

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA PARA EL LABORATORIO DEL BLOQUE 42 DEL ITSA”

POR:

VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO

Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por la señorita **VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

SGOP. TÉC. AVC. MSC. WASHINGTON MOLINA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

TLGO. DIEGO LUCERO
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, febrero, 10, 2012.

DEDICATORIA

A mi madre,

Por su tenacidad, decisión, sacrificio y todos esos magnánimos valores que demuestran ser madre y el ser mujer, la que ha sabido superar grandes obstáculos y dificultades para poder de esta manera brindar con una cálida sonrisa lo mejor a mis hermanos y a mí.

Por su ternura y sensibilidad en particular que estuvo determinada por el carácter y las circunstancias.

Aprovecho la oportunidad para expresar lo mucho que la amo y admiro por la inmensa confianza que me ha otorgado para cumplir con mis metas.

VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO

AGRADECIMIENTO

Doy gracias por cada día de mi vida, por mis padres, por su amor.

Gracias a aquellas personas que hicieron posible la culminación de mi carrera, a todos los docentes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico quienes colmaron mi vida estudiantil de sabidurías.

A mis amigos y familiares por ser una fuente de motivación y apoyo incondicional que impulsaron el seguir adelante y poder de esta manera ser ejemplo de formación ética y profesional.

VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xvi
LISTADO DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Alcance.....	3

CAPÍTULO II CONOCIMIENTOS PREVIOS

2.1. Atmósfera	4
2.2. Capas de la atmósfera terrestre y la temperatura	4

2.3. Aire	6
2.3.1. Propiedades del aire	6
2.4. Presión	7
2.4.1. Propiedades de la presión en un medio fluido	8
2.4.2. Tipos de medidores de presión	9
2.5. Presión absoluta	9
2.5.1. Medidores de presión absoluta	10
2.6. Presión atmosférica	10
2.7. Presión manométrica y la presión relativa	11
2.8. Presión diferencial y vacío	11
2.9. Principios básicos	12
2.9.1. Ley de Boyle-Mariotte	12
2.9.2. Ley de Charles y Gay-Lussac	12
2.9.3. Ley ideal de los gases	13
2.9.4. Experiencia de Torricelli	13
2.9.5. Ley barométrica	14
2.10. Unidades de medida, presión y sus factores de conversión	14
2.11. Instrumentos de presión	14
2.11.1. Elementos mecánicos	14
2.11.2. Elementos neumáticos	17
2.11.3. Elementos electromecánicos y electrónicos	18
2.12. Volumen	19
2.12.1. Relación entre capacidad y volumen	19
2.12.2. Principio de exclusión de Wolfgang Pauli	20
2.13. Presurización de cabina	20
2.13.1. Principio de presurización	21
2.13.2. Fuentes de aire para la presurización	21
2.13.3. Requisitos del sistema de presurización	22
2.14. Sistema de presurización de cabina:	
Aviones con motores alternativos	24
2.14.1. Sistema de alimentación de aire	25

2.14.2. Sistema de regulación de presión de cabina	26
2.15. Sistema de presurización de cabina:	
Aviones impulsados por turbina	30
2.15.1. Presurización de cabina: Regulador analógico	32
2.16. Modos de presurización	35
2.17. Controles de presurización	37
2.18. Presurización de cabina: Regulador digital	38
2.19. Instrumentos de la presurización	39

CAPÍTULO III

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA

3.1. Preliminares	40
3.2. Descripción y funcionamiento del sistema de control de presurización de cabina	40
3.3. Componentes utilizados en el sistema de control de presurización de cabina ...	41
3.3.1. Elementos a construir	42
3.3.2. Elementos no contruidos	42
3.4. Selección de elementos a construir	43
3.4.1. Selección del material para la construcción de la cabina y el compartimiento de la mascarilla	43
3.4.2. Selección del material del bastidor	44
3.5. Diseño y cálculo de recipientes sujetos a presión	44
3.5.1. Diseño de la cabina	45
3.5.1.1. Dimensionamiento y cálculo de la cabina	50
3.5.2. Diseño del compartimiento	52
3.5.2.1. Dimensionamiento y cálculo del compartimiento	52

3.5.3. Diseño de los soportes de cabina.....	54
3.5.3.1. Dimensionamiento de los soportes de cabina	55
3.5.4. Diseño del bastidor o estructura de soporte del sistema	55
3.5.4.1. Dimensionamiento y cálculo del bastidor o estructura de soporte del sistema	62
3.6. Selección de elementos no construidos	63
3.6.1. Características de la mascarilla	63
3.6.2. Selección del compresor	63
3.6.3. Selección de las líneas de trabajo	64
3.6.4. Selección de la válvula de seguridad	65
3.6.5. Selección de las válvulas de alivio de presión	65
3.6.6. Selección del manómetro	66
3.6.7. Selección del sellador	67
3.6.8. Selección del circuito electrónico.....	69
3.7. Diagrama del proceso	69
3.7.1. Diagrama del proceso de ensamblaje: Orden de construcción	70
3.8. Construcción del sistema de control de presurización de cabina	76
3.8.1. Construcción de la cabina	76
3.8.2. Construcción del compartimiento	83
3.8.3. Construcción de los soportes para la cabina	85
3.8.4. Construcción del bastidor	86
3.9. Ensamblaje de elementos no construidos	91
3.10. Implementación de la Instrumentación	93
3.10.1. Características del control electrónico	94
3.10.2. Descripción del control electrónico	94
3.10.3. Culminación del Sistema.....	95
3.11. Presiones de trabajo.....	95
3.12. Pruebas y análisis de resultados	96
3.12.1. Pruebas de operación	96
3.12.2. Pruebas de funcionamiento	98
3.13. Elaboración de manuales y hojas de registro	100

3.13.1. Manuales	100
Manual de seguridad	101
Manual de operación	102
Manual de mantenimiento	104
3.13.2. Hojas de registros	107
Registros de operación	107
Registros de daños o averías	108
Registros de mantenimiento	109
3.14. Estudio económico	110
3.14.1 Cotización para el presupuesto de la implementación del proyecto	110
3.14.2. Presupuesto	111
3.14.3. Costos	111
3.14.4. Maquinaria, herramienta y equipos	111
3.14.5. Mano de obra	111
3.14.6. Costos primarios	112
3.14.7. Costos secundarios	112
3.14.8. Costo final	112

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	113
4.2. Recomendaciones	114
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS.....	115
BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXOS	126
HOJA DE VIDA	xx
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	xxii
HOJA DE CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	xxiii

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II CONOCIMIENTOS PREVIOS

Tabla 2.1. Tipos de manómetros y rango de operación	9
Tabla 2.2. Unidades de presión y sus factores de conversión.....	14

CAPÍTULO III

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA

Tabla 3.1. Simbología de los diagramas de proceso	70
Tabla 3.2. Presiones de trabajo del sistema de control de presurización	95
Tabla 3.3. Pruebas de operación N° 1.....	96
Tabla 3.4. Pruebas de operación N° 2.....	97
Tabla 3.5. Pruebas de operación N° 3.....	98
Tabla 3.6. Cotización para el presupuesto de la implementación del proyecto	110
Tabla 3.7. Maquinaria, herramienta y equipos	111
Tabla 3.8. Mano de obra	111
Tabla 3.9. Costos primarios	112
Tabla 3.10. Costos secundarios	112
Tabla 3.11. Costo final	112

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II CONOCIMIENTOS PREVIOS

Fig. 2.1. Atmósfera	4
Fig. 2.2. Capas de la atmósfera y las zonas intermedias entre las mismas.....	5
Fig. 2.3. Composición de la atmósfera terrestre	7
Fig. 2.4. Clases de presión	7
Fig. 2.5. Tipos de sellos volumétricos a) de lira b) de diafragma c) de fuelle.....	10
Fig. 2.6. Barómetro aneroide	10
Fig. 2.7. Leyes de Boyle-Mariotte y de Charles y Gay-Lussac	12
Fig. 2.8. Experimento Torricelli con un tubo y mercurio.....	13
Fig. 2.9. Manómetro	15
Fig. 2.10. Manómetro Tipo Bourdon	15
Fig. 2.11. Sistema tobera-obturador	17
Fig. 2.12. Transmisor de equilibrio de movimientos.....	17
Fig. 2.13. Transmisor de equilibrio de fuerzas.....	18
Fig. 2.14. Perfil típico de vuelo	20
Fig. 2.15. Esquema de un sistema de presurización básico	21
Fig. 2.16. Sistema de Presurización de Cabina: Aviones con Motores Recíprocos	25
Fig. 2.17. Sistema de Presurización de Avión con Motor Alternativo	25
Fig. 2.18. Válvula cortafuego del sistema de presurización de aire de cabina.....	26
Fig. 2.19. Regulador de presión con resorte diferencial	27
Fig. 2.20. Regulador de presión con mecanismo isobárico y diferencial	28
Fig. 2.21. Válvula autónoma de seguridad de cabina	30
Fig. 2.22. Sistema de presurización de un avión turbohélice que usa aire sangrado para manejar un flujo múltiple	31

Fig. 2.23. Esquema de un sistema de presurización de bomba de inyección	31
Fig. 2.24. Arquitectura del sistema.....	32
Fig. 2.25. Sistemas de presurización con regulador analógico	36
Fig. 2.26. Control de presurización	38
Fig. 2.27. Combinación de indicador de presión diferencial y altímetro de cabina	39
Fig. 2.28. Indicador de rango de ascenso	39
Fig. 2.29. Instrumento de rango de ascenso y descenso; altímetro de cabina	39

CAPÍTULO III

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA

Fig. 3.1. Polimetilmetacrilato PMMA	43
Fig. 3.2. Tubería mecánica rectangular	44
Fig. 3.3. Trazos para definición de diámetro de la cabina	45
Fig. 3.4. Diseño previo del fuselaje	46
Fig. 3.5. Diseño previo de la cabina	46
Fig. 3.6. Diseño de la parte derecha de la cabina	46
Fig. 3.7. Selección del area para el compartimiento	47
Fig. 3.8. Definición del área de ventanas de la cabina	47
Fig. 3.9. Corte de ventanas de cabina	48
Fig. 3.10. Extrudido de la cabina	48
Fig. 3.11. Diseño de la nariz de la cabina	48
Fig. 3.12. Diseño previo del compartimiento de la cabina	49
Fig. 3.13. Diseño de la cabina del avión A-320	49
Fig. 3.14. Dimensionamiento del acumulador de presión	50
Fig. 3.15. Diseño del compartimiento de la mascarilla	52
Fig. 3.16. Dimensionamiento del compartimiento de la mascarilla	53
Fig. 3.17. Diseños de los soportes de la cabina.....	54
Fig. 3.18. Dimensionamiento de los soportes de la cabina.....	55

Fig. 3.19. Trazos para definición de diámetro del bastidor	56
Fig. 3.20. Selección de la geometría de la estructura	57
Fig. 3.21. Vista general del bastidor según sección seleccionada	57
Fig. 3.22. Definición de cargas del bastidor	58
Fig. 3.23. Aplicación de las cargas vivas del bastidor	58
Fig. 3.24. Aplicación de las cargas muertas del bastidor	59
Fig. 3.25. Diagrama de corte 2-2 del bastidor	59
Fig. 3.26. Diagrama de corte 3-3 del bastidor	60
Fig. 3.27. Diagrama de momento 2-2 del bastidor	60
Fig. 3.28. Diagrama de momento 3-3 del bastidor	61
Fig. 3.29. Datos de dimensionamiento del bastidor	61
Fig. 3.30. Verificación de radios de giro del bastidor	62
Fig. 3.31. Dimensionamiento del bastidor.....	62
Fig. 3.32. Mascarilla	63
Fig. 3.33. Compresor.....	63
Fig. 3.34. CHELIC PU HOSE 5mm.....	64
Fig. 3.35. Válvula de seguridad.....	65
Fig. 3.36. Válvula reguladora de presión	65
Fig. 3.37. Electroválvula de alivio de presión.....	66
Fig. 3.38. Manómetro.....	67
Fig. 3.39. Sellador Sista F109.....	67
Fig. 3.40. Diseño del circuito electrónico en bloques.....	69
Fig. 3.41. Selección de madera para la realización de matriz base de la cabina...76	
Fig. 3.42. Lijado de la matriz base para la cabina.....	76
Fig. 3.43. Moldeo de la matriz base para la cabina.....	77
Fig. 3.44. Moldeo de la panza de la matriz base para la cabina.....	77
Fig. 3.45. Matriz base culminada.....	77
Fig. 3.46. Tallado de la nariz de la cabina.....	78
Fig. 3.47. Colocación del PMMA en el molde	78
Fig. 3.48. Ajuste del PMMA a la cabina para el proceso de calentamiento.....	79
Fig. 3.49. Tapado del molde matriz base para calentamiento en el horno.....	79

Fig. 3.50.	Enfriamiento del molde matriz base con PMMA de de la cabina.....	80
Fig. 3.51.	Desmoldado de la cabina.....	80
Fig. 3.52.	Unión de partes con pegamento especial para acrílico.....	81
Fig. 3.53.	Sellado de la nariz a la cabina.....	81
Fig. 3.54.	Sellado de nariz y cabina culminado.....	81
Fig. 3.55.	Unión de fuselaje a la cabina.....	82
Fig. 3.56.	Sellado del fuselaje.....	82
Fig. 3.57.	Refuerzo de cabina con PRC.....	82
Fig. 3.58.	Pegado de láminas de aluminio para refuerzo de fuselaje.....	83
Fig. 3.59.	Construcción del compartimiento de la mascarilla	83
Fig. 3.60.	Instalación del compartimiento de la mascarilla.....	84
Fig. 3.61.	Instalación de la compuerta para expulsión de la mascarilla.....	84
Fig. 3.62.	Instalación de la tapa hermética para la expulsión de la mascarilla	84
Fig. 3.63.	Tapa de sellado de fuselaje.....	85
Fig. 3.64.	Corte del PMMA para los soportes de cabina.....	85
Fig. 3.65.	Sellado de los soportes para la cabina	85
Fig. 3.66.	Sujeción de soportes al bastidor	86
Fig. 3.67.	Corte de la tubería rectangular	86
Fig. 3.68.	Unión y escuadre de piezas del bastidor.....	87
Fig. 3.69.	Unión de piezas por soldadura de arco eléctrico.....	87
Fig. 3.70.	Sellado de uniones por soldadura de arco eléctrico.....	87
Fig. 3.71.	Proceso de soldadura de bastidor culminado.....	88
Fig. 3.72.	Pinturas.....	88
Fig. 3.73.	Pieza para el proceso de revestimiento.....	88
Fig. 3.74.	Limpieza de la superficie a pintar.....	89
Fig. 3.75.	Proceso de pintado.....	89
Fig. 3.76.	Secado de la pieza.....	90
Fig. 3.77.	Proceso de revestimiento de bastidor culminado.....	90
Fig. 3.78.	Garrucha con seguro.....	91
Fig. 3.79.	Aseguramiento para movilización del bastidor.....	91
Fig. 3.80.	Perforación para ensamblaje de elementos no construidos.....	91

Fig. 3.81. Eliminación de rebabas.....	92
Fig. 3.82. Instalación del manómetro.....	92
Fig. 3.83. Ensamblaje mecánico culminado.....	92
Fig. 3.84. Electroválvulas	93
Fig. 3.85. Implementación del control electrónico.....	93
Fig. 3.86. Automatización del control electrónico.....	94
Fig. 3.87. Prueba de funcionamiento de válvulas.....	97
Fig. 3.88. Sellado de fuselaje.....	98

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

CAPÍTULO III

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA

Diagrama de proceso 3.1. Construcción de la matriz base	71
Diagrama de proceso 3.2. Construcción de la cabina	72
Diagrama de proceso 3.3. Construcción del compartimiento de la mascarilla ...	73
Diagrama de proceso 3.4. Construcción del bastidor	74
Diagrama de proceso 3.5. Ensamblaje final del orden de construcción	75

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A

Tabla de propiedades y usos de los termoplásticos 126

ANEXO B

Tabla de propiedades del PMMA 127

ANEXO C

Cálculo del diseño para recipientes sujetos a presión 128

ANEXO D

Diseño de la cabina del avión A320..... 129

ANEXO E

Diseño del compartimiento de la mascarilla para el sistema..... 130

ANEXO F

Diseño de los soportes de la cabina..... 131

ANEXO G

Diseño del bastidor del sistema 132

ANEXO H

Diagrama neumático para el Sistema de control de presurización de cabina..... 133

ANEXO I

Diseño del ensamblaje de elementos no construidos del Sistema..... 134

ANEXO J

Sistema de control de presurización culminado135

RESUMEN

La realización del presente Trabajo de Graduación tuvo como principal objetivo fortalecer el desarrollo del aprendizaje práctico en la materia de Sistemas de Control atmosférico de la cabina, fue concluido con ayuda de herramientas gráficas para pruebas, control y diseño mediante la programación.

El sistema de control de presurización de cabina permite observar que sucede en un avión cuando este ha perdido su presión interna, fue realizado en tres etapas:

La primera fase que consistió en el **DISEÑO**, en la cual se detallan todas las estructuras mecánicas como: cabina, compartimiento de la mascarilla, soportes para la cabina, bastidor; todas ellas fueron realizadas en Solid Works 2010.

La segunda fase de **CONSTRUCCIÓN**, en la cual se elaboraron todas las estructuras mecánicas y se hizo el ensamblaje correspondiente de los elementos no construidos como: válvulas, manómetro, compresor entre otros.

La tercera fase de **IMPLEMENTACIÓN** la más importante, incluyó la parte electrónica es decir la automatización que consistió en el funcionamiento del sistema, la programación del sistema se elaboró en Lab View 2010.

El proyecto es de gran ayuda en el área de mantenimiento, permite fortalecer el manejo de manuales y órdenes técnicas ya que se necesitó información técnica para llevar a cabo todo el proceso. Para el uso adecuado del sistema se detallaron manuales de: seguridad, operación y mantenimiento.

SUMMARY

The completion of this graduate work had as main objective to strengthen the development of practical learning in the field of Control Systems of the cabin atmosphere was completed with the aid of graphical tools for test, control and design through programming.

The control system allows the observation cabin pressurization happens on a plane when it has lost its internal pressure, was conducted in three stages:

The first phase consisted of the DESIGN, which details all mechanical structures such as cabin compartment mask, stands for the cab, chassis, all of which were performed in Solid Works 2010.

The second phase of CONSTRUCTION, in which all structures were developed and became mechanical assembly of the elements corresponding constructed as valves, pressure gauge, and compressor, among others.

IMPLEMENTATION the third phase of the most important, included the electronic part is consisted of the automation system operation; system programming was developed in LabView 2010.

The project is of great help in the maintenance area, strengthens management manuals and technical orders and information was needed to conduct the entire process. For the proper use of detailed: manuals system security, operation and maintenance.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), forma hombres y mujeres con una educación del más alto nivel tecnológico: para la vida y el trabajo, en diferentes especialidades de la aviación.

Actualmente existe falencia de material didáctico, para el aprendizaje práctico del Acondicionamiento y Presurización (ATA 21), para los estudiantes de Mecánica Aeronáutica.

Al existir esta falencia se están limitando los conocimientos prácticos en el ATA 21 a los estudiantes; ocasionando deficiencia en el proceso de aprendizaje práctico.

Para poder solucionar el mencionado problema el diseño, construcción e implementación de un sistema de control de presurización de cabina servirá como un método de enseñanza para mejorar dicho aprendizaje. Razón por la cual existe un gran interés en la construcción de dicho material.

1.2. Justificación

La implementación de un sistema de control de presurización de cabina es un factor clave para garantizar la competitividad del Instituto y la carrera de Mecánica Aeronáutica a nivel nacional.

Es importante para el Instituto el aporte de este proyecto, logrando así enfrentar los problemas derivados por la inexistencia de dicho material en las que actualmente se encuentra el Bloque 42 de ITSA, de esta manera se está

contribuyendo al desarrollo técnico y mejoramiento del aprendizaje práctico, razones por las cuales se justifica la realización de este proyecto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar, construir e implementar un Sistema de control de presurización de cabina, para contribuir al aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica mediante la implementación de dicho sistema en el Bloque 42 del ITSA.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar, seleccionar y ordenar la información acerca del Sistema de control de presurización de cabina.
- Diseñar y construir el Sistema de control de presurización de cabina de acuerdo al funcionamiento del sistema en los aviones.
- Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento del Sistema de control de presurización de cabina.
- Elaborar manuales de mantenimiento: procedimientos, operación y seguridad; que permitan una correcta utilización y un funcionamiento adecuado del sistema.

1.4. Alcance

El presente proyecto de grado comprende: el diseño, construcción e implementación del Sistema de control de presurización de cabina, mediante el ensamblaje de sus distintos componentes como: compresor, válvula reguladora, válvula de alivio de presión, manómetro, válvula de reguladora de presión, el control electrónico del sistema, todos estos componentes conectados al acumulador de presión (cabina).

El material didáctico será entregado al Bloque 42 del ITSA para que pueda ser utilizado por los estudiantes.

CAPÍTULO II

CONOCIMIENTOS PREVIOS

2.1. Atmósfera



Fig. 2.1. Atmósfera

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Atmósfera terrestre](https://es.wikipedia.org/wiki/Atmósfera_terrestre).

La atmósfera es una envoltura de gases que rodea a la tierra, esta mezcla de gases que forma la atmósfera recibe genéricamente el nombre de aire.

“El 75% de masa atmosférica se encuentra en los primeros 11 km de altura, desde la superficie del mar. Los principales elementos que la componen son: el oxígeno (21%), el nitrógeno (78%) y otros gases (1%)”.¹

La atmósfera protege la vida sobre la Tierra absorbiendo gran parte de la radiación solar ultravioleta en la capa de ozono. La atmósfera terrestre posee dos regiones con distinta composición: la homosfera y la heterosfera.

2.2. Capas de la atmósfera terrestre y la temperatura

La temperatura de la atmósfera terrestre varía con la altitud. La relación entre la altitud y la temperatura es distinta dependiendo de la capa atmosférica considerada.

¹ [es.wikipedia.org/wiki/Atmósfera terrestre](https://es.wikipedia.org/wiki/Atmósfera_terrestre)

La atmósfera terrestre se divide en cinco capas de acuerdo a la altitud, temperatura y composición del aire: tropósfera, estratósfera, mesósfera, termósfera y exósfera.

La presión o peso del aire disminuye con la altitud. Las divisiones entre una capa y otra se denominan respectivamente: tropopausa, estratopausa, mesopausa y termopausa.

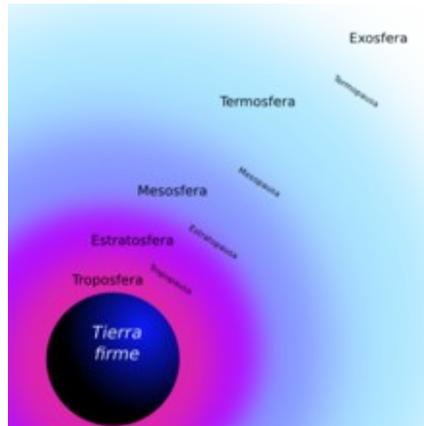


Fig. 2.2. Capas de la atmósfera y las zonas intermedias entre las mismas.

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Atmósfera_terrestre.

Tropósfera: Tiene un espesor de 7 a 8 km, es la capa más cercana a la tierra y donde se producen los fenómenos naturales como: vientos, tormentas, ciclones, relámpagos, rayos, etc.

Estratósfera: En ella se encuentra la capa de ozono que es importante para la vida de los seres bióticos, ya que impide que los rayos ultravioletas del Sol lleguen directamente a la Tierra; tiene una altura de 50 km.

Mesósfera: Es la capa mas fría, registra una temperatura de -75° C y se extiende desde una altura de 50 km hasta 500 km.

Termósfera o ionósfera: Tiene una alta temperatura que llega a los 1.500° C, es la capa más cercana al Sol, llega hasta una altura de 500 km; allí se encuentran las estrellas fugaces y se producen las aureolas boreales.

Exósfera: Tiene una altura que va de 600 a 1.000 km, con una temperatura muy alta; esta capa va integrándose poco a poco con el espacio hasta desaparecer.

2.3. Aire

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen alrededor de la Tierra por la acción de la fuerza de gravedad, es esencial para la vida en el planeta, particularmente delicado, fino e impalpable, transparente en las distancias cortas y medias si está limpio.

2.3.1. Propiedades del aire

“Las capas más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas más cercanas a la Tierra: la troposfera y la estratosfera.

El aire de la troposfera es el que interviene en la respiración y está compuesto en volumen, aproximadamente, por un 78,08% de nitrógeno (N₂), un 20,94% de oxígeno (O₂), un 0,035% de dióxido de carbono (CO₂) y un 0,93% de gases inertes como el argón y el neón.

En esta capa, de 7 km de altura en los polos y de 16 km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua. Aquí se producen todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima.”²

² es.wikipedia.org/wiki/Aire

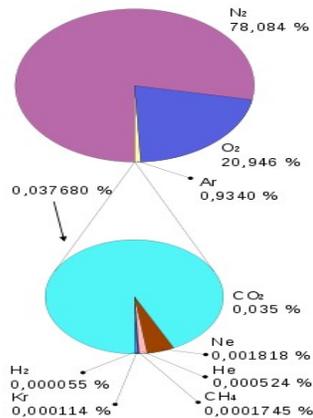


Fig. 2.3. Composición de la atmósfera terrestre
Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Aire

2.4. Presión

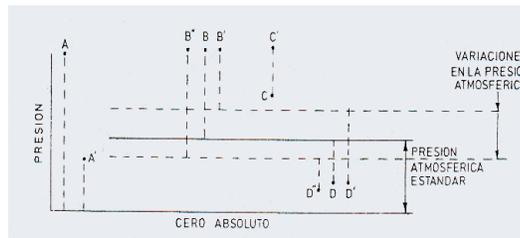


Fig. 2.4. Clases de presión
Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

“La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie, en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio directamente con otra fuerza, conocidas que puede ser la de una columna líquida un resorte, un émbolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.”³

Puede expresarse en unidades tales como: pascal, bar, atmosferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi. La presión puede medirse en valores absolutos o diferenciales.

³ www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

2.4.1. Propiedades de la presión en un medio fluido

1. “La fuerza asociada a la presión en un fluido ordinario en reposo se dirige siempre hacia el exterior del fluido, por lo que debido al principio de acción reacción, resulta en una compresión para el fluido, jamás una tracción.
2. La superficie libre de un líquido en reposo (y situado en un campo gravitatorio constante) es siempre horizontal.

Eso es cierto sólo en la superficie de la Tierra y a simple vista, debido a la acción de la gravedad no es constante.

Si no hay acciones gravitatorias, la superficie de un fluido es esférica y, por tanto, no horizontal.

3. En los fluidos en reposo, un punto cualquiera de una masa líquida está sometida a una presión que es función únicamente de la profundidad a la que se encuentra el punto.

Otro punto a la misma profundidad, tendrá la misma presión. A la superficie imaginaria que pasa por ambos puntos se llama superficie equipotencial de presión o superficie isobárica”.⁴

⁴ <http://gabrielhdzc.wordpress.com/2010/10/01/fisica-ii-presurizacion-de-un-avion/>

2.4.2. Tipos de medidores de presión

Los instrumentos para medición de presión pueden ser: indicadores, registradores, transmisores y controladores, pueden clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

Tipo de Manómetro	Rango de Operación
M. de Ionización	0.0001 a 1×10^{-3} mmHg ABS
M. de Termopar	1×10^{-3} a 0.05 mmHg
M. de Resistencia	1×10^{-3} a 1 mmHg
M. Mc. Clau	1×10^{-4} a 10 mmHg
M. de Campana Invertida	0 a 7.6 mmH ₂ O
M. de Fuelle Abierto	13 a 230 cmH ₂ O
M. de Cápsula	2.5 a 250 mmH ₂ O
M. de Campana de Mercurio	(LEDOUX) 0 a 5 mts. H ₂ O
M. "U"	0 a 2 Kg/cm ²
M. de Fuelle Cerrado	0 a 3 Kg/cm ²
M. de Espiral	0 a 300 Kg/cm ²
M. de Bourdon tipo "C"	0 a 1,500 Kg/cm ²
M. Medidor de esfuerzos (strain gauges)	7 a 3,500 Kg/cm ²
M. Helicoidal	0 a 10,000 Kg/cm ²

Tabla 2.1. Tipos de manómetros y rango de operación

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

2.5. Presión absoluta

Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña.

Este término se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios.

2.5.1. Medidores de presión absoluta

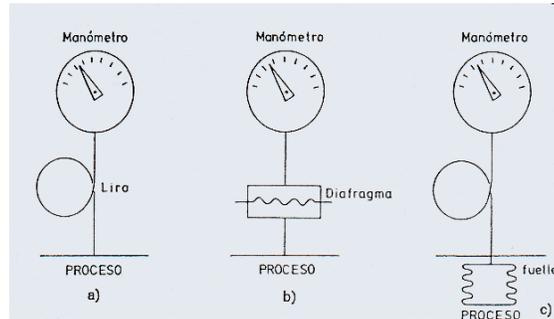


Fig. 2.5. Tipos de sellos volumétricos a) de lira b) de diafragma c) de fuelle.

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

Consisten en un conjunto de fuelle y muelle, opuesto a un fuelle sellado al vacío absoluto. El movimiento resultante de la unión de los dos fuelles equivale a la presión absoluta del fluido. El material empleado para los fuelles es latón o acero inoxidable.

Se utilizan para la medida exacta y el control preciso de bajas presiones, a las que puedan afectar las variaciones en la presión atmosférica. En la medida de presiones de fluidos corrosivos pueden emplearse elementos primarios elásticos con materiales especiales en contacto directo con el fluido. Se emplean asimismo sellos volumétricos de diafragma y de fuelle que contienen un líquido incompresible para la transmisión de la presión.

2.6. Presión atmosférica



Fig. 2.6. Barómetro aneroide

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/presión_barométrica

“Es la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 psi (101,35 kPa), disminuyendo estos valores con la altitud.”⁵

Entonces presión atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre medida mediante un barómetro.

2.7. Presión manométrica y la presión relativa

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro. $\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica}$.

La presión relativa es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica. Hay que señalar que al aumentar o disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída si bien ello es despreciable al medir presiones elevadas.

2.8. Presión diferencial y vacío

La presión diferencial es la diferencia entre dos presiones. El vacío es la diferencia de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica.

⁵ www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc. Las variaciones pueden llegar a ser de importancia, el intervalo hasta llegar al cero absoluto solo comprende 760 mmHg.

2.9. Principios Básicos

2.9.1. Ley de Boyle-Mariotte

El científico británico Robert Boyle y el físico francés Edme Mariotte a mediados del siglo XVII formulan de forma independiente la ley de compresibilidad de los gases conocida hoy como ley de Boyle-Mariotte. Esta ley establece que a una temperatura constante, la presión y el volumen de un gas son inversamente proporcionales.

2.9.2. Ley de Charles y Gay-Lussac

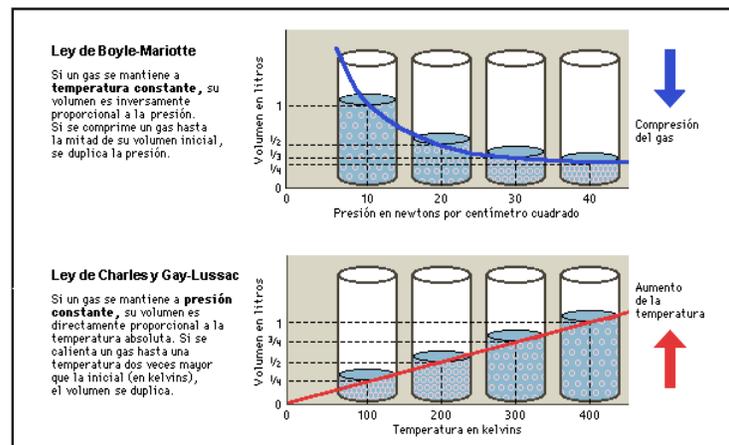


Fig. 2.7. Leyes de Boyle-Mariotte y de Charles y Gay-Lussac

Fuente: Microsoft Encarta 2009

Formulada alrededor de un siglo después, afirma que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta si la presión se mantiene constante.

2.9.3. Ley Ideal de los gases

“La teoría atómica de la materia define los estados, o fases, de acuerdo al orden que implican. Las moléculas tienen una cierta libertad de movimientos en el espacio. Un gas no tiene un orden espacial macroscópico.

Sus moléculas se mueven aleatoriamente, y solo están limitadas por las paredes del recipiente que lo contiene”.⁶

En los gases ideales, estas variables incluyen la presión (p), el volumen (V) y la temperatura (T). La combinación de las leyes de Boyle-Mariotte y de Charles y Gay-Lussac proporcionan la ley de los gases ideales $pV = nRT$ (n es el número de moles), (R es una constante universal) también llamada ecuación de estado del gas ideal.

2.9.4. Experiencia de Torricelli

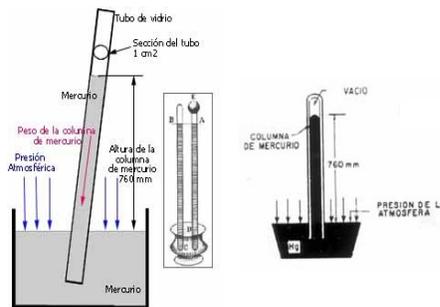


Fig. 2.8. Experimento Torricelli con un tubo y mercurio.

Fuente: www.fisica.net. /Experimento Torricelli.

Para medir la presión atmosférica, Torricelli empleó un tubo largo cerrado por uno de sus extremos, lo llenó de mercurio y le dio la vuelta sobre una vasija de mercurio. El mercurio descendió hasta una altura $h = 0.76$ m al nivel del mar.

Dado que el extremo cerrado del tubo se encuentra casi al vacío $p = 0$, y sabiendo la densidad del mercurio es 13.55 gr/cm^3 o 13550 kg/m^3 se puede determinar el valor de la presión atmosférica.

⁶ "Ley Ideal de los gases" Microsoft Encarta 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008

2.9.5. Ley barométrica

Es la variación con la altura de la presión atmosférica con el conocimiento que se tiene del magnetismo o de la densidad atmosférica.

2.10. Unidades de medida, presión y sus factores de conversión

Unidades de presión y sus factores de conversión							
	Pascal	bar	N/mm ²	kp/m ²	kp/cm ²	atm	Torr
1 Pa (N/m ²)=	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,102	0,102×10 ⁻⁴	0,987×10 ⁻⁵	0,0075
1 bar (daN/cm ²) =	100000	1	0,1	1020	1,02	0,987	750
1 N/mm ² =	10 ⁶	10	1	1,02×10 ⁵	10,2	9,87	7500
1 kp/m ² =	9,81	9,81×10 ⁻⁵	9,81×10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0,968×10 ⁻⁴	0,0736
1 kp/cm ² =	98100	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736
1 atm (760 Torr) =	101325	1,013	0,1013	10330	1,033	1	760
1 Torr (mmHg) =	133	0,00133	1,33×10 ⁻⁴	13,6	0,00136	0,00132	1

Tabla 2.2. Unidades de presión y sus factores de conversión.

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

2.11. Instrumentos de presión

Los instrumentos de presión se clasifican en tres grupos: mecánicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos.

2.11.1. Elementos mecánicos

El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que, a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico.

Se dividen en dos grupos:

- a) Los Elementos primarios de medida directa que mide la presión comparándola con la ejercida por un líquido, densidad y altura conocida, el

desplazamiento; pueden indicarse por un sistema de flotador y palanca indicadora y mueve un indicador de una escala.

- b) Los Elementos primarios elásticos miden la presión cuando en su parte interior tiende a enderezarse y el movimiento transmitido a la aguja indicadora por un sector dentado y un piñón.

Manómetro



Fig. 2.9. Manómetro

Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Manómetro

El manómetro es un instrumento que mide la presión. Existen dos tipos de manómetro: el abierto y el diferencial.

Tubo Bourdon



Fig. 2.10. Manómetro Tipo Bourdon

Fuente: <http://www.tecnolog-ibq.blogspot.com/>

Es un tubo de sección cilíndrica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo, al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón. El

material del que está hecho es normalmente de acero inoxidable, aleación de cobre o aleaciones especiales como: hastelloy y monel.

Elemento en espiral

Se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espiral en forma de hélice. Estos elementos proporcionan un desplazamiento grande del extremo libre y por ello, son ideales para los registradores.

El diafragma

Consiste en una o varias capsulas circulares conectadas rígidamente entre si por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada capsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas.

El sistema se proyecta de tal modo que, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cero del instrumento. El material es normalmente aleación de níquel o inconel x. Se utiliza para pequeñas presiones.

El fuelle

Es parecido al diafragma compuesto, pero de una sola pieza flexible axialmente, y puede dilatarse o contraerse con un desplazamiento considerable. Se caracterizan por su larga duración, demostrada en ensayos en los que han soportado sin deformación alguna millones de ciclos de flexión. El material empleado es usualmente bronce fosforoso y es tratado térmicamente para mantener fija su constante de fuerza por unidad de compresión. Empleado para pequeñas presiones.

2.11.2. Elementos neumáticos

Transmisores neumáticos

Los transmisores neumáticos se basan en el sistema tobera-obturador que convierte el movimiento del elemento de medición en una señal neumática.

Sistema Tobera obturador

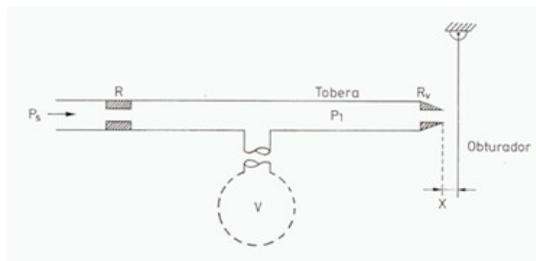


Fig. 2.11. Sistema tobera-obturador

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

Consiste en un tubo neumático aumentado a una presión constante P , con una reducción en su salida en forma de tobera, la cual puede ser obstruida por una lámina llamada obturador cuya posición depende del elemento de medida.

Transmisor de equilibrio de movimientos

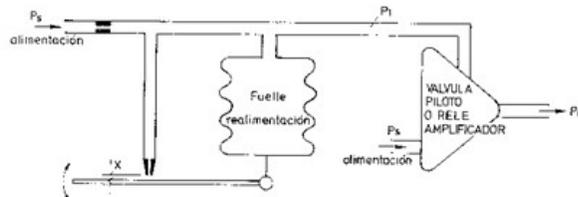


Fig. 2.12. Transmisor de equilibrio de movimientos.

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

Compara el movimiento del elemento de medición asociado al obturador con un fuelle de realimentación de la presión posterior de la tobera. El conjunto se estabiliza

según la diferencia de movimientos alcanzando siempre una posición de equilibrio tal que existe una correspondencia lineal entre la variable y la señal de salida. Hay que señalar que en este tipo de transmisores, las palancas deben ser livianas, pero bastante fuertes para que no se doblen.

Transmisor de equilibrio de fuerzas

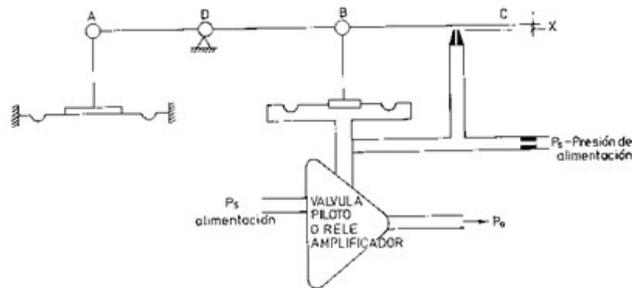


Fig. 2.13. Transmisor de equilibrio de fuerzas.

Fuente: www.monografias.com/trabajos/atm.shtml.

El elemento de medición ejerce una fuerza en el punto A sobre la palanca AC que tiene su punto de apoyo en D. Cuando aumenta la fuerza ejercida por el elemento de medición, la palanca AC se desequilibra, tapa la tobera, la presión aumenta y el diafragma ejerce una fuerza hacia arriba alcanzándose un nuevo equilibrio.

2.11.3. Elementos electromecánicos y electrónicos

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente.

Los elementos electrónicos ocupan los mismos componentes que el electromecánico su medición ejerce una fuerza sobre una barra rígida del transmisor, la señal pasa a un circuito de realimentación variando la corriente de salida en forma proporcional al intervalo de presiones de proceso.

Los elementos electromecánicos de presión se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos:

- Transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas
- Resistivos.
- Magnéticos
- Capacitivos.
- Extensométricos.
- Piezoeléctricos.

2.12. Volumen

Es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo. Es una función derivada ya que se halla multiplicando las tres dimensiones.

La unidad de medida de volumen en el Sistema Internacional de Unidades es el metro cúbico (m^3), aunque temporalmente también acepta el litro, que se utiliza comúnmente en la vida práctica.

2.12.1. Relación entre capacidad y volumen

La "capacidad" y el "volumen" son términos que se encuentran estrechamente relacionados. Se define la capacidad como el espacio vacío de alguna cosa que es suficiente para contener a otra u otras cosas.

Se define el volumen como el espacio que ocupa un cuerpo. Por lo tanto, entre ambos términos existe una equivalencia que se basa en la relación entre el litro (unidad de capacidad) y el decímetro cúbico (unidad de volumen).

2.12.2. Principio de exclusión de Wolfgang Pauli

“Es el principio fundamental que afirma que dos partículas elementales de espín semientero, por ejemplo electrones, no pueden ocupar simultáneamente el mismo estado cuántico (estado de energía) en un átomo. Explica las regularidades de la ley periódica. El principio de exclusión de Pauli no sólo se aplica a los electrones de los átomos, sino también a los electrones libres que se desplazan a través de la materia en forma de corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de potencial.

Los protones y neutrones del núcleo también están organizados en estados cuánticos, y en cada estado sólo se permiten dos partículas de la misma clase y espín opuesto. Todos los fermiones (partículas de espín semientero) cumplen el principio de exclusión, pero no así los bosones, que tienen espín entero”.⁷

2.13. Presurización de cabina

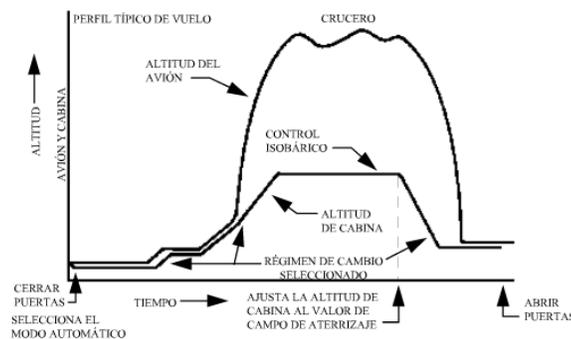


Fig. 2.14. Perfil típico de vuelo

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

La presión estándar al nivel del mar es 14,7 psi (lbf/inchs²). A 18.000 pies (fts), por ejemplo, la presión es 7,3 psi. Entonces, si un avión vuela a esta altitud 18.000 pies y su cabina está presurizada a 4,5 psi sobre la presión atmosférica, el manómetro de presión diferencial de cabina marca 4,5 psi. Al mismo tiempo, el valor de presión de cabina medido por un manómetro de presión absoluta es 11,8 psi (7,3 + 4,5).

⁷ <http://gabrielhdzc.wordpress.com/2010/10/01/fisica-ii-presurizacion-de-un-avion/>

2.13.1. Principio de presurización

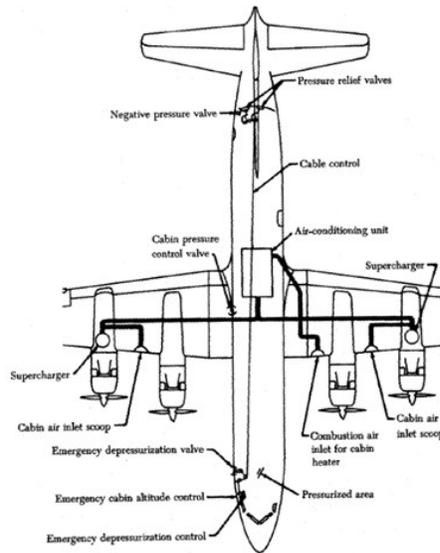


Fig. 2.15. Esquema de un sistema de presurización básico

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

En un típico sistema de presurización, la cabina de mando, cabina de pasajeros y bodegas están incorporadas dentro de una unidad sellada, la cual es capaz de contener el aire bajo una presión más alta que la presión atmosférica exterior.

El aire presurizado es empujado dentro del fuselaje sellado por los compresores de aire de la cabina, los cuales entregan un volumen relativamente constante de aire en altitudes por encima del máximo diseñado.

El aire es liberado desde el fuselaje por un dispositivo llamado válvula de descarga de aire. Esta válvula es el mayor elemento de control del sistema de presurización. El flujo de aire a través de una válvula de descarga de aire depende de los grados de apertura de la válvula.

2.13.2. Fuentes de aire para la presurización

El sistema de presurización no tiene para mover un vasto volumen de aire. Su función, es subir la presión del aire dentro de contenedores cerrados.

Aviones livianos impulsados con motores recíprocos reciben el aire de presurización del compresor en el motor turbo cargado.

Los aviones grandes de motores recíprocos usan un compresor de aire impulsado por el motor para suministrar el aire de presurización y los aviones de motores a reacción usan el sangrado de aire del compresor del motor.

2.13.3. Requisitos del sistema de presurización

“Todos los aviones certificados en la categoría de transporte público deben cumplir los siguientes requisitos, referidos al sistema de presurización:

1. La altitud de presión de cabina no debe ser superior a 8.000 fts, a la altitud máxima operativa del avión.
2. En caso de avería o mal funcionamiento del sistema de presurización, y si el avión está certificado para volar a altitudes superiores a 25.000 fts, el conjunto del sistema de presurización debe estar proyectado para mantener una presión de cabina no superior a 15.000 fts.
3. Las cabinas presurizadas deben tener los siguientes mecanismos:
 - Dos válvulas de alivio de presión, limitadoras de la presión diferencial de la cabina a un valor predeterminado. Este valor se fija de acuerdo con el máximo régimen de flujo de aire que permite el sistema. Las características, de expulsión de aire de estas válvulas (entiéndase, secciones de paso) deben ser tales que, en caso de fallo de una de ella, no se debe producir aumento significativo de la presión diferencial de cabina.
 - Dos válvulas de alivio de presión diferencial negativa, para prevenir los daños estructurales resultantes de una presión de cabina inferior a la exterior. Es admisible sólo una válvula si se demuestra que su fiabilidad operativa es suficiente.

- Un sistema mediante el cual es posible anular rápidamente la presión diferencial de cabina.
- Un regulador de presión automático, o manual, para mantener la presión interna de cabina y el flujo de aire necesario.
- Juego de instrumentos indicadores de la presión diferencial, de la altitud de presión de cabina y velocidad ascensional.
- Señales o avisos de alarma de que se ha excedido la presión diferencial de seguridad, o la ajustada, y el límite de altitud de presión de cabina.
- Un letrero, en forma de placa de aviso, para el caso de que la estructura de la cabina no esté proyectada para soportar la presión diferencial que resulta con el ajuste máximo posible de la válvula de alivio, combinada con las cargas estructurales previstas en el aterrizaje”.⁸

8 OÑATE, Antonio **CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN** Capítulo 36 Sistemas neumáticos: aviones con motor alternativo Presurización de cabina Páginas 789-798.

2.14. Sistema de presurización de cabina: Aviones con motores alternativos

“Se efectúa por medio de aire extraído de la salida del compresor del turboalimentador del motor.

Los turbo-alimentadores son impulsados por el flujo de gases del escape del motor a través de la turbina. Un compresor de aire centrífugo es conectado al eje de la turbina.

El flujo de aire recorrerá desde la salida del compresor hasta los cilindros del motor para incrementar la presión en el manifold y promover el desarrollo de la potencia del motor en las altitudes. Parte del aire comprimido es usado para presurizar la cabina. El flujo de aire pasa a través de un venturi o limitador de flujo, y luego, a través de un refrigerador entra a la cabina.

Los grandes aviones impulsados por motores recíprocos tienen un compresor de aire tipo ventilador o un compresor centrífugo de desplazamiento variable impulsado por el motor y cuenta con un accesorio impulsado con un motor eléctrico o hidráulicamente. Estos aviones tienen más de un compresor de aire de la cabina, los cuales, están conectados entre sí, por medio del ducto de entrega de aire y la válvula de aislamiento, que previenen la pérdida de presurización en caso de inactividad del compresor.”⁹

⁹ www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

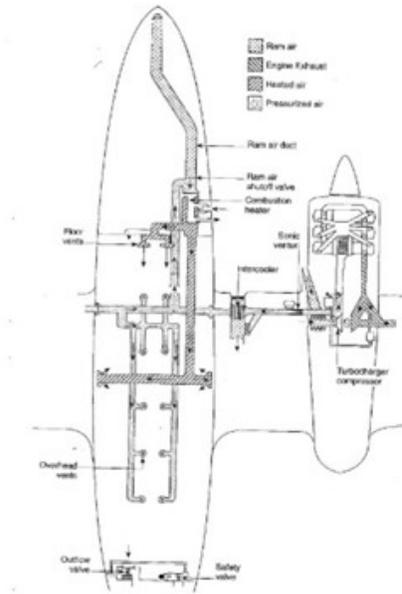


Fig. 2.16. Sistema de Presurización de Cabina: Aviones con Motores Recíprocos

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

El circuito de presurización típico consta de dos subsistemas:

- a) Sistema de alimentación de aire
- b) Sistema de regulación de presión de aire de cabina

2.14.1. Sistema de alimentación de aire

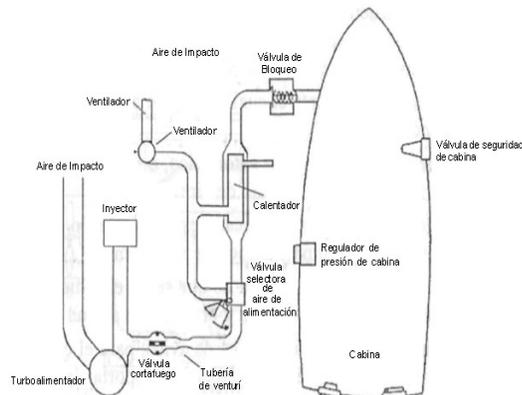


Fig. 2.17. Sistema de Presurización de Avión con Motor Alternativo

Fuente: Conocimientos del Avión

Parte del aire que sale del compresor del motor se envía al conducto de presurización de cabina. La parte restante circula hacia el propio motor, bien al carburador o al sistema de inyección de combustible.

El aire para presurización pasa en primer lugar por la válvula cortafuego que es una válvula automática, aunque se puede manipular en ella, es de tipo mariposa, pues tiene un disco que abre o cierra el paso de aire por la tubería de presurización, su función es aislar el sistema de presurización del motor.

La válvula se cierra en caso de incendio del motor y aísla el circuito de presurización de la cabina. La tensión de cierre es contrarrestada por un pestillo fusible, fabricado en aleación de antimonio y plomo, que funde a 345°C , aproximadamente.

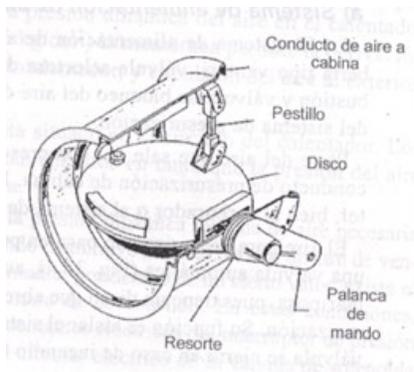


Fig. 2.18. Válvula cortafuego del sistema de presurización de aire de cabina.

Fuente: Conocimientos del Avión

2.14.2. Sistema de regulación de presión de cabina

Consta de los elementos siguientes: regulador de presión de cabina, válvula de seguridad (alivio de presión de cabina), válvula de despresurización, válvula de descarga de aire y válvula de alivio de presión diferencial negativa.

El regulador de presión es un mecanismo que controla de forma indirecta el escape de aire de la cabina, para mantener la presión seleccionada. Tiene dos modos de funcionamiento, que se llaman Isobárico y diferencial.

El modo isobárico se caracteriza porque la presión de cabina se mantiene constante, en el valor seleccionado por el piloto. Si el avión asciende y no puede mantenerse la presión de cabina, por exceder la presión diferencial máxima del avión, el regulador entra en modo diferencial.

El modo diferencial mantiene constante la presión diferencial de cabina. La presión de cabina aumenta y disminuye en este modo en respuesta a los cambios de altitud del avión.

Regulador de presión con mecanismo diferencial

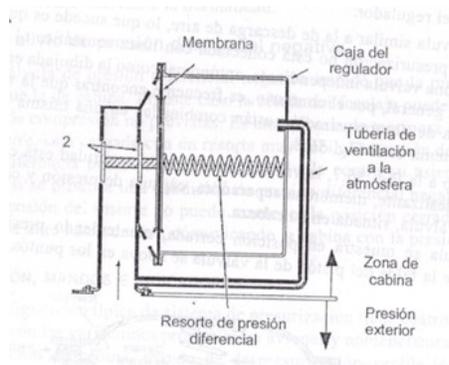


Fig. 2.19. Regulador de presión con resorte diferencial

Fuente: Conocimientos del Avión

Cuenta con la capacidad para limitar la presión diferencial máxima de cabina, no cuenta con mecanismo isobárico. Incluye la válvula de descarga de aire de cabina, unida a un diafragma o membrana fabricada en material sintético flexible. La válvula de descarga de aire tiene dos discos, en lugar de uno, con el fin de conseguir la sección de paso necesaria en un volumen mínimo.

A un lado de la membrana, actúa directamente la presión de cabina mientras que en el otro actúa la presión atmosférica, presente en la caja del regulador. Del mismo lado actúa también la tensión de un resorte denominado resorte de tensión de

presión diferencial. La caja del regulador está ventilada a la atmósfera a través de una tubería de ventilación.

Regulador de presión isobárico y diferencial

Consta de válvula de aguja diferencial, resorte de tensión diferencial, cápsula del mecanismo diferencial y válvula de descarga de aire de cabina con dos discos. La válvula de orificio permite que cierta cantidad del aire de cabina se introduzca en la caja del regulador.

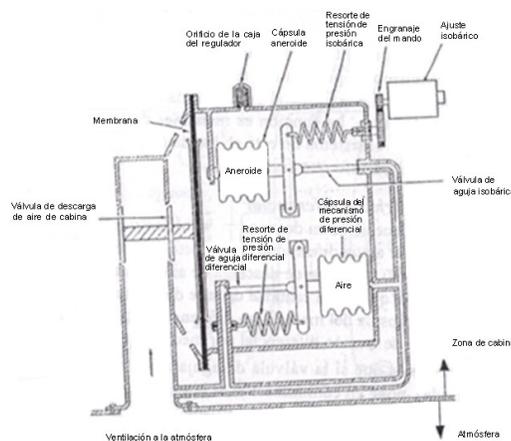


Fig. 2.20. Regulador de presión con mecanismo isobárico y diferencial

Fuente: Conocimientos del Avión

Si la válvula de aguja diferencial está abierta, pone en comunicación el interior de la caja del regulador con la atmósfera, a través de una pequeña tubería de ventilación. A este conjunto, se agrega el mecanismo isobárico, donde destaca la presencia de la cápsula aneroide. Las cápsulas aneroides se contraen cuando aumenta la presión exterior sobre ellas. Al nivel del mar, la cápsula aneroide está completamente contraída por efecto de la presión ambiente que la rodea. La cápsula tira de la palanca de la aguja isobárica, venciendo la tensión del resorte de presión isobárica. La presión interna de la caja del regulador disminuye a medida que el avión asciende. Por consiguiente, el aneroide se expande y empieza a cerrar de forma gradual el orificio de ventilación. Esto sucede a medida que la válvula de aguja isobárica se desplaza hacia la derecha.

Válvula de despresurización

Es de tipo solenoide actúa a través de una línea neumática conectada a la cámara de control de la válvula de descarga de aire.

A través de esta línea se descarga la membrana de la válvula de descarga y permite la expulsión de aire.

Debe abrirse automáticamente en operación normal cuando las ruedas del avión hacen contacto con el suelo. La señal de apertura llega a través de interruptores de cambio de modo tierra-aire del avión, situados en la pata del tren. Esta válvula posee un mecanismo que permite la descompresión rápida de la cabina.

- a) Disminuye rápidamente la presión de cabina en condiciones de emergencia
- b) Alivia presión de cabina de forma rápida en fase de aterrizaje de emergencia
- c) Permite la ventilación de la cabina si hay presencia de humo.

Válvula de seguridad de cabina

La presión diferencial máxima de cálculo estructural de la cabina se controla con una válvula de alivio de presión de cabina. Entra en funcionamiento liberando la presión de cabina, cuando no superan en algunas décimas los límites de presión diferencial establecidos para el regulador de presión.

La válvula de seguridad está ajustada, para abrir la presión diferencial ligeramente más alta que la máxima prevista en el mecanismo diferencial del regulador. Es una válvula similar a la de descarga de aire, lo que sucede es que en muchos sistemas de presurización no está conectada con línea neumática al regulador de presión.

Es una válvula independiente, autónoma está constituida por un pistón deslizante, membrana separadora, cápsula de presión y cámara de control de la válvula, situada

en su cabeza. En aviación general, por el contrario, es frecuente encontrar que la válvula de seguridad y la de despresurización están combinadas en una misma unidad.

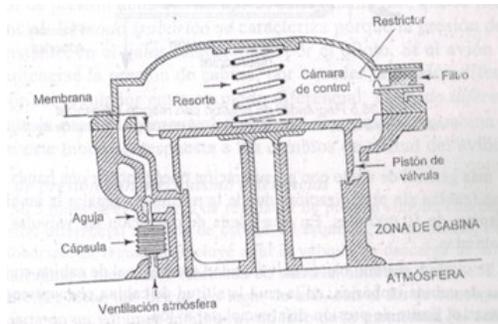


Fig. 2.21. Válvula autónoma de seguridad de cabina

Fuente: Conocimientos del Avión

Válvula de alivio de presión diferencial negativa

Impide que la presión exterior sea mayor que la de cabina. En este caso la célula del fuselaje puede estar sometida a cargas de compresión no previstas.

Es una válvula de mariposa, que en la posición de cierre está cargada con un resorte muy débil. La tensión del resorte más la presión diferencial positiva mantienen la válvula contra su asiento de cierre.

Si se produce una condición de presión diferencial negativa, la tensión del resorte no puede mantener la posición cerrada de la mariposa y ésta se abre hacia dentro, comunicando la cabina con la presión exterior.

2.15. Sistema de presurización de cabina: Aviones impulsados por turbina

Usualmente el aire sagrado del compresor de un motor de turbina a gas está libre de contaminación y puede ser usado seguramente para la presurización de la cabina,

pero algunos aviones usan compresores de cabina independientes impulsados por aire sangrado del compresor.

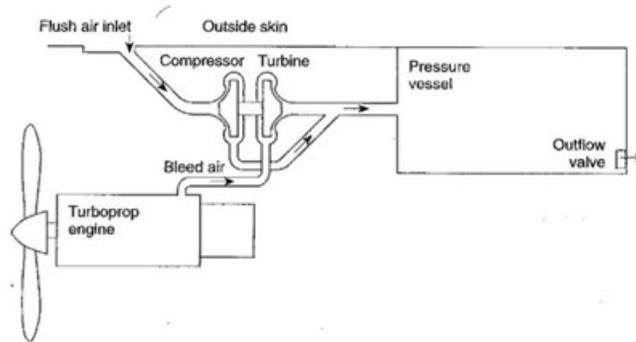


Fig. 2.22. Sistema de presurización de un avión turbohélice

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

Algunos aviones usan bombas de inyección multiplicadoras de flujo para incrementar la cantidad de aire de la cabina. La bomba de inyección es un venturi especial en la línea que proviene del exterior de la aeronave.

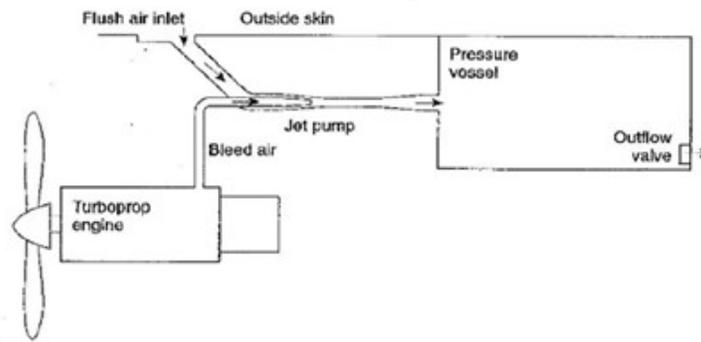


Fig. 2.23. Esquema de un sistema de presurización de bomba de inyección

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

Una boquilla inyecta una corriente de aire del compresor a alta velocidad hacia la garganta del venturi, esto produce una baja en la presión del flujo de aire que proviene del exterior de la aeronave. Este es mezclado con el aire sangrado del motor y entonces llevado a la cabina del avión.

2.15.1. Presurización de cabina: Regulador analógico

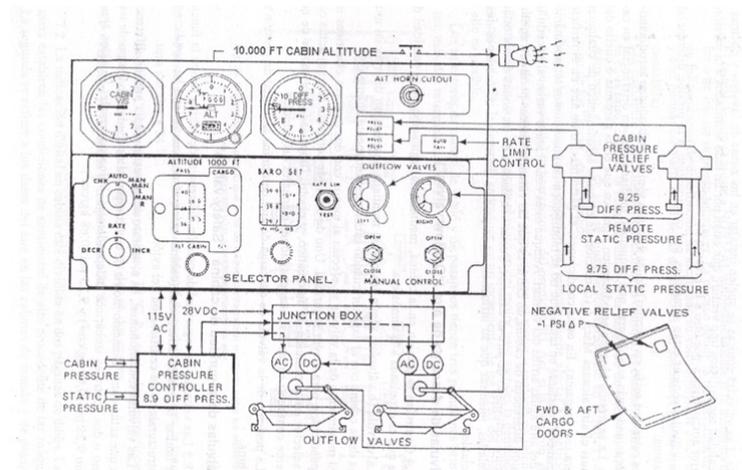


Fig. 2.24. Arquitectura del sistema.

Fuente: Conocimientos del Avión

La presurización de cabina se consigue introduciendo aire a presión en la misma, procedente del sistema de sangrado del motor.

A la vez, hay que regular la descarga de aire a través de una o dos válvulas de descarga de aire.

En la actualidad hay aviones con sistemas de presurización de tipo convencional, con reguladores analógicos, y otros más avanzados y automatizados controlados con sistemas digitales.

El sistema básico de presurización con regulador analógico consta de uno o más reguladores de presión, válvulas de alivio de presión negativa, una o dos válvulas de seguridad, bocina de alarma de altitud de cabina y los correspondientes paneles de mando selectores.

Regulador de presión

Mantiene la altitud de cabina seleccionada. Es una función idéntica en los aviones con motor de émbolo en funcionamiento, el regulador de presión compara las

señales eléctricas de posición del selector de cabina con la presión real de la misma. Si hay diferencia en las señales eléctricas que se comparan se procede a discriminar la fase de la señal error, y se actúa sobre las válvulas de descarga de aire en un sentido u otro, apertura o cierre según la fase de la señal de error recibida. En los grandes aviones comerciales puede haber hasta cinco modos posibles de selección en el regulador: modo automático, hay tres modos manuales y un quinto de comprobación del sistema.

Válvulas sónicas

Se suelen instalar en las zonas de lavabos y cocinas. Son orificios tipo venturi, que están por un lado ventilados a la presión exterior atmosférica y por otro a la presión de cabina, están sometidas a la presión diferencial de cabina.

Los estrechos orificios se bloquean aerodinámicamente para establecer: una pequeña o mediana presión diferencial en cabina.

La expresión bloqueo aerodinámico significa que en la garganta o cuello del venturi el aire alcanza Mach 1 (condición de bloqueo aerodinámico de cualquier tobera con garganta). En estas condiciones, el gasto másico de aire en el orificio permanece constante en tanto que no se modifiquen las condiciones termodinámicas del aire aguas arriba del venturi. Aunque estas condiciones varían al hacerlo la presión diferencial de cabina, lo cierto es que las válvulas sónicas permiten un flujo muy controlado de aire al exterior, buena ventilación de las zonas donde están instaladas, mientras que su influencia en la presión diferencial de cabina es despreciable.

Válvulas de descarga de aire ("OUTFLOW VALVES")

Controlan la presión en la cabina, mediante la regulación de la cantidad de aire que es expulsada a la atmósfera, mantienen una presión diferencial muy baja de la cabina con el exterior cuando están completamente abiertas. El movimiento de la

válvula se efectúa al menos con dos motores eléctricos independientes, para mayor seguridad. Uno de ellos (de corriente alterna) actúa con el selector en la posición de automático, y el otro (impulsado por motor de corriente continua) en las distintas posiciones manuales del selector.

La posición de la válvula de descarga de aire determina la altitud de presión de cabina.

Válvulas de seguridad de cabina ("SAFETY VALVES")

Tienen la función de limitar la presión diferencial (cabina-exterior) de acuerdo con las condiciones estructurales y de certificación del avión, son autónomas, en el sentido de que es la propia presión diferencial la que actúa como elemento motriz de sus componentes. Cada válvula puede tener uno o dos controles isobáricos independientes. Valores normales de estos ajustes son 9,25 psi (0,65 kg/cm²) y 9,75 psi (0,68 kg/cm²).

Para mayor seguridad, las líneas de ventilación de los controles isobáricos son distintas, una de ellas conduce directamente al revestimiento exterior del avión, normalmente el de mayor presión diferencial. Consta de mecanismo de control isobárico, válvula de aguja y membrana de cierre. Cuando se sobrepasa el valor de ajuste del control isobárico la válvula de aguja, unida a dicho control, separa la membrana de su asiento de cierre y permite la descarga de aire de la cabina. La indicación de la operación correcta de estas válvulas se efectúa mediante luces indicadoras de cabina o símbolos en pantalla digital.

Válvula de alivio de presión negativa ("NEGATIVE RELIEF VALVE")

Normalmente es parte de la válvula de seguridad de presión diferencial de cabina. Tiene para este fin un ajuste especial de alivio de presión en el lado negativo. El ajuste de presión exterior-interior de cabina se produce si $\Delta p < -1$ psi.

2.16. Modos de presurización

Hay tres modos de presurización: modo de despresurización, modo isobárico y modo de diferencial constante. En el modo de despresurización, la altitud de la cabina es siempre la misma como la altitud de vuelo.

En el modo isobárico, la altitud de la cabina permanece constante a pesar de los cambios en la altitud de vuelo. Y el modo de diferencial constante, la altitud de la cabina es mantenida a una cantidad constante superior que la presión del aire exterior.

Modo de despresurización: En este modo, la válvula de descarga de aire permanece abierta y la presión de la cabina es la misma presión del aire ambiente.

Modo isobárico: En el modo isobárico, la cabina es mantenida a una presión constante específica que no varía con los cambios de altitud de vuelo. El control de presión comienza a abrir la válvula de descarga de aire a una altitud de cabina elegida. La válvula de descarga de aire abre y cierra, o modula, para mantener la altitud de cabina seleccionada acorde con los cambios de altitud de vuelo. El control mantendrá la altitud de cabina seleccionada, arriba de la altitud de vuelo, esto produce una presión diferencial máxima.

Modo de diferencial constante: La presurización de cabina impone esfuerzo de tensión al fuselaje por lo que la presión dentro de este intenta expandirlo. La presión diferencial de cabina, es el rango entre la presión del aire interno y externo y es una medida de esfuerzo del fuselaje.

A mayor presión diferencial, mayor esfuerzo. Cuando la presión diferencial alcanza la máxima, para la cual la estructura del avión está diseñada, el control de presión de cabina, automáticamente salta a modo de diferencial constante y permite el

incremento de altitud en cabina, pero mantiene la máxima presión diferencial permisible.

Modos automático y manual del sistema de presurización: Modo automático (AUTO) de presurización tomando como ejemplo el supuesto de un avión comercial de gran alcance.

Control de presión de cabina en modo AUTO

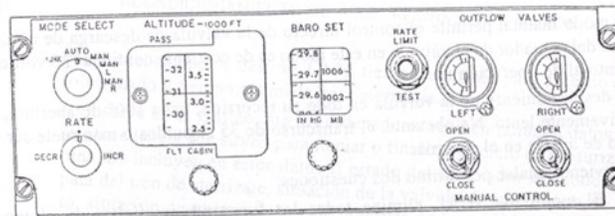


Fig. 2.25. Sistemas de presurización con regulador analógico

Fuente: Conocimientos del Avión

- a) **“En tierra:** Las válvulas de descarga de aire están abiertas con el avión en tierra, el término "abiertas" quiere decir que su posición de abertura es amplia, mayor del 90 por ciento
- b) **Despegue y ascenso:** a través de los microinterruptores de cambio de modo tierra-aire del tren, se cierra, pues, el circuito eléctrico del regulador de presión al detectar que no hay peso en el amortiguador de la pata principal. A partir de este momento es posible la presurización. Durante esta fase se ajusta la altitud de crucero y el régimen de cabina. La altitud de cabina sigue el régimen de ascenso seleccionado en relación con la altitud del avión. Es usual que la presurización de la cabina se inicie durante el despegue con el fin de hacer la transición a cabina presurizada lo más agradable para el pasajero. Es un modo que se llama Pre-presurización de cabina y está controlado por posiciones extremas del mando de gases.

- c) **Crucero:** La altitud de cabina en el perfil que estudiamos es 8,9 psi (0,68 kg/cm²) de máxima diferencial. es un valor por debajo del ajuste de las válvulas de seguridad. Cualquier cambio de la altitud del avión lleva implícito en este modo el cambio de la altitud de cabina, para mantener la presión diferencial constante.

- d) **Descenso:** Antes de iniciar el descenso es preciso ajustar el régimen de cabina para el descenso, la altitud del campo de aterrizaje y el ajuste barométrico del campo.

- e) **Aterrizaje y rodaje:** Las válvulas de descarga de aire se abren completamente cuando el avión hace contacto con la pista, si es que ya no están abiertas antes del contacto. Permanecen abiertas en tierra”.¹⁰

2.17. Controles de presurización

“El control proporciona ajustes para obtener el tipo deseado de condición de presurización. El control se parece mucho al altímetro, el cual tiene varios botones de ajuste adicionales. El dial es graduado en incrementos de altitud de cabina arriba de 10.000 pies. Usualmente hay un punto el cual puede ser ajustado a la altitud de cabina deseada por el grupo de botones de altitud de cabina. En algunos casos hay otro punto o una escala de rotación, el cual puede indicar la correspondiente presión según la altitud de la aeronave”.¹¹

10 OÑATE, Antonio **CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN** Capítulo 38 Acondicionamiento de aire: aviones con motor de turbina Presurización de cabina Páginas 869-882.

11 Aviation Maintenance Technician Series Basic Components Flight Crew Operating Manual A-330.

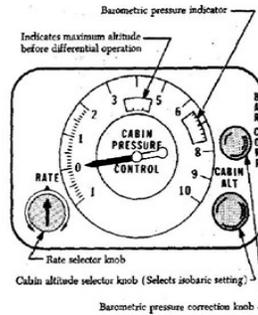


Fig. 2.26. Control de presurización

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

2.18. Presurización de cabina: Regulador digital

Reguladores de presi3n de cabina digitales

Est3n preparados para recibir se3ales el3ctricas del motor (r3gimen de revoluciones), de velocidad del aire y del ordenador de gesti3n de vuelo, para determinar la fase de vuelo en que se encuentra el avi3n.

En funci3n de la fase de vuelo que detecta el regulador de presi3n determina cu3l es la altitud de cabina 3ptima y env3a las se3ales correspondientes a los motores de las v3lvulas de descarga de aire. La altitud de cabina 3ptima est3 contenida en un programa que se ejecuta en el ordenador del sistema.

- Capacidad de procesamiento e integraci3n de se3ales generadas en otros puntos del avi3n o del motor, que permite la automatizaci3n de numerosas funciones.
- Posibilidad de incluir equipo de autocomprobaci3n del sistema, de forma continua, cuyos resultados se env3an al regulador de presi3n para procesamiento. De este procesamiento derivan, en su caso, las se3ales de aviso y de alarma para la cabina de vuelo.
- Menor peso que el anal3gico correspondiente (8 kg aprox.).
- Mantenimiento m3s f3cil y reparaci3n m3s r3pida.

2.19. Instrumentos de la presurizaci3n

“El medidor de presión diferencial en cabina, indica la diferencia entre la presión interior y exterior, este medidor debe ser monitoreado para asegurar que la cabina no se está aproximando al máximo permitido de presión diferencial.

Un altímetro en cabina es también suministrado como un chequeo sobre el rendimiento del sistema. En algunos casos, estos dos instrumentos son combinados en uno solo. Un tercer instrumento indica el rango de ascenso o descenso” .¹²



Fig. 2.27. Combinación de indicador de presión diferencial y altímetro de cabina.

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n



Fig. 2.28. Indicador de rango de ascenso

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

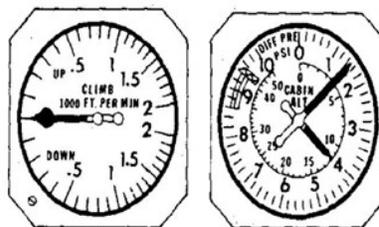


Fig. 2.29. Instrumento de rango de ascenso y descenso; altímetro de cabina

Fuente: www.scribd.com/Sistemas-Del-Avi3n

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA

3.1. Preliminares

La implementación (culminación) del Sistema de Control de Presurización de Cabina requiere la elaboración de los diferentes diseños: cabina, compartimiento de la mascarilla, soportes para la cabina y bastidor de soporte del sistema.

En la parte de la construcción se detallan los elementos a construir (cabina, soportes, compartimiento, bastidor) y los elementos seleccionados (no construidos) (compresor, válvulas: reguladora; alivio de presión, reguladora de presión, manómetro, mascarilla) para el ensamblaje del sistema, además en la implementación (ejecución) se toma en cuenta la parte electrónica del sistema.

Este sistema en el Laboratorio del Bloque 42 del ITSA permitirá observar el funcionamiento del mismo, logrando contribuir a los intereses de la Industria Aeronáutica moderna, que busca responsables del mantenimiento aeronáutico, que comprendan y realicen los procesos de trabajo encomendados con gran confianza y disposición.

3.2. Descripción y funcionamiento del sistema de control de presurización de cabina

El sistema de control de presurización de cabina funciona de la siguiente manera:

- a) El compresor envía aire y la válvula de seguridad que ha sido regulada con anterioridad permite el paso de tan solo 16 psi, así se obtiene la presurización de la cabina (cámara herméticamente sellada).

- b) Una vez presurizada la cabina el sensor envía una señal a la electroválvula reguladora de presión que despresuriza gradualmente el sistema y al llegar a una presión de 12,2 psi permite el accionamiento de la compuerta y a su vez la caída de la mascarilla. Para volver a subir la mascarilla el fuselaje posee una tapa que permite el subir nuevamente la compuerta del compartimiento de la mascarilla. La tapa del compartimiento de la mascarilla se cierra manualmente una vez completado el procedimiento. Al despresurizar hasta obtener una presión interna menor se simula como aumenta la altitud de cabina.
- c) Mediante la válvula de alivio de sobrepresión manualmente se elimina la presión existente en la cabina y se vacía el sistema.
- d) En el caso de querer obtener sobrepresión (existe otra electroválvula para que en 16 psi deje la zona de prueba en operación normal 14 psi, requiere ajustar válvula de seguridad a la presión deseada no exceder de 16 psi) en caso de que se dañe la válvula de seguridad (a 35 psi se activará la válvula de alivio de sobrepresión puede usarse manualmente), el sensor enviará una señal a la electroválvula de alivio de presión para eliminar la sobrepresión. Se necesita manipular de forma adecuada el compresor ya que de aquí se obtiene la fuente de aire, verificar la lectura del manómetro para interrumpir el paso de aire.

3.3. Componentes utilizados en el sistema de control de presurización de cabina

En el sistema de control de presurización de cabina a construir se va a encontrar los siguientes elementos:

- Compresor (presurización)
- Válvula reguladora (seguridad en el sistema)
- Válvula de alivio de presión (despresurización)

- Cabina (cámara herméticamente sellada)
- Manómetro (medidor de presión del sistema)
- Compartimiento de la mascarilla
- Mascarilla
- Válvula de reguladora de presión
- Bastidor o estructura de soporte del sistema
- Control electrónico del sistema

3.3.1. Elementos a construir

Los elementos del sistema que se van a construir son:

- Cabina (cámara herméticamente sellada)
- Compartimiento para la mascarilla
- Bastidor o estructura de soporte del sistema
- Control electrónico del sistema

3.3.2. Elementos no contruidos

Entre los elementos no contruidos que están tomados en cuenta en el proceso de ensamblaje para el funcionamiento y operación del sistema de control se detallan los siguientes:

- Compresor (presurización)
- Válvula reguladora (seguridad en el sistema)
- Electroválvulas de alivio de presión (despresurización) (sobrepresión)
- Manómetro (medidor de presión del sistema)
- Mascarilla
- Válvula de reguladora de presión

3.4. Selección de elementos a construir

3.4.1. Selección del material para la construcción de la cabina y el compartimiento de la mascarilla

Para la selección del material se revisó la tabla de propiedades y usos de los termoplásticos (Ver. ANEXO A). Llegando a la conclusión que el material más adecuado para la construcción de la cabina es el Polimetilmetacrilato (PMMA) (Ver. ANEXO B) ya que este ofrece mayores beneficios.



Fig. 3.1. Polimetilmetacrilato PMMA

Fuente: www.laminadeacrilico.com

“El PMMA es el polímero de metil metacrilato, es un termoplástico naturalmente transparente. Una característica muy importante es su resistencia excelente contra la intemperie del cual se desprenden muchas de las aplicaciones del material. El PMMA es transparente a la luz ultravioleta por lo cual normalmente es producido con un agente absorbedor de esta para proteger tanto la pigmentación del propio PMMA como objetos que pudieran recibir luz a través de ello. Compite en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado. En gránulos el acrílico es un material higroscópico, razón por la cual es necesario secarlo antes de

procesarlo. La lámina de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos o en láminas. Los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las láminas para termoformado o para mecanizado.”¹³

Por todas estas propiedades que presenta se selecciona el PMMA como material a usarse para la construcción de la cabina y el compartimiento de la mascarilla.

3.4.2. Selección del material del bastidor



Fig. 3.2. Tubería mecánica rectangular

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/ipac/tbmn001.html>

Se propone construir una estructura de soporte (Ver. ANEXO G) ya que esta permitirá un aseguramiento de todos los componentes del sistema y para poder movilizarlo se acoplarán garruchas con seguros en las patas del bastidor. Para la realización de dicho bastidor se seleccionó una tubería rectangular de 50*25*1.5 mm. Además las medidas del bastidor se encuentran detalladas en el archivo del programa SAP 2000 V 11.0.

3.5. Diseño y cálculo de recipientes sujetos a presión

Se considera como un recipiente a presión cualquier depósito cerrado que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones.

¹³ <http://es.scribd.com/doc/52459110/QUE-ES-EL-ACRILICO>

3.5.1. Diseño de la cabina

El diseño de la cabina se lo realizó en el programa Solid Work 2010, se escogió este software ya que permite dibujar en 3 dimensiones, entre los pasos que se siguieron para la elaboración se detallan:

- Abrir el programa.
- Seleccionar un nuevo documento.
- Selección de parte.
- Selección de figuras para dibujar.
- Definición de planos (seleccionar el plano en el que se desea trabajar, en este caso se trabajo en el plano frontal).
- Empezar a dibujar (el trazo del dibujo se lo realiza desde el centro o punto de origen)

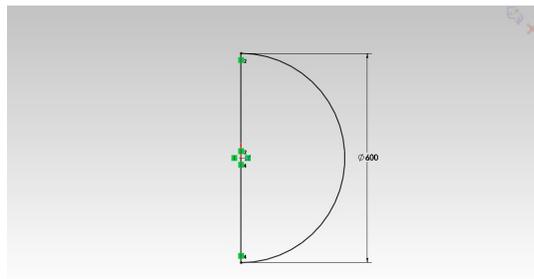


Fig. 3.3. Trazos para definición de diámetro de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

- Copiar el plano para extrudir (dar forma a una masa metálica) o dar clic en la opción extrudido simple.
- Realizar el dibujo en 3D.
- Dar clic en aceptar en cada proceso que se realiza para que el programa guarde el avance.

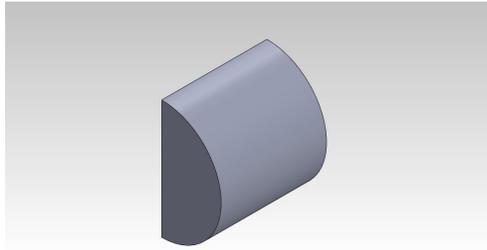


Fig. 3.4. Diseño previo del fuselaje

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

Es importante trabajar en 3D este tipo de diseño ya que permite dar profundidad al dibujo.

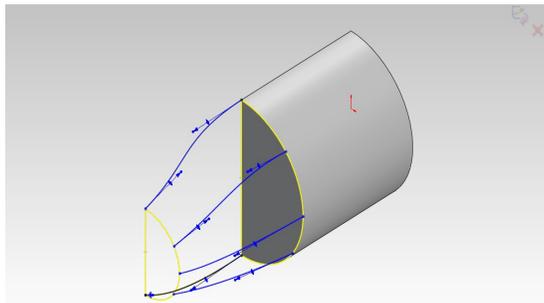


Fig. 3.5. Diseño previo de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

Para el moldeo de la cabina se debe dar clic en la opción moldeo (spline) de la barra de herramientas.

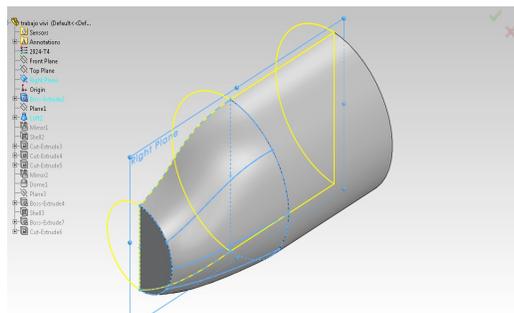


Fig. 3.6. Diseño de la parte derecha de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

Para copiar el plano se escoge la opción visualizar de la barra de herramientas.
Para copiar la figura del plano se escoge la opción espejo (mirror).

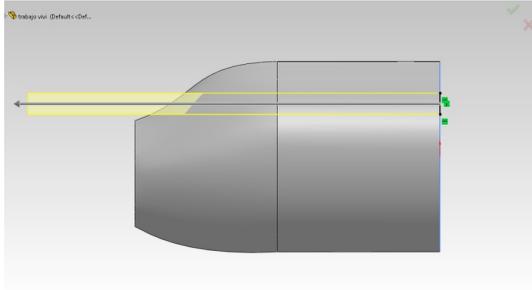


Fig. 3.7. Selección del área para el compartimiento

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

Para la definición del espesor de la cabina se escoge la opción vaciado (shell).

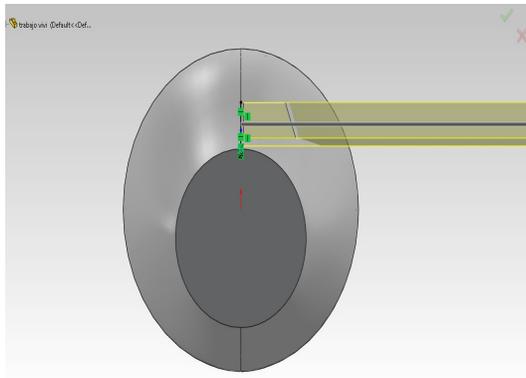


Fig. 3.8. Definición del área de ventanas de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

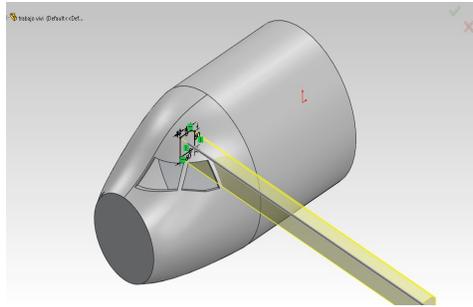


Fig. 3.9. Corte de ventanas de cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

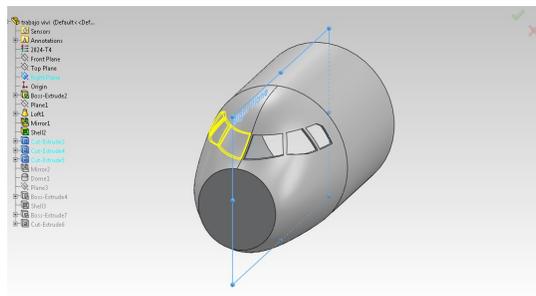


Fig. 3.10. Extrudido de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

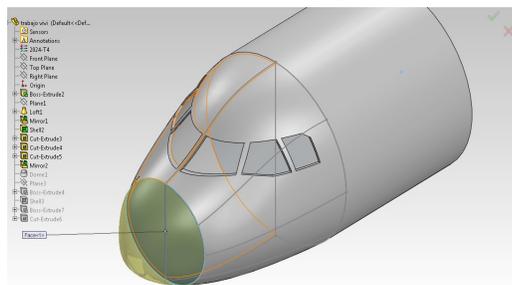


Fig. 3.11. Diseño de la nariz de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

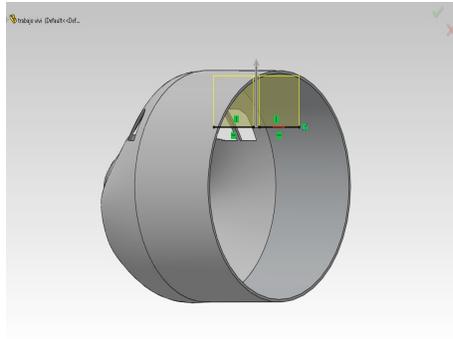


Fig. 3.12. Diseño previo del compartimento de la cabina

Fuente: Solid Works 2010

Elaborado por: Viviana García

Para el diseño de la cabina se tomó como ejemplo el modelo de la cabina del avión A-320 y una parte del fuselaje del avión (Ver. ANEXO D), ya que por fines didácticos permite simular lo que sucede en cabina; para fines de dimensionamiento y cálculo se estableció ciertos valores y se optó por un cilindro ya que este recipiente sujeto a presión permite que el sistema a construir sea más seguro y el aire podrá mantenerse constante, no presenta complejidad en la instalación de los elementos no construidos y para que no existan fugas se optará por sellarlo con PRC. Además el diseño de cabina es más seguro afirmando esto en los cálculos correspondientes.

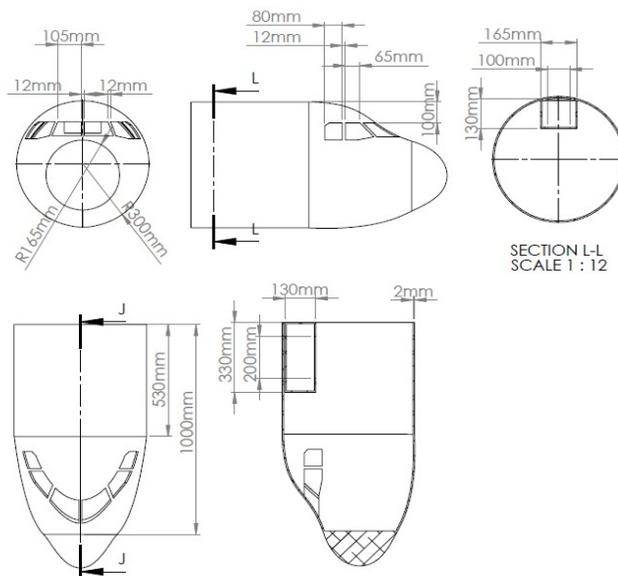


Fig. 3.13. Diseño de la cabina del avión A-320

Elaborado por: Viviana García

La opción para la realización del compartimiento de la mascarilla; en este caso para mostrar el PSU que se encuentra en un avión, está basada en un paralelepípedo y se utilizará una sola mascarilla; para el cálculo y diseño se tomará en cuenta la construcción del paralelepípedo debido a que es más factible la instalación de los elementos electrónicos y existen menores fugas de esta manera se podrá obtener la lectura precisa para el accionamiento de la mascarilla (Ver. ANEXO E).

3.5.1.1. Dimensionamiento y cálculo de la cabina

Para el dimensionamiento y el diseño de la cabina, los datos que se toman inicialmente son:

Diámetro del cilindro $\varnothing = 60$ cm.

Longitud $L = 100$ cm

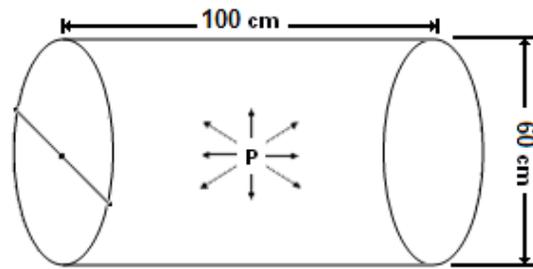


Fig. 3.14. Dimensionamiento del acumulador de presión

Elaborado por: Viviana García

Estos datos se dimensionan tomando en cuenta las dimensiones del compartimiento de la mascarilla.

Conforme al cálculo para el espesor del cuerpo del cilindro con presión interna se tiene:

Datos:

Material del cuerpo: Polimetilmetacrilato (PMMA)

Presión de operación: 15 psi = 2.7 kgf/cm²

Presión de diseño (P): 30 psi = 5.4 kgf/cm²

Temperatura de operación: 24° C

Temperatura de diseño: 30° C

Esfuerzo de trabajo (S): 1200 kgf/cm² (Ver. Anexo C)

Eficiencia (E): 0.85

Diámetro interior (D.I.): 60 cm

Corrosión permisible (C): 0

Desarrollo:

$$^{(TAB)} R = (D.I. / 2) + C$$

3.1. (TAB)

Donde;

R= Radio de diseño

D.I.= Diámetro interior

C= Corrosión permisible

$$R = (D.I. / 2) + C$$

$$R = (60 \text{ cm} / 2) + 0 = 30 \text{ cm}$$

$$R = 30 \text{ cm}$$

$$^{(TAB)} e = PR/SE - 0.6 P$$

3.2. (TAB)

Donde;

e= espesor

P= Presión de diseño

R= Radio de diseño

S= Esfuerzo de trabajo

E= Eficiencia

$$e = PR/SE - 0.6 P$$

$$e = (5.4 \text{ kgf/cm}^2 * 30 \text{ cm}) / [(1200 \text{ kgf/cm}^2 * 0.85) - (0.6 * 5.4 \text{ kgf/cm}^2)]$$

$$e=0.16 \text{ cm} * 10$$

$$e= 1.6 \text{ mm}$$

Por lo tanto de acuerdo a la tabla de propiedades del PMMA se selecciona de espesor de 3 mm un inmediato superior para brindar mayor seguridad.

3.5.2. Diseño del compartimiento

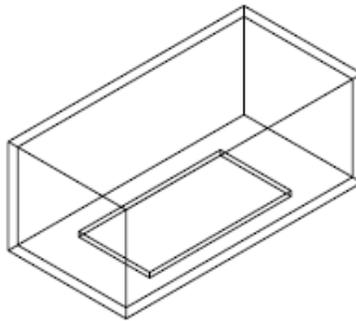


Fig. 3.15. Diseño del compartimiento de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García

Para el diseño del compartimiento de la mascarilla, se tomó en cuenta las medidas de la mascarilla. La forma del compartimiento es un paralelepípedo y existe un lado no sellado debido a que se necesita que la presión total del sistema sea censada de la misma manera en todo el sistema, la parte inferior llevará una tapa que cierre herméticamente y se abra con el funcionamiento del control electrónico correspondiente. (Ver. ANEXO E).

3.5.2.1. Dimensionamiento y cálculo del compartimiento

Las medidas de diseño para la construcción son las siguientes:

$$V_{\text{comp.}} = 13 \text{ cm} * 16.5 \text{ cm} * 33 \text{ cm}.$$

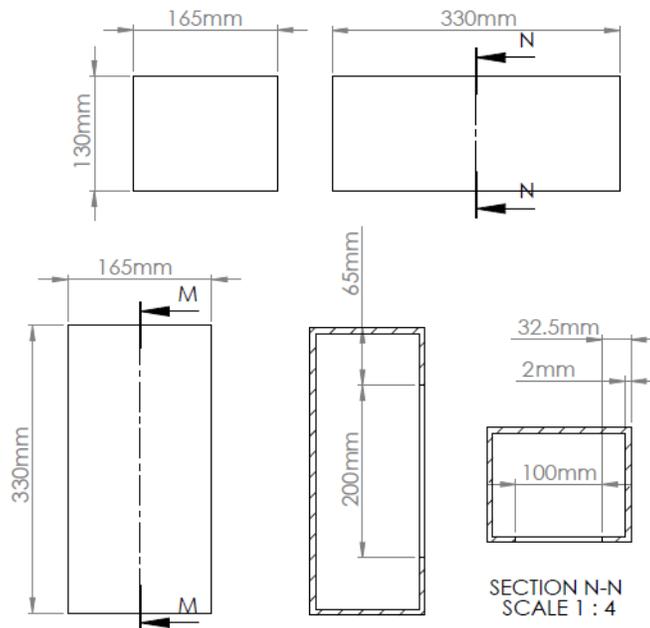


Fig. 3.16. Dimensionamiento del compartimiento de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García

Datos:

Material del Cuerpo: PMMA

Densidad del Material (δ): 1190 kg/m³ (Ver. ANEXO C)

Presión de Operación: 5 PSI = 0.9 kgf/cm²

Presión de Diseño (P): 30 PSI = 5.4 kgf/cm²

Esfuerzo de Trabajo (S): 1200 kgf/cm² (Ver. ANEXO C)

Área del compartimiento de la mascarilla:

a= 13 cm

b= 16.5 cm

c= 33 cm

(TAB) **A= 2 (ab + bc + ac)**

3.1. (TAB)

Para definir el área total del paralelepípedo se restará un lado.

$$A = ab + 2(bc + ac)$$

$$A = 13 \text{ cm} * 16.5 \text{ cm} + 2 [(16.5 \text{ cm} * 33 \text{ cm}) + (13 \text{ cm} * 33 \text{ cm})]$$

$$A = 214.5 \text{ cm} + [2 (544.5 \text{ cm} + 429 \text{ cm})]$$

$$A = 2161.5 \text{ cm}^3$$

$$A = 2.162 \text{ cm}^3$$

Volumen del compartimiento de la mascarilla:

$$(TAB) \quad V = a*b*c$$

3.2. (TAB)

$$V = a*b*c$$

$$V = 13 \text{ cm} * 16.5 \text{ cm} * 33 \text{ cm}$$

$$V = 7078.5 \text{ cm}^3$$

$$V = 7.079 \text{ cm}^3$$

Para la construcción del compartimiento de la mascarilla se utilizará el mismo espesor obtenido en el cálculo del cilindro para economizar materiales.

3.5.3. Diseño de los soportes de la cabina

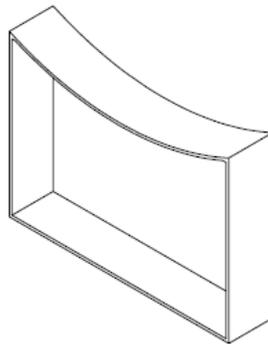


Fig. 3.17. Diseño de los soportes de la cabina

Elaborado por: Viviana García

Para el diseño del compartimiento de los soportes de cabina, se tomó en cuenta las medidas del fuselaje. (Ver. ANEXO F)

3.5.3.1. Dimensionamiento de los soportes de la cabina

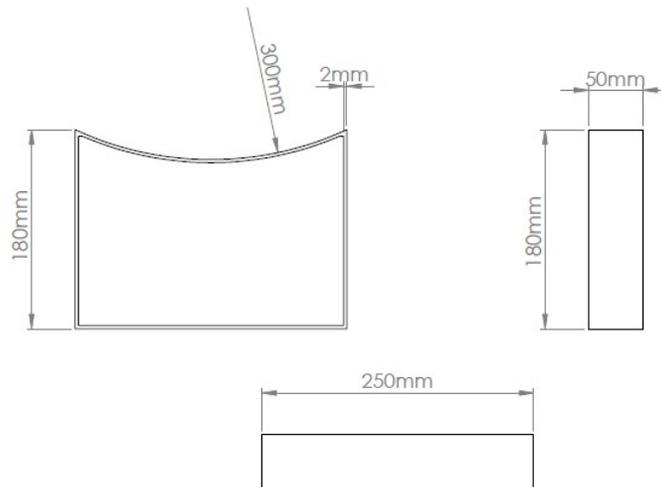


Fig. 3.18. Dimensionamiento de los soportes de la cabina

Elaborado por: Viviana García

Datos:

Material del Cuerpo: PMMA

Densidad del Material (δ): 1190 kg/m³ (Ver. ANEXO C)

Presión de Diseño (P): 30 PSI = 5.4 kgf/cm²

Esfuerzo de Trabajo (S): 1200 kgf/cm² (Ver. ANEXO C)

Para la construcción de los soportes de la cabina se utilizará el mismo espesor obtenido en el cálculo del cilindro para economizar materiales.

3.5.4. Diseño del bastidor o estructura de soporte del sistema

El diseño estructural del bastidor se realizó en el programa SAP 2000, esta estructura soportará todos los elementos presentes en el proyecto, se plantea una forma geométrica como la del gráfico siguiente.

Su construcción se lo realizará con tubería mecánica rectangular ASTM A-513, según el catalogo de DIPAC.

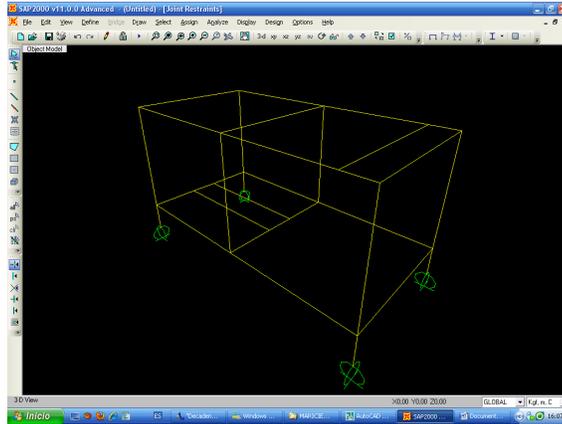


Fig. 3.19. Trazos para definición de diámetro del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

Análisis y diseño en SAP 2000 V 11.0, para el presente análisis estructural se plantea una estructura con perfiles rectangulares, utilizando acero A-36, se debe considerar cargas vivas y cargas muertas.

Cargas vivas: Son las que están presentes por motivos de construcción o montaje.

$$CV= 60 \text{ Kg/m}^2.$$

Cargas muertas: Se consideran cargas muertas al peso propio de la estructura, el peso de la cabina, el peso del compresor y demás accesorios.

$$CM1= 25 \text{ Kg}$$

$$CM2= 15 \text{ Kg}$$

Una vez considerado las cargas, se seguirá los pasos que se describen a continuación:

1) Se crea en el programa la geometría de la estructura, configurando a la vez sus unidades (Kgf, m, C), tipo de material y tipo de perfil a utilizarse.

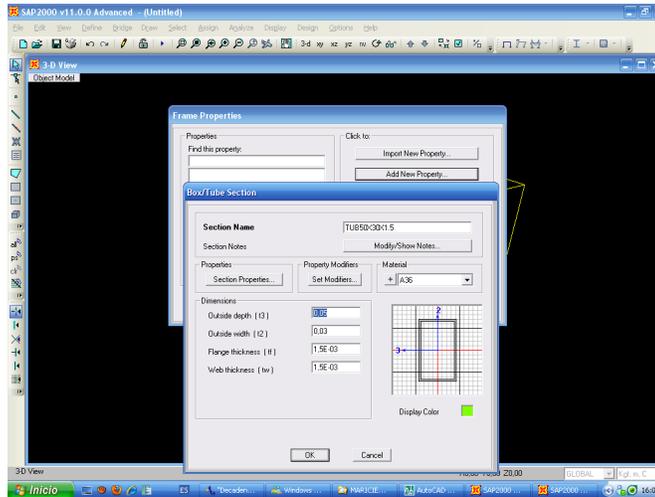


Fig. 3.20. Selección de la geometría de la estructura

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

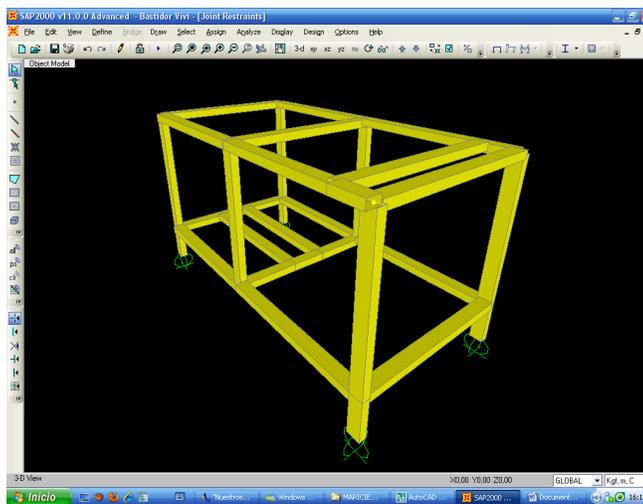


Fig. 3.21. Vista general del bastidor según sección seleccionada

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

2) Se define los estados de cargas.

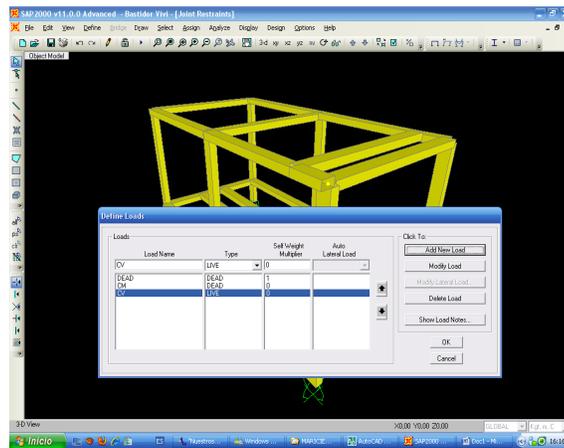


Fig. 3.22. Definición de cargas del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

3) Se aplica las cargas vivas distribuidas descritas anteriormente

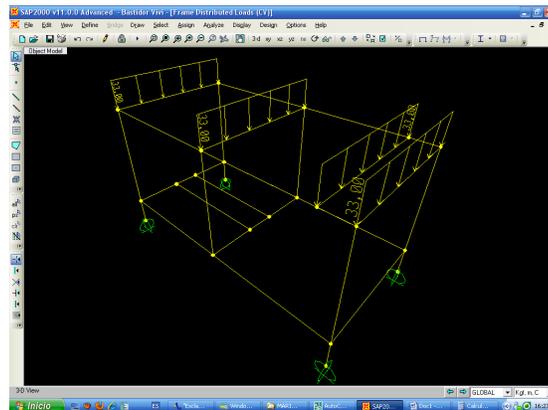


Fig. 3.23. Aplicación de las cargas vivas del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

3.1) Se aplica las cargas muertas puntuales descritas anteriormente

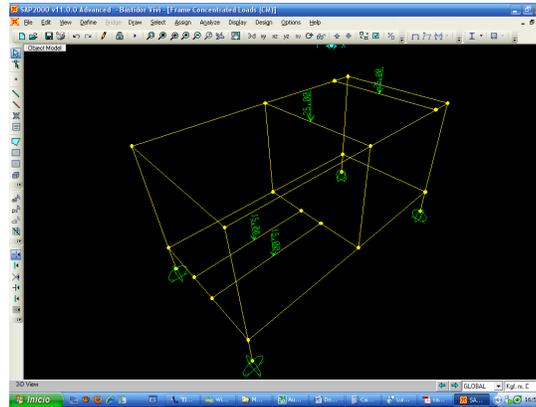


Fig. 3.24. Aplicación de las cargas muertas del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

4) Se envía a analizar con el programa, en el cual se puede observar los siguientes diagramas de corte y momento.

Diagrama de corte 2-2

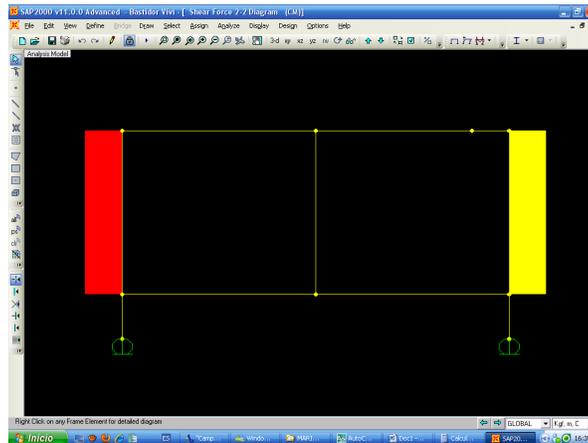


Fig. 3.25. Diagrama de corte 2-2 del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

Diagrama de Corte 3-3

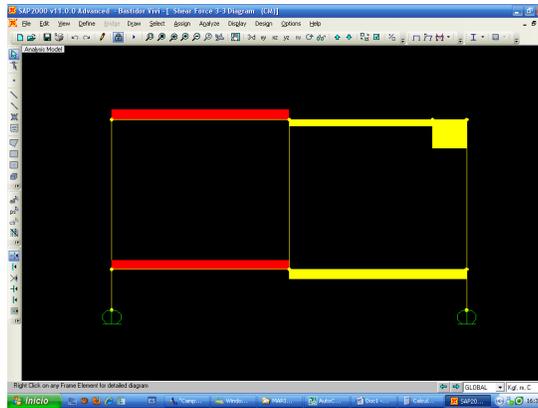


Fig. 3.26. Diagrama de corte 3-3 del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

Diagrama de momento 2-2

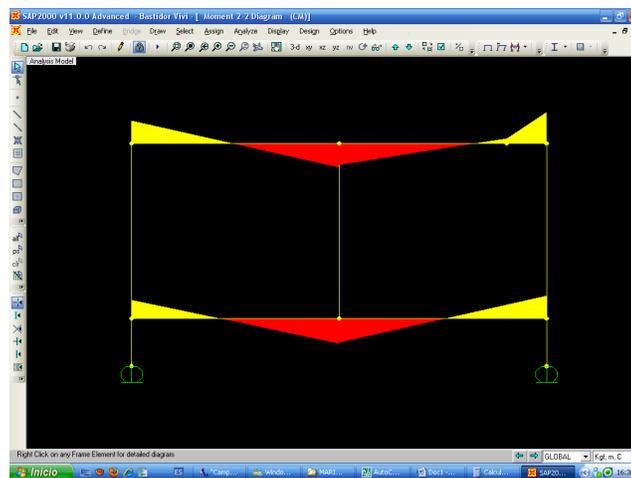


Fig. 3.27. Diagrama de momento 2-2 del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

Diagrama de momento 3-3

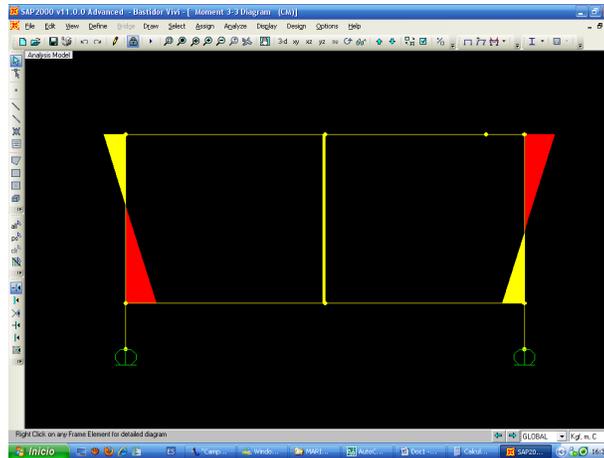


Fig. 3.28. Diagrama de momento 3-3 del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

5) Se envía a diseñar para que el programa analice y seleccione el perfil adecuado que va a soportar dichas cargas.

El cual selecciona un perfil rectangular de 50*25*1.5 mm

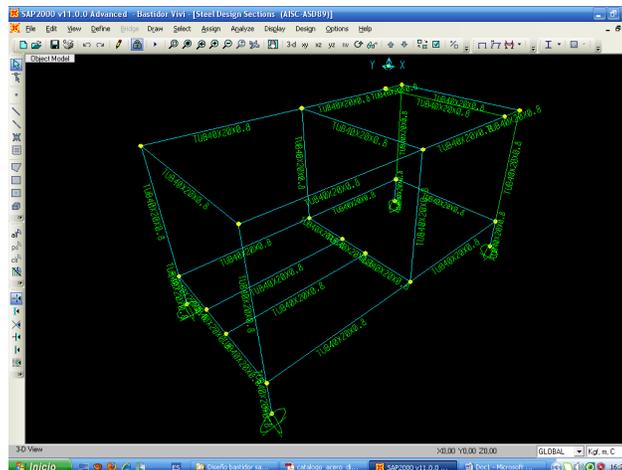


Fig. 3.29. Datos de dimensionamiento del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

6) Se verifica radios de giro, para lo cual se toma como referencia el radio mas critico 0.633

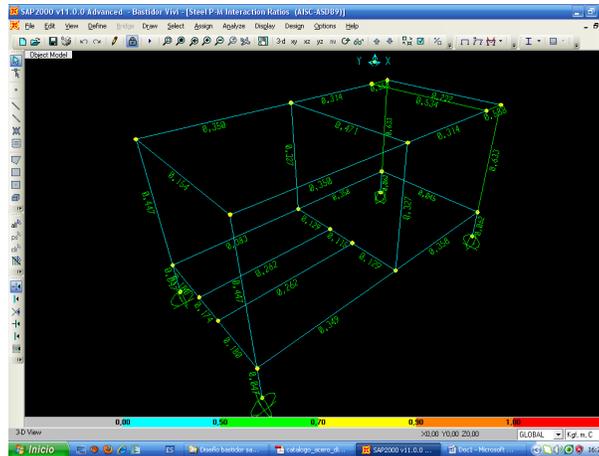


Fig. 3.30. Verificación de radios de giro del bastidor

Fuente: SAP 2000 V 11.0

Elaborado por: Viviana García

7) Obtengo el diseño final, con el perfil adecuado: Tubería rectangular 50*25*1.5, el cual se lo conserva para la construcción de todo el bastidor.

3.5.4.1. Dimensionamiento y cálculo del bastidor o estructura de soporte del sistema

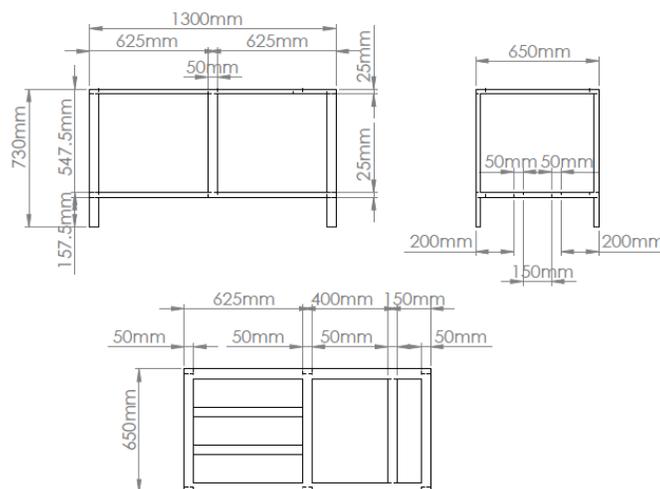


Fig. 3.31. Dimensionamiento del bastidor

Elaborado por: Viviana García

El dimensionamiento del bastidor o estructura de soporte se hace tomando en cuenta todo el diseño y construcción del sistema de control de presurización de cabina (Ver. ANEXO G).

3.6. Selección de elementos no construidos

3.6.1. Características de la mascarilla



Fig. 3.32. Mascarilla

Fuente: Investigación de Campo

La mascarilla de oxígeno que se utilizará en el sistema se obtuvo del compartimiento de mascarilla de un avión Boeing 727, la correa de fijación es elástica y posee un tubo de abastecimiento de 5 mm.

3.6.2. Selección del compresor



Fig. 3.33. Compresor

Fuente: Investigación de campo

Para la selección del compresor se toma en cuenta la presión con la que se va a trabajar en el sistema. El compresor a utilizar es el compresor de marca DARI que genera una presión máxima de 116 psi. Los datos técnicos son:

Potencia: 1/5 hp

Hz: 60

Tensión (V): 110/1

A: 12.5

RPM: 3400

Kw: 1.1

Tipo: YAGO OL1850

Código: 622HOD2648

L/min: 54.0

CFM: 1.91

Bar: 8 Psi: 116 DB(A):79

3.6.3. Selección de las líneas de trabajo



Fig. 3.34. CHELIC PU HOSE 5 mm

Fuente: SURMAQ

Una vez seleccionado el compresor se debe seleccionar las líneas de trabajo o tuberías que se van a necesitar; esto tomando en cuenta las características de las conexiones del compresor y las mangueras, a su vez la presión con la que se va a trabajar en el sistema. Se va a utilizar una manguera POLIUD 80 D *5ID azul, código CH PU0850-B. Para la unión de válvulas a las líneas de trabajo se instaló acoples de presión de sujeción rápida de ¼.

3.6.4. Selección de la válvula de seguridad

La válvula de seguridad, al igual que: las válvulas reguladoras o de alivio de presión fueron seleccionadas de acuerdo a las características técnicas de las especificaciones que se requieren para construir el sistema, la válvula seleccionada es una válvula reguladora de $\frac{1}{4}$ de 17 CFM 7-125 PSI con código TTQ AR2000, se encuentra regulada a 15 psi.



Fig. 3.35. Válvula de seguridad

Fuente: Investigación de Campo

Al seleccionar un componente, habrá que tener en cuenta el diseño global del sistema para conseguir un servicio seguro y sin problemas.

El diseñador de la instalación y el usuario son los responsables de la función del componente, de la compatibilidad de los materiales, de los rangos de operación apropiados, así como de la operación y mantenimiento del mismo.

3.6.5. Selección de las válvulas de alivio de presión



Fig. 3.36. Válvula reguladora de presión

Fuente: Investigación de Campo

Las válvulas de alivio de presión se escogerán según las especificaciones que se requieran (0-35 psi).

Para eliminar la sobrepresión del sistema se escogió un válvula de seguridad de ¼ NPT 35 PSI con código ST AS 250M-14-035

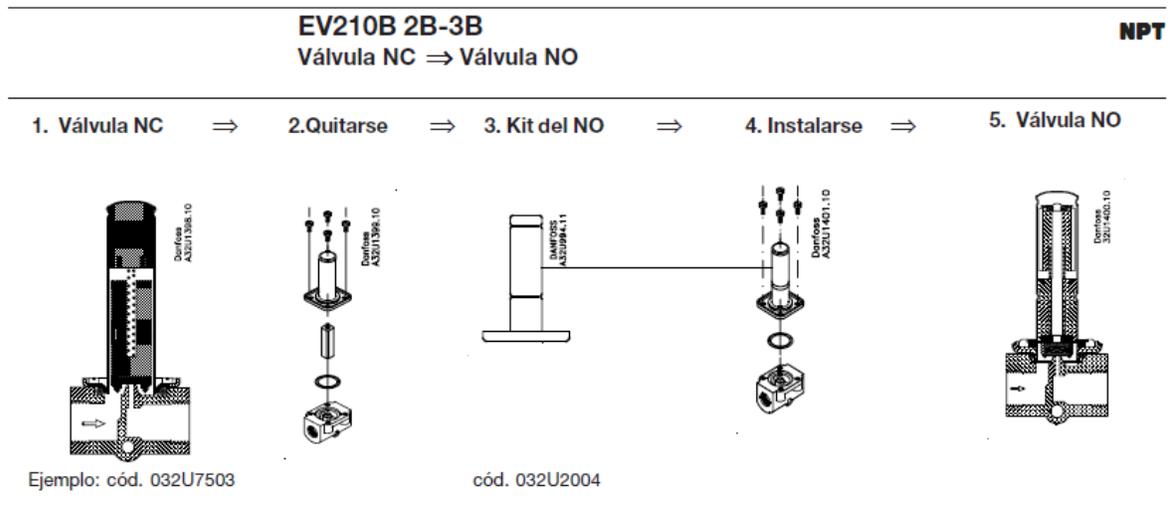


Fig. 3.37. Electroválvulas de alivio de presión

Fuente: Investigación de Campo

Para despresurizar el sistema se escogió la electroválvula reguladora de presión EV210B con código 032U2003 marca DANFOSS, para la aplicación se adquirió dos electroválvulas, ya que una de esta elimina la sobrepresión del sistema y la otra en presión de trabajo normal elimina el aire gradualmente y al llevar a los 5 psi acciona el sensor y cae la mascarilla.

3.6.6. Selección del manómetro

Se utilizó un manómetro de mercurio tipo aneroide, para medir la presión de aire aplicada en el sistema.



Fig. 3.38. Manómetro

Fuente: Investigación de campo

3.6.7. Selección del sellador



Fig. 3.39. Sellador Sista F109

Fuente: Investigación de Campo

Se utilizó Sista F109 (Sellador) que es un tipo de material: Neutral – silicona. Cumple con la norma ASTM C-920 (Especificación estándar para selladores elastoméricos conjunta). Se usa par sellado de vidrio en ventanas de madera según DIN 18545 (Acrilamiento con selladores, descuentos, sistemas de acristalamiento).

- No requiere cinta espaciador
- Las juntas de borde en las ventanas y puertas
- Sellado de los bordes de los elementos metálicos

Datos técnicos:

- **Materia prima base:** De silicona alcoxi
- **Temperatura de aplicación:** 5 ° C a +40 ° C
- **La formación de piel:** aprox. 7 a 10 minutos
- **El tiempo de curado en 5 mm:** aprox. 2 días
- **Densidad:** aprox. 1,03 g / ml
- **Dureza Shore A:** aprox. 20
- **Resistencia a la tracción:** 100% aprox. 0,4 N / mm²
- **Temperatura de servicio:** aprox. -40 ° C a +150 ° C
- **Pérdida de volumen (DIN 52.451):** aprox. -5%
- **Max. Movimiento total:** aprox. 25%
- **Ancho máximo conjunto:** 35 mm

Características especiales.- Cumple con los requisitos de la norma DIN 18545, la parte 2 del grupo E. Se adhiere con gran fuerza, evita fugas y filtraciones, resiste cualquier clima, no es tóxico. Fácil de aplicar. Elástico. Resistente a la abrasión: Prueba de resistencia a la abrasión, racha de formación, se adhiere a muchos sustratos sin imprimación compatible con prácticamente todos los motivos, resistente a la decoloración y no la luz ultravioleta, resistente al envejecimiento ya la intemperie, pintura compatible con prácticamente cualquier sistema de pintura (A1 DIN 52452, parte 4) Ensayo de selladores de construcción para la compatibilidad con productos químicos.”¹⁴

También se utilizó PRC que es una pega compuesta por dos partes: una resina poliéster color blanco llamada catalizador y el acelerante color negro el que produce que se seque la mezcla, se utilizó en una composición de 1 a 17 según las especificaciones del fabricante.

14[http://deweb02.henkel.com/henkel%5Cadhesives%5Ctm_acd.nsf/webviewde/5E70E79989EBF806C12572B3004507DF/\\$File/SistaF109.PDF?](http://deweb02.henkel.com/henkel%5Cadhesives%5Ctm_acd.nsf/webviewde/5E70E79989EBF806C12572B3004507DF/$File/SistaF109.PDF?OpenElement)
OpenElement

3.6.8. Selección del circuito electrónico

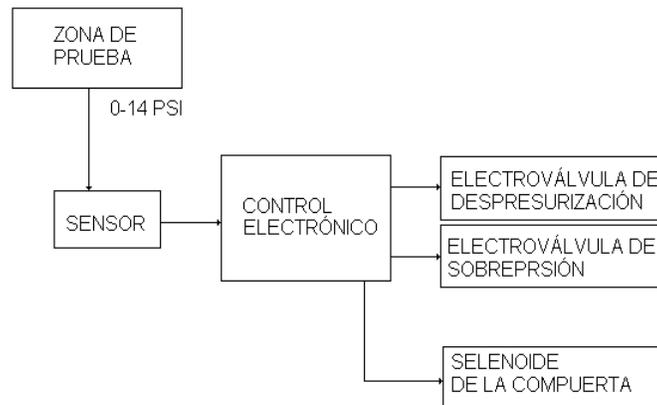


Fig. 3.40. Diseño del circuito electrónico en bloques

Fuente: Investigación de Campo

Se utilizará un diagrama del circuito electrónico en bloques para facilitar la explicación (Ver literal 3.10.2. Descripción del control electrónico)

3.7. Diagrama del proceso

Los diagramas de procesos están constituidos por simbología que indica cada uno de los pasos del proceso de construcción del sistema de control de presurización de cabina. En la siguiente tabla se describe la simbología que se va a utilizar para cada uno de los procesos de construcción.

N°	SIMBOLO	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección o Comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector
5		Continúa

Tabla 3.1. Simbología de los Diagramas de Proceso

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Viviana García

3.7.1. Diagrama del proceso de ensamblaje: Orden de construcción

La construcción del sistema de control de presurización se lo realizó por partes para optimizar tiempo y recursos y que se detallan a continuación.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| a) Cabina | f) Válvula reguladora de presión |
| b) Manómetro | g) Compartimiento para la mascarilla |
| c) Compresor | h) Mascarilla |
| d) Válvula reguladora | i) Control electrónico |
| e) Válvula de alivio de presión | j) Bastidor |

Matriz base

Material: Madera de roble

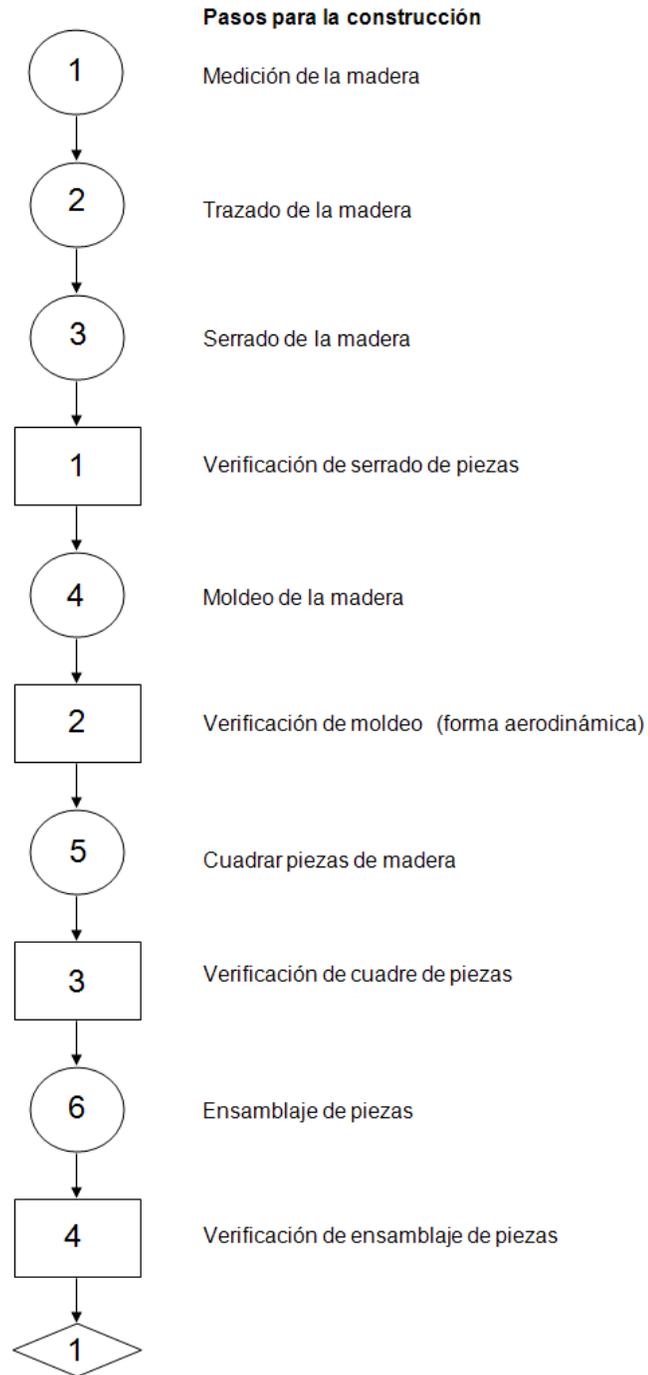


Diagrama de proceso 3.1. Construcción de la matriz base

Fuente: Construcción del sistema.

Elaborado por: Viviana García

Cabina
Material: Polimetilmetacrilato (PMMA)
Espesor: 2 mm

Pasos para la construcción

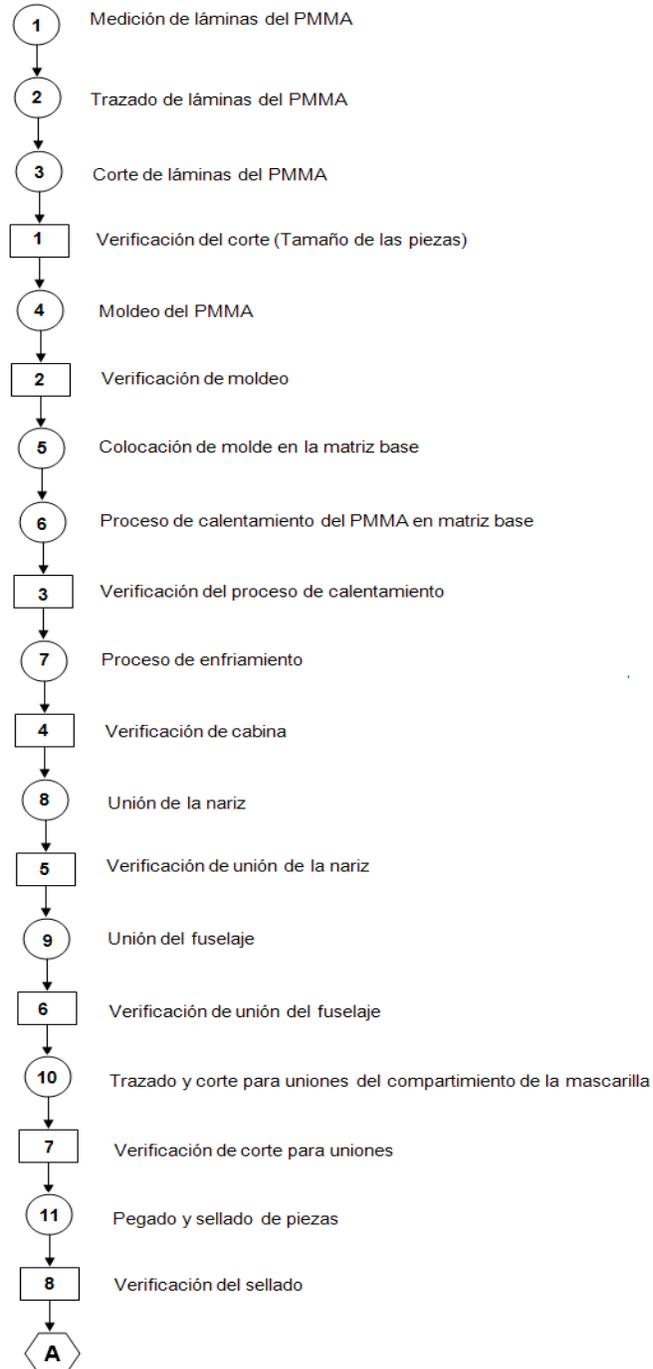


Diagrama de proceso 3.2. Construcción de la cabina

Fuente: Construcción del sistema.

Elaborado por: Viviana García

Compartimiento de la mascarilla

Material: Polimetilmetacrilato (PMMA)

Espesor: 2 mm

Pasos para la construcción

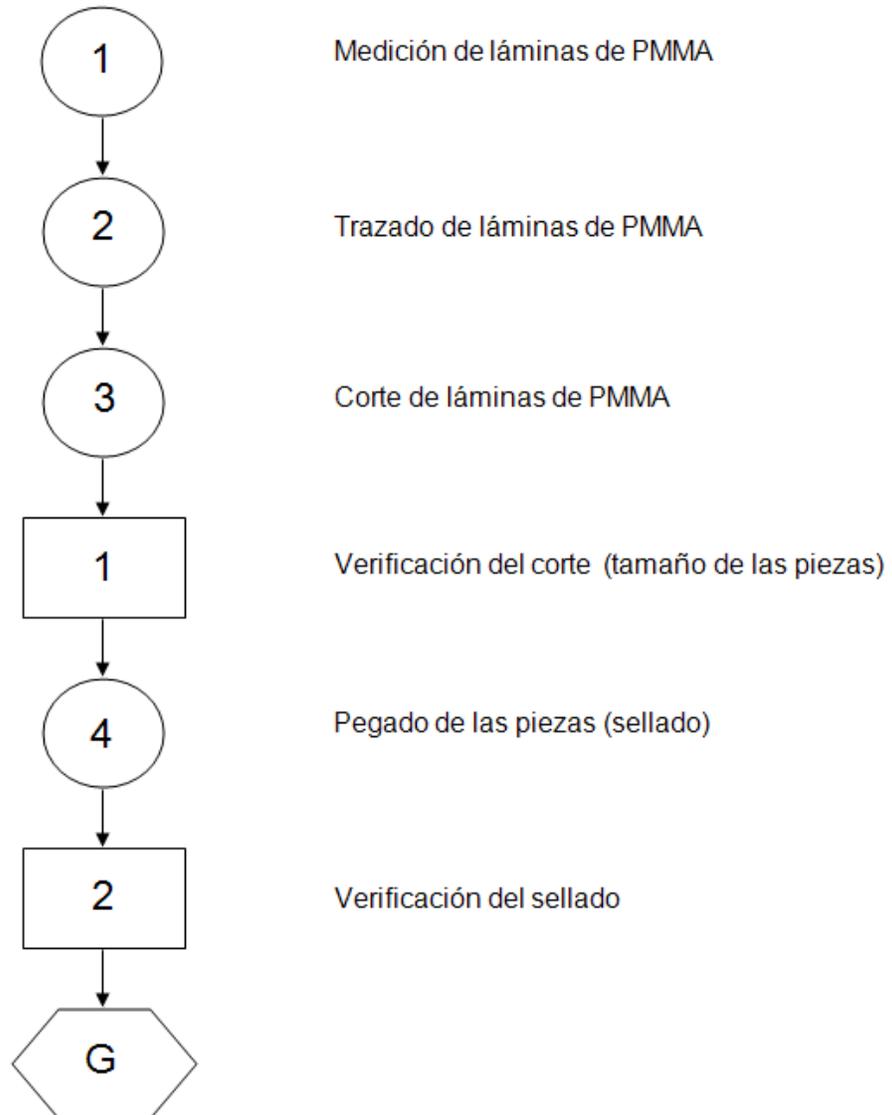


Diagrama de proceso 3.3. Construcción del compartimiento de la mascarilla

Fuente: Construcción del sistema.

Elaborado por: Viviana García

Bastidor

Material: Tubería mecánica rectangular

Dimensiones: 50*30*1.5 cm

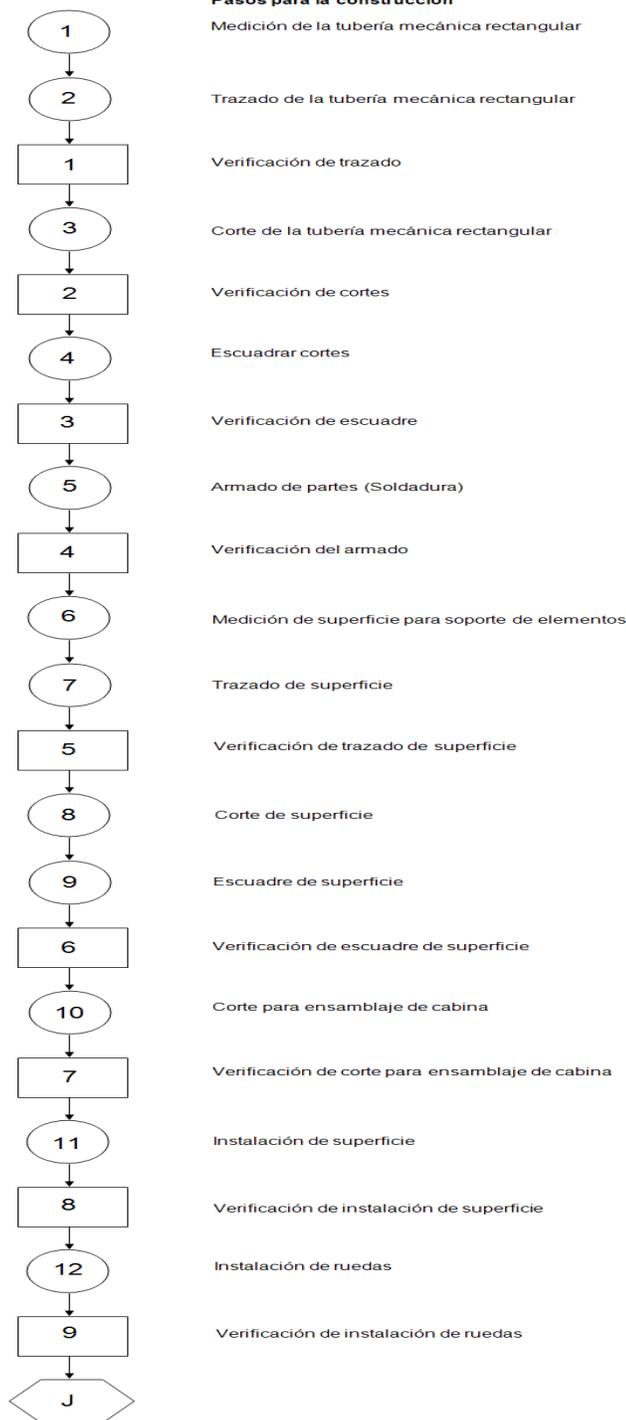


Diagrama de proceso 3.4. Construcción del bastidor

Fuente: Construcción del sistema.

Elaborado por: Viviana García

Ensamblaje final del sistema de control de presurización de cabina

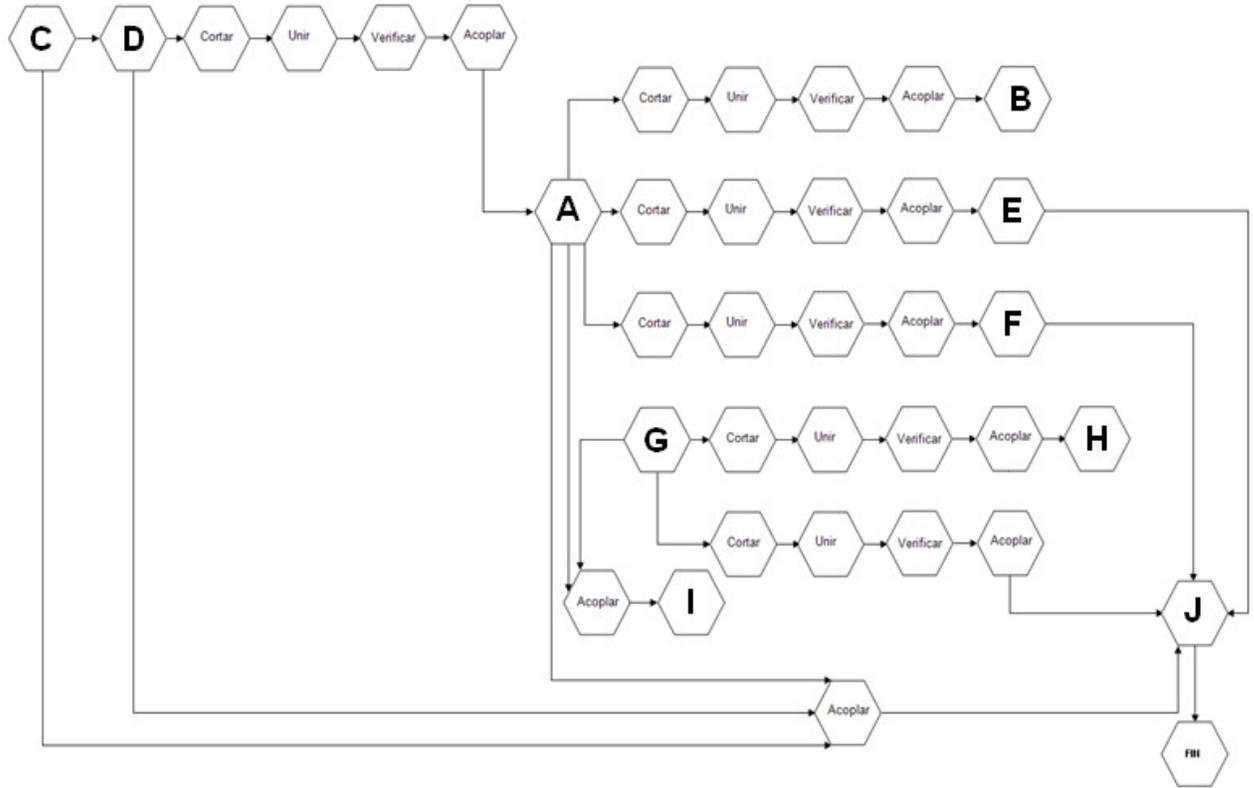


Diagrama de proceso 3.5. Ensamblaje final del orden de construcción

Fuente: Construcción del sistema

Elaborado por: Viviana García

3.8. Construcción del sistema de control de presurización de cabina

3.8.1. Construcción de la cabina

Se realizó un molde previo, se utilizó materiales compuestos para la matriz base, que incluyó: acetato de polivinilo o PVA más conocido como "cola blanca o pega", balsa y fibra de vidrio.



Fig. 3.41. Selección de madera para la realización de matriz base de la cabina

Elaborado por: Viviana García

Luego del secado de la matriz base se utilizó una lija de grano (material abrasivo que se adhiere al soporte de la lija) de carburo de silicio de 120 (mediana). Se lo realizó con una lijadora excéntrica.



Fig. 3.42. Lijado de la matriz base para la cabina

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.43. Moldeo de la matriz base para la cabina

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.44. Moldeo de la panza de la matriz base para la cabina

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.45. Matriz base culminada

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.46. Tallado de la nariz de la cabina

Elaborado por: Viviana García

Después del moldeo de la matriz, se obtuvo el molde de la cabina, se preparó la superficie y se aplicó el material PMMA.



Fig. 3.47. Colocación del PMMA en el molde

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.48. Ajuste del PMMA a la cabina para el proceso de calentamiento

Elaborado por: Viviana García

Una vez aplicado el PMMA se lo termoformó a una temperatura de 350° C, después se sacó el molde del horno y se lo tapó para su posterior enfriamiento.



Fig. 3.49. Tapado del molde matriz base para calentamiento en el horno

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.50. Enfriamiento del molde matriz base con PMMA de de la cabina
Elaborado por: Viviana García

Una vez que la matriz base se ha enfriando, se procedió al desmoldado de la pieza.



Fig. 3.51. Desmoldado de la cabina
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.52. Unión de partes con pegamento especial para acrílico
Elaborado por: Viviana García

Se realizó el sellado interno con silicón Sista F 109.



Fig. 3.53. Sellado de la nariz a la cabina
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.54. Sellado de nariz y cabina culminado
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.55. Unión de fuselaje a la cabina
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.56. Sellado del fuselaje
Elaborado por: Viviana García

La parte exterior de la cabina fue reforzada con PRC que es un polímero termoestable utilizado en aviación.



Fig. 3.57. Refuerzo de cabina con PRC
Elaborado por: Viviana García

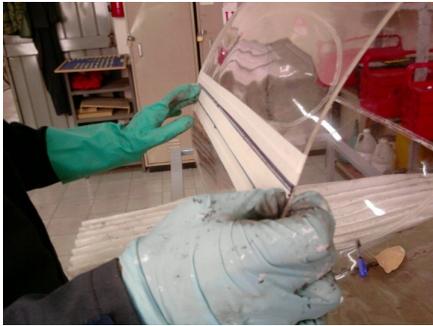


Fig. 3.58. Pegado de láminas de aluminio para refuerzo de fuselaje

Elaborado por: Viviana García

3.8.2. Construcción del compartimiento

De acuerdo con el diseño del compartimiento de la mascarilla, se procedió al corte de PMMA, se ajustó con clecos de 1/8 plgs. (3.2mm) para el encuadre del compartimiento.



Fig. 3.59. Construcción del compartimiento de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García

La instalación del compartimiento a la cabina, se la realizó con remache ciego tipo pasador guiado, la herramienta utilizada en este proceso fue una remachadora de mano.



Fig. 3.60. Instalación del compartimiento de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García

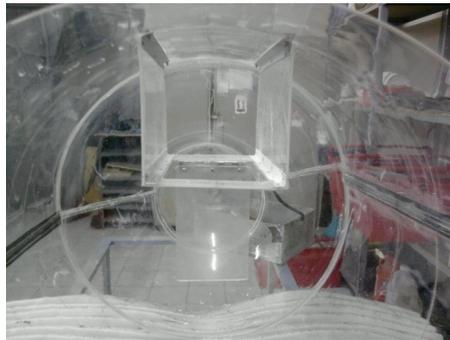


Fig. 3.61. Instalación de la compuerta para expulsión de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.62. Instalación de la tapa hermética para expulsión de la mascarilla

Elaborado por: Viviana García

Se realizó la tapa cortando el PMMA con una sierra circular, se hizo el corte donde se ubicó la tapa para presurizar el sistema.



Fig. 3.63. Tapa de sellado de fuselaje
Elaborado por: Viviana García

3.8.3. Construcción de los soportes para la cabina

Se termoformó la parte superior de los soportes para que coincidan con la parte interna del fuselaje de la cabina.

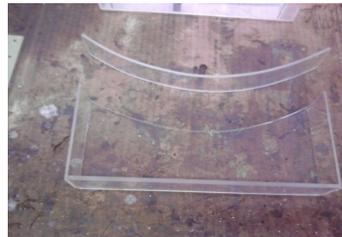


Fig. 3.64. Corte del PMMA para los soportes de cabina
Elaborado por: Viviana García

Se realizó el sellado utilizando una pistola para silicón con Sista F109.



Fig. 3.65. Sellado de los soportes para la cabina
Elaborado por: Viviana García

Se ajustó los soportes al bastidor utilizando pernos de aviación de 7/16 plgs.



Fig. 3.66. Sujeción de soportes al bastidor

Elaborado por: Viviana García

3.8.4. Construcción del bastidor

Para la estructura de soporte del bastidor se utilizó una tubería mecánica rectangular de 50*25*1.5 mm, se usó una placa metálica de 2 mm de espesor para la sujeción del compresor que fue ensamblado, se lo construyó de dimensiones apropiadas para que todos los componentes del sistema estén ensamblados correctamente y se evite daños en los mismos.



Fig. 3.67. Corte de la tubería rectangular

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.68. Unión y escuadre de piezas del bastidor
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.69. Unión de piezas por soldadura de arco eléctrico
Elaborado por: Viviana García

Se utilizó soldadura por arco eléctrico con electrodos E6012/ E6013.



Fig. 3.70. Sellado de uniones por soldadura de arco eléctrico
Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.71. Proceso de soldadura de bastidor culminado

Elaborado por: Viviana García

Después de terminar el proceso de soldadura del bastidor, se procedió al proceso de revestimiento.

Se preparó la superficie. El área a pintar deberá estar limpia, seca, libre de polvo, grasa, oxido y restos de pintura.



Fig. 3.72. Pinturas

Fuente: Kywi Super centro Ferretero



Fig. 3.73. Pieza para proceso de revestimiento

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.74. Limpieza de la superficie a pintar
Elaborado por: Viviana García

Se protegió el área cercana a pintar con papel periódico. Para asegurar un pintado uniforme, se agita vigorosamente el producto durante un minuto antes de aplicar y periódicamente durante la aplicación.



Fig. 3.75. Proceso de pintado
Elaborado por: Viviana García

Se aplicó de forma vertical a una distancia de 20 a 25 cm. del área a pintar, aplicando capas ligeras y dejando secar antes de la siguiente aplicación.



Fig. 3.76. Secado de la pieza
Elaborado por: Viviana García

Se debe quitar y limpiar la válvula con una aguja o alambre delgado y thinner, si se tapa. Al terminar la aplicación se limpió la válvula volteando el envase boca abajo y accionando la válvula hasta que salga únicamente gas.



Fig. 3.77. Proceso de revestimiento de bastidor culminado
Elaborado por: Viviana García

Para el aseguramiento de las garruchas se utilizó: pernos de $\frac{1}{4}$ por $\frac{1}{2}$ de pulgada de largo código 055085, arandelas planas de $\frac{1}{4}$ de pulgada código 054828, arandelas de presión de $\frac{1}{4}$ de pulgada, tuercas de $\frac{1}{4}$ de pulgada código 06368.



Fig. 3.78. Garrucha con seguro
Fuente: Kywi Super centro Ferretero

Para optimizar su traslado es necesario quitar el seguro de las garruchas.



Fig. 3.79. Aseguramiento para movilización del bastidor
Elaborado por: Viviana García

3.9. Ensamblaje de elementos no construidos

El sistema esta ensamblado de acuerdo al diagrama neumático. (Ver. ANEXO H)



Fig. 3.80. Perforación para ensamblaje de elementos no construidos
Elaborado por: Viviana García

Para poder instalar el manómetro y las válvulas se utilizó un taladro neumático.



Fig. 3.81. Eliminación de rebabas

Elaborado por: Viviana García

Para eliminar las rebabas del material, se procedió a utilizar un sacare-babas.



Fig. 3.82. Instalación de manómetro

Elaborado por: Viviana García



Fig. 3.83. Ensamblaje mecánico culminado

Elaborado por: Viviana García

3.10. Implementación de la instrumentación

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.



Fig. 3.84. Electroválvulas

Fuente: Investigación de Campo

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. La válvula se mantiene cerrada por la acción de un muelle y la corriente hace que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.



Fig. 3.85. Implementación del control electrónico

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Viviana García

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

3.10.1. Características del control electrónico

La interface es la conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

3.10.2. Descripción del control electrónico

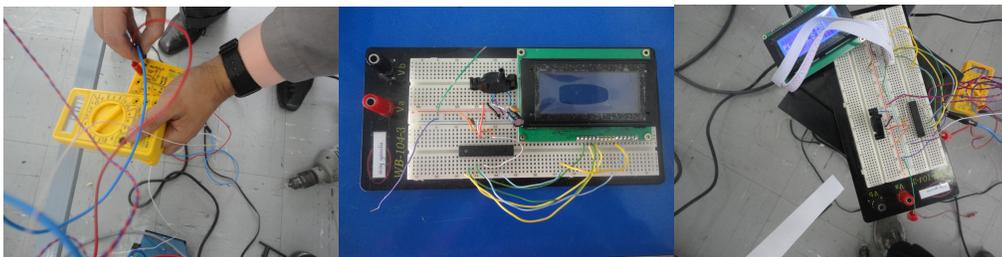


Fig. 3.86. Automatización del control electrónico

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Viviana García

La zona de prueba que trabaja a una presión de 0-14 psi es sensada por un transductor de presión MPX4115, el cual transforma la presión a un voltaje proporcional, este voltaje ingresa a un microcontrolador (circuito electrónico), el cual contiene un programa ya grabado en su memoria, que determina en función del voltaje que entrega el sensor la electroválvula que se va accionar o el selenoide para que caiga la mascarilla.

3.10.3 Culminación del Sistema

La realización del trabajo de graduación requirió de gran esfuerzo, interés y dedicación, se cumplió con las tres fases propuestas; para lograr culminar el sistema de control de presurización de cabina se realizaron procesos de diseños, ensamblaje de los elementos construidos (Ver. ANEXO I) y la implementación que dio como resultado el trabajo culminado (Ver. ANEXO J).

3.11. Presiones de trabajo

Para definir la presión en la que se desea trabajar se estableció la siguiente tabla de presiones.

DESCRIPCIÓN	PSI	FTS
Sobrepresión	16 PSI	Sobrepresión
Ambiente Presurizado	15 PSI	A nivel del mar
Presión de cabina normal	14 PSI	1.000 fts
Presión de cabina normal	13 PSI	4.000 fts
Presión de cabina normal	12 PSI	5.000 fts
Presión de cabina normal	11 PSI	6.000 fts aprox.
Presión de cabina normal	10 PSI	10.000 fts
Presión de cabina normal	9 PSI	11.000 fts aprox.
Presión de cabina normal	8 PSI	12.000 fts aprox.
Presión de cabina normal	7 PSI	13.000 fts aprox.
Presión de cabina normal	6 PSI	20.000 fts
Accionamiento de la mascarilla	5 PSI	25.000 fts
Mal de descompresión (Hipoxia)	4 PSI	30.000 fts
Mal de descompresión (Hipoxia)	3 PSI	40.000 fts
Mal de descompresión (Hipoxia)	2 PSI	50.000 fts
Mal de descompresión (Hipoxia)	1 PSI	Más 50.000 fts
	0 PSI	Más 50.000 fts

Tabla 3.2. Presiones de trabajo del sistema de control de presurización

Fuentes: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.12. Pruebas y análisis de resultados

3.12.1. Pruebas de operación

Una vez finalizada la etapa de construcción del sistema de control de presurización de cabina se procedió a realizar 3 pruebas de operación del control de presurización y despresurización de cabina. El resultado de estas pruebas se indica a continuación en la siguiente tabla.

COMPONENTES	SITUACIÓN FAVORABLE	SITUACIÓN NO FAVORABLE
Compresor	OK	
Válvula reguladora		x
Manómetro		x
Acumulador de presión		x
Válvula de reguladora de presión	OK	
Válvula de alivio de presión	OK	
Válvula de descarga de aire	OK	
Control electrónico del sistema	OK	
Compartimiento para la mascarilla	OK	
Mascarilla	OK	
Bastidor	OK	
Sellado de uniones		x

Tabla 3.3. Pruebas de operación N° 1

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

En esta prueba se constató fugas en la válvula reguladora, no existía lectura del manómetro, había fugas de aire en la cabina (acumulador de presión).



Fig. 3.87. Prueba de funcionamiento de válvulas

Elaborado por: Viviana García

Se ajustó la válvula reguladora y se la normalizó para una presión de trabajo de 16 psi, se cambió el manómetro por uno más sensible, las fugas de aire en la cabina (acumulador de presión) se visualizaron nuevamente esta vez se hizo una prueba con agua jabonosa.

COMPONENTES	SITUACIÓN FAVORABLE	SITUACIÓN NO FAVORABLE
Compresor	OK	
Válvula reguladora	OK	
Manómetro	OK	
Acumulador de presión		x
Válvula de reguladora de presión	OK	
Válvula de alivio de presión	OK	
Válvula de descarga de aire	OK	
Control electrónico del sistema	OK	
Compartimiento para la mascarilla	OK	
Mascarilla	OK	
Bastidor	OK	
Sellado de Uniones		x

Tabla 3.4. Pruebas de operación N° 2

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

Después de detectadas las zonas de fugas, se procedió a sellar nuevamente el fuselaje.



Fig. 3.88. Sellado de fuselaje
Elaborado por: Viviana García

COMPONENTES	SITUACIÓN FAVORABLE	SITUACIÓN NO FAVORABLE
Compresor	OK	
Válvula reguladora	OK	
Manómetro	OK	
Acumulador de presión	OK	
Válvula de reguladora de presión	OK	
Válvula de alivio de presión	OK	
Válvula de descarga de aire	OK	
Control electrónico del sistema	OK	
Compartimiento para la mascarilla	OK	
Mascarilla	OK	
Bastidor	OK	
Sellado de uniones	OK	

Tabla 3.5. Pruebas de operación N° 3

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.12.2. Pruebas de funcionamiento

Una vez finalizado el ensamblaje de todo el sistema se realizaron 3 pruebas de funcionamiento del mismo. En estas pruebas se pudo corregir algunos defectos que presentaba el sistema como: sellado de uniones de los elementos no construidos

donde existieron fugas esto se solucionó comprobando donde estaban las fugas de presión para posteriormente ajustar las conexiones, se pudo establecer las presiones de trabajo para comprobar el control electrónico del sistema.

Se notó que la posición y aseguramiento de los componentes al bastidor estaba desigual así que se verificó el proceso de ensamblaje de tal manera que exista uniformidad en la colocación entre elementos; se procuró realizar acciones correctivas de inmediato, para lograr un 100% de aprobación y aceptación de la condición de operación del sistema.

Se comprobó que la mascarilla cae, mientras la presión disminuye; cuando no existe la suficiente presión dentro del acumulador y el ambiente interno no esta a 15 psi. La compuerta del compartimiento de la mascarilla se abrió automáticamente dejándola caer, también se pudo constatar el cierre hermético manual de la compuerta y visualizar su correcta instalación.

Se realizó la prueba de sobrepresión en el sistema para ello no se utilizó la válvula reguladora de seguridad y esto permitió el paso de aire al acumulador, en ese momento la válvula reguladora de presión alivió el aire que no se necesita, dejando así los 15 psi con los que se esta trabajando, estando todo el sistema sincronizado perfectamente, se apreció los principios de presurización y despresurización de manera real, logrando el objetivo de controlar el sistema.

De igual manera se puede ver el funcionamiento del compresor que por fines didácticos simula la etapa del motor de donde se obtiene el aire sangrado para el sistema de presurización de cabina y las diferentes válvulas que son parte de los requerimientos de este sistema; como actúan en el avión, los elementos utilizados en el sistema no solamente están cumpliendo una función estética sino que ayudan a que exista una mayor similitud entre lo real y lo didáctico.

3.13. Elaboración de manuales y hojas de registro

A continuación se describen los diferentes procedimientos que debe realizar el operador del equipo para su correcto funcionamiento, sin poner en riesgo la seguridad del mismo y de las personas que intervienen en el proceso.

3.13.1. Manuales

Se dividen en tres:

- **Manual de seguridad**
- **Manual de operación**
- **Manual de mantenimiento**

Los manuales técnicos son el libro de “vida” de un avión; en el caso del sistema de control de presurización de cabina es un documento donde se detallan: la seguridad del operador y del equipo en el manual de seguridad, consta con todos los procedimientos que se deben seguir para el correcto uso del sistema en el manual de operación; además proporciona los cuidados preventivos que se deben dar para poder alargar la vida útil de los componentes con que cuenta dicho equipo esto explicado en el manual de mantenimiento.

3.13.2. Hojas de registros

Llevan un control del tiempo, el uso del sistema y permiten realizar el respectivo mantenimiento, entre estas hojas de registros se tiene:

- **Registros de operación**
- **Registros de daños o averías**
- **Registros de mantenimiento**

 I.T.S.A.	MANUAL DE SEGURIDAD		Pág. 1 de 1
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA		Código:
	Elaborado por: Viviana Paola García Chalco		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Msc. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<p>1.0.- OBJETIVO:</p> <p>Fundamentar de manera escrita los procedimientos de seguridad para el uso del sistema, salvaguardando la seguridad del técnico u operador apoyando a la conservación del equipo mediante los respectivos manuales.</p> <p>2.0.- ALCANCE:</p> <p>Explicar las medidas de seguridad que se deben seguir para la operación segura del Sistema de Control de Presurización de Cabina al personal que lo va a operar.</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- El personal técnico debe estar familiarizado con la correcta operación del equipo. 2.- Realizar una inspección visual de todo el sistema para comprobar las condiciones del mismo antes de ponerlo en funcionamiento. 3.- Comprobar que el sistema este sobre una superficie nivelada. 4.- Revise que el sistema no se encuentre con presión retenida. 5.- Revise que las conexiones al control eléctrico estén en perfecto funcionamiento. 6.- Revise las posiciones de las válvulas. 7.- Revise que los manómetros indiquen una presión de 0 psi. 8.- Verifique la presión con la que va a trabajar y hágalo con cuidado. 9.- No manipular el Sistema de Control de Presurización de Cabina cuando este en funcionamiento porque podría existir sobrepresión. 10.- No apoyarse sobre la superficie. 11.- Cuando termine de utilizar el sistema alivie toda la presión y apague el sistema. <p>4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>			

 I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. 1 de 2
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA		Código:
	Elaborado por: Viviana Paola García Chalco		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Msc. Washington Molina	Fecha:	Fecha:

1.0.- OBJETIVO:

Fundamentar de manera escrita los procedimientos de operación del Sistema de Control de Presurización de Cabina para el uso de operación del sistema, apoyando a la conservación del equipo mediante los respectivos manuales.

2.0.- ALCANCE:

Guiar al usuario sobre los pasos que se deben seguir para la operación correcta del sistema.

3.0.- PROCEDIMIENTO:

- 1.- Comprobación del sistema antes de ponerlo en servicio
- 2.- Conectar el cable del compresor a la red eléctrica (110 V AC)
- 3.- Suministrar aire a la presión que desea obtener (14,7 psi) para presurizar el sistema, en caso de existir sobrepresión en el sistema alvíela utilizando la válvula reguladora de presión.
- 4.- Si solo trabaja con la presión establecida para presurizar el sistema cierre el paso de aire con la válvula Check.
- 5.- Para despresurizar el sistema hágalo mediante la válvula de alivio hasta llegar a la presión de 5 psi o una menor, la mascarilla caerá automáticamente.
- 6.- Después de comprobar el funcionamiento del sistema alivie la presión interna hasta llegar a 0 psi.
- 7.- Cierre todas las válvulas y no permita ingreso de aire.
- 8.- Cierre manualmente el compartimiento de la mascarilla.
- 9.- Comprobar que el sistema este en la posición correcta para ocuparlo nuevamente.
- 10.- No permitir que el sistema sobrepase los 30 psi o más ya que podría quebrarse la cámara herméticamente sellada u ocasionar un accidente.

 I.T.S.A.	MANUAL DE OPERACIÓN		Pág. 2 de 2
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA		Código:
	Elaborado por: Viviana Paola García Chalco		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Msc. Washington Molina	Fecha:	Fecha:

11.- Verificar la lectura de los manómetros y el estado de las válvulas.

12.- Desconectar el sistema de la alimentación eléctrica.



En caso de existir sobrepresión apague el compresor y alivie la presión utilizando la válvula reguladora de presión.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____

 I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág. 1 de 3
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA		Código:
	Elaborado por: Viviana Paola García Chalco		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Msc. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<p>1.0.- OBJETIVO:</p> <p>Fundamentar de manera escrita los procedimientos de mantenimiento del Sistema de Control de Presurización de Cabina para el uso de operación de dicho sistema, apoyando a la conservación del equipo mediante los respectivos manuales.</p> <p>2.0.- ALCANCE:</p> <p>Indicar que debe hacerse para preservar y conservar en un estado óptimo el Sistema de Control de Presurización de Cabina al personal que lo utilice.</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO:</p> <p>3.1.- Mantenimiento de operación.</p> <p>Se denomina ciclo a cada proceso de operación desde el encendido, funcionamiento y apagado del Sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En cada ciclo realice una inspección visual de los componentes que comprende el Sistema de Control de Presurización de Cabina. • Verificar que no existan fugas, golpes, daños, u otros problemas que se puedan detectar a simple vista. • Visualizar la posición de las válvulas y de los manómetros. • Al finalizar cada operación dejar limpio el Sistema de Control de Presurización de Cabina sin residuos de ningún tipo u elementos ajenos al sistema. <p>3.2.- Mantenimiento Semestral.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar todo el Sistema de Control de Presurización de Cabina. • Revisar la alimentación del compresor. • Chequear las uniones de todos los componentes del sistema. • Revisar que el cableado se encuentre en buenas condiciones, que no existan zonas peladas, rotas o quemadas 			

 I.T.S.A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO		Pág. 2 de 3
	SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA		Código:
	Elaborado por: Viviana Paola García Chalco		Revisión N°: 001
	Aprobado por: Msc. Washington Molina	Fecha:	Fecha:
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar el acumulador de presión y verificar que no existan fisuras, roturas en la estructura de polimetilmetacrilato. • Revisar el compartimiento de la mascarilla y conexiones del circuito electrónico y sensores (ubicados en la parte inferior de la cabina). • Limpiar con un paño seco y que no tenga pelusas. • Comprobar el estado del Sistema, el accionamiento de la mascarilla y su posterior cierre. • Limpiar todo el sistema a profundidad, para evitar depósitos de polvo. • Verificar el estado de cada uno de los componentes del sistema: compresor, válvula reguladora, válvulas de alivio de presión, manómetro, cabina, compartimiento, mascarilla, válvula de reguladora de presión, control electrónico del sistema, bastidor. <p>3.2.3.- Mantenimiento Anual.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar el control electrónico. • Limpiar el control electrónico con WD-40 utilizando una escobilla. • Realice el mantenimiento de la válvula de seguridad, válvulas de alivio de presión, válvula reguladora de presión. • Utilice las herramientas adecuadas para el desmontaje de válvulas y su posterior ensamblaje • Realice la inspección de la líneas de trabajo (mangueras) cambie en caso de ser necesario. • Examine las uniones y asegúrese de que estén bien sujetas y rígidas que no existan fugas o estén flojas. • Calibrar el manómetro. 			



I.T.S.A.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

**SISTEMA DE CONTROL DE
PRESURIZACIÓN DE CABINA**

Pág. 3 de 3

Código:

Elaborado por: Viviana Paola García Chalco

Revisión N°: 001

Aprobado por:
Msc. Washington Molina

Fecha:

Fecha:

NOTA: Si realiza algún cambio en los componentes asegúrese que la parte que va a reemplazar corresponda o tenga las mismas características del componente cambiado además realice las pruebas de operación y funcionamiento correspondientes del equipo.

4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD

3.14. Estudio económico

3.14.1 Cotización para la implementación del proyecto

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL
Polimetilmetacrilato		Plancha 0,2 mm 120x240	4	161,25	645,00
Silicón transparente	288489			2,18	2,18
Pernos	063681	¼ inchs * ½ inchs	16	0,06	0,96
Tuercas	055085	¼ inchs	16	0,02	0,32
Arandelas de presión		¼ inchs	16	0,03	0,48
Acople recto	TTC PC 08-02	8 mm ¼ MPT	7	1,02	7,14
Compresor			1	245,50	245,50
Válvula reguladora	TTQ AR2000	¼ 17 CFM 7-125 PSI	1	7,54	7,54
Válvula de alivio de presión	ST AS250M-14-035	¼ NPT 35 PSI	1	10,61	10,61
Manómetro		30 PSI Baja presión	1	12,90	12,90
Mangueras	CH PU0850-B	CHELIC PU HOSE 5*8 mm	2	0,97	1,94
Pistola metálica P/silicón	287881		1	1,83	1,83
Cinta teflón	187933	¾" x 7.5 mts		0,40	0,40
Válvula reguladora de presión		¼ inchs	1	10,00	10,00
Tubería rectangular		50*25*1.5 mm (6 mts)	3	16,95	50,85
Pintura	032069-563250		1	11,42	11,42
Masking multiuso	445088	40YX18MM SHURTAPE		0,67	0,67
Cuerpo de Valv. Solenoide	CODAU0003	EV210B 3B	2	52,00	104,00
Bobina	CODAU0161	018F6710 115V 60HZ IP67 80C	2	52,53	105,06
Control electrónico			1	200,00	200,00
PIC16F877A		PIC16F877A	1	4,22	4,22
CRY 4MHZ		CRY 4MHZ	1	0,34	0,34
CC 22 PF/50V		CC 22 PF/50V	2	0,07	0,14
LCD 16X4 AZ		LCD 16X4 AZ	1	8,71	8,71
R 10 OHM 1/4W		R 10 OHM 1/4W	1	0,02	0,02
R 4.7 KOHM 1/4W		R 4.7 KOHM 1/4W	1	0,02	0,02
SENSOR MPX4115		SENSOR MPX4115	2	23,74	47,48
CABLE 20 HILOS		CABLE 20 HILOS	1	1,34	1,34
CON-POLHDR 16P		CON-POLHDR 16P	1	1,12	1,12
				TOTAL	1.482,19

Tabla 3.6. Cotización para la implementación del proyecto

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.14.2. Presupuesto

El presupuesto de la construcción de este proyecto se basó en proformas que se cotizaron para cada uno de los materiales y accesorios que se utilizaron, el monto total a utilizar es de **1482,19** dólares americanos, que se detalla a continuación:

3.14.3. Costos

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costos primarios (Materiales de construcción).
- Maquinaria, herramienta y equipo.
- Mano de obra.
- Costos secundarios (Material de oficina).

3.14.4. Maquinaria, herramienta y equipos

MAQUINARIA	UNIDADES	TIEMPO (h)	COSTO (USD)
Torno	1	5:00	20,00
Sierra	1	2:00	5,00
Taladro de mano	1	1:00	3,00
Cortadora manual	1	1:00	10,00
		TOTAL	38,00

Tabla 3.7. Maquinaria, herramienta y equipos

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.14.5. Mano de obra

DETALLE	NÚMERO DE PERSONAS	COSTO UNITARIO	VALOR TOTAL (USD)
1	Técnico Electrónico	25,00	25,00
		TOTAL	25,00

Tabla 3.8. Mano de obra

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.14.6. Costos primarios

DESCRIPCIÓN	SUB/TOTAL (USD)
Material de construcción	1482,19
Mano de obra	25,00
Maquinaria, herramienta y equipos	38,00
TOTAL	1545,19

Tabla 3.9. Costos primarios

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.14.7. Costos secundarios

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VALOR TOTAL (USD)
Pago aranceles de graduación.	1	120,00
Resma de papel	2	10,00
Internet		5,00
Cartuchos de tintas	2	50,00
Anillados	4	8,00
Empastado	1	35,00
CD del proyecto.	1	2,00
Imprevistos		50,00
TOTAL		280,00

Tabla 3.10. Costos secundarios

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

3.14.8. Costo final

DESCRIPCIÓN	SUB/TOTAL (USD)
Costos primarios	1545,19
Costos secundarios	280,00
TOTAL	1825,19

Tabla 3.11. Costo final

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Viviana García

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante el diseño y la construcción del presente proyecto, se implementó un sistema de control de presurización de cabina basándose en un diseño inicial, el mismo que se fue optimizando a medida que avanzaban los trabajos para obtener los resultados deseados, demostrando la operación de los sistemas de presurización y despresurización de la cabina cuando se obtiene una presión máxima de 15 psi.
- Se recopiló, seleccionó y ordenó la información necesaria para la elaboración del sistema de control y presurización de la cabina, haciendo un estudio de los sistemas de presurización y despresurización en la cabina, de esta manera se contribuye con desarrollo tecnológico de los estudiantes, del Instituto y del país.
- Se elaboraron los manuales de seguridad, operación y mantenimiento del sistema para preservar la vida útil y el correcto funcionamiento del equipo, a fin de que pueda brindar el beneficio requerido a estudiantes y a docentes en los procesos de enseñanza teórico práctico que se desarrollan en el ITSA.
- El sistema representa el principio de operación del sistema de presurización de cabina y es el caso más común en la aviación cuando existe déficit de oxígeno o se ha perdido la presión interna de cabina.
- El sistema de sellado de una tapa hermética debe estar distanciado con una pulgada, para evitar de formaciones en el material con la consecuente fuga de presión.

- Los sensores de presión deben de tomar en cuenta la presión atmosférica el lugar donde se encuentre el sistema, en este caso en Latacunga 10.4 psi. El manómetro que se utilizó es un manómetro neumático la presión que mide dentro del sistema puede llegar a oscilar hasta 22 mmHg.
- Cuando un avión asciende en metros de altitud, la presión es menor por eso el aire ingresa al sistema porque en caso contrario si se trabajara sacando aire la presión disminuiría considerablemente además de crear un vacío y existieran presiones negativas.

4.2. Recomendaciones

- Se debe ejecutar más trabajos de este tipo ya que permiten observar de manera tangible y real, el funcionamiento de los diferentes sistemas del avión en las condiciones de operación normal y en caso de emergencia.
- Se recomienda poner especial atención a los sistemas de presurización, ya que tiene gran importancia en el suministro de aire a pasajeros y la tripulación, en general en el vuelo de una aeronave.
- Se debe utilizar el sistema de control de presurización de cabina solo para fines didácticos y para lo que fue diseñado, no desmontar ninguno de sus componentes sin la supervisión de un técnico.
- El sistema debe ser operado por una persona capacitada y entrenada en operar este tipo de proyectos.
- Es de vital importancia, se tome en cuenta pegar todas las partes del cuerpo de la cabina con un material resistente a altas presiones y temperaturas, de manera que cuando ingrese aire, este no se escape y se pueda obtener las presiones deseadas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AIRE: Fluido que forma la atmósfera de la Tierra. Es una mezcla gaseosa, que, descontado el vapor de agua que contiene en diversas proporciones, se compone aproximadamente de 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a este, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono.

AIRE COMPRIMIDO: Cuyo volumen ha sido reducido para aumentar su presión y aprovecharla como energía al expansionarse

ATMÓSFERA: Capa gaseosa de aire que rodea la Tierra.

ALTITUD DE CABINA: Corresponde a la presión de cabina en un instante determinado, en atmósfera estándar.

ALTITUD MÁXIMA DE CABINA: Máxima altitud de cabina autorizada para el avión.

BARÓMETRO: Instrumento que sirve para determinar la presión atmosférica.

BARÓMETRO DE MERCURIO: El que indica la presión atmosférica de un gas por la diferencia de nivel entre dos recipientes llenos de mercurio, comunicados entre sí, uno de los cuales es un tubo vertical de unos 90 cm de largo, en cuya parte superior se ha hecho el vacío por encima del nivel de mercurio.

BARÓMETRO METÁLICO: El constituido por un recipiente metálico, con paredes muy elásticas, del cual se ha extraído el aire y que modifica su forma cuando la presión de la atmósfera varía. Tal modificación se transmite amplificada a una aguja que señala la presión.

BARÓMETRO REGISTRADOR: El que inscribe automáticamente las variaciones de la presión atmosférica en un cilindro giratorio.

BAROTRAUMA: Un barotraumatismo, también conocido como barotrauma es el daño físico causado a los tejidos del cuerpo por una diferencia de presión entre el espacio aéreo al interior o junto al cuerpo y el gas o líquido que lo rodea.

COMPRESIÓN: Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen.

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.

DESCOMPRESIÓN: Reducción de la presión a que ha estado sometido un gas o un líquido.

DESCOMPRESIÓN EXPLOSIVA: Se denomina descompresión explosiva al cambio de presión de la cabina más rápido de lo que pueden hacerlo los pulmones (menos de 0.5 segundos). Este tipo de descompresión es potencialmente peligrosa para los pulmones y se corre también el riesgo de ser golpeado por objetos voladores.

DESPRESURIZACIÓN: Pérdida de presión en cabina, a medida que aumenta la altitud, disminuyen la presión y la temperatura.

DUREZA: Dicho de un cuerpo que se resiste a ser labrado, rayado, comprimido o desfigurado, o que no se presta a recibir nueva forma o lo dificulta mucho, resiste y soporta bien la fatiga.

ESPÍN: Momento intrínseco de rotación de una partícula elemental o de un núcleo atómico.

GAS: Sustancia en uno de los tres estados diferentes de la materia ordinaria, que son el sólido, el líquido y el gaseoso.

HISTÉRESIS: Es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.

HIGROSCÓPICO: Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.

HIPOTERMIA: Es un descenso de la temperatura corporal por debajo de los -35° C. Puede producir la inconsciencia y la muerte.

HIPOXIA: Trastorno en el que el organismo o algún tejido se ve privado de oxígeno. Ocurre cuando se está a gran altitud o se bucea. Los síntomas son parecidos a los del MAM, pero incluyen coma, ataques y coloración azul de la piel. Déficit de oxígeno en un organismo.

MAL AGUDO DE MONTAÑA (MAM): Es la falta de adaptación del organismo a la escasez de oxígenos. Se produce cuando se está mucho tiempo en una altitud comprendida entre los 2.400 metros y los 7.000 metros (Zona de la Muerte). Dolor de cabeza, náuseas, vómitos, falta de apetito, cansancio, falta de sueño, son algunas de sus causas.

MALEABLE: Que puede golpearse y dilatarse en planchas o láminas, característica de un material que se le puede dar otra forma sin romperlo.

OXÍGENO: Elemento químico, muy abundante en la corteza terrestre, constituye casi una quinta parte del aire atmosférico en su forma molecular O_2 . Es un gas más pesado que el aire, incoloro, inodoro, insípido y muy reactivo, es esencial para la respiración y activa los procesos de combustión.

PRESIÓN: Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: La que ejerce la atmósfera sobre todos los objetos inmersos en ella. Su valor normal al nivel del mar es de 760 mm Hg o 1013 mbar.

PRESIÓN DIFERENCIAL DE CABINA: Diferencia entre la presión de cabina y la atmosférica.

PRESURIZACIÓN: Es equilibrar o igualar presiones, manteniendo la presión atmosférica normal en un ambiente, independientemente de la presión exterior.

PRESURIZACIÓN DE CABINA: Es la presión atmosférica normal en un avión, independientemente de la presión exterior; donde la presión o compresión genera un ambiente artificial, permitiendo que la presión que se tiene a menos pies de altura sea aparentemente la que se puede respirar sin dificultad a pesar de estar a mayor pies de altura.

RIGIDEZ: Cualidad de los materiales que no se pueden doblar o torcer con facilidad

SÍNDROME DE DESCOMPRESIÓN: Es el término empleado para denominar a la [enfermedad](#) aguda conocida en [medicina](#) como [embolia](#) gaseosa producida por una disminución brusca de la [presión atmosférica](#).

SOBREPRESIÓN: Se define como la diferencia entre la presión atmosférica y la onda de choque.

UMBRAL: Valor mínimo de una magnitud a partir del cual se produce un efecto determinado.

VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN: Están diseñadas para liberar fluido cuando la presión interna supera el umbral establecido. Evita una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.

ABREVIATURAS

ABS Antilock Brake System (sistema de antibloqueo), dispositivo diseñado para dar adherencia a los neumáticos durante el proceso de frenado. Valor absoluto.

Aprox. Aproximadamente

1.1.1

1.1.2 ATA (Air Transport Association) **Asociación de Transporte Aéreo**

Atm atmosfera

Bar unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 atm). Su símbolo es «bar». La palabra «bar» tiene su origen en «báros» (βάρος), que en griego significa «peso»

cmH₂O centímetros de agua

Co₂ Dióxido de carbono

CFM Pies cúbicos por minuto (Cubic feet per minute)

daN/cm² Dinás por Newtons sobre centímetro cuadrado

ECS Environmental Control System (Sistema de Control Ambiental)

gr/cm³ gramos sobre centímetro cubico

h altura

H₂O Agua

Kg/cm² Kilogramo sobre centímetro cuadrado

kg/m³ kilogramo sobre metro cubico

km. Kilometro

kp/m² kilopondios sobre metros cuadrados

kPa kilopascales

LED Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)

MAM Mal agudo de montaña

mmH₂O milímetros de agua

mmHg milímetros de mercurio

mts. Metros

N/mm² Newtons sobre milímetros cuadrados

N₂ Nitrógeno

O₂ Oxigeno

°C grados Celsius o grados centígrados

P Presión

Pa Pascales

PSI Pounds Square Inches (Libra Pulgadas Cuadrado) lb/plg^2

PSU Unidad del servicio al pasajero

R Constante universal

T Temperatura

Torr (símbolo Torr) o milímetro de mercurio (símbolo mmHg) es una unidad de presión.

V Volumen

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRÁFICA

- **LÓPEZ, Diego REHABILITACIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TREN DE ATERRIZAJE DEL AVIÓN T-33A DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO** págs. 96-118.
- **OÑATE, Antonio CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN** Capítulo 36 Sistemas neumáticos: aviones con motor alternativo Presurización de cabina Páginas 789-798.
- **OÑATE, Antonio CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN** Capítulo 38 Acondicionamiento de aire: aviones con motor de turbina Presurización de cabina Páginas 869-882.
- **CREUS SOLE, Antonio INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL** Su ajuste y calibración Capítulo 3 Páginas 21-24 Editorial Marcombo 1990 2ª Edición.
- **CREUS SOLE, Antonio INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL** Capítulo 3 Páginas 63-79 Editorial Marcombo 1993 5ª Edición.
- Controles de presurización AC 65-15A Cap. 14
- Instrumentos de presurización, Volume 2: Airframe System – Chapter.
- Aviation Maintenance Technician Series Basic Components Flight Crew Operating Manual A-330.
- **LEÓN ESTRADA, Juan Manuel DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN** Edición 2001.

INTERNET

- www.monografias.com NUÑEZ CONTRERAS, Marco **TRABAJO DE PRESIÓN.**
- **ENCARTA 2009 VOLUMEN.**
- [http://es.scribd.com/doc/52459110/QUE-ES-EL-ACRILICO.](http://es.scribd.com/doc/52459110/QUE-ES-EL-ACRILICO)

LYCOS Buscador, **SISTEMA DE PRESURIZACIÓN EN AVIONES**

- www.md80.com.ar/aircond.html
- www.psicofxp.com/940676-presurizacion.html
- crif.acacias.educa.madrid.org/index.php
- <http://gabrielhdzc.wordpress.com/2010/10/01/fisica-ii-presurizacion-de-un-avion/>
- perso.gratisweb.com/.../Patmosferica/patmos.htm
- www.parasaber.com/.../presion-atmosferica/...presion-atmosferica/663/
- www.profesorenlinea.cl/.../PresionAtmosferica.htm
- www.atmosfera.cl/HTML/antiguo/.../INSTR1.htm
- www.infoaventura.com/reportaje.asp?id=33

- www.portalplanetasedna.com.ar/presion.htm
- www.rena.edu.ve/.../presionatmosferica.html

WIKIPEDIA Enciclopedia, **PRESURIZACIÓN EN UN AVIÓN**

- es.wikipedia.org/wiki/Presurización_de_cabina
- es.wikipedia.org/wiki/Presión_atmosférica
- es.wikipedia.org/wiki/Aire

ANEXO A

Tabla de propiedades y usos de los termoplásticos

PROPIEDADES Y USOS DE LOS TERMOPLÁSTICOS									
	Propiedades	Usos Principales	Densidad Kg/m³	Resistencia a la Tracción (Pa)	Módulo de Tracción (Pa)	Temperatura máxima en uso continuo (K)	Temperatura de moldeo (K)	Absorción de agua en 24 horas %	
Poliéster de Alta densidad	Resistencia a productos químicos, resistencia mecánica, bajo costo	Paletas, volantes, cajas	940 - 960	2.14E+07-3.58E+07	2.76E+07-1.08E+08	394.44	422.22	Menos de 0.01	
Poliéster de bajo densidad	Propiedades eléctricas, flexibilidad, bajo costo	Botellas, recipientes, faro de autos	910 - 930	8.89E+06-1.16E+07	1.17E+07-2.41E+07	355.56 - 373.33	408.33 - 644.44	Menos de 0.015	
Polipropileno	Resistencia, brillo, peso ligero, resistencia al calor	Enseres domésticos, piezas de automotores, invenimiento de tangas	900 - 920	2.41E+07-4.14E+07	8.89E+06-1.26E+07	386.67 - 433.33	490.00 - 568.89	Menos de 0.02	
Acetato de celulosa	Bajo costo, tenacidad, claridad, puede conformarse	Perfiles de puertas, empujones con anillos, alargamiento para artículos domésticos	129000 - 134000	1.13E+07-5.72E+07	6.89E+07-2.68E+08	333.33 - 377.78	400.00 - 527.78	1.9 - 6.5	
Cloruro de Polivinilo PVC (resil rígido)	Adaptabilidad para formar compuestos, bajo costo, resistencia a productos químicos	Conduits, tubo, paneles para construcción	1320 - 1350	3.45E+07-6.71E+07	2.76E+07-1.14E+08	322.22 - 344.44	413.89 - 477.78	0.07 - 0.4	
Cloruro de Polivinilo PVC (resil plastificado)	Adaptabilidad para formar compuestos, bajo costo, flexibilidad	Tubería, juntas, tapones, calzados	1150 - 1360	1.03E+07-2.31E+07		338.89 - 350.78	413.89 - 468.44	0.15 - 0.75	
Acetato butirato de celulosa	Resistencia a impactos, claridad, resistencia a la intemperie	Folios adhesivos "masca" de vehículos	1150 - 1220	1.79E+07-4.74E+07	3.45E+07-2.76E+08	333.33 - 377.78	402.78 - 522.22	0.9 - 2.2	
Poliamida (Nylon)	Resistencia, bajo coeficiente de fricción, manejabilidad	Engranes, corrientes, traigeros, Marm	1090 - 1140	4.85E+07-9.27E+07	1.79E+07	465.56 - 422.22	516.67 - 665.56	0.4 - 1.5	
Metacrilato polimetílico Lucite o plexiglas	Claridad para automotores, edificios comerciales, vitales	"Micas" para automotores, paneles conformados, vitales	1170 - 1200	4.83E+07-7.58E+07	3.10E+07	333.33 - 361.11	422.22 - 535.33	0.3 - 0.4	
Poliuretano (Teflon)	Estabilidad térmica, bajo coeficiente de fricción, resistencia a los productos químicos	Juntas, superficies no adherentes, aislamiento, aplicaciones eléctricas	2130 - 2220	1.38E+07-3.10E+07	4.09E+07-3.10E+07	561.11	255.56	0.00	
Poliéstereno (losa general)	Bajo costo, cristalino	Recipientes para alimentos, paneles para iluminación, películas	1050 - 1170	3.45E+07-6.21E+07	2.76E+07-3.45E+08	338.89 - 350.00	402.78 - 588.89	0.03 - 0.26	
Poliéstereno de alto impacto	Bajo costo, resistencia a los impactos, resistencia al agrietamiento	Absorbente para abrasivos, equipaje, tubería y sus conexiones	990 - 1100	1.38E+07-4.56E+07	1.38E+07-3.10E+08	333.33 - 352.78	394.44 - 588.89	0.1 - 0.3	
Poliacetal	Transparente como el vidrio, puede telarse, resistencia a los ácidos y bases, soluble y resistente a los grasas	Piezas de forma, láminas, aparatos médicos	1300	6.5E+07		438.15			
Acetileno-butadieno estireno (ABS)	Tenacidad, resistencia mecánica, facilidad para procesarlo	Accesorios para automotores, inventimiento de refrigeradores, aparatos telefónicos	1010 - 1190	1.65E+07-6.21E+07	6.89E+07-2.76E+08	333.33 - 394.44	422.22 - 588.89	0.1 - 0.3	

Fuente: Investigación de campo

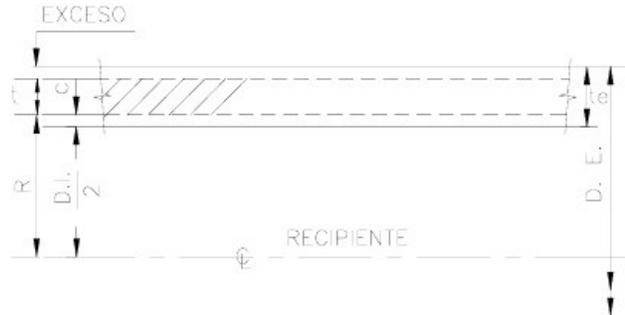
ANEXO B

Tabla de propiedades del PMMA

TABLA DE PROPIEDADES						
Propiedades mecánicas	UNIDADES	NORMAS ASTM	COLADO	EXTRUIDO	IGNIFUGO	EXTRUIDO ALTO IMPACTO
Tracción						
Resistencia en el límite elástico	kg/cm ²	D-638				
Resistencia a la rotura	kg/cm ²	D-638	562-773	492-773	562-878	386
Elongación a la rotura	%	D-638	4,5	5,0	5,0	
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	D-638	24.600-31.000	23000-31.000	26.600-33.700	
Flexión						
Resistencia en el límite elástico o rotura	kg/cm ²	D-790	840-1.300	740-1.300	840-1.250	562
Módulo de elasticidad	kg/cm ²	D-790	27.500-33.400	22.800-32.300	24.600-31.600	17.500
Compresión						
Resistencia a la compresión(ruptura)	kg/cm ²	D-695	773-1.330	740-1260	773-840	
Módulo de compresión	kg/cm ²	D-695	27.500-33.300	26.000-32.300	31.000	
Impacto						
Resistencia al impacto IZOD	kg/cm ²	D-256 A	1,9	2,4	1,9	6,52
Dureza						
Rockwell		D-795	M-80-M-100	M-68 M-105	M-61 -M100	R-99
Barcol		D-2583	50	50	45	35
Propiedades Térmicas						
Coefficiente de dilatacion lineal	cm/cm°C	D-696	6,0 X 10A LA MENOS 5	1,3 X 10A LA MENOS 5		
Temperatura de deflexión bajo carga	18'6kg/cm ²	D-648	86°C	68-96°C	82 °C	
Conductividad Térmica	10 A LA MENOS 4 cal cm/sec cm ² °C	C-177	4,0-6,0	4,0-6,0		
Calor específico	cal/g°C		0,35	0,3	0,35	
Propiedades físicas						
Peso específico	g/cm ³	D-792	1,19-1,20	1,19-1,20	1,23	1,15
Absorción de agua	%	D-570	0,2-0,4	0,1-0,4	0,63	0,4
Propiedades eléctricas						
Resistencia eléctrica	ohm/cm	D-257	>10 A LA SEXTA	>10 A LA SEXTA	>10 A LA SEXTA	
Rigidez dielectrica	Kv/mm	D-149	19	17	16	

ANEXO C

Cálculo del diseño para recipientes sujetos a presión

	MEMORIA DE CALCULOS PARA ESPESOR DEL CUERPO CILINDRICO CON PRESION INTERNA (DIAMETRO INTERIOR) UG - 27	NORMAS
	PROCEDIMIENTOS SECCION DE DISEÑO DE RECIPIENTES	FIGURA No. 41
		CON E = 0.7 $t = \frac{130 (36)}{13,800 (0.7) - 0.6 (130)}$ $t = 0.488" < 0.5" (1/2")$
MATERIAL DEL CUERPO = SA-285-C PRESION DE OPERACION = 100 PSIG. PRESION DE DISEÑO (P) = 130 PSIG. TEMPERATURA DE OPERACION = 140 °F TEMPERATURA DE DISEÑO = 650 °F ESFUERZO DE TRABAJO (A TEMP. DE DISEÑO) (S) = 13,800 PSIG. EFICIENCIA (E) = 0.85 ∴ RAYOS "X" DIAMETRO INTERIOR (D.I.) = 72" PLGS. CORROSION PERMISIBLE (C) = 0.0 PLGS. ESPESOR MINIMO REQUERIDO EXCL. CORROSION = (t) 0.402" ESPESOR ESPECIFICADO EN CUERPO = (t)		CON E = 0.85 $t = \frac{130 (36)}{13,800 (0.85) - 0.6 (130)}$ $t = 0.402" < 0.437" (7/16")$
$\frac{D. I.}{2} + C = \quad + \quad = (R) = \quad \text{PLGS.}$ $t = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \quad \text{PLGS.}$ $t = \quad$ $+ \quad$ $C = \quad \text{PLGS.} \therefore \boxed{t_e = \quad \text{PLGS.}}$		CON E = 1.0 $t = \frac{130 (36)}{13,800 (1.0) - 0.6 (130)}$ $t = 0.341" < 0.375" (3/8")$
D. E. = D. I. + 2 (te) = \quad PLGS. EXCESO = te - (t + c) = \quad PLGS.		NOTAS:
CALCULO DE LA MAXIMA PRESION HIDROSTATICA CORREGIDA POR TEMPERATURA (P.H.C.) PRESION HIDROSTATICA CORREGIDA = (P. H. C.) ESFUERZO A TEMPERATURA ATMOSFERICA = (SATM) = 13,800 PSI $P.H.C. = 1.5 \times \frac{SATM}{S} \times P = 1.5 \times \frac{13,800}{13,800} \times 130 = 195$ $P.H.C. = 195 \text{ PSIG.}$		
APROBO:	CALCULO:	PROYECTO:
PLANTA		TAG.:

Fuente: LEÓN ESTRADA, Juan Manuel **DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN** Edición 2001.

ANEXO D

Diseño de la cabina del avión A320

ANEXO E

Diseño del compartimiento de la
mascarilla para el sistema

ANEXO F

Diseño de los soportes de la cabina

ANEXO G

Diseño del bastidor del sistema

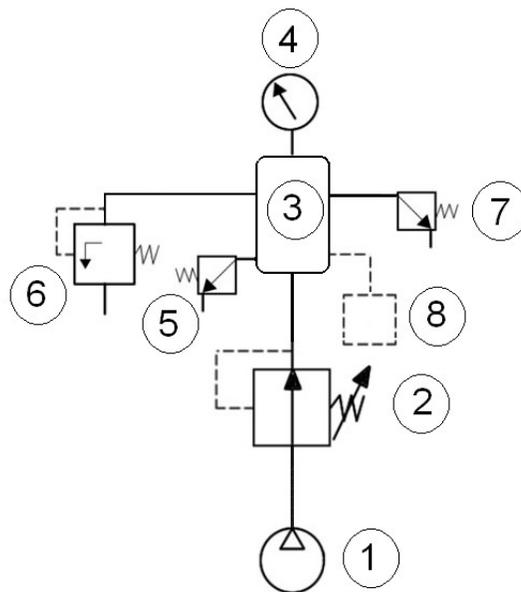
ANEXO H

Diagrama neumático para el Sistema de control de presurización de cabina

ANEXO I

Diseño del ensamblaje de elementos no construidos del Sistema

DIAGRAMA NEUMÁTICO PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA PARA EL BLOQUE 42 DEL ITSA.



Elaborado por: Viviana García

Fuente: Simbología CETOP

1. COMPRESOR.- Produce energía neumática. (Envío de aire)
2. VÁLVULA REDUCTORA.- Reduce la presión de entrada teniendo en la salida una presión constante. (Seguridad en el sistema regulada a 14.7 psi)
3. ACUMULADOR.- Recipiente que almacena aire a presión. (Contiene aire presurizado)
4. MANÓMETRO.- Mide la presión. (Lectura de presión interna de cabina)
5. VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN. (Alivia en 35 psi se puede utilizar manualmente para vaciar el sistema)
6. VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.- La salida depende de que se supere la presión de la entrada. (Por medio de la señal del sensor alivia la presión que no se necesita)
7. VÁLVULA ALIVIADORA DE PRESIÓN.- Elimina proporcionalmente el aire a la presión establecida el sensor envía la señal y cae la mascarilla automáticamente. (Despresurización)
8. CONTROL ELECTRÓNICO.- Permite el funcionamiento del sistema.

_____ LÍNEA DE TRABAJO.- Tubo que lleva aire.

ANEXO J

Sistema de control de presurización culminado



Sistema de control de presurización de cabina

Elaborado por: Viviana García

HOJA DE VIDA



DATOS PERSONALES

NOMBRE: Viviana Paola García Chalco

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 1989/Noviembre/19

CEDULA DE CIUDADANÍA: 171971190-3

TELÉFONOS: 593 (02) 2697516/ 083573870

CORREO ELECTRÓNICO: vivypa@hotmail.com

DIRECCIÓN: Urb. "La Bretaña" Mz. 17 Casa 10 S46-220 Pasaje 6 Calle B (Sector El Beaterio)

EDUCACIÓN

SECUNDARIA

- Liceo Municipal Experimental Técnico y en Ciencias "Fernández Madrid"
Bachiller en: Comercio y Administración Especialización: Turismo
(Quito- Ecuador) (2007)

SUPERIOR

- Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico I.T.S.A. FAE
Carrera: Mecánica Aeronáutica Especialización: Aviones
Nivel: Egresado
(Latacunga- Ecuador) (2012)

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

- Prácticas de Mantenimiento de Aviones
ESCUADRÓN MK 89 STRIKE MASTER ALA DE COMBATE N° 23
03/marzo/2009-03/abril/2009 (200 horas) (Manta-Ecuador)

- Prácticas de Mantenimiento en Helicópteros SERVICIO AEROPOLICIAL
24/agosto/2009-25/septiembre/2009 (200 horas) (Quito-Ecuador)
- Prácticas de Estructuras en el Taller Estructuras y Palas CEMAE
(CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO)
01/marzo/2010-09/abril/2010 (200 horas) (Sangolquí-Ecuador)
- Prácticas de Mantenimiento de Aviones Comerciales Taller Frenos y Ruedas y
Línea de Vuelo TAME
03/agosto/2010-17/septiembre/2010 (200 horas) (Quito-Ecuador)
- Prácticas de Mantenimiento en reparación de aviones
DIAF - CEMA (DIRECCIÓN DE INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA FUERZA
AÉREA ECUATORIANA / CENTRO DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO)
10/octubre/2011- 14/noviembre/2011 (100 horas) (Latacunga-Ecuador)

CURSOS Y SEMINARIOS

- Suficiencia en el Idioma Inglés
I.T.S.A. FAE (Latacunga- Ecuador)
- Participación en el Seminario “Motivación y técnicas de estudio”
GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA
03/septiembre/2011 (12 horas) (Quito-Ecuador)

REFERENCIAS PERSONALES

- Arq. Juan Villalba GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA (G.A.D.)
593 (02) 2907239/ 023431319/ 093478412
- Dra. Cecilia Vásquez MUSEO HISTÓRICO MILITAR CASA DE SUCRE
593 (02) 2952860/ 094102594

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA EL
AUTOR**

VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

SUBS. TÉC. AVC. ING. HEBERT ATENCIO

Latacunga, febrero, 10, 2012

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO**, Egresada de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Aviones, en el año 2011, con Cédula de Ciudadanía N° 171971190-3, autora del Trabajo de Graduación “**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN DE CABINA PARA EL LABORATORIO DEL BLOQUE 42 DEL ITSA**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

VIVIANA PAOLA GARCÍA CHALCO

Latacunga, febrero, 10, 2012