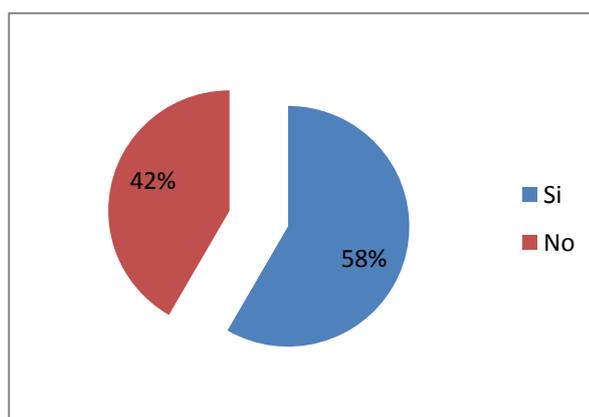


Figura N° 11. Aumento de rapidez con herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El Investigador.

El 58% indica que usar herramientas neumáticas ayudaría de alguna forma a que desempeñe sus labores de una forma más rápida mientras que el 42% considera que no se aceleraría su trabajo con el uso de estas herramientas.

En este caso una de las formas de reducir el tiempo de construcción de las aeronaves en el CIDFAE sería utilizar herramientas neumáticas en los procesos de construcción.

**5.- ¿Considera usted que las herramientas neumáticas son más prácticas y versátiles?**

<b>Respuesta</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	9	75%
<b>No</b>	3	25%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 9. Son prácticas las herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El investigador.

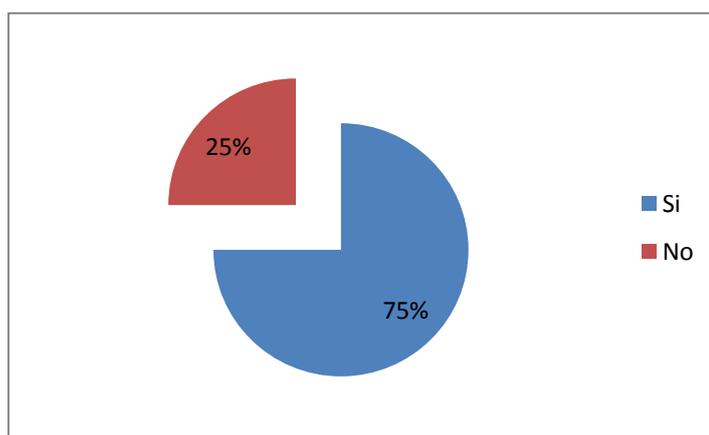


Figura N° 12. Son prácticas las herramientas neumáticas  
Elaborado por: El Investigador.

El 75% de la población considera que las herramientas neumáticas son más cómodas, ergonómicas y se adaptan perfectamente al trabajo a realizar mientras que el 25% prefiere otro tipo de herramientas.

La población indica que las herramientas neumáticas son cómodas y se pueden usar en múltiples tareas sin problemas, por lo que se reduciría el número de herramientas a utilizarse en los procesos de construcción.

## 6.- ¿En su opinión qué herramientas son más seguras?

Respuesta	Número	Porcentaje
Neumáticas	10	83%
Eléctricas	2	17%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 10.Herramientas más seguras.  
Elaborado por: El investigador.

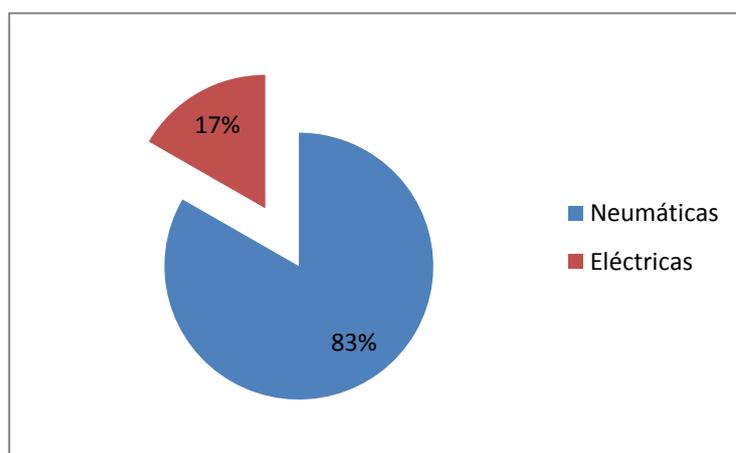


Figura N°13. Herramientas más seguras.  
Elaborado por: El Investigador.

El 83% de la población opina que las herramientas neumáticas prestan más seguridades tanto para la persona que las utiliza como para sí mismas, mientras que el 17% cree que se expone a menos riesgos utilizando herramientas eléctricas.

La población está consciente de que las herramientas neumáticas están menos expuestas a sufrir fallas en sus motores debido a sobrecargas, y que en el caso de fallar una línea de alimentación neumática se corren menos riesgos que en una eléctrica.

## 7.- ¿En su opinión que herramientas son más confiables?

Respuesta	Número	Porcentaje
Neumáticas	10	83%
Eléctricas	2	17%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 11.Herramientas más confiables.  
Elaborado por: El investigador.

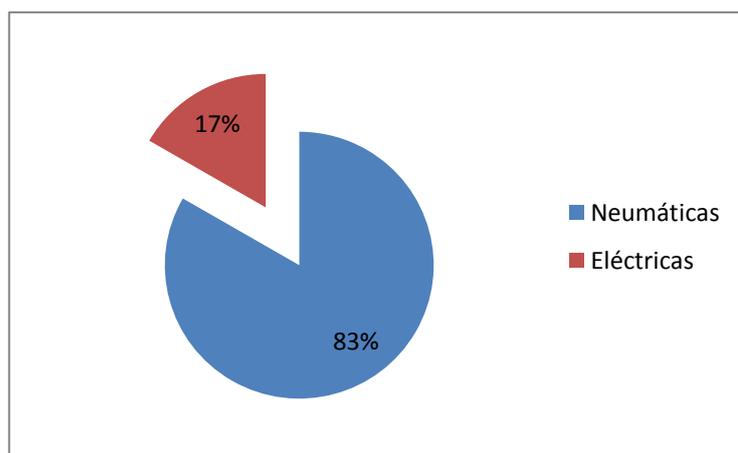


Figura N°14. Herramientas más confiables.  
Elaborado por: El Investigador.

El 83% indica que las herramientas neumáticas son más confiables debido a que no pueden quemarse sus motores y dependen de una fuente de energía que se puede almacenar mientras que el 17% dice que no ha tenido problemas con las herramientas eléctricas y por eso cree que son más confiables.

Conviene contar con herramientas neumáticas ya que su fuente de energía puede almacenarse y utilizarse en caso de corte de energía eléctrica para terminar procesos prioritarios y evitar dejar trabajos a medias.

**8.- ¿Se mejoraría la calidad de las aeronaves si se utiliza un soplete con aire de excelente calidad en el taller de acabados?**

<b>Respuesta</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	11	92%
<b>No</b>	1	8%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 12.Mejoras en la calidad.  
Elaborado por: El investigador.

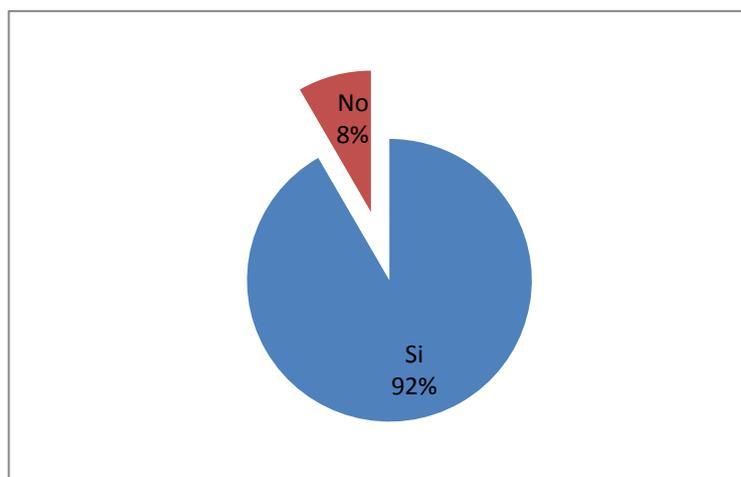


Figura N° 15. Mejoras en la calidad usando herramientas neumáticas.  
Elaborado por: El Investigador.

Mientras que el 92% de la población piensa que una fuente de aire comprimido de buena calidad en el taller de acabados mejoraría la calidad de las aeronaves, un 8% considera que la mejora sería superficial y no se podría considerar que la calidad del producto final haya mejorado.

Evidentemente la calidad de los prototipos mejorará con un sistema neumático y además se mejora el rendimiento de las aeronaves al dar un acabado mas liso a su superficie optimizando la aerodinámica del diseño.

**9.- ¿Cree usted que debería instalarse una red de distribución de aire comprimido en el hangar 1 con la finalidad de abastecer a futuras adquisiciones tales como una máquina CNC?**

<b>Respuesta</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Si</b>	5	42%
<b>No</b>	7	58%
<b>Total:</b>	12	100%

Tabla N° 13.Instalar para equipos futuros.  
Elaborado por: El investigador.

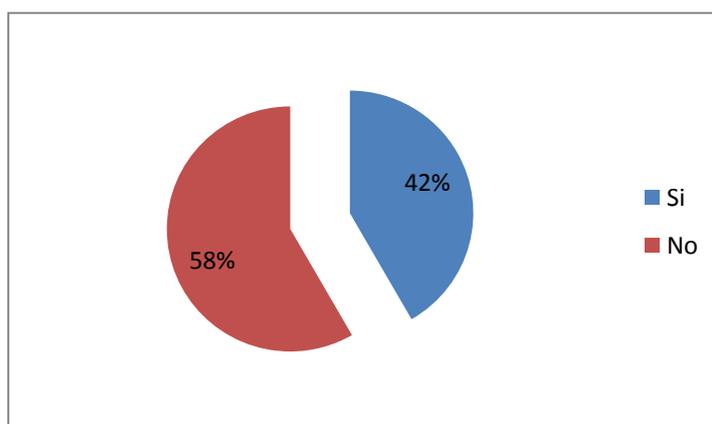


Figura N° 16. Sería un sistema neumático útil para futuros equipos.  
Elaborado por: El Investigador.

El 42% de la población opina que si, se debería instalar una red neumática para abastecer a futuros equipos mientras que el 58% considera innecesario instalar dicha red de tuberías.

La instalación de una red de tuberías para distribución de energía neumática debe enfocarse a su utilización inmediata mas no a la instalación de futuros equipos sin embargo se debe sobredimensionar la capacidad de dicha red considerando un crecimiento potencial de este centro de investigación.

## 4.2 Verificación de la hipótesis

La verificación de la hipótesis se realizó por el método estadístico del chi cuadrado por ser una prueba que permite medir aspectos cualitativos y cuantitativos de las respuestas obtenidas en la encuesta.

El valor del chi cuadrado se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$X^2$  = Chi cuadrado

$O_i$  = Frecuencia observada (Respuestas obtenidas por la encuesta)

$E_i$  = Frecuencia esperada (respuestas que se esperaban)

### Nivel de Significación

Para el estudio y el análisis de la hipótesis planteada se ha escogido un nivel de significación del 5%.

### Región de Aceptación y Rechazo

La región de aceptación y rechazo se determina por la existencia de los grados de libertad y su nivel de significación, que se la obtiene de la siguiente manera:

$$g. l. = (F-1) * (C-1)$$

$$g. l. = (2-1) * (3-1)$$

$$g. l. = (1) * (2)$$

$$g. l. = 2$$

Según MURRAY, R. (1976) Probabilidad y estadística, p 347, cuando existe un grado de libertad igual a 2 y un nivel de significación del 5%, el valor del CHI-CUADRADO es del 5.99.

	¿Trabajo usted con herramientas neumáticas anteriormente?	¿Podría llevar a cabo el trabajo que realiza actualmente utilizando herramientas neumáticas?	¿Usar herramientas neumáticas ayudaría a que desempeñe su trabajo de una forma más rápida?	Total
Si	12	8	7	27
No	0	4	5	9
Total	12	12	12	36

Tabla N° 14. Frecuencias observadas  
Elaborado por: El investigador.

### Valor Esperado

$$E_i = [(\sum \text{fila}) \times (\sum \text{columna})] / \sum \text{Total}$$

	¿Trabajo usted con herramientas neumáticas anteriormente?	¿Podría llevar a cabo el trabajo que realiza actualmente utilizando herramientas neumáticas?	¿Usar herramientas neumáticas ayudaría a que desempeñe su trabajo de una forma más rápida?	Total
Si	9	9	9	27
No	3	3	3	9
Total	12	12	12	36

Tabla N°15. Frecuencias esperadas  
Elaborado por: El investigador.

### Valor estadístico de la prueba $X^2$

$$X^2 = \sum [(\mathbf{O}-\mathbf{E})^2 / \mathbf{E}]$$

<b>O</b>	<b>E</b>	<b>(O-E)<sup>2</sup> / E</b>
12	9	1,0000
0	3	3,0000
8	9	0,1111
4	3	0,3333
7	9	0,4444
5	3	1,3333
	Total:	6,2222

Tabla N° 16. Calculo del chi cuadrado  
Elaborado por: El investigador.

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que el valor del chi cuadrado está fuera de la zona de aceptación razón por la cual se acepta la hipótesis, asumiendo que: La implementación de un sistema neumático influirá en los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- El personal indica haber utilizado herramientas neumáticas anteriormente por lo que se deduce que están en capacidad de operar dichas herramientas.
- Los aerotécnicos creen que utilizando herramientas neumáticas se agilizaran los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas.
- La población considera que las herramientas neumáticas son más versátiles al momento de trabajar, se adaptan perfectamente a las diferentes tareas y prestan mayores seguridades.
- El personal considera que al utilizar energía neumática en el taller de acabados se contribuiría a mejorar la calidad y rendimiento de las aeronaves.

## 5.2 Recomendaciones

- En vista de que el personal prefiere en muchos aspectos las herramientas neumáticas frente a las eléctricas o manuales, se recomienda dotar a este equipo de trabajo con herramientas neumáticas para que realicen sus tareas principales, y de esta manera mejorar las condiciones laborales de este centro de investigación.
- Se recomienda instalar una red neumática que permita realizar mejoras a los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas mediante la utilización de herramientas neumáticas.
- Es necesario que en el hangar 1 del CIDFAE se construya un sistema neumático que permita la utilización de herramientas neumáticas, con el objeto de crear mejores condiciones laborales para los aerotécnicos así como para reducir los tiempos en la construcción de aeronaves no tripuladas.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

**Tema:**

Sistema neumático para la optimización de los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CID FAE.

**Institución Ejecutora:**

Universidad Técnica de Ambato

**Beneficiarios:**

Investigador, Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana CIDFAE.

**Ubicación:**

Provincia Tungurahua, Cantón Ambato, Parroquia Izamba, Aeropuerto Chachoán

**Tiempo estimado para la ejecución.**

6 meses

### **Equipo Técnico responsable:**

Tutor: Ing. César Rosero (Docente de la FISEI)

Oficial investigador del área de mecánica aeronáutica del CIDFAE

Estudiante: Jose Carlos Morales Palacios

### **6.2 Antecedentes de la propuesta**

De la investigación realizada se determinó que en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana “CIDFAE”, no se trabaja actualmente con herramientas neumáticas a pesar de que sus técnicos prefieren dichas herramientas en muchos aspectos.

Cabe mencionar que en el CIDFAE no se ha construido ningún sistema similar al propuesto anteriormente, por lo que es de importancia la realización de este proyecto, para la optimización en los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas.

### **6.3 Justificación**

Un sistema de aire comprimido es de gran importancia para el CIDFAE, ya que permitirá el uso de herramientas neumáticas en su hangar y por medio de estas se mejorará el desempeño de los aerotécnicos, se facilitarán las tareas y se brindará mayor seguridad y confiabilidad.

Este sistema favorecerá de una manera significativa a este centro de investigación, ya que por medio de este se reducirán los tiempos de construcción además se mejorará la

calidad y el rendimiento de las aeronaves con lo que se impulsa el cumplimiento de cronogramas de trabajo y se asegura el financiamiento de un nuevo proyecto de investigación.

#### **6.4 Objetivos.**

##### **General.**

- Diseñar e implementar un sistema neumático para la optimización de los procesos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE.

##### **Específicos.**

- Analizar los procesos de construcción que se llevan a cabo en el interior del CIDFAE.
- Estudiar la distribución de los puestos de trabajo dentro del hangar 1 en el CIDFAE.
- Establecer el tipo de herramienta neumática que se adapta a cada puesto de trabajo y el lugar más conveniente donde podría instalarse.
- Diseñar y dimensionar un sistema de distribución de aire comprimido basándose en la distribución de planta en el interior del hangar 1.
- Implementar un sistema neumático en el interior del hangar 1.

## **6.5 Análisis de factibilidad**

Esta propuesta es viable en varios ámbitos entre los que se destacan:

### **Tecnológica**

La tecnología actual permite la construcción de redes de aire comprimido utilizando componentes relativamente baratos y accesibles, partiendo de equipos confiables y fáciles de operar.

También se cuenta con los recursos humanos necesarios ya que el investigador tiene las aptitudes necesarias para diseñar y dimensionar un sistema de distribución de aire comprimido y en el interior del CIDFAE laboran técnicos especializados en mecánica aeronáutica, capacitados para instalar tuberías para transporte de aire comprimido y operar equipo neumático.

### **Económico – Financiero**

Siendo la construcción de aeronaves no tripuladas una parte importante dentro de los proyectos en este centro de investigación; un sistema neumático reducirá los tiempos en los procesos de fabricación facilitando el cumplimiento de cronogramas por parte de los aerotécnicos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana garantizando así el financiamiento para un nuevo proyecto de investigación por parte del gobierno ecuatoriano.

Teniendo en cuenta que el recurso humano es una parte fundamental en este centro de investigación esta propuesta se enfoca a potenciar el desempeño de cada técnico, mejorando su rendimiento diario al facilitarle las tareas que le son asignadas,

brindarle seguridad y confianza en su puesto de trabajo para de esta manera mejorar su productividad y reducir costos.

## **6.6 Fundamentación Científico Técnica**

De acuerdo a: BERRÍO, Luis Geovanny, “Neumática Básica”, Primera Edición, Editorial ITM, Colombia 2007.

### **Redes de aire comprimido**

Después de salir del compresor, el aire debe transportarse hasta los puntos de aplicación y esto se hace a través de la red de aire comprimido. En la red de aire existen la red principal, que es la encargada de transportar todo el caudal de aire que se necesita en la planta y la presión máxima que entrega el compresor, y la red secundaria, que es la que entrega el aire comprimido al punto de aplicación o punto de trabajo. La red secundaria es de menor diámetro porque sólo transporta el caudal que necesita la aplicación.

Es muy importante hacer un diseño adecuado de la red de aire comprimido, especialmente de la línea principal. Una buena selección del diámetro de la tubería y la aplicación de las recomendaciones para una buena instalación de la red permiten un mejor desempeño de los equipos que trabajan con aire.

### **Clasificación de las redes de aire comprimido**

Las redes de aire comprimido se clasifican considerando, principalmente, las condiciones ambientales, la disposición física y la forma en que se realiza la distribución del aire.

Las condiciones ambientales hacen referencia básicamente al medio al cual está sometida o expuesta la red; se distingue entre red externa o red interna:

- Externa: es aquella que va por la parte externa de la planta. No es muy recomendable, porque está expuesta a los cambios ambientales y esto puede incrementar el contenido de humedad en la tubería.
- Interna: es la red que va por la parte interna de la planta. Es la ubicación ideal porque presenta pocos cambios en la temperatura.

La disposición hace distinción entre una red aérea o subterránea:

- Aérea: La red va ubicada en la parte superior de la planta. Este tipo de red debe tener cuellos de ganso a la salida de la tubería principal para evitar que los condensados pasen a la aplicación.
- Subterránea: La red va ubicada en el subsuelo de la planta, ya sea enterrada o en canales de distribución. Si la tubería está enterrada acumula mayor cantidad de humedad y, adicionalmente, no se le puede hacer mantenimiento, lo que puede permitir fugas en esos puntos que no se pueden controlar.

La distribución diferencia entre red primaria y red secundaria:

- Primaria o principal: Es la encargada de transportar todo el caudal que se necesita en la planta. La presión en esta línea es la que entrega el compresor, es decir, es la presión máxima de trabajo.
- Secundaria: esta línea es la que transporta el aire hasta los puntos de utilización. Sólo transporta el caudal necesario para la aplicación específica.

## Tipos de configuraciones de la red principal

Esta clasificación es dada sólo para la tubería principal, es decir, aquella que transporta todo el caudal que se necesita en la planta.

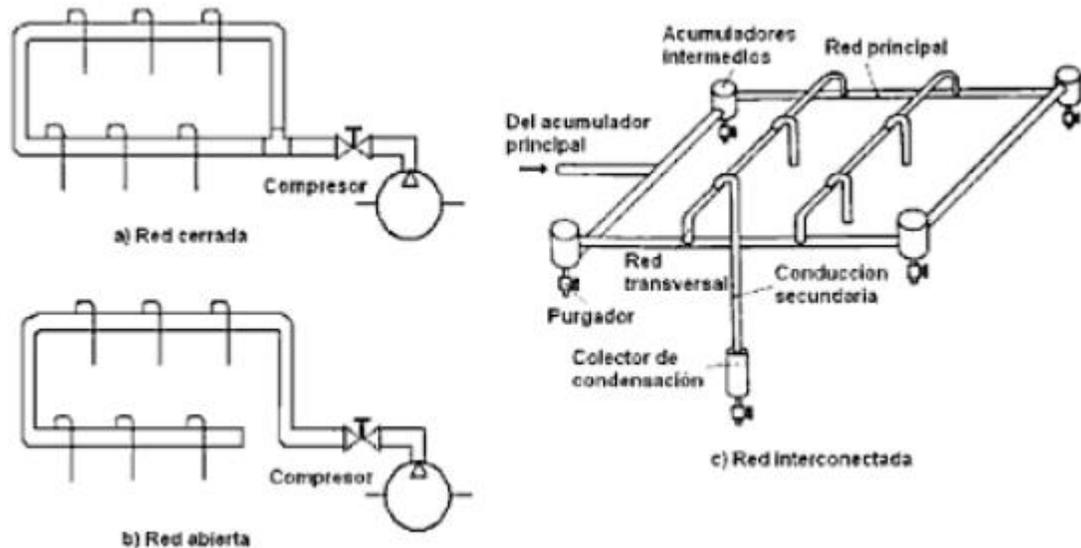


Figura N° 17. Configuración de tuberías  
Fuente: BERRÍO, Luis G. (2007) Neumática Básica, p 44.

- Abierta: es poco recomendada porque produce caídas de presión considerables y además es difícil hacer mantenimiento en tramos de tubería, porque se necesita aislar toda la tubería, es decir, habría que para la planta. Sólo se usa donde hay pocas aplicaciones.
- Cerrada: Al formar el anillo se alimenta la línea por dos tramos de tubería desde el compresor, permitiendo hacer mantenimiento en la línea, sin dejar de suministrar aire al resto de aplicaciones.
- Interconectada: es una red cerrada con interconexiones dentro del anillo. Es utilizada en lugares donde hay muchas aplicaciones o en caso de ampliaciones.

## **Factores que considerar en el diseño de una red**

- Dimensionamiento holgado para poder transportar el caudal que se requiere en la línea; además, para tener en cuenta futuras ampliaciones.
- La tubería debe tener una inclinación en el sentido del flujo del aire con una pendiente de 3%.
- Colocar purgas al final de cada pendiente.
- En los lugares donde exista una bajada de purga no se debe colocar una toma de utilización.
- Se deben colocar cuellos de ganso para la salida a la tubería secundaria para evitar que el agua que puede acumularse en las tuberías pase al punto de aplicación. Por esta razón, la toma o salida a la tubería secundaria debe ser por la parte superior de la tubería principal.
- Se debe hacer tratamiento al aire para poder disminuir el contenido de humedad en la línea, así como se aumenten costos por daños en los dispositivos finales.
- Reducir conexiones. Si hay muchos accesorios en la línea principal, se presentarán caídas grandes de presión, lo que obliga al compresor a trabajar por más tiempo y, por lo tanto, a consumir más energía, lo que representa altos costos de generación del aire comprimido.
- No hacer cambios bruscos en los diámetros de la tubería principal, eso también se ve representado en caídas de presión.
- Hacer mantenimiento por lo menos una vez al año. El mantenimiento consiste en golpear la tubería para soltar cascarillas u óxidos, luego se abren las purgas y se inyecta aire a la tubería haciendo que todas las impurezas salgan. También es importante revisar periódicamente la presencia de fugas en la tubería, porque cada fuga representa pérdida de dinero.

## **Calculo de una red**

Consiste en la determinación del diámetro único que debe tener la tubería principal en la red. Es importante hacer una buena selección del diámetro de la tubería para garantizar el caudal en la planta y la presión máxima con pocas caídas de la misma.

Algunos factores por considerar en la selección del diámetro de la tubería principal:

- Longitud (al punto más lejano)
- Caudal máximo necesario en la línea de aire comprimido.
- Presión máxima (la presión de servicio más alta requerida): debe estar por encima de la máxima requerida para tener en cuenta las caídas de presión que se puedan presentar.
- Caídas de presión (admisibles).
- Accesorios: Codos, tees, válvulas globo, entre otros.

## **Material de las tuberías**

Se recomienda que las tuberías sean resistentes a la corrosión, fácilmente desarmables y de bajo costo. El material más usado es: acero galvanizado, por sus características físicas y por costos. Podría ser recomendable usar cobre o acero inoxidable, pero estas dos opciones, aunque representan un beneficio para la línea, representan costos muy altos. El PVC también es usado, pero suele presentar problemas de pandeo.

La tubería debería ser roscada, para desarmarla fácilmente o soldada, para uniones fijas o que se instalen de forma permanente; sin embargo, la soldadura representa problemas por la presencia de cascarilla que debe ser retirada de la tubería para evitar la contaminación del aire.

## **Tratamiento del aire comprimido**

### **Tratamiento del aire**

En la mayoría de procesos industriales se requiere aire limpio, para evitar la contaminación de los productos que está entregando la planta. Por esta razón es importante hacerle tratamiento al aire, porque éste al salir del compresor contiene:

- Agua: El aire tiene humedad relativa. Al transportarse por la tubería se presentan cambios de temperatura y presenta condensación. Ésta es una de las mayores desventajas en los sistemas de aire comprimido.
- Aceite: sólo si el compresor lo requiere y en la operación del mismo permite el paso de este a la línea.
- Herrumbre y partículas sólidas: por la corrosión de las tuberías y por la suciedad del aire que entra al compresor.

Todo esto genera daños, y aumenta los costos de producción del aire comprimido.

### **Pasos para el tratamiento**

Al hacer tratamiento al aire comprimido hay que seguir algunos pasos según la necesidad, y algunos de los elementos que se ven a continuación no quedan involucrados, pues hay que elegir entre los que se proponen.

En el siguiente esquema se muestra el orden que se debería seguir en la conexión de los elementos para tratamiento en la línea de aire comprimido. Hay que tener en cuenta que algunos de los elementos que se instalan dependen de la necesidad que se tiene en el proceso de aire limpio y seco.

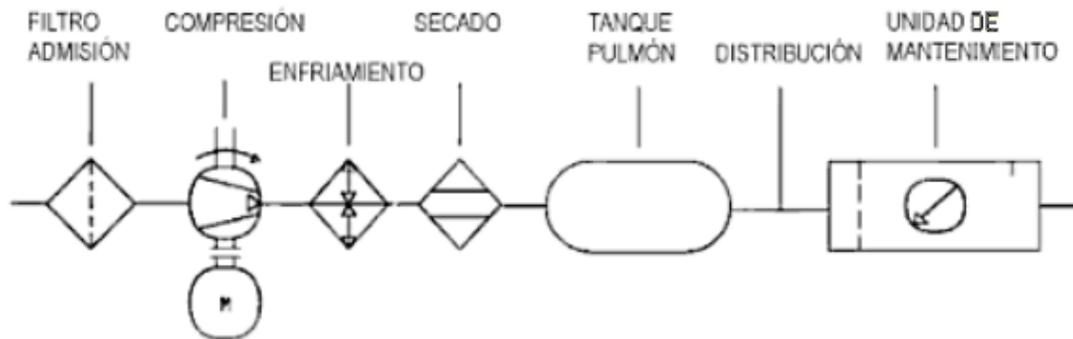


Figura N° 18. Pasos para el tratamiento de aire comprimido

Fuente: BERRÍO, Luis G. (2007) Neumática Básica, p 46.

Hay elementos que no deben faltar, como la unidad de mantenimiento. Siempre debe haber uno de estos dispositivos a la entrada de la aplicación, garantizando que se filtre el aire, se eliminen condensados y se regule la presión de entrada a la aplicación.

## 6.7 Modelo operativo

### Consideraciones previas

Primeramente se indagó las necesidades de aire comprimido que tendrá cada puesto de trabajo en el interior del hangar 1 del CIDFAE, teniendo en cuenta las herramientas neumáticas que podrían utilizarse para efectuar las tareas que desempeñan actualmente los aerotécnicos, se calculó además un tiempo de utilización estimado de las herramientas de mayor consumo en cada punto para obtener así datos en escenarios críticos.

El consumo se tomó de catálogos, considerando herramientas accesibles para el CIDFAE que podrían ser adquiridas en la ciudad de Ambato.

## Calculo de cargas de aire en el interior del hangar 1 del CIDFAE.

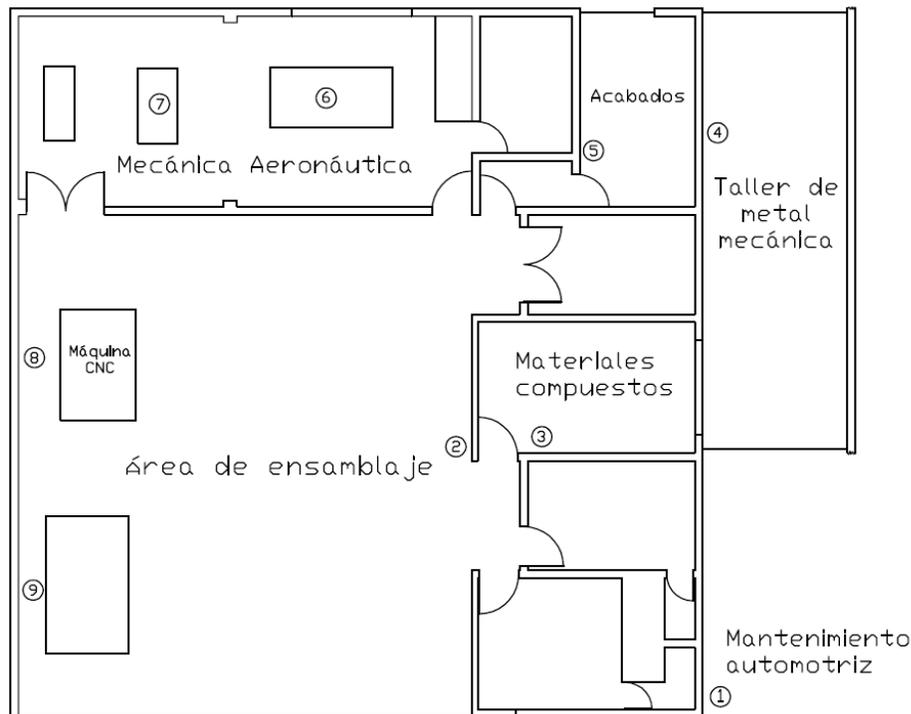


Figura N° 19. Distribución del hangar 1

Elaborado por: El investigador.

### Análisis de cargas para el área de mantenimiento automotriz (1).

En esta área situada al exterior del hangar se realizan reparaciones y se limpian los automóviles propiedad del CIDFAE, estos vehículos sirven para transportar al personal, adquisición de materiales y reacción en caso de emergencia durante los vuelos de prueba por lo que es fundamental mantenerlos en buen estado; personal militar y civil es el encargado de mantener el estado operativo de estos automotores.

Herramientas requeridas:

- 1 pistoleta de aire con un consumo específico de 5cfm.
- 1 pistola de pulverización con un consumo específico de 6 cfm.
- 1 Mandril neumático para inflado de llantas.

### **Análisis de cargas para el área de ensamblaje (2).**

El espacio de trabajo más grande dentro del hangar se utiliza para el ensamblaje de las aeronaves no tripuladas es ahí donde se montan todos los componentes fabricados anteriormente mediante un sistema de manufactura en posición fija, esta área facilita la salida de los prototipos ya terminados hacia la pista aérea.

Herramientas requeridas:

- 1 remachadora neumática de 1/8" a 3/16" con un consumo específico de 5cfm.
- 1 taladro reversible con un consumo específico de 1.9 cfm.
- Racha neumática de 3/8" con un consumo específico de 1.4 cfm.

### **Análisis de cargas para el taller de materiales compuestos (3).**

En el taller de materiales compuestos se construye el fuselaje de las aeronaves partiendo de materiales tales como el kevlar y la fibra de carbono. En esta sección trabajan dos técnicos especializados que desempeñan sus labores aislados del resto del hangar debido a los vapores tóxicos producidos, por lo que necesitan tener a mano todas las herramientas que vayan a utilizar en sus tareas.

Herramientas requeridas:

- 1 lijadora recta con un consumo específico de 2.3 cfm.
- 1 pistolete de aire con un consumo específico de 5 cfm.
- 1 lijadora circular con un consumo específico de 2 cfm.

### **Análisis de cargas para el taller de metal mecánica (4).**

En esta sección se realizan todo tipo de trabajos en metales ya sea la fabricación de componentes para las aeronaves o la creación de elementos necesarios para la

infraestructura de la base, se construyen además moldes de madera y todo tipo de trabajo de carpintería que se requiera durante el proceso de investigación y desarrollo.

Herramientas requeridas:

- 1 amoladora angular con un consumo de 3.3 cfm.
- 1 pistola de pintura con un consumo de 7.5 cfm.
- 1 amoladora recta con un consumo de 1.3 cfm.
- 1 taladro reversible con un consumo de 1.9 cfm

#### **Análisis de cargas para la sección de acabados (5).**

Esta sección es la encargada de tratar a todas las superficies que necesiten protección contra factores externos, es una parte fundamental dentro de la fabricación de aeronaves ya que incluso pequeñas imperfecciones o rugosidades pueden comprometer el rendimiento del vehículo en este taller no solo se realiza la pintura los componentes sino que además se reparan pequeñas fallas que provienen de los distintos procesos de fabricaciones anteriores.

Herramientas requeridas:

- 1 pistola de pintura por succión con un consumo específico de 7.5 cfm.
- 1 pistola de pintura por gravedad con un consumo específico de 7.5 cfm.
- 1 lijadora circular con un consumo específico de 2 cfm.
- 1 esmeril recto con un consumo específico de 2.7 cfm.
- 1 lijadora recta con un consumo específico de 2.3 cfm.

#### **Análisis de cargas para el taller de mecánica aeronáutica (6) (7).**

Los técnicos de mecánica aeronáutica son los responsables de mantener y reparar los motores de aviación, además de ensamblar y montar todos los componentes externos

como el tren de aterrizaje, los planos de vuelo entre otros; para lo que cuentan con un taller equipado para estas labores, además de herramientas manuales se encuentran disponibles máquinas herramientas.

Cabe resaltar que en este lugar desempeñan sus labores 5 personas dificultando la movilidad en las limitadas zonas para circulación, por lo que se debe evitar la instalación de tuberías o mangueras que obstruyan estos espacios.

Herramientas requeridas:

- 1 amoladora angular con un consumo de 3.3 cfm.
- 1 amoladora recta con un consumo de 1.3 cfm.
- 1 taladro reversible con un consumo de 1.9 cfm.
- 1 esmeril recto con un consumo específico de 2.7 cfm.
- 1 pistoleta de aire con un consumo específico de 5 cfm.
- 1 caladora para metales con un consumo de 1 cfm.
- Racha neumática de 3/8" con un consumo específico de 1.4 cfm.

### **Análisis de cargas para la máquina CNC (8).**

La máquina fresadora CNC con 4 ejes móviles es una adquisición reciente del CIDFAE, esta máquina no se encuentra operativa al momento del estudio debido a que se deben hacer adecuaciones para poder energizarla, este equipo cuenta con mandos neumáticos por lo que necesita una fuente de aire comprimido, el técnico de la empresa proveedora indicó que no es necesario tratar el aire antes de que ingrese a la máquina ya que esta cuenta con todos los dispositivos necesarios para garantizar la calidad final del fluido.

Requerimientos de la máquina CNC:

- Consumo específico de 6 cfm.
- Presión de trabajo 120 PSI.

### **Análisis de cargas para taller de trabajos en balsa (9).**

En este puesto de trabajo se construyen componentes estructurales en madera de balsa para los prototipos investigados, también se construyen aeronaves en madera de balsa para aeromodelismo.

La cercanía de este punto con el área de ensamblaje resulta conveniente para las tareas de armado de la aeronave en la que participa la mayor parte del personal.

Herramientas requeridas:

- 1 caladora neumática recta con un consumo específico de 3.3cfm.
- 1 taladro reversible con un consumo específico de 1.9 cfm.
- 1 amoladora recta con un consumo de 1.3 cfm.
- 1 lijadora recta con un consumo específico de 3.3 cfm.

### **Resumen de los puntos de carga**

Para propósitos de esta investigación se considerará la herramienta de mayor consumo en cada punto para así obtener datos en el escenario de mayor consumo.

Área	Consumo máximo (cfm)	Herramienta
1	6	Pistola de pulverización
2	5	Remachadora neumática
3	5	Pistoleta de aire
4	7.5	Pistola de pintura
5	7.5	Pistola de pintura
6	5	Pistoleta de aire
7	3.3	Amoladora angular
8	10	Máquina CNC
9	3.3	Lijadora recta
<b>Total:</b>	<b>52.6</b>	

Tabla N° 17. Resumen de consumo en las áreas de trabajo.  
Elaborado por: El investigador.

Estos datos indican que el consumo de aire en el sistema a una presión de 120 psi será de 52.6 cfm debido a las múltiples herramientas utilizadas al interior del hangar.

Sin embargo este dato no representa al consumo real debido a que cada herramienta tiene un periodo de inactividad representado por un porcentaje conocido como coeficiente de utilización.

Para calcular el coeficiente de utilización se observaron las actividades diarias en cada área de trabajo y se entrevisto a los técnicos responsables de cada área, para así poder obtener un porcentaje estimado de utilización de las herramientas eléctricas y manuales que podrían ser reemplazadas por herramientas neumáticas.

<b>Punto</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje de utilización</b>
1	Mantenimiento mecánico	90
2	Ensamblaje	65
3	Materiales compuestos	70
4	Metalmecánica	90
5	Acabados	90
6	Mecánica aeronáutica	85
7	Mecánica aeronáutica	85
8	Máquina CNC	80
9	Taller de balsa	75

Tabla N° 18. Porcentaje de utilización de herramientas en cada área de trabajo.  
Elaborado por: El investigador.

En base a los datos de la tabla anterior se puede calcular el consumo real de cada puesto de trabajo.

<b>Área</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Consumo máximo (cfm)</b>	<b>Porcentaje de utilización</b>	<b>Consumo real (cfm)</b>
1	Pistola de pulverización	6	90	5.4
2	Remachadora neumática	5	65	3.25
3	Pistoleta de aire	5	70	3.5
4	Pistola de pintura	7.5	90	6.75
5	Pistola de pintura	7.5	90	6.75
6	Pistoleta de aire	5	85	4.25
7	Amoladora angular	3.3	85	2.81
8	Máquina CNC	10	80	8
9	Lijadora recta	3.3	75	2.45
<b>Total:</b>		<b>52.6</b>		<b>43.18</b>

Tabla N° 19. Calculo de consumo real en cada puesto de trabajo.  
Elaborado por: El investigador.

## **Coefficiente de simultaneidad**

Debido a que en este sistema se integran diversos equipos que en la práctica no todos funcionan simultáneamente debido a la actividad de los técnicos a diversas horas del día, es necesario un coeficiente que reduzca el consumo total, este valor se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

Donde:

k: Coeficiente de simultaneidad

n: Número de puntos en el sistema

Formula: Grupo Editorial CEAC, "Enciclopedia de fontanería, cálculos trabajos y reparación de averías", Pag. 38, España 2004.

Que para este caso sería:

$$k = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

Donde n = 9 puntos.

$$k = \frac{1}{\sqrt{9 - 1}}$$

$$k = 0.36$$

Entonces el consumo real del sistema será:

$$Q = 43.18 \times 0.36$$

$$Q = 15.6 \text{ cfm}$$

## **Las pérdidas de presión**

Según: DE LAS HERAS JIMÉNEZ, SALVADOR, “Instalaciones neumáticas”, Primera Edición, Editorial UOC, España 2003.

“Las pérdidas de presión en una instalación son una manifestación de la pérdida de energía asociada al flujo de aire y deben reducirse en lo posible. Cuanto mayores resulten las pérdidas de presión, menor será el rendimiento de nuestra instalación y mayores sus gastos de explotación. Hay que tener presente que las pérdidas de presión son inevitables en cualquier instalación, por mucho que este sobredimensionada.

Básicamente hay dos fenomenologías de pérdidas: las pérdidas de presión en conductos lineales y las pérdidas de presión en elementos singulares.”

Instalaciones bien conservadas presentan normalmente fugas que rondan entre el 2 y el 5%. Instalaciones con varios años de servicio pueden llegar a tener fugas del orden del 10%. Si además, las condiciones de mantenimiento son malas, éstas pueden llegar a alcanzar valores del 25%.

En el sistema del CIDFAE podrían ocurrir pérdidas de flujo por:

- Pequeñas fugas de aire.
- Longitud y rugosidades de las tuberías (pérdidas lineales).
- Variación de diámetro en las tuberías.
- Accesorios (codos, tees, válvulas)
- El desgaste progresivo del interior de las tuberías.

Debido a que hay factores muy variables que intervienen para producir las pérdidas se consideró un sobredimensionamiento del 25% del valor de consumo total, para evitar las caídas de presión.

## **Futuras ampliaciones**

Las actividades de investigación y desarrollo son relativamente nuevas en el país, por lo que los centros de investigación se encuentran en la actualidad en proceso de crecimiento.

Por eso se consideró un amplio rango en el cual puede expandirse el consumo de la red de aire comprimido en el CIDFAE, por causas como:

- Conexión de más de una herramienta en un solo punto.
- Adquisición de herramientas de mayor consumo
- Adición de nuevos puntos de consumo en la red ya existente.
- Ampliaciones del edificio donde se requerirá energía neumática.

Por estas razones muy probables se estableció que un sobredimensionamiento del 50% es acertado por tratarse de un centro de investigación en crecimiento.

## **Resumen del análisis de cargas**

En el hangar 1 del CIDFAE se requiere un caudal de aire comprimido de 15.6 cfm a 120 psi para alimentar los equipos requeridos por los técnicos que laboran en este edificio. Se consideró que las perdidas pueden llegar a ser de 25% debido al desgaste de algunos elementos que se deterioran con el tiempo, y por ser este un centro de investigación en proceso de crecimiento se conservo 50% del caudal para futuras ampliaciones.

Consumo total:	15.6 cfm
25% por pérdidas:	3.875 cfm
50% por futuras ampliaciones:	7.75 cfm
<b>Total:</b>	<b>27.16 cfm</b>

## **Selección del equipo de aire comprimido**

### **Calidad del aire comprimido**

Antes de iniciar el proyecto de una instalación de aire comprimido, se debe verificar que tipo de calidad del aire se necesita en el interior del hangar 1, debido a que diferentes aplicaciones tienen diferentes requerimientos en cuanto a la calidad del aire.

Por ejemplo:

- Aire para pintado por atomización debe ser seco, libre de aceite y limpio.
- Aire para instrumentos de control debe ser muy limpio.
- Aire para herramientas, cilindros, válvulas y bombas, tienen distintas variaciones en cuanto a calidad.

Es importante señalar que antes de elegir un compresor, es necesario tener conocimiento completo de la calidad de aire requerido.

Para nuestro caso, se requiere una muy buena calidad para la sección de acabados mientras que para el resto de áreas, una calidad media es suficiente. Por lo que puede resultar económico tratar de un modo especial sólo a la sección que así lo requiere.

### **Componentes de la red**

En la figura 19 se muestra el esquema de los componentes de una instalación neumática, los elementos esenciales son el compresor y el depósito, las válvulas, las líneas de distribución y las unidades de mantenimiento, esto significa que elementos como la unidad de acondicionamiento se pueden omitir dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar al aire comprimido.

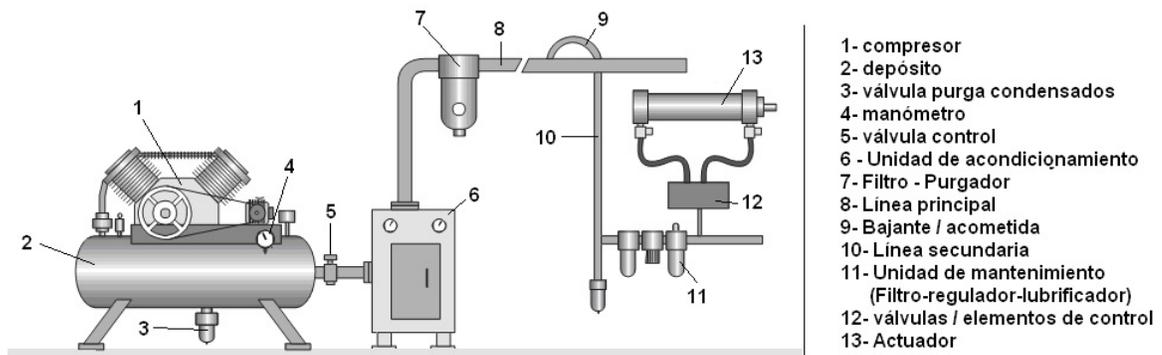


Figura Nº 20. Componentes de una red neumática  
 Fuente: <http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA>

### Selección del compresor

El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo después normalmente en un depósito.

Para considerar la compra de este equipo de debe tener en cuenta tanto las exigencias presentes como las futuras para de este modo evitar la adquisición errónea de una máquina.

Además se deben considerar parámetros como:

- Tipo de compresor
- Libre de aceite, inyección de aceite
- Pistón o tornillo.
- Desplazamientos positivos, dinámicos.
- Capacidad y presión
- Caudal total.
- División de carga entre más de un compresor.
- Capacidad de reserva.
- Consumo específico de energía.
- Requerimientos especiales.
- Planes futuros.
- Ubicación del compresor.

Para el hangar 1 del CIDFAE se han determinado hasta ahora los siguientes requerimientos:

- La calidad del aire no debe ser muy alta debido a que las herramientas neumáticas no tienen ese requerimiento.
- Se cuenta con un espacio amplio donde construir una estructura para alojar el compresor, ya que no se podrá instalar en el interior del edificio debido al poco espacio disponible y el ruido que este produce, factor que podría incidir en el desempeño laboral y salud ocupacional de los trabajadores.
- Debido al gran crecimiento que este centro ha experimentado, se debe conseguir un compresor de tipo industrial que soporte la demanda actual, tendiendo a sobredimensionar la capacidad en lugar de abastecer solo lo necesario.

Para determinar el tipo de compresor a utilizar se investigo en catálogos de almacenes de la ciudad de Ambato para así determinar un tipo de compresor que sea fácil de adquirir en el mercado local.

Se encontraron entonces las siguientes opciones inmediatas:

Marca	Caudal	Motor	Presión máx	Imagen
Porten	7.9 cfm @ 90 psi	3 Hp	116 psi	
Porten	18.8 cfm @ 90 psi	5 hp	116 psi	
Campbell	18.8 cfm @ 90 psi	5 hp	175 psi	
Campbell	18.8 cfm @ 90 psi	5hp	175 psi	
Campbell	37.6 cfm @ 90 psi	10 hp	175 psi	
Porten	40cfm	10hp	116psi	

Tabla N° 20. Cuadro comparativo de compresores.

Fuente: <http://www.pintulac.com.ec/compresores>

Se determina entonces que un compresor de pistón que entregue un caudal superior a 27.16 cfm @ 120 psi se adapta a las necesidades del hangar 1 en el CIDFAE. Se ha descartado un compresor de tornillo ya que este aunque cumple con los requerimientos técnicos tiene un costo mucho mayor que el compresor de pistón y no es necesario un flujo constante de aire comprimido que es la ventaja principal de un compresor de tornillo.

En el mercado local se ha encontrado un compresor que se adapta a las exigencias, mismo que cuenta con las siguientes características.



Figura N° 21. Compresor de pistón 10 hp.  
Fuente: <http://www.pintulac.com.ec/compresores>

<b>Caudal</b>	37.6 cfm @90 psi ó 35.2 cfm @175psi
<b>Motor</b>	10hp
<b>Presión máxima</b>	175 psi
<b>Voltaje</b>	220V / 60 Hz
<b>Capacidad del tanque</b>	450 lts
<b>Tipos de uso</b>	Industrial – Diario
<b>Transmisión por banda</b>	Por banda

### **Ubicación del compresor**

La ubicación del compresor depende de muchos factores tanto técnicos como ambientales, por lo que se debe tener en cuenta:

- Minimizar la distancia de recorrido del aire hacia los puntos de consumo.
- Asegurar un sitio donde el aire sea limpio y seco para alimentar el sistema.
- Contar con el espacio suficiente para colocar el compresor así como para dar mantenimiento al mismo.
- Evitar al máximo posible el ruido y las vibraciones perjudiciales en las áreas de trabajo.
- Evitar que la instalación del compresor interfiera con las áreas de trabajo o circulación del personal.
- Es importante que todo el personal conozca el sitio planeado para la instalación para asegurar que el sitio predestinado no interfiera a ninguna de las áreas de trabajo dentro de la planta.

En el hangar 1 del CIDFAE se ha determinado la terraza como el sitio más adecuado para la instalación de este equipo, en esta se construyó la infraestructura para alojamiento del compresor cuidando que esta no interfiera con el desempeño normal de las labores que se realizan en este aeropuerto.

### **Tuberías**

Una vez comprimido el aire se debe trasladarlo hasta el sitio donde es requerido para su utilización para esto se utilizan las tuberías.

Los materiales más comunes de las tuberías son:

**Acero.-** Es el material más común debido a su bajo costo y fácil accesibilidad, se utiliza en instalaciones donde se tengan requerimientos especiales.

**Acero inoxidable.-** Se usa en hospitales, producción de alimentos y en la industria química debido a la alta pureza y confiabilidad requerida en el aire.

**Cobre.-** Se usa como alternativa al acero inoxidable, su instalación es más fácil pero es muy costosa.

**Plástico.**-Este material se usa en aplicaciones donde se requiere aire a poca presión y de alta calidad, este tipo de tubería presenta más riesgos debido a que es más susceptible a daños por sobrepresión, variaciones de temperatura o golpes.

Ya que el hangar 1 del CIDFAE es una planta industrial donde se fabrican aeronaves no se requiere de aire purificado por lo que se utilizaran tuberías de acero para reducir los costos de instalación sin comprometer la seguridad, se utilizaran tuberías estiradas ya que los tubos soldados presentan más riesgos de fugas.

Es importante identificar el fluido que transportan las tuberías por lo que en la norma UNE 1063 se establece que las tuberías que transportan aire comprimido deben ser pintadas de color azul.

Para el hangar del CIDFAE consideraremos dos tipos de tuberías.

- Tubería principal
- Tubería de servicio

### **La tubería principal**

Es la tubería que sale del depósito y conduce el caudal total del sistema, de esta tubería se derivan las tuberías de servicio.

### **La tubería de servicio**

Son las que toman el aire de la tubería principal y alimentan a las áreas de trabajo, en esta tubería se instalan las unidades de mantenimiento y los acoples rápidos.

Es recomendable que el diámetro de esta tubería no sea inferior a ½ pulgada ya que se pueden tapar si el aire llega a contener impurezas, además un diámetro menor produce altas velocidades del fluido lo que se ve reflejado en un desgaste mayor del tubo.

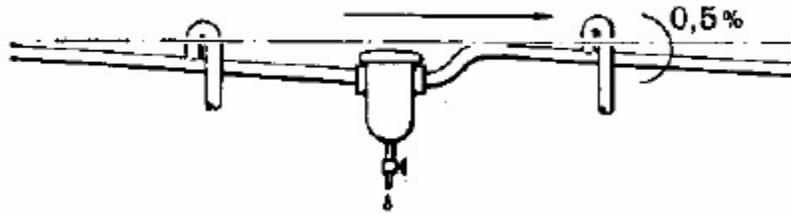


Figura N° 22. Inclinación de tuberías.  
Fuente: <http://maqlab.uc3m.es/NEUMATICA>

Tanto la tubería principal como las tuberías secundarias deben tener una inclinación mínima del 0.5% en dirección del flujo para facilitar la purga de humedad acumulada.

### Calculo de las tuberías

Es necesario calcular los diámetros adecuados para la conducción del aire comprimido, de este modo se evitan gastos innecesarios sin comprometer la seguridad del sistema.

El diámetro de las tuberías depende directamente de la velocidad del fluido, el caudal que circule por ellas y la presión de trabajo.

Por lo que podemos partir de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{60 \times p \times A}$$

En donde:

V: velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s)

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

P: presión de trabajo (bar)

A: área de la sección transversal interna de la tubería ( $m^2$ )

Despejando A y transformando las unidades a  $\text{cm}^2$

$$A = \frac{Q}{60 \times p \times V} \times \frac{10000\text{cm}^2}{1\text{m}^2}$$

En la investigación se expuso que la velocidad del fluido no debe superar los 8 m/s por lo que se asume este valor como un dato.

Entonces para la tubería principal se tienen los siguientes valores:

V: 8 m/s

Q: 27.2cfm ( $0.85 \text{ m}^3/\text{s}$ )

P: 120 psi (8.2bar)

$$A = \frac{0.85}{60 \times 8.2 \times 8} \times \frac{10000\text{cm}^2}{1\text{m}^2}$$

$$A = 2.13 \text{ cm}^2$$

Entonces:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 2.13}{\pi}}$$

$$d = 1.65 \text{ cm} = 17 \text{ mm}$$

Tamaño nominal de la tubería (pulgadas)	Diámetro exterior		Grosor de la pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pie)	(mm)	(pie <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 <sup>-5</sup>
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 <sup>-5</sup>
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 <sup>-4</sup>
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 <sup>-4</sup>
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 <sup>-4</sup>
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 <sup>-4</sup>
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 <sup>-3</sup>
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 <sup>-3</sup>
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 <sup>-3</sup>
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 <sup>-3</sup>
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 <sup>-3</sup>
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 <sup>-3</sup>
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 <sup>-2</sup>
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 <sup>-2</sup>
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 <sup>-2</sup>
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 <sup>-2</sup>
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 <sup>-2</sup>
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 <sup>-2</sup>
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Figura N° 23. Medidas reales en tuberías comerciales según la norma ASTM A53  
Fuente: VARETTO, Raúl H. (2011), Tuberías, p 25.

Entonces es requerida una tubería con un diámetro interior de 17 mm que comercialmente equivale a su inmediato superior, una tubería de 3/4 de pulgada

Por transportar un caudal menor, las tuberías de servicio deben tener un diámetro menor al de la tubería principal pero no deben ser menores a una tubería de 1/2 pulgada para evitar obstrucciones. Podemos observar en la tabla que el inmediato inferior de una tubería de 3/4 de pulgada es una tubería de 1/2 pulgada, por lo que esa será la medida de las tuberías de servicio.

## Unidades de mantenimiento

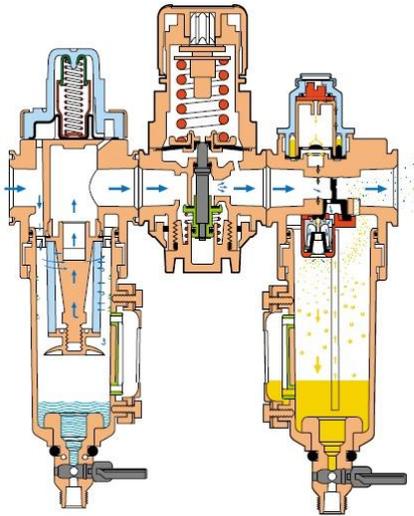


Figura N° 24. Esquema de una unidad de mantenimiento  
Fuente: maqlab.uc3m.es/NEUMATICA/Capitulo1

Antes de cada punto de consumo es necesario optimizar las condiciones del aire comprimido por lo que es necesaria la instalación de una unidad de mantenimiento de aire que consta de un filtro, un regulador y un lubricador. De esta forma se evita que las partículas de suciedad contenidas en la tubería ingresen a las herramientas además de proveer un flujo constante de aceite para lubricar las herramientas que así lo requieran.

Este elemento por su arquitectura produce una caída de presión por lo que se debe dimensionar correctamente de acuerdo a la presión de trabajo y al flujo requerido, mientras más grande sea la admisión de esta unidad menor será la caída de presión producida, pero el costo se eleva; En el CIDFAE se busca la mayor calidad posible para lo que se invierte el presupuesto necesario, por esto se ha seleccionado el modelo que produce menos caídas de presión, disponible en el mercado ambateño con una admisión de 3/8".



Figura N° 25. Unidad de mantenimiento 3/8”  
Fuente: [www.quito.olx.com.ec](http://www.quito.olx.com.ec)

## **INSTALACIÓN DEL SISTEMA**

Una vez dimensionado y seleccionados los componentes del sistema se construyó el diagrama neumático unifilar mostrado en el anexo 4 en el cual se indica el trazado de las tuberías así como el lugar de instalación de válvulas de seccionamiento, uniones universales (necesarias para facilitar el mantenimiento de la red) y componentes especiales como son el secador de aire.

Para la instalación del compresor se construyó una estructura de alojamiento en la terraza del hangar 1 debido a falta de espacio disponible en el interior del edificio y a que los exteriores son áreas de circulación de vehículos terrestres y aéreos, el sitio de construcción se estableció de tal manera que no afecte las operaciones de la torre de control del aeropuerto, que debe mantener visión de la pista aérea.

Las especificaciones técnicas de esta construcción se muestran en el anexo 3, donde se ha plasmado una estructura liviana apta para construirse en la terraza de un edificio, con las medidas necesarias para la instalación y funcionamiento del compresor así como para tareas de mantenimiento.



Figura N° 26. Vista lateral de la estructura (en construcción) de alojamiento para el compresor  
Fuente: El investigador



Figura N° 27. Estructura de alojamiento para el compresor en fase de acabados  
Fuente: El investigador

El área destinada para la instalación del compresor cuenta con: dos durmientes de concreto sobre los cuales reposará el compresor para evitar vibraciones, toma eléctrica e iluminación para tareas de mantenimiento, ventilación suficiente para la captación de aire, un área para colocación del cajetín eléctrico para el sistema de arranque de este equipo.



Figura N° 28. Instalación eléctrica en el área del compresor  
Fuente: El investigador

Una vez adecuada está área se procedió a la instalación del compresor; para la colocación se hizo uso de una grúa para elevar al compresor de 890 libras hasta la terraza del hangar.



Figura N° 29. Elevación del compresor a su sitio de instalación  
Fuente: El investigador

Antes de la instalación definitiva del compresor se colocan planchas de caucho en sus patas para amortiguar las vibraciones, entonces se fija el compresor a los durmientes mediante pernos, dejándolo listo para iniciar con la construcción de la red de tuberías.



Figura N° 30. Compresor colocado sobre los durmientes  
Fuente: El investigador

Para el arranque de este equipo se construyó un sistema de arranque basado en un arrancador suave según recomendaciones del fabricante, dicho sistema cuenta además con un contactor aguas arriba para protección contra sobrecargas.



Figura N° 31. Sistema de arranque y de protección contra sobrecargas  
Fuente: El investigador

Antes de empezar con el armado de la red de tuberías que conducirán el aire comprimido a su sitio final de utilización se debe idear una forma de fijar las tuberías de una manera que resulte fácil y permita una inspección sencilla de estas, manteniéndoles siempre firmes.

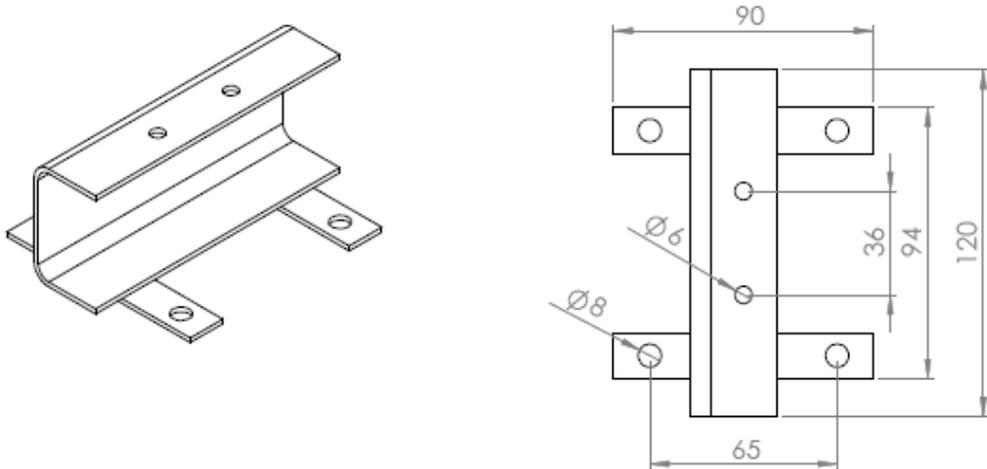


Figura N° 32. Especificaciones técnicas de soporte para tuberías  
Elaborado por: El investigador

Para lograr este fin se diseño un soporte a partir de correas C de 5cm y de platinas de 18mm que se fijan a la pared mediante pernos de 5/16", para posteriormente sujetar en él la tubería ya sea de 1/2" o de 3/4" mediante una abrazadera en U de 36 mm.

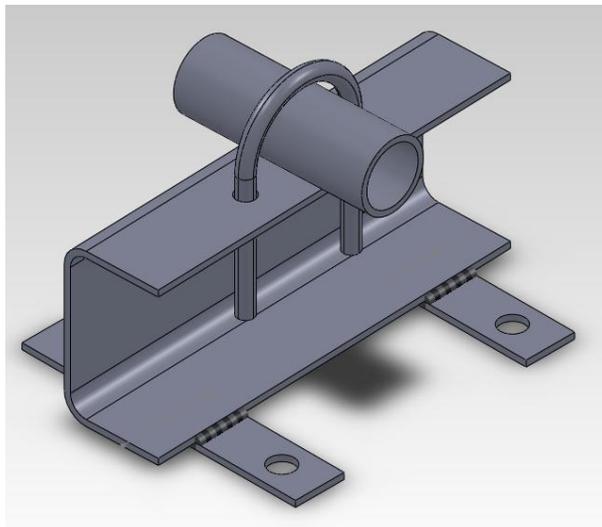


Figura N° 33. Diseño del soporte para tuberías  
Elaborado por: El investigador



Figura N° 34. Soportes para tubería de 1/2" a 3/4"  
Fuente: El investigador

La instalación de las tuberías se realizó siguiendo el sentido del flujo de aire y basándose en las especificaciones del diagrama unifilar del anexo 2, utilizando tubos galvanizados de 3/4" para la línea principal y tubos de 1/2" para las líneas de consumo, cuidando al máximo posible la estética del edificio.



Figura N° 35. Seccionamiento de circuitos  
Fuente: El investigador



Figura N° 36. Tubería de consumo  
Fuente: El investigador

La construcción de la red de tuberías se realizó tomando en cuenta todos los factores y limitantes mencionados anteriormente en este trabajo tanto para garantizar la calidad del aire como para facilitar la detección de fugas o facilitar las tareas de mantenimiento.

En todos los puntos se instalaron tomas con acoples rápidos de ¼” precedidos de unidades de mantenimiento compuestas por un regulador, filtro, lubricador excepto en el area de acabados ya que este punto requiere de aire mas limpio y seco que los demás.



Figura N° 37. Regulador, filtro, deshumidificador, secador instalado en el taller de acabados  
Fuente: El investigador



Figura N° 38. Regulador, filtro, lubricador instalado en el taller de materiales compuestos  
Fuente: El investigador

Todas las tuberías fueron pintadas de color azul para estandarizarlas de acuerdo a la norma UNE 1063 que señala este color para tuberías que transportan aire comprimido. Además se brinda una película protectora que extiende la vida útil de las tuberías de acero.



Figura N° 39. Tubería de servicio de color azul, punto de trabajos en balsa  
Fuente: El investigador

Es importante que todo el personal tenga conocimiento de las características del sistema tales como presión, calidad del aire o zonas de riesgo para lo cual se señalizó debidamente cada punto de consumo y el área de la instalación del compresor.



Figura N° 40. Cartel de señalización para los puntos de consumo  
Elaborado por: El investigador



Figura N° 41. Señalización del área del compresor  
Elaborado por: el investigador

## Presupuesto de la construcción

### Equipos y materiales

Ítem	Cantidad	Unidades	Costo
Compresor de pistón, 10 HP, tanque de 80 gal	1	U	10200
Bloques de construcción	225	U	27
Cemento	10	qq	62,50
Volqueta de arena fina para enlucido	1/2	U	40
Piedra para construcción	2	m2	20
Ripio	2	m2	20
Correas metálicas G de 80 x 3 mm	10	U	288,70
Ángulos Metálicos L de 1 x 1/8	2	U	17,10
Tubos cuadrados 1 x 1,5	3	U	33,33
Tubos cuadrados 2 x 2	1	U	25,22
Varilla de construcción 8 mm	1	U	5
Varilla de construcción 12 mm	1	U	12
Pliegos de malla electro soldada	3	U	300
Techo metálico	12	m2	108
Pernos para duratecho	30	U	3
Electrodos para soldadura N° 60 – 11	5	lb	9
Bisagras 2''	6	U	4,5
Clavos 2 pulgadas	1	lb	0,7
Tablas de monte	4	U	8
Pintura de agua Color hueso	1	Gl	14,6
Pintura de tiñer Color: negro	1	lt	7,28
Pintura de tiñer Color: azul	1	Gl	12,7
Tiñer laca	3,75	lt	5
Correas metálicas G de 80 x 5 mm	2	U	48,4
Platina metálica 2cm x 6mts	2	U	23,6
Filtro desecante	1	U	130
Tubo galvanizado 3/4" x 6m Roscables, para aire a presión de 10 bares,	9	U	180,9
Tubos galvanizados 1/2" x 6m Roscables, para aire a presión de 10 bares,	17	U	256,36
Codos 3/4" a 90°	10	U	3,20
Codos 1/2" a 90°	20	U	4,60

Tee 3/4" HG	12	U	5,28
Tee 1/2" HG	16	U	4,80
Buje de reducción 3/4" a 1/2"	15	U	2,55
Uniones 1/2"	20	U	4
Llaves de paso tipo palanca, 1/2" para aire a presión de 10 bares,	20	U	83
Neplos 1/2" x 5 cm	20	U	10,00
Neplos 3/4" x 5cm	5	U	2,5
Acoples rápidos para aire comprimido, Acople universal macho, de 1/4",	20	U	111
Manguera para aire comprimido Rosca de admisión de aire de 1/2"	4	U	70,4
Manguera helicoidal 3/8 * 15m acople rápido macho y hembra de 1/4"	10	U	5
Teflón industrial,	5	U	4,09
Permatex	5	U	13
Codos cachimba 1/2"	35	U	14
Neplos 1/8" x 5mm	15	U	4,5
Tacos Fisher, tornillos y rodela,	60	U	6
bushing de reducción 1/2" a 1/8"	20	U	6
bushing de reducción 1/8" a 1/4"	20	U	5,4
Neplo 1/4" x 3cm	15	U	4,5
Arrancador suave 12 Hp	1	U	345
Unidad de mantenimiento 1/8" filtro, regulador, Lubricador	10	U	1025,9
Contactador 220V 28,5 A	1	U	74,7
Caja térmica	1	U	50
Luces piloto	2	U	8
Cable flexible #12	300	m	6,6
Manguera para cables eléctricos	20	m	10
Cable solido #8	60	m	66
Breaker de protección trifásico 20 A	1	U	30
Tomacorriente doble	1	U	2,5
Interruptor simple	1	U	2,2
		Total:	12674,07

Tabla N° 21. Presupuesto de equipos y materiales utilizados en el sistema.

Elaborado por: El investigador

## Servicios, Mano de obra

Servicio	Costo
Alquiler de grúa para elevación de compresor con peso de 890 lb	120
Albañil para construcción de estructura de alojamiento	200
Mecánico para armado de tuberías	250
Total	570

Tabla N° 22. Costo de instalación del sistema

Elaborado por: El investigador

## Herramientas

Item	Cantidad	Costo
Lijadora orbital 6"	1	168,02
Taladro 3/8" rev.	1	57,83
Mini Rectificadora 1/4"	3	96,42
Sierra Neumática, caladora	2	182,8
Cortador Neumático	1	71,88
Pistola Rociadora por presión	2	118,24
Pistola Rociadora por gravedad	1	45,59
Taladro neumático angular	2	123,46
Ratchet neumático 1/2"	1	169,64
Esmeriladora Angular 4"	1	134,99
Lijadora 4"	1	168,22
Lijadora 6"	2	213,94
Pulidora de matrices	1	92,77
Martillo Neumático	2	88,7
Taladro Neumático 1/2"	2	442,08
Juego de esmeriladora de rebabas 1/4" triangulares	2	100
Juego de esmeriladora de rebabas 1/4" Cuadradas	2	100
Juego de esmeriladora de rebabas 1/4" Cabeza redondeada	2	100
Juego de esmeriladora de rebabas 1/4" puntiagudas	2	100
Cajas porta esmeriladoras	2	58
Juego de brocas	1	70
Juego de brocas	1	70
Juego de brocas	1	68,61
Juego de piedras de esmeril	5	33,9

Juego. De dados 1/2" 11 piezas	1	32,04
Juego. De cinceles para PL1534	2	31,58
Juego de discos de corte de 3"	5	25,05
Juego. Lijas adhesivas 6"	10	68,8
Almohadilla para lijadora de 6"	3	14,1
Almohadilla de 6" Para lijadora	4	36,44
Juego. De sierras 5P.	5	37,15
Aceite Reagal 32	5	55
	Total:	3175,25

Tabla N° 23. Costo de herramientas neumáticas  
Elaborado por: El investigador

De los valores mostrados se calcula que el costo total de implementación del sistema, incluidas herramientas es de 16.419,32 dólares americanos.

## **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO CON HERRAMIENTAS NEUMÁTICAS**

### **Descripción de los métodos utilizados para el estudio**

Para evaluar el desempeño de los aerotécnicos se realizó un estudio de tiempos en el cual consta su desenvolvimiento al realizar determinadas tareas usando herramientas eléctricas o manuales y usando herramientas neumáticas posteriormente.

### **Selección de operaciones**

Debido a que el estudio se realizó en un centro de investigación donde se desarrollan diferentes tipos de aeronaves; experimentando con múltiples materiales, medidas y procesos de construcción se seleccionaron ciertas operaciones que se repiten de alguna manera en la construcción de los diferentes productos para que permita la comparación del rendimiento de los técnicos en los dos casos estudiados.

## **Selección del Operario**

Para realizar el estudio de tiempos se elige al técnico responsable de dicha operación en el interior del CIDFAE, por lo tanto es un obrero familiarizado con el trabajo. En caso de existir más de un técnico responsable de la operación seleccionada se elige a uno de ellos, que tenga una habilidad promedio para realizar esta función con el fin de obtener datos coherentes.

## **Método para la Toma de Tiempos**

Debido a la naturaleza del trabajo dentro de este centro de investigación no se puede calcular un número de muestras basada en los ciclos de producción ya que cada proyecto se enfoca a desarrollar un solo producto terminado que busca la obtención de una patente. Por lo tanto el número de muestra corresponde al número de ciclos a los que se tenga acceso de una determinada operación.

Para efectos de este estudio se han tomado muestras de operaciones realizadas para la construcción del modelo HALCÓN que es el producto desarrollado en el proyecto UAV (vehículo aéreo no tripulado).

Los tiempos cronometrados se muestran en la tabla de Estudio de Tiempos.

Se calcula además:

El dato T, que es la suma de los tiempos cronometrados.

$$T = \sum n$$

Donde n es el número total de muestras tomadas para el estudio.

El dato P indica el tiempo promedio de la operación basado en el número de muestras estudiadas.

$$P = \frac{\sum n}{n}$$

V indica el factor de valoración del trabajador seleccionado para la toma de tiempos, este valor se ha seleccionado basándose en la habilidad del trabajador comparado con un trabajador experto, para mantener continuamente el ritmo de trabajo.

### **Tiempo Básico**

Es el tiempo que requiere el técnico para ejecutar una tarea, se obtiene de aplicar el factor V al tiempo promedio obtenido.

$$\mathbf{TB = P *V/100}$$

Donde:

TB = tiempo básico

P = tiempo promedio de ejecución de la tarea

V = Factor de valoración del técnico

### **Suplementos**

Los suplementos son demoras inevitables que no fueron observadas en el estudio de tiempos, por ello se deben compensar las pérdidas estas pueden ser:

#### **Suplementos Constantes**

Corresponde a interrupciones necesarias e inevitables por parte del trabajador, este suplemento cubre interrupciones por ejemplo: para ir al baño, beber agua, etcétera.

## Suplementos variables

Este suplemento incluye demoras debido al cansancio por esfuerzo muscular, ambiente de trabajo hostil, ruido, luz y demás factores que podrían presentarse en los diferentes sitios de trabajo.

Para este estudio se consideraron los valores de suplementos mostrados en la tabla 24, donde constan los valores de suplementos básicos.

Suplemento	Hombres	Mujeres
<b>Suplementos constantes</b>		
• Por necesidades personales	5	7
• Por fatiga	4	4
<b>Suplementos variables</b>		
• A) Por trabajar de pie	2	4
• B) Por postura incomoda		
Ligeramente incomoda	0	1
Incomoda (inclinado)	2	3
Muy incómoda ( acostado, estirado)	7	7

Tabla N° 24. Tabla de suplementos.

Fuente: FENÁNDEZ, Manuel. (1995), Análisis y descripción de puestos de trabajo, p 72.

## Tiempo Estándar

Es el tiempo que requiere un técnico capacitado y familiarizado con la operación para llevar a cabo dicha tarea manteniendo un ritmo normal.

$$\text{Tiempo estándar (TS)} = \text{Tiempo Básico (TB)} + \text{Tiempo por Suplementos}$$

## ESTUDIO DE TIEMPOS

### Procesos seleccionados de fabricación de aeronaves no tripuladas

#### Estudio 1

#### Construcción de una cubierta para molde de ala



Figura N° 42. Construcción de cubierta para molde de ala

Fuente: El investigador

#### Estudio1.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
<b>PRODUCTO:</b>	Cubierta de molde para ala <span style="float: right;"><b>ESTUDIO #:</b> 1</span>
<b>MATERIAL:</b>	Acero inoxidable AISI 304 de 0.7 mm
<b>OPERACIÓN:</b>	Huecos para fijación
<b>MÁQUINA:</b>	Taladro
<b>A</b>	Preparación de la pieza, medición y trazado Material limpio, colocado en mesa de trabajo, trazado a medida
<b>B</b>	Taladrado de agujeros pasantes 3/16" Plancha agujereada a medida
<b>C</b>	Avellanado de agujeros Pieza lista para ensamblaje en molde

Tabla N° 25. Descripción de actividades para estudio 1.1.

Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS								
<b>Operación:</b> Taladrado y avellanado					<b>Estudio:</b> 1 (herramientas eléctricas)			
<b>Maquinaria:</b> Taladro manual					<b>Hoja:</b> 1			
<b>Producto:</b> Cubierta de molde para ala					<b>Fecha:</b> 25/07/2012			
<b>Material:</b> Acero inoxidable AISI 304 esp. 0.7mm					<b>Punto de consumo:</b> Ensamblaje de aeronaves			
					<b>Observado por:</b> Jose Morales			
Descripción del Elemento	Ciclos				Resumen			
	1	2	3	4	T	P	V	TB
A	04:25	04:06	04:01	04:15	16:47	04:12	95%	03:59
B	07:15	07:02	07:30	07:23	29:10	07:17	95%	06:56
C	06:54	07:09	07:00	06:42	27:45	06:56	95%	06:35
					<b>Tiempo básico del ciclo</b>			17:30

Tabla N° 26. Toma de tiempos para estudio 1.1.

Elaborado por: El investigador

Calculo del tiempo estándar			
<b>Operación:</b>	Taladrado y avellanado de plancha de acero		
<b>Estudio:</b>	1 (herramientas eléctricas)		
	T. básico	17:30	
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	00:53
	Fatiga	4%	00:42
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:21
Suplemento por descanso			01:56
<b>Tiempo estándar: Taladrado y avellanado</b>			<b>19:26</b>

Tabla N° 27. Calculo de tiempo estándar para estudio 1.1.

Elaborado por: El investigador

## Estudio 1.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas

Para este estudio se reemplaza el talador eléctrico por un taladro angular neumático.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
<b>PRODUCTO:</b>	Cubierta de molde para ala <span style="float: right;"><b>ESTUDIO #:</b> 1</span>
<b>MATERIAL:</b>	Acero inoxidable AISI 304 de 0.7 mm
<b>OPERACIÓN:</b>	Huecos para fijación
<b>MÁQUINA:</b>	Taladro
<b>A</b>	Preparación de la pieza, medición y trazado Material limpio, colocado en mesa de trabajo, trazado a medida
<b>B</b>	Taladrado de agujeros pasantes 3/16" Plancha agujereada a medida
<b>C</b>	Avellanado de agujeros Pieza lista para ensamblaje en molde

Tabla N°28. Descripción de actividades para estudio 1.2  
Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS								
<b>Operación:</b> Taladrado y avellanado					<b>Estudio:</b> 1 (herramientas neumáticas)			
<b>Maquinaria:</b> Taladro manual					<b>Hoja:</b> 1			
<b>Producto:</b> Cubierta de molde para ala					<b>Fecha:</b> 25/07/2012			
<b>Material:</b> Acero inoxidable AISI 304 esp. 0.7mm					<b>Punto de consumo:</b> Materiales compuestos			
					<b>Observado por:</b> Jose Morales			
Descripción del Elemento	Ciclos				Resumen			
	1	2	3	4	T	P	V	TB
<b>A</b>	04:02	03:59	04:16	04:13	16:30	04:08	95%	03:55
<b>B</b>	06:54	06:48	07:03	06:52	27:37	06:54	95%	06:34
<b>C</b>	06:31	06:49	06:38	06:22	26:20	06:35	95%	06:15
<b>Tiempo básico del ciclo</b>								16:44

Tabla N° 29. Toma de tiempos para estudio 1.2.  
Elaborado por: El investigador

<b>Calculo del tiempo estándar</b>			
<b>Operación:</b>	Taladrado y avellanado de plancha de acero		
<b>Estudio:</b>	1 (herramientas neumáticas)		
	T. básico		16:44
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	00:50
	Fatiga	4%	00:40
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:20
Suplemento por descanso			01:50
<b>Tiempo estándar: Taladrado y avellanado</b>			<b>18:34</b>

Tabla N°30. Calculo de tiempo estándar para estudio 1.2  
 Elaborado por: El investigador

## Estudio 2

### Construcción de una costilla de soporte para ala

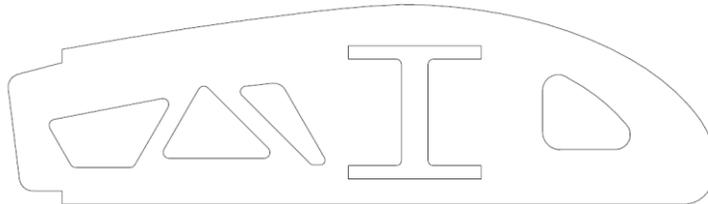


Figura N° 43. Costilla de soporte para ala  
Fuente: El investigador

### Estudio 2.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
<b>PRODUCTO:</b>	Costilla para soporte de ala
<b>MATERIAL:</b>	Laminado de fibra de carbono y madera
<b>OPERACIÓN:</b>	Recorte de pieza
<b>MÁQUINA:</b>	Sierra de cinta, taladro de pedestal
<b>ESTUDIO #:</b>	2
<b>A</b>	Trazado sobre material según planos de taller Plancha de material trazada con la figura a cortarse
<b>B</b>	Recorte del contorno de la pieza Pieza cortada en bruto
<b>C</b>	Construcción de detalle interno de la pieza Pieza con detalles para sujeción
<b>D</b>	Limado para eliminación de imperfecciones y rebabas Pieza terminada

Tabla N°31. Descripción de actividades para estudio 2.1.

Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS							
<b>Operación:</b> Recorte de costilla para ala				<b>Estudio:</b> 2 (herramientas eléctricas/ manuales)			
<b>Maquinaria:</b> Sierra de cinta,				<b>Hoja:</b> 1			
<b>Producto:</b> Costilla para soporte de ala				<b>Fecha:</b> 02/08/2012			
<b>Material:</b> Laminado de fibra de carbono y madera				<b>Punto de consumo:</b> Trabajos en balsa			
				<b>Observado por:</b> Jose Morales			
Descripción del Elemento	Ciclos			Resumen			
	1	2	3	T	P	V	TB
A	01:12	01:08	00:53	03:13	01:04	95%	01:01
B	07:38	06:58	07:12	21:48	07:16	95%	06:54
C	01:41	01:32	01:25	04:38	01:33	95%	01:28
D	01:08	01:23	01:45	04:16	01:25	95%	01:21
				<b>Tiempo básico del ciclo</b>			10:44

Tabla N° 32. Toma de tiempos para estudio 2.1.  
Elaborado por: El investigador

Calculo del tiempo estándar			
<b>Operación:</b>	Recorte de costilla para ala		
<b>Estudio:</b>	2 (herramientas eléctricas)		
		T. básico	10:44
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	00:32
	Fatiga	4%	00:26
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:13
	Postura ligeramente incomoda	2%	00:13
Suplemento por descanso			01:24
<b>Tiempo estándar: Recorte de costilla para ala</b>			<b>12:08</b>

Tabla N° 33. Calculo de tiempo estándar para estudio 2.1.

Elaborado por: El investigador

## Estudio 2.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES			
<b>PRODUCTO:</b>	Costilla para soporte de ala	<b>ESTUDIO #:</b>	2
<b>MATERIAL:</b>	Laminado de fibra de carbono y madera		
<b>OPERACIÓN:</b>	Recorte de pieza		
<b>MÁQUINA:</b>	Caladora, taladro, mini rectificadora		
<b>A</b>	Trazado sobre material según planos de taller Plancha de material trazada con la figura a cortarse		
<b>B</b>	Recorte del contorno de la pieza Pieza cortada en bruto		
<b>C</b>	Construcción de detalle interno de la pieza Pieza con detalles para sujeción		
<b>D</b>	Limado para eliminación de imperfecciones y rebabas Pieza terminada		

Tabla N°34. Descripción de actividades para estudio 2.2.

Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS							
<b>Operación:</b>	Recorte de costilla para ala			<b>Estudio:</b>	2 (herramientas neumáticas)		
<b>Maquinaria:</b>	Caladora, taladro, mini rectificadora			<b>Hoja:</b>	1		
<b>Producto:</b>	Costilla para soporte de ala			<b>Fecha:</b>	02/08/2012		
<b>Material:</b>	Laminado de fibra de carbono y madera			<b>Punto de consumo:</b>	Trabajos en balsa		
				<b>Observado por:</b>	Jose Morales		
Descripción del Elemento	Ciclos			Resumen			
	1	2	3	T	P	V	TB
A	00:58	01:05	01:00	03:03	01:01	95%	00:58
B	04:43	04:24	04:12	13:19	04:26	95%	04:13
C	01:30	01:47	01:08	04:25	01:28	95%	01:24
D	00:26	00:46	00:32	01:44	00:35	95%	00:33
				<b>Tiempo básico del ciclo</b>			07:08

Tabla N°35. Toma de tiempos para estudio 2.2

Elaborado por: El investigador

Calculo del tiempo estándar			
<b>Operación:</b>	Recorte de costilla para ala		
<b>Estudio:</b>	2 (herramientas neumáticas)		
		T. básico	07:08
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	00:21
	Fatiga	4%	00:17
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:09
	Postura ligeramente incomoda	2%	00:09
Suplemento por descanso			00:56
<b>Tiempo estándar: Recorte de costilla para ala</b>			<b>08:03</b>

Tabla N°36. Calculo de tiempo estándar para estudio 2.2.

Elaborado por: El investigador

### Estudio 3

#### Construcción de un excéntrico de mecanismo basculante

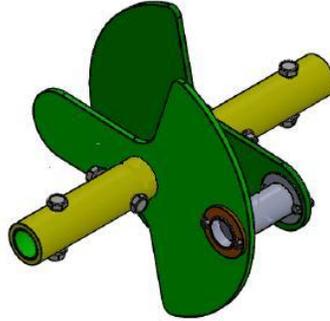


Figura N° 44. Mecanismo basculante  
Fuente: El investigador

#### Estudio 3.1 Proceso realizado utilizando herramientas eléctricas

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES			
<b>PRODUCTO:</b>	Excéntrico de basculante	<b>ESTUDIO #:</b>	3
<b>MATERIAL:</b>	Laminado de kevlar y fibra de carbono		
<b>OPERACIÓN:</b>	Recorte de pieza		
<b>MÁQUINA:</b>	sierra de cinta, taladro de pedestal		
<b>A</b>	Trazado Plancha de material lista para cortar		
<b>B</b>	Corte Pieza cortada en bruto		
<b>C</b>	Limado Pieza con contorno definido		
<b>D</b>	Lijado Pieza con caras listas para aplicar acabados		
<b>E</b>	Taladrado Pieza definida con detalles para sujeción		

Tabla N°37. Descripción de actividades para estudio 3.1.

Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS								
<b>Operación:</b> Recorte, lijado, taladrado					<b>Estudio:</b> <b>2 (herramientas eléctricas/ manuales)</b>			
<b>Maquinaria:</b> Sierra de cinta, taladro de pedestal					<b>Hoja:</b> <b>1</b>			
<b>Producto:</b> Excéntrico de basculante					<b>Fecha:</b> 02/08/2012			
<b>Material:</b> Laminado de fibra de kevlar y fibra de carbono					<b>Punto de consumo:</b> Materiales compuestos			
					<b>Observado por:</b> Jose Morales			
Descripción del Elemento	Ciclos				Resumen			
	1	2	3	4	T	P	V	TB
A	00:55	00:53	01:02	00:49	03:39	00:55	90%	00:49
B	19:23	17:15	18:47	19:02	14:27	18:37	90%	16:45
C	06:22	06:59	05:58	06:18	25:37	06:24	90%	05:46
D	01:59	01:26	01:46	01:34	06:45	01:41	90%	01:31
E	03:15	03:46	03:25	03:09	13:35	03:24	90%	03:03
<b>Tiempo básico del ciclo</b>								<b>27:55</b>

Tabla N°38. Toma de tiempos para estudio 3.1.  
Elaborado por: El investigador

Calculo del tiempo estándar			
<b>Operación:</b>	Recorte de costilla para ala		
<b>Estudio:</b>	2 (herramientas neumáticas)		
	T. básico	27:55	
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	01:24
	Fatiga	6%	01:40
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:33
	Postura ligeramente incomoda	2%	00:33
Suplemento por descanso			04:11
<b>Tiempo estándar: Recorte de costilla para ala</b>			<b>32:06</b>

Tabla N°39. Calculo de tiempo estándar para estudio 3.1.  
Elaborado por: El investigador

### Estudio 3.2 Proceso realizado utilizando herramientas neumáticas

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	
<b>PRODUCTO:</b>	Excéntrico de basculante
<b>MATERIAL:</b>	Laminado de kevlar y fibra de carbono
<b>OPERACIÓN:</b>	Recorte de pieza
<b>MÁQUINA:</b>	Cortador de disco, taladro. lijadora
<b>ESTUDIO #:</b>	3
<b>A</b>	Trazado Plancha de material lista para cortar
<b>B</b>	Corte Pieza cortada en bruto
<b>C</b>	Limado Pieza con contorno definido
<b>D</b>	Lijado Pieza con caras listas para aplicar acabados
<b>E</b>	Taladrado Pieza definida con detalles para sujeción

Tabla N° 40. Descripción de actividades para estudio 3.2.

Elaborado por: El investigador

ESTUDIO DE TIEMPOS								
<b>Operación:</b> Recorte, lijado, taladrado					<b>Estudio:</b> 2 (herramientas neumáticas)			
<b>Maquinaria:</b> cortador de disco, taladro, lijadora					<b>Hoja:</b> 1			
<b>Producto:</b> Excéntrico de basculante					<b>Fecha:</b> 02/08/2012			
<b>Material:</b> Laminado de kevlar y fibra de carbono					<b>Punto de consumo:</b> Materiales compuestos			
					<b>Observado por:</b> Jose Morales			
Descripción del Elemento	Ciclos				Resumen			
	1	2	3	4	T	P	V	TB
A	00:52	01:03	00:54	01:24	04:13	01:03	90%	00:57
B	05:41	05:20	05:16	05:38	21:55	05:29	90%	04:56
C	03:28	03:35	03:21	03:28	13:52	03:28	90%	03:07
D	00:43	00:37	00:32	00:38	02:30	00:38	90%	00:34
E	00:49	01:00	00:56	00:54	03:39	00:55	90%	00:49
<b>Tiempo básico del ciclo</b>								<b>10:23</b>

Tabla N° 41. Toma de tiempos para estudio 3.2.

Elaborado por: El investigador

Calculo del tiempo estándar			
<b>Operación:</b>	Recorte de costilla para ala		
<b>Estudio:</b>	2 (herramientas neumáticas)		
	T. básico	10:23	
Suplementos por descanso		%	min
Trabajador hombre			
<b>Constantes:</b>			
	Necesidades personales	5%	00:31
	Fatiga	4%	00:25
<b>Variables:</b>			
	Trabajo de pie	2%	00:12
	Postura ligeramente incomoda	2%	00:12
Suplemento por descanso			01:21
<b>Tiempo estándar: Recorte de costilla para ala</b>			<b>11:44</b>

Tabla N° 42. Calculo de tiempo estándar para estudio 3.2.

Elaborado por: El investigador

## Resultados de los estudios de tiempos

De los estudios realizados podemos destacar los siguientes resultados:

	Estudio 1	Estudio 2	Estudio 3
<b>Herramientas eléctricas/manuales</b>	19:26	12:08	32:06
<b>Herramientas neumáticas</b>	18:34	08:03	11:44
<b>Diferencia de tiempo</b>	00:51	04:05	20:22

Tabla N° 43. Resultados de los estudios de tiempos.

Elaborado por: El investigador

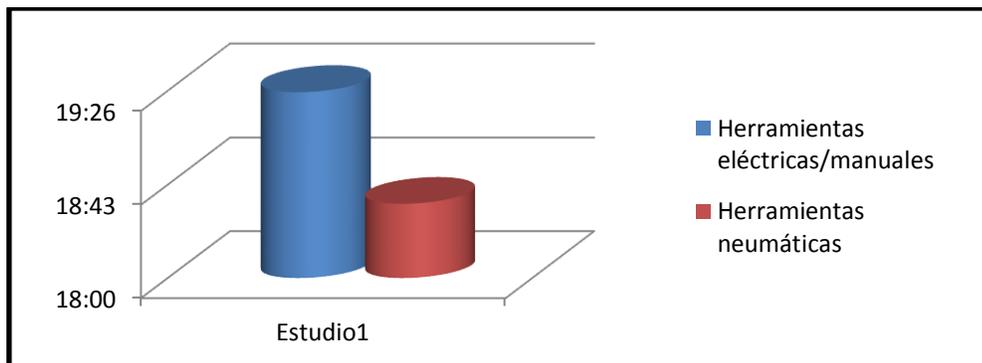


Figura N° 45. Resultados estudio 1

Elaborado por: El investigador

Se observa que para el punto de consumo destinado al ensamblaje de aeronaves es una ventaja el contar con un taladro angular neumático, notándose una evidente reducción el tiempo estándar de construcción de una cubierta para molde de ala.

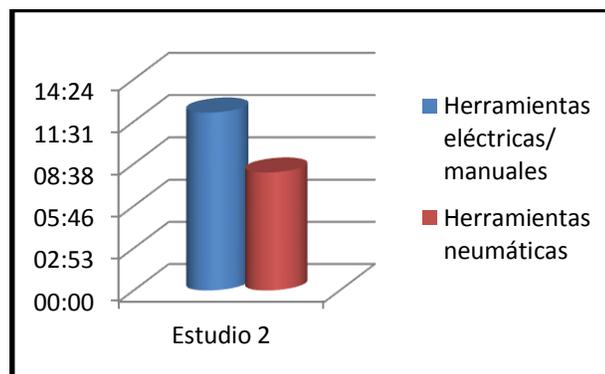


Figura N° 46. Resultados estudio 2

Elaborado por: El investigador

Se nota una reducción significativa en el tiempo estándar del proceso realizado en el punto de trabajos en balsa, esto se debe a la versatilidad que presta el uso de una caladora neumática.

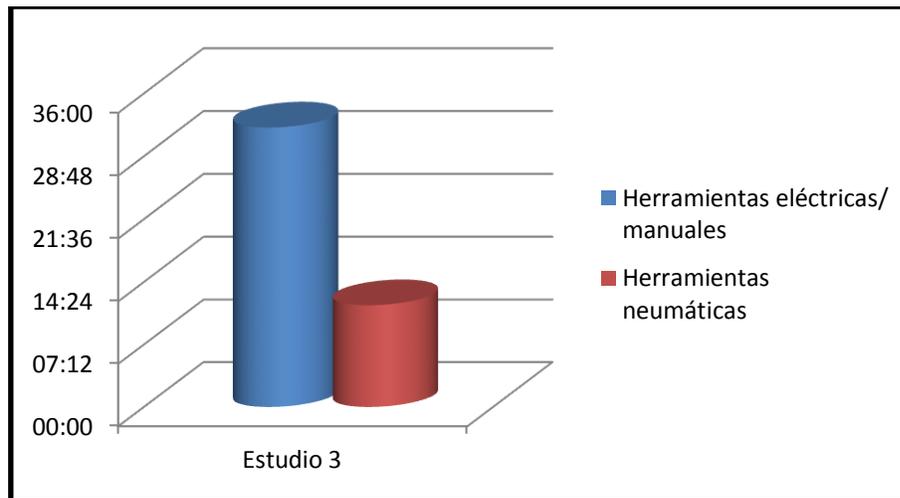


Figura N° 47. Resultados estudio 3  
Elaborado por: El investigador

El estudio 3 demuestra que las herramientas neumáticas facilitan el trabajo en materiales resistentes como el kevlar reduciendo el tiempo estándar de las operaciones de corte que se habían venido realizando con herramientas eléctricas y de forma manual.

## 6.8 Previsión de la evaluación

El sistema fue instalado considerando el crecimiento acelerado que ha tenido el CIDFAE desde su creación razón por la cual cuenta con un sobredimensionamiento final de 94%, cifra que será de utilidad para la instalación de nuevos puntos de consumo o la compra de equipos que requieran un mayor caudal de aire.

Para la adecuada conservación tanto de los equipos como de las redes de aire y herramientas se recomienda la creación de un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones de los fabricantes.

El recorrido de la red principal de tuberías ha sido diseñado estratégicamente basándose en la arquitectura del edificio para facilitar cualquier ampliación hacia los talleres ubicados en el hangar 1.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- El diseño del sistema neumático instalado en el hangar 1 del CIDFAE va de acuerdo a las especificaciones técnicas recogidas en los puestos de trabajo tomando en cuenta un sobredimensionamiento, obedece a normas industriales de estandarización y está ubicado de tal manera que facilite futuras ampliaciones.
- El personal de aerotécnicos tiene conocimientos básicos sobre el uso de energía neumática y herramientas neumáticas por lo que se encuentran entusiastas con su utilización.
- Se observó que los tiempos que toman los procesos básicos de construcción de aeronaves no tripuladas en el CIDFAE se reducen al utilizar herramientas neumáticas en vez de herramientas eléctricas y manuales.
- Al trabajar con materiales compuestos las herramientas neumáticas prestan grandes facilidades debido a su alta potencia de trabajo disminuyendo la fatiga de los operarios.

- La instalación del sistema neumático posibilita el funcionamiento del centro de mecanizado CNC que se encuentra inoperativo en el hangar 1 del CIDFAE.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda crear un programa de mantenimiento preventivo para garantizar el cuidado de los equipos y herramientas que forman parte del sistema neumático.
- Es necesario capacitar a todo el personal de la base aérea sobre el uso y los riesgos al trabajar con este sistema, asegurando así una correcta utilización y resguardando la seguridad de las personas y los equipos.
- Para asegurar una correcta utilización de este sistema debe revisarse periódicamente las herramientas requeridas en los puntos de trabajo, ya que la naturaleza variante de este centro de investigación puede dar lugar a nuevos requerimientos.
- Se lograra un mayor aprovechamiento del sistema manteniendo en reserva herramientas de corte como discos, sierras y lijas; esto evitará paralizaciones innecesarias.
- Dado que el sistema considera futuras ampliaciones, estas deberán realizarse siguiendo las recomendaciones listadas en este trabajo para guardar uniformidad y evitar pérdidas de presión o reducción en la calidad del aire entregado.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CANICER R, Enrique. (1991) Aire Comprimido, Gustavo Gili, España.

GUILLEN, Salvador. (1993) Introducción a la neumática, Marcombo, España.

GROOVER, Mikell P. (1997) Fundamentos de Manufactura Moderna, RaelaMaes, Mexico.

INACAP, Manual de Hidráulica y Neumática (2002), Inacap capacitación

MOTT, Robert L. (2006) Mecánica de Fluidos- 6ta Edición, Pearson, Mexico.

NEIRA, Alfredo Caso. (2006) Técnicas de Medición del Trabajo – 2da Edición, Fc, España.

PARKER, Hannifin. (2003) Tecnología Neumática Industrial, Apostilla, Brasil.

TEJA, Millan,(1995) Automatización neumática y electro neumática, ImiNorgrem.

VARETTO, RAUL H, “Tuberías”, Primera Edición, Editorial Alsina, Argentina 2011.

FERNANDEZ, MANUEL, “Análisis y descripción de puestos de trabajo”, Primera Edición, Editorial Diaz de Santos, España 1995.

MURRAY, R. “Probabilidad y estadística”, Primera edición, Editorial Atlacomulco, México 1976.

## **Linkografia**

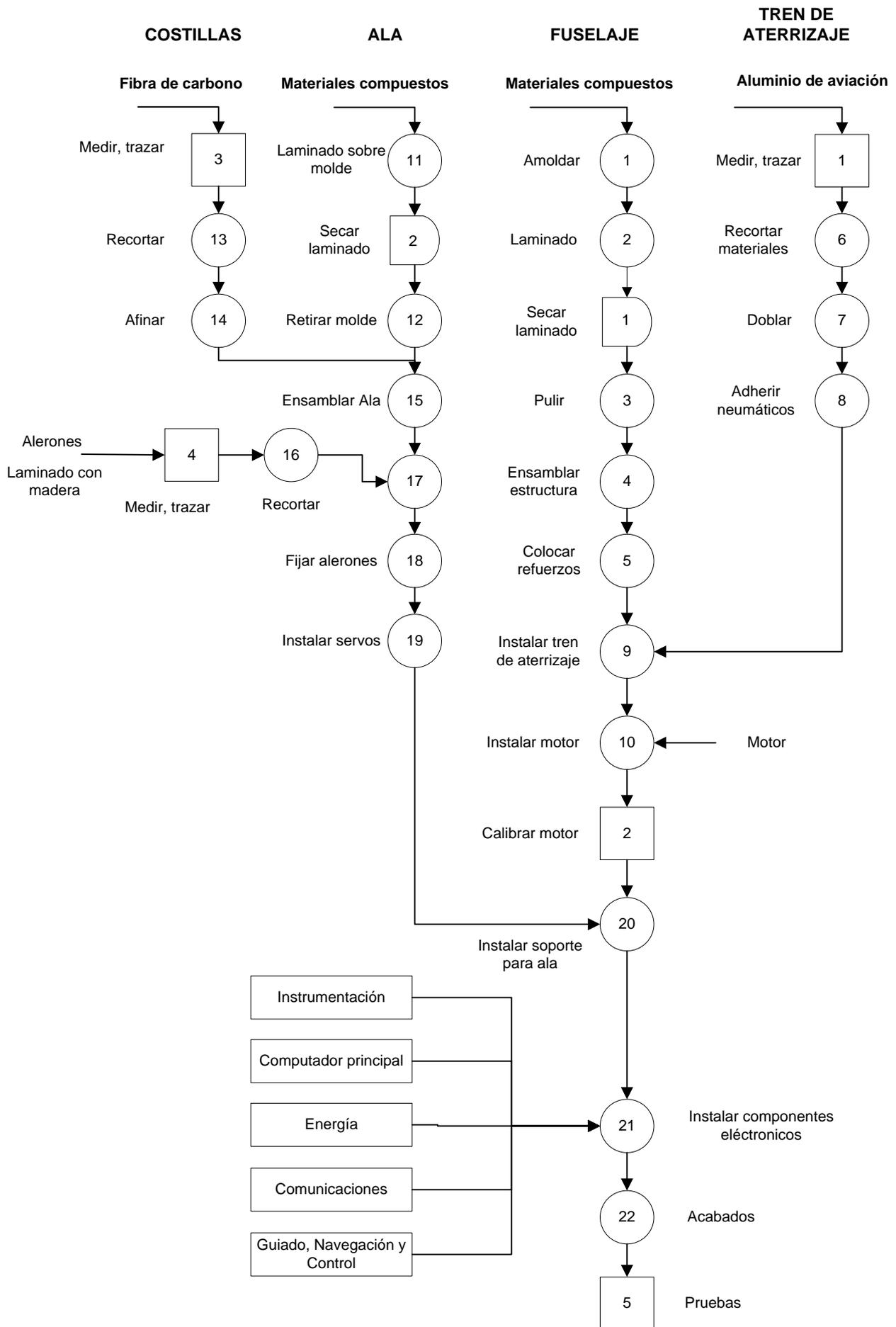
ESTEBAN HINCAPIÉ GÓMEZ, Redes de Aire Comprimido, 19 de Octubre de 2011, <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>

UNIVERSIDAD DE OVIEDO, Instalación de aire comprimido, 19 de Octubre del 2011, <http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos/>

BUCK CAMERON, Construcción y mantenimiento aeroespacial, 9 de noviembre del 2011, <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/90.pdf>

# **ANEXOS**

CURSOGRAMA SINÓPTICO: CONSTRUCCIÓN DE UNA AERONAVE NO TRIPULADA



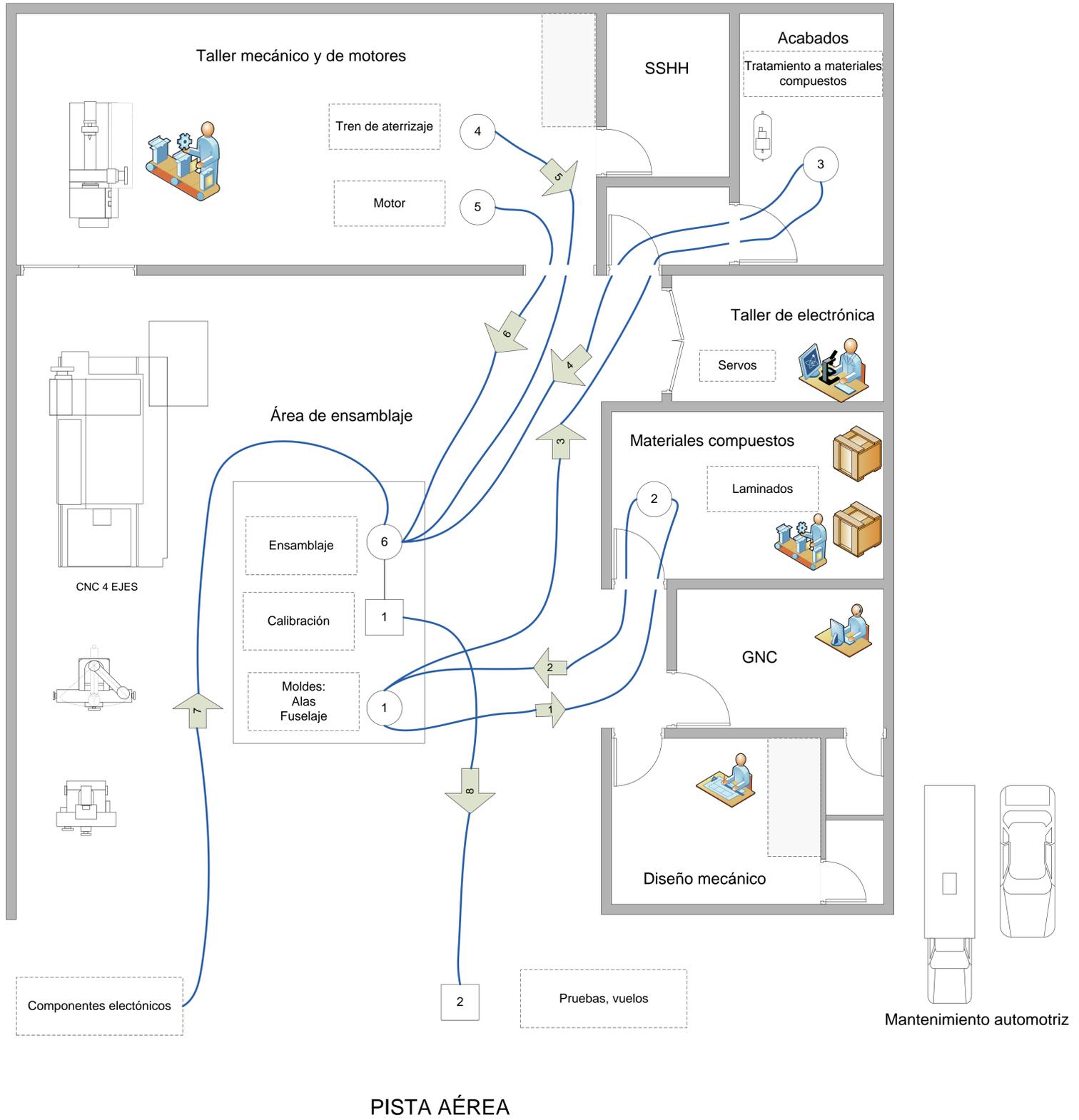


Diagrama de recorrido de materiales  
 Proceso básico para la construcción  
 De una aeronave no tripulada en el  
 hangar 1 del CIDFAE