



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA QUE SIMULE
EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTI-ICE EN UN PERFIL
ALAR A TRAVÉS DE ZAPATAS NEUMÁTICAS, COMO AYUDA DE
INSTRUCCIÓN EN LA MATERIA DE SISTEMA DE CONTROL DE
HIELO Y LLUVIA”**

POR:

POMA COSTA JUAN PABLO

Trabajo de Graduación para la obtención del título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. Juan Pablo Poma Costa, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO en MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

Latacunga, Noviembre del 2014

Ing. Rodrigo Bautista

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo Juan Pablo Poma Costa, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi auditoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

La Universidad de las fuerzas Armadas, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Latacunga, Noviembre del 2014

Juan Pablo Poma Costa

C.C. 110423898-3

AUTORIZACIÓN

Yo. **Poma Costa Juan Pablo**, Egresado de la carrera de Mecánica aeronáutica mención aviones, en el año 2014, con Cédula de Identidad N° 110423898-3 autor del Trabajo de Graduación “**Construcción de una maqueta didáctica que simule el funcionamiento del sistema anti-ice en un perfil alar a través de zapatas neumáticas, como ayuda de instrucción en la materia de sistema de control de hielo y lluvia**”, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Latacunga, Noviembre del 2014

Juan Pablo Poma Costa

C.C. 110423898-3

DEDICATORIA

Quisiera expresar mi ofrecimiento, de este arduo trabajo en primera instancia a Dios, gracias a el tengo la dicha de vivir día a día.

A mi mamá Lolita, que es la luz, mi guía, mi camino, la búsqueda de su orgullo hacia mí, es lo que permite que cada reto que se presenta sea superado con humildad, valor pero sobre todo con el amor que me brinda.

A mi papá Edgar que con su apoyo genera enmiendas a los desafíos que se dan en el transcurso del tiempo, con su amor hace que mi existencia se vuelva más gratificante y busque la felicidad ante todo.

A mi compañero de toda la vida, a mi amigo que nunca falla, quien expresa un sentimiento único, mi hermano Andrés, con sus palabras prodigiosas, su gran capacidad oratoria demuestra que el pasaje de la vida puede tener más de mil millones de sonrisas y el esfuerzo, sacrificio y humildad refrenda la palabra éxito.

A mis abuelos, tíos, primos, a todos mis familiares que hacen posible que el camino de la victoria persista con el paso del tiempo y sea pilar fundamental en el existir.

Una dedicatoria especial a mi ciudad castellana, mi Loja querida, cuna cultural de ilustres artistas.

Juan Pablo Poma Costa

AGRADECIMIENTO

Quiero pronunciar mi más sincero agradecimiento a Dios y en especial a la Virgen del Cisne, por las oraciones atendidas, gracias por todas las bendiciones recibidas en el diario vivir.

A mi madre, principalmente por la vida que me dio, y por el tan feliz recorrido de mi existencia que me ha regalado, por sus esfuerzos y sacrificios, sus valores inculcados, por todo lo que obra para proporcionarnos un futuro bienaventurado, y en especial por todo el amor que me concede.

A mi padre, por su apoyo inagotable, su paciencia y persistencia con nosotros sus hijos, por su amor y cariño.

A mi hermano Andrés por ser mi mayor maestro en el arduo camino del vivir, por sus léxicos magistrales que me permiten ver la vida de una manera distinta.

A mi compañera Mary Ramirez, por su apoyo incondicional todos estos años.

A mi maestro Rodrigo Bautista, por su gratificante colaboración en este arduo trabajo.

A la institución que me inspiro todo lo referente a este hermoso camino de la aviación.

Juan Pablo Poma Costa

INDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXI
RESUMEN.....	XXII
SUMMMARY.....	XXIII

CAPÍTULO I

TEMA

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

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Fundamentales	5
2.1.1 Alas.....	5
2.1.1.1 Funciones del ala.....	5
2.1.1.2 Borde de ataque.....	6
2.1.1.3 Borde de salida	7
2.1.1.4 Intradós	7
2.1.1.5 Extradós.....	7
2.1.2 Perfil alar.....	8
2.1.2.1 Capa limite	8
2.1.3 Temperatura del aire.....	9
2.2 Englamiento	10
2.2.1 Generalidades.....	10
2.2.2 Clases de englamiento.....	11
2.2.2.1 Hielo granular.....	11
2.2.2.2 Hielo claro	12

2.2.2.3 Hielo mixto	13
2.2.2.4 Lluvia helada.....	13
2.2.2.5 Escarcha.....	13
2.2.2.6 Clasificación de engelamiento y condiciones de vuelo	14
2.2.3 Las nubes	16
2.2.3.1 Cúmulo y cumulonimbos (Cb).....	16
2.2.3.2 Nimbostratos (Ns).....	17
2.2.3.3 Stratos y stratocúmulos (St).....	18
2.2.3.4 Altocúmulos	18
2.2.3.5 Cirrus	19
2.2.4 Características del avión en condiciones de engelamiento.....	19
2.2.4.1 Efectos del engelamiento en la aeronave	21
2.3 Sistemas de protección contra hielo	24
2.3.1 Introducción	24
2.3.2 Requisitos de los sistemas de protección contra el hielo.....	25
2.3.2.1 Régimen máximo continuo.....	25
2.3.2.2 Régimen máximo intermitente	26
2.3.3 Sistemas anti hielo.....	26
2.3.4 Sistemas de deshielo.....	26
2.3.4.1 Deshielo por zapatas neumáticas	28
2.3.4.2 Estructura.....	29
2.3.4.3 Funcionamiento.....	30
2.3.4.4 Composición	31
2.3.4.5 Consideraciones especiales	34
2.3.5 Sistemas de detección de hielo	34
2.3.5.1 Clasificación.....	35
2.3.5.2 Sistema de alerta de detección de hielo	36
2.3.5.3 Sistema de alerta de detección de hielo y protección	37
2.4 Equipos de congelación.....	38
2.4.1 Congelador	38

2.4.1.1 Refrigerante	38
2.4.1.2 Condensador y ventilador	39
2.4.1.3 Motor (Compresor).....	39
2.4.1.4 Evaporador	40
2.4.1.5 Tubo capilar	41
2.4.1.6 Aislante	42
2.4.1.7 Panel frigorífico	42
2.4.1.7 Proceso de funcionamiento.....	43
2.5 Materiales y sus características	44
2.5.1 Elastómero	44
2.5.1.1 Caucho.....	44
2.5.1.2 Vulcanización.....	45
2.6 Medidas de seguridad.....	45
2.6.1 Equipos de protección personal.....	46
2.6.2 Requisitos de un E.P.P	46

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares	48
3.2 Estudio de alternativas.....	48
3.2.1 Primera alternativa	48
3.2.1.1 Ventajas y desventajas del hielo instantáneo	49
3.2.2 Segunda alternativa	50
3.2.2.1 Ventajas y desventajas del hielo seco	50
3.2.3 Tercera alternativa	51
3.2.3.1 Ventajas y desventajas de un sistema de refrigeración	51
3.2.4 Alternativa más adecuada.....	52
3.2.4.1 Conclusión	52
3.3 Construcción	53
3.3.1 Medidas de seguridad.....	53
3.3.2 Perfil alar	53
3.3.2.1 Diseño.....	54
3.3.2.2 Materiales y herramientas.....	55
3.3.2.3 Proceso de elaboración	56
3.3.2.4 Colocación de zapatas.....	59
3.3.2.5 Sistema neumático para activación de zapatas	64
3.3.3 Cámara de refrigeración	73
3.3.3.1 Diseño.....	73
3.3.3.2 Materiales y herramientas.....	74
3.3.3.3 Proceso de elaboración	79
3.3.3.4 Carga de líquido refrigerante	86
3.3.3.5 Parte interna de la cámara.....	90
3.3.4 Sensor y control de temperatura.....	94
3.3.5 Cableado electrónico	96

3.3.6 Base y soporte	98
3.3.6.1 Soportes del perfil	100
3.3.7 Ensamble de partes y componentes	102
3.3.7.1 Panel de control	102
3.3.7.2 Ensamble perfil – cámara de refrigeración.....	105
3.3.7.3 Peso de la maqueta y sus componentes	106
3.4 Diagramas.....	107
3.4.1 Diagrama de la elaboración del perfil alar.....	108
3.4.2 Diagrama de la elaboración de la cámara de refrigeración.....	109
3.5 Pruebas de funcionamiento	110
3.6 Descripción de manuales.....	110
3.6.1 Tipos de manuales.....	111
3.6.1.1 Manual de seguridad.....	112
3.6.1.2 Manual de operación.....	114
3.6.1.3 Manual de mantenimiento.....	119
3.7 Presupuesto.....	121
3.7.1 Análisis de costos	121
3.7.2 Costos primarios	121
3.7.2.1 Total de costos primarios	123
3.7.3 Costos secundarios.....	124
3.7.4 Costo total del proyecto de grado	124

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones	125
4.2. Recomendaciones	126
GLOSARIO DE TERMINOS	127
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Ventajas y desventajas del hielo instantáneo.....	49
Tabla 3.2: Ventajas y desventajas del hielo seco.....	50
Tabla 3.3: Ventajas y desventajas de un sistema de refrigeración.....	51
Tabla 3.4: Estudio de alternativas	52
Tabla 3.5: Materiales para elaboración del sistema neumático.....	64
Tabla 3.6: Materiales para sistema de refrigeración.....	74
Tabla 3.7: Herramientas para sistema de refrigeración.....	77
Tabla 3.8: Peso de la maqueta.....	106
Tabla 3.9: Simbología de diagramas de proceso	107
Tabla 3.10: Parámetros de las pruebas de funcionamiento	110
Tabla 3.11: Costos de materiales y herramientas	121
Tabla 3.12: Costo de mano de obra	123
Tabla 3.13: Total costos primarios	123
Tabla 3.14: Total costos secundarios.....	124
Tabla 3.15: Total costo del proyecto	124

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Ala derecha (Boeing 737-200)	6
Figura 2.2: Borde de ataque, salida, intradós y extradós	7
Figura 2.3: Perfil alar.....	8
Figura 2.4: Capa limite (flujo laminar y turbulento).....	9
Figura 2.5: Variación de la temperatura del aire con la altura.....	9
Figura 2.6: Aeronave en condiciones de engelamiento	10
Figura 2.7: Hielo granular en borde de ataque.....	12
Figura 2.8: Hielo claro en borde de ataque.....	12
Figura 2.9: Engelamiento por lluvia helada	13
Figura 2.10: Escarcha en aeronave	14
Figura 2.11: Engelamiento ligero	15
Figura 2.12: Engelamiento moderado.....	15
Figura 2.13: Engelamiento fuerte.....	16
Figura 2.14: Nubes cumulonimbos	17
Figura 2.15: Nubes nimbostratos	18
Figura 2.16: Tipos de nubes	19
Figura 2.17: Calentamiento cinético del avión en aire claro.....	20
Figura 2.18: Calentamiento cinético del avión dentro de las nubes	21
Figura 2.19: Formación de hielo en la aeronave y variaciones	22
Figura 2.20: Superficies y conjuntos típicos de protección frente al hielo.....	25
Figura 2.21: Anti hielo por tubería de aire caliente en el borde de ataque.....	27
Figura 2.22: Tubo pitot y accionamiento para resistencia eléctrica.....	27
Figura 2.23: Proceso de deshielo manual de aeronave.....	28
Figura 2.24: Zapatas Neumáticas	29
Figura 2.25: Estructura de las zapatas neumáticas	30
Figura 2.26: Disposición de mangueras flexibles.....	31
Figura 2.27: Esquema del sistema de deshielo por zapatas neumáticas.....	33

Figura 2.28: Ubicación de los detectores de hielo	35
Figura 2.29: Detector de hielo.....	36
Figura 2.30: Panel de control anti hielo (Boeing 777)	38
Figura 2.31: Refrigerante (freón 22).....	39
Figura 2.32: Compresor de refrigeración	40
Figura 2.33: Evaporador	40
Figura 2.34: Tubo Capilar	41
Figura 2.35: Panel frigorífico "Sandwich"	42
Figura 2.36: Proceso de funcionamiento de un congelador.....	43
Figura 2.37: Caucho	45
Figura 2.38: Equipos de protección personal.....	46

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Formación de hielo seco en acetato de sodio.....	49
Figura 3.2: Hielo seco	50
Figura 3.3: Boceto del perfil alar planteado.....	54
Figura 3.4: Trazado del perfil alar en plancha de acero.....	56
Figura 3.5: Costilla con las aletas en la parte superior e inferior.....	56
Figura 3.6: Taladro de orificios de alivio entre la costilla y las pestañas.....	57
Figura 3.7: Corte de la estructura del perfil alar	57
Figura 3.8: Perforación de orificios en la parte central del perfil	58
Figura 3.9: Elaboración de dobleces en la parte central	58
Figura 3.10: Remachado de costillas en el perfil alar	59
Figura 3.11: Remachado del perfil	59
Figura 3.12: Extremo del tubo listo para vulcanizar	60
Figura 3.13: Colocación de los tubos neumáticos al perfil	60
Figura 3.14: Corte del cubrimiento final del perfil.....	61
Figura 3.15: Perforación de orificios para remachado del caucho con el perfil	61
Figura 3.16: Soporte remachado en el perfil	62
Figura 3.17: Remachado de la zapata con el perfil.....	62
Figura 3.18: Vista final del perfil con la zapata colocada	63
Figura 3.19: Colocación de tapas al perfil.....	63
Figura 3.20: Perfil alar pintado.....	63
Figura 3.21: Entradas de aire a los tubos neumáticos	66
Figura 3.22: Perforación a la tapas de las válvulas.....	67
Figura 3.23: Corte de los tubos de cobre	67
Figura 3.24: Suelda de tubos.....	68
Figura 3.25: Conexión para entrada de aire.....	68
Figura 3.26: Racor conectado para salida de manguera	68
Figura 3.27: Manguera neumática (azul), a la derecha termocupla	69
Figura 3.28: Válvula 5/2 y conexión neumática hacia las zapatas	69

Figura 3.29: Racor en forma de codo	70
Figura 3.30: Conexión de manguera en el racor.....	70
Figura 3.31: Colocación de silenciador en la tercera entrada de la válvula	71
Figura 3.32: Conexión de la salida del regulador de presión	71
Figura 3.33: Enlace de la entrada del regulador	71
Figura 3.34: Conexión de racor y manguera de 1/4"	72
Figura 3.35: Conector tipo "F" y acople para racor	72
Figura 3.36: Racor para conexión con regulador de presión	73
Figura 3.37: Boceto de cámara de refrigeración planteada	73
Figura 3.38: Corte de parte lateral del congelador.....	79
Figura 3.39: Colocación de los vidrios a la cámara por medio de silicona.....	79
Figura 3.40: Componentes para construcción de sistema de refrigeración	80
Figura 3.41: Montaje del compresor	80
Figura 3.42: Difusor en el interior de la cámara	81
Figura 3.43: Ensanchamiento de la entrada del compresor.....	81
Figura 3.44: Tubo capilar a la salida del difusor.....	81
Figura 3.45: Cortes de la entrada y salida del filtro	82
Figura 3.46: Filtro conectado a la salida del condensador.....	82
Figura 3.47: Corte del tubo para conexión entre compresor y condensador.....	83
Figura 3.48: Ensanchamiento de la entrada y salida del tubo.....	83
Figura 3.49: Unión del tubo con el compresor y el condensador	83
Figura 3.50: Aislante térmico cubriendo el capilar	84
Figura 3.51: Oxígeno AGA.....	84
Figura 3.52: Varillas de solda, utilizadas.....	85
Figura 3.53: Soldadura de tubos de cobre y capilar en el sistema.....	85
Figura 3.54: Sistema de refrigeración completo.....	86
Figura 3.55: Conexión de puente de manómetros para vaciado del sistema.....	86
Figura 3.56: Vaciado del sistema	87
Figura 3.57: Medición de líquido refrigerante ingresado	87
Figura 3.58: Disposición de las mangueras para ingreso del refrigerante	88

Figura 3.59: Carga del refrigerante en forma de gas	88
Figura 3.60: Carga del refrigerante	89
Figura 3.61: Prueba de funcionamiento del sistema	89
Figura 3.62: Taladro de la circunferencia.....	90
Figura 3.63: Corte de los puntos taladrados	90
Figura 3.64: Alojamiento de ventiladores a la salida del difusor	91
Figura 3.65: Orificios cortados en la parte central del vidrio inferior	91
Figura 3.66: Colocación de soportes para vidrios internos	91
Figura 3.67: Colocación de vidrios.....	92
Figura 3.68: Elaboración y colocación de láminas de acero	92
Figura 3.69: Aislamiento del espacio del difusor.....	93
Figura 3.70: Cerrado de la cámara de simulación	93
Figura 3.71: Pintado de la cámara (parte interna y externa).....	94
Figura 3.72: Sensor de temperatura	94
Figura 3.73: Configuración de las entradas del sensor.....	94
Figura 3.74: Termocuplas	95
Figura 3.75: Conexión de termocuplas en el sensor.....	95
Figura 3.76: Alimentación eléctrica en el sensor.....	95
Figura 3.77: Enlace interno de cables.....	96
Figura 3.78: Ajuste de cables en paralelo.....	96
Figura 3.79: Configuración final en el pulsador.....	97
Figura 3.80: Conexión de enchufes en la extensión	97
Figura 3.81: Colocación de tableros laterales.....	98
Figura 3.82: Tableros laterales colocados	98
Figura 3.83: Colocación de panel de control.....	99
Figura 3.84: Orificios en la parte superior de la base.....	99
Figura 3.85: Base de madera culminada	99
Figura 3.86: Tubos de acero	100
Figura 3.87: Elaboración de pestañas para los soportes	100
Figura 3.88: Perforación de orificios	101

Figura 3.89: Sujeción de los tubos al perfil	101
Figura 3.90: Aplicación de silicona entre los tubos y el perfil	101
Figura 3.91: Panel de control	102
Figura 3.92: Aplicación de válvula	103
Figura 3.93: Ajuste de ángulo para el regulador	103
Figura 3.94: Aplicación del sensor en el panel.....	103
Figura 3.95: Colocación de pulsador	104
Figura 3.96: Gancho sosteniendo la manguera retráctil	104
Figura 3.97: Colocación del perfil en el interior de la cámara	105
Figura 3.98: Ajuste del perfil en el interior.....	105
Figura 3.99: Ensamble completo de la maqueta.....	106

INDICE DE ANEXOS**Anexo A**

Especificaciones de los materiales 131

Anexo B

Planos 134

Anexo C

Hoja de vida 140

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS..... 143

RESUMEN

El presente trabajo se refiere a la construcción de una **maqueta didáctica que simula el funcionamiento del sistema anti ice por medio de zapatas neumáticas como ayuda de instrucción en la materia de sistema de protección contra hielo y lluvia**, como implemento básico en los laboratorios de la unidad.

En primera instancia se detalla y se fundamenta la necesidad de realizar este proyecto y de la misma manera los objetivos a cumplirse. Después de haber establecido parámetros técnicos y teóricos se procedió con la construcción de la maqueta, tomando en cuenta cómo funcionan las zapatas neumáticas en una aeronave de este tipo, asimilando el prototipo de una manera parecida al avión e implementando medidas de seguridad y ergonomía que optimicen el funcionamiento del modelo de una forma eficiente.

Uno de los sistemas más importantes en una aeronave es el sistema de protección contra hielo, esta maqueta ayudara a poner en práctica los conocimientos que se ha llegado a obtener dentro de la unidad y por ello llega a fomentar interés en los estudiantes y catedráticos de la institución.

SUMMARY

The present work refers to the construction of an **anti-ice system interactive model based on the deicing boots method** as accomplish to ice and rain protection system subject and as a basic support of the university laboratories.

It details and realizes the necessity to develop this project and the objectives to get done as well. After it has established technical and theoretical parameters, it proceeded with the interactive model construction, taking on mind how deicing boots works on an aircraft, equalizing the prototype to the airplane on the most similar way possible and improving safety and ergonomic methods which optimize on an efficient way the interactive model function.

One of the most important systems on an aircraft is the ice protection system, the model will help to get on practice the achievements that learners has reached inside the institute and for that reason gets the students and professors interest.

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes

La Unidad de gestión de tecnologías (ESPE) ubicado en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, encaminado a la formación de profesionales dentro del campo aeronáutico, prepara y habilita personal con un alto nivel de conocimientos, para enfrentar los retos del futuro e integrar a la sociedad tecnólogos íntegros dentro de este campo.

Mediante la carrera de mecánica aeronáutica, se direcciona a formar sobre los distintos sistemas que componen el funcionamiento de la aeronave. Los laboratorios de instrucción localizados en la parte posterior de la unidad, están en disposición hacia la aplicación de nuestros conocimientos e innovación de los avances de la aeronáutica civil.

Con el fin de conseguir esta meta es necesario implementar nuevos sistemas como herramientas de aprendizaje. Los cuáles sean didácticos, prácticos, innovadores y se puedan adaptar a los diferentes métodos de funcionamiento, brindando una herramienta superior para un mejor aprendizaje de los futuros tecnólogos de la patria.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de gestión de tecnologías (ESPE) con el afán de cumplir con su misión y visión se ha visto en la necesidad de ponerse a la par de universidades internacionales, lo que implica mejorar cada uno de sus campos, ya sea el área académica como estructural.

La Unidad cuenta con diversos métodos y técnicas de enseñanza, la búsqueda del mejoramiento continuo es esencial para una institución que busca consecutivamente la excelencia académica, para ello es importante que los estudiantes estén al día sobre el correcto funcionamiento de los sistemas de la aeronave, es necesario complementar los conocimientos teóricos en el aula, con modelos de simulación que permitan contemplar de una mejor manera y desde un punto de vista diferente los procesos de funcionamiento del avión.

Para la mejor comprensión de la materia del sistema de protección contra hielo y lluvia, así como para ayudar a comprender una técnica de deshielo tan substancial en aviación menor como las zapatas neumáticas, los estudiantes contarán con este modelo de simulación y ayudará a un mejor conocimiento a este método.

1.3 Justificación e importancia

En la actualidad es muy importante para un técnico de mantenimiento saber diferenciar los sistemas de las aeronaves y mediante sus manuales verificar su correcto funcionamiento.

Los futuros tecnólogos del establecimiento serían los mayores beneficiados con este proyecto, ya que pueden realizar y verificar el correcto funcionamiento y aplicación del sistema de hielo y lluvia, punto principal del trabajo a ejecutarse.

Del mismo modo el presente trabajo de investigación tiene como trascendencia el mejoramiento de la cátedra de la materia sistema de protección de hielo y lluvia para los estudiantes de mecánica aeronáutica, mención aviones y motores, y va dirigido al perfeccionamiento continuo de calidad tanto educativo como infraestructural, el mismo que la entidad tiene como ideal diario.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Elaborar una maqueta didáctica que permita el funcionamiento del sistema anti-hielo en simulación de englamamiento por medio de zapatas neumáticas para los laboratorios de la unidad de gestión de tecnologías (ESPE).

1.4.2 Específicos

- Recopilar y documentar información necesaria para el proceso de construcción de la maqueta didáctica así como los procedimientos que se deben tomar en cuenta para la correcta operación del modelo.
- Diseñar planos que permitan desarrollar el objetivo de una manera óptima y eficiente.
- Adquirir los materiales necesarios para la construcción del diseño planteado.
- Elaborar la maqueta de simulación del sistema anti hielo utilizando zapatas neumáticas
- Ejecutar pruebas de funcionamiento que permitan verificar la correcta operación del mismo.
- Realizar un manual de mantenimiento preventivo y un manual de operación para la maqueta didáctica con el fin de aportar con el mejoramiento de la asignatura de sistema de control de hielo y lluvia.

1.5 Alcance

El presente trabajo investigativo tiene como límites la simulación del sistema anti hielo por medio de zapatas neumáticas a través de una maqueta didáctica, con el fin de ayudar en la instrucción de la materia de sistema de hielo y lluvia, encaminado también al mejoramiento de los laboratorios de mecánica aeronáutica.

Igualmente permitirá que personas interesadas en los sistemas de la aeronave ajenas a la institución, busquen como método de aprendizaje el modelo de ilustración.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Fundamentales¹

2.1.1 Alas

En aeronáutica se denomina ala a un cuerpo aerodinámico formado por una estructura muy fuerte estructuralmente, compuesta por un perfil aerodinámico o perfil alar y que es capaz de generar una diferencia de presiones entre su cara superior (extradós) y su cara inferior (intradós) al desplazarse por el aire lo que produce la fuerza ascendente de sustentación que mantiene al avión en vuelo. Esto hace que el avión pueda mantener un vuelo estable.

2.1.1.1 Funciones del ala

El ala es el principal componente de un avión, su principal función es asegurar la sustentación, que compensa al peso. Esto hace que el avión pueda mantener un vuelo estable. Pero al ser una estructura bastante grande, la evolución tecnológica de los aviones ha hecho que adquiera una serie de nuevas funciones aparte de mantener el vuelo.

- Dar sustentación y mantener el vuelo compensando el peso del avión.
- Proveer de control al avión en vuelo.
- Es la encargada de sujetar el o los motores y transmitir su empuje al avión completo.

• ¹ [http://www.wikipedia.org/wiki/Ala_\(aeronautica\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Ala_(aeronautica))

- Alojamiento del combustible.
- Luces y señalización. En los extremos del ala suelen encontrarse normalmente luces que son utilizadas para la señalización como por ejemplo, la luces de navegación.
- Alojamiento del tren de aterrizaje, muchos aviones tiene parte o bien todo el tren de aterrizaje dentro del ala.
- Soporte para salida de emergencia, al estar muchas salidas de emergencia.



Figura 2.1: Ala derecha (Boeing 737-200)

2.1.1.2 Borde de ataque

Es el borde delantero del ala, la línea que une la parte anterior de todos los perfiles que forman el ala. (Ver figura 2.2) Es una definición geométrica, no física, ya que no coincide con los puntos de remanso de los perfiles en vuelo. Es también la zona más susceptible a tener formación de hielo, por lo tanto suele tener sistemas de deshielo o anti hielo.

2.1.1.3 Borde de salida

Es el borde posterior del ala, es decir la línea que une la parte posterior de todos los perfiles del ala; (Ver figura 2.2) o dicho de otra forma: la parte del ala por donde el flujo de aire perturbado por ella, retorna a la corriente libre. Es en este borde donde se ubican parte de los componentes de hipersustentación como los flaps.

2.1.1.4 Intradós

Parte inferior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida. En esta zona (en vuelo normal del avión) se forman sobrepresiones. Una sobrepresión en el intradós unida a una depresión en el extradós compone la sustentación global de ala. (Ver figura 2.2).

2.1.1.5 Extradós

Parte superior del ala comprendida entre los bordes de ataque y salida. En esta zona (en vuelo normal del avión) se forman bajas presiones y el aire es acelerado. Es normal encontrarse ondas de choque en esta zona.

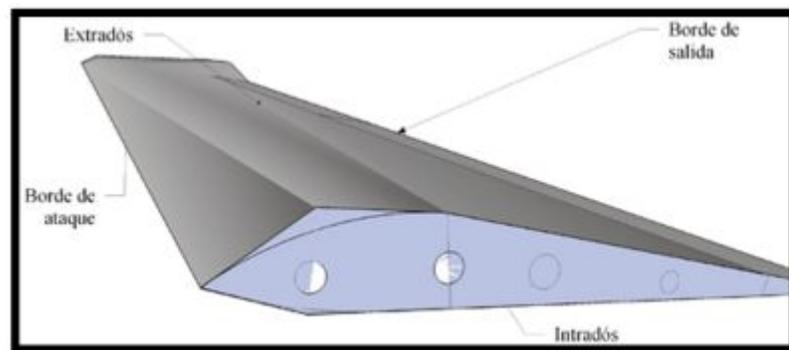


Figura 2.2: Borde de ataque, salida, intradós y extradós

2.1.2 Perfil alar

En aeronáutica se denomina perfil alar, perfil aerodinámico o simplemente perfil, a la forma del área transversal de un elemento, que al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación.

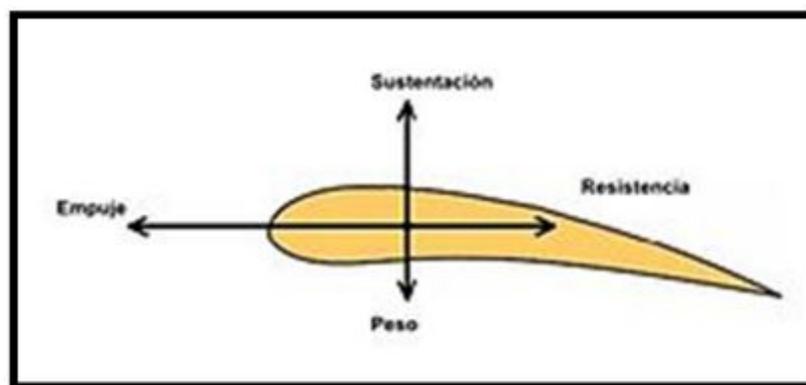


Figura 2.3: Perfil alar

2.1.2.1 Capa límite

La capa límite o capa fronteriza de un fluido es la zona donde el movimiento de éste es perturbado por la presencia de un sólido con el que está en contacto. La capa límite se entiende como aquella en la que la velocidad del fluido respecto al sólido en movimiento varía desde cero hasta el 99% de la velocidad de la corriente no perturbada.

La capa límite puede ser laminar o turbulenta; aunque también pueden coexistir en ella zonas de flujo laminar y de flujo turbulento. En ocasiones es de utilidad que la capa límite sea turbulenta. En aeronáutica aplicada a la aviación comercial, se suele optar por perfiles alares que generan una capa límite turbulenta, ya que ésta permanece adherida al perfil a mayores ángulos de ataque que la capa límite laminar, evitando así que el perfil entre en pérdida, es

decir, deje de generar sustentación aerodinámica de manera brusca por el desprendimiento de la capa límite.

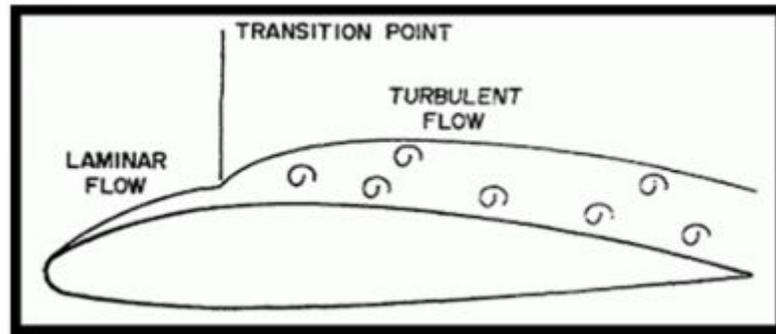


Figura 2.4: Capa limite (flujo laminar y turbulento)

2.1.3 Temperatura del aire

El calor del sol atraviesa la atmósfera sin elevar significativamente su temperatura, pero la Tierra sin embargo absorbe este calor, eleva su temperatura, y la cede gradualmente a las capas de aire en contacto con ella. En este ciclo continuo, cuanto más alejadas están las capas de aire de la tierra menos calor reciben de esta. Debido a esto, una segunda cualidad del aire es que la temperatura disminuye con la altura, "a mayor altura menor temperatura".

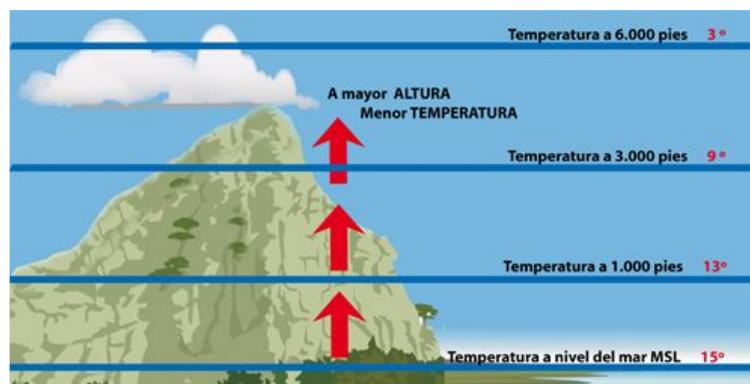


Figura 2.5: Variación de la temperatura del aire con la altura

2.2 Englamiento ²

Se llama englamiento a la formación de hielo que se produce sobre un avión en determinadas circunstancias.

Para que pueda producirse englamiento es condición necesaria que el agua que forman las nubes o la precipitación sea líquida y a su vez su temperatura sea menor de 0°C. Cuando el agua se presenta en ese extraño estado se dice que está en subfusión o superenfriada. El agua, normalmente, debería congelarse a 0°, pero en general, no lo hace así. Al bajar la temperatura le es más fácil continuar enfriándose que cambiar de fase. En la atmósfera hay muchos casos en que las gotitas de agua o las gotas de lluvia están superenfriadas, congelándose instantáneamente sobre la superficie del avión que entra en contacto, produciéndose el englamiento.



Figura 2.6: Aeronave en condiciones de englamiento

• ² Meteorología aplicada a la aviación/ Manuel Ledesma, Gabriel Baleriola/ 13ra edición/ Editorial Paraninfo

Los tres factores que intervienen en la formación de engelamiento son:

- Temperatura
- Diámetro de las gotas de agua
- Contenido de agua líquida

El engelamiento afecta de modo principal a las zonas de impacto de las gotas, superficies tales como bordes de ataque de las alas y estabilizadores, tomas de aire del motor y dinámicas del avión, hélices y parabrisas y en general todas las zonas de remanso de la corriente de aire como tubos pitot, antenas, etc.

2.2.2 Clases de engelamiento

El hielo que se forma sobre los aviones puede ser de cuatro tipos: hielo granular, hielo claro, hielo mixto y escarcha.

2.2.2.1 Hielo granular

Es opaco, blanco, de textura granular porosa; no pesa y se adhiere poco, desprendiéndose con facilidad. En general, se sostiene y consolida sobre el avión a consecuencia de la presión del aire. El hielo granular se forma cuando el avión choca con pequeñas gotas súper enfriadas, las cuales se congelan inmediatamente. Este tipo de engelamiento puede darse hasta temperaturas muy bajas, y la razón del engelamiento, que es la cantidad de hielo depositada por unidad de tiempo, no suele ser muy alta. Poca protección de hielo debe tener un avión moderno para que este tipo de engelamiento pueda afectarle.



Figura 2.7: Hielo granular en borde de ataque

2.2.2.2 Hielo claro

Este es un tipo más importante. Es denso, cristalino y transparente, y se desprende con dificultad. Se forma cuando el avión entra en contacto con grandes gotas súper enfriadas, ya sea al penetrar en nubes de gran contenido de vapor o al vapor bajo la lluvia helada, es decir, formada por gotas de agua súper enfriadas. El hielo claro se forma con temperaturas altas, entre 0°C y -12°C aproximadamente, grandes gotas de más de 10 micrones de diámetro y alta concentración superior a 0.5 g/m^3 .



Figura 2.8: Hielo claro en borde de ataque

2.2.2.3 Hielo mixto

Es una mezcla del granular y el claro.

2.2.2.4 Lluvia helada

La lluvia helada, en general, se produce cuando la lluvia procedente de una región relativamente caliente atraviesa otra relativamente más fría; es decir donde hay una inversión de temperatura.

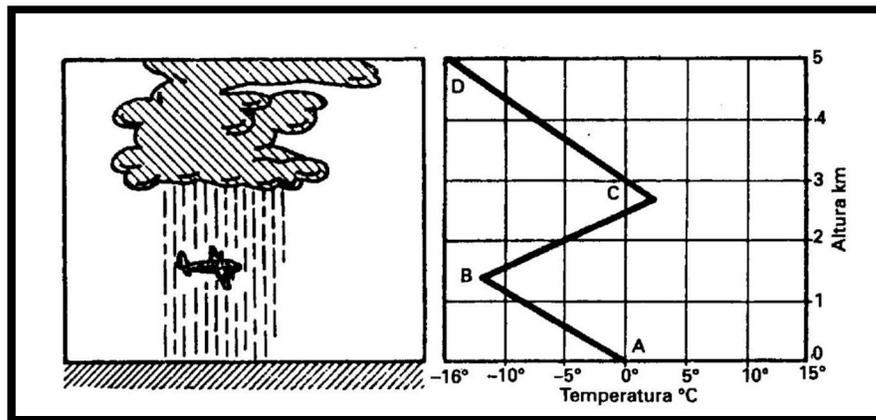


Figura 2.9: Engelamiento por lluvia helada (a la derecha, variación de temperatura por altura)

2.2.2.5 Escarcha

Es un fenómeno típico de invierno que se produce cuando al ser la capa de aire en contacto con el suelo muy rica en humedad, el enfriamiento nocturno hace descender la temperatura por debajo de 0°C . Entonces el vapor de agua se sublima, transformándose directamente en hielo, depositándose sobre el suelo frío. Si el avión está aparcado a la intemperie, queda recubierto de una capa de hielo y algún elemento puede quedar bloqueado.

En vuelo puede formarse engelamiento en cielo despejado cuando un avión que vuele a gran altura con temperaturas muy bajas (-30°C) desciende rápidamente hasta un nivel caliente y húmedo, en el cual el vapor de agua se sublima directamente sobre él. Este engelamiento se forma en niveles bajos, donde el aire suele ser más húmedo.



Figura 2.10: Escarcha en aeronave

2.2.2.6 Clasificación de engelamiento y condiciones de vuelo

El índice de engelamiento es la cantidad de hielo que se forma en la unidad de tiempo, y se lo representa entre ligero, moderado o fuerte.

- El engelamiento ligero se produce lentamente, y después de muchos minutos dentro de nubes, alcanzando un espesor que oscila desde indicios a 5 milímetros en 5 minutos. No hay necesidad de cambiar de rumbo ni de altitud.



Figura 2.11: Englamiento ligero

- El englamiento moderado se produce a ritmo mayor, enturbia los cristales y reduce el rendimiento del avión. Las últimas normas recomiendan para los pilotos cambiar inmediatamente de rumbo y de altitud.



Figura 2.12: Englamiento moderado

- El englamiento fuerte se produce cuando la acumulación es casi instantánea formándose una capa gruesa de hielo. Debe cambiarse inmediatamente de rumbo y altitud.

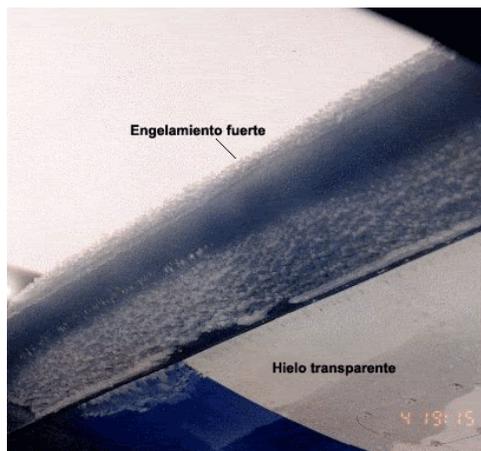


Figura 2.13: Engelamiento fuerte

2.2.3 Las nubes

La intensidad del engelamiento depende de la concentración de gotitas de agua líquida en el seno de la nube (gramos de agua por metro cúbico de nube), del tamaño de las gotitas y la temperatura. Dentro de una misma nube, estos tres factores varían de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha. Nubes que no dan eco en la pantalla del radar, indican que la concentración de agua líquida es reducida, mientras que en aquellas en que se produce un nítido y definido eco, la concentración y el tamaño son considerables.

2.2.3.1 Cúmulo y cumulonimbos (Cb)

El engelamiento más fuerte debe esperarse en los grandes cúmulos y cumulonimbos, donde, como consecuencia de las violentas ascendencias, la concentración y el tamaño de las gotas de agua líquida es grande. Especialmente en la mitad superior del Cu (Cúmulos), justamente antes de transformarse en Cb (Cumulonimbos), puede ser particularmente intenso. Si estas nubes son aisladas, como su extensión horizontal raramente alcanza los 30km, la acumulación de hielo no puede ser muy grande. De todas formas lo

más recomendable para el piloto es rodearlas, y si se presentan como una barrera, atravesarlas por el sitio más conveniente.



Figura 2.14: Nubes cumulonimbos

2.2.3.2 Nimbostratos (Ns)

A pesar de su gran tamaño, alcanzan espesores de 5000 metros y pueden extenderse horizontalmente hasta distancias de 200 kilómetros, la concentración de agua líquida y el tamaño de las gotas es pequeño debido a las precipitaciones continuas que en ellas se producen. Por tanto, el engelamiento en los Ns (Nimbostratos) es ligero excepto cuando las exigencias de control de tráfico obligan al avión a volar largo tiempo sin poder cambiar de actitud. En este caso la permanencia dentro del Ns puede dar lugar a una considerable acumulación de hielo. Por otra parte, en terreno montañoso, la turbulencia orográfica produce un aumento del contenido de agua líquida y el engelamiento puede ser moderado o fuerte.



Figura 2.15: Nubes nimbostratos

2.2.3.3 Stratos y stratocúmulos (St)

Estas nubes no contienen altas concentraciones de agua líquida y además tienen poco espesor, ya que este no suele sobrepasar los 1500 metros. En casos especiales, en que son más densas y la temperatura esta entre 10°C y -5°C , el engelamiento puede ser moderado en el tope de la nube. Si cae la nieve en los St (Stratos), entonces no hay engelamiento, pues la concentración de agua líquida en la nube se hace cero. (Ver figura 2.16)

2.2.3.4 Altocúmulos

Ordinariamente el engelamiento es ligero y este se evita fácilmente con un pequeño cambio de actitud, pues los altocúmulos son delgados. De todas formas, el tamaño de las gotas en estas nubes es mayor que en los St, por lo que ocasionalmente producen engelamiento moderado. (Ver figura 2.16)

2.2.3.5 Cirrus

No hay engelamiento dentro de estas nubes, aunque excepcionalmente ha sido experimentado a la extraordinaria temperatura de -54°C . Hay que suponer que para que las gotas permanezcan sin congelarse a esa temperatura deberían ser pequeñísimas, por lo que el engelamiento ha de ser ligero.

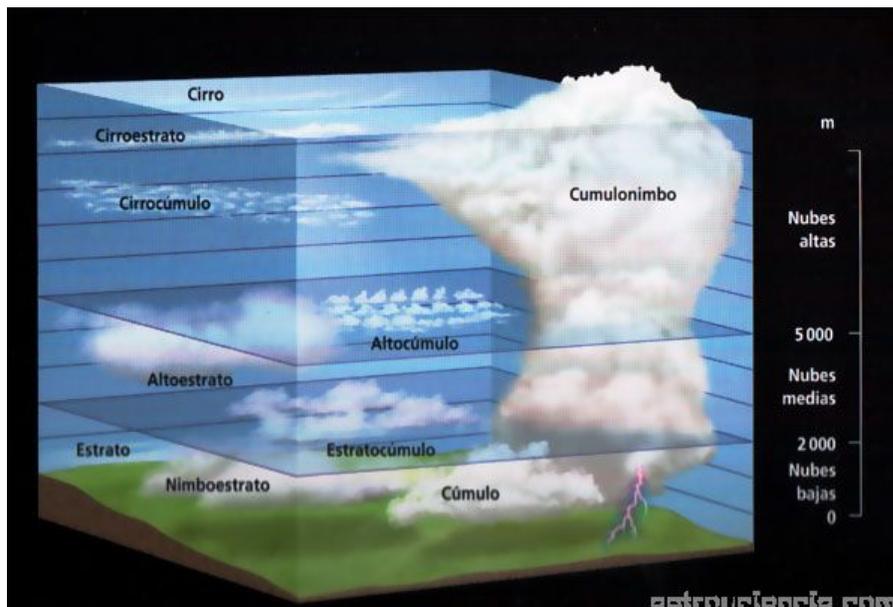


Figura 2.16: Tipos de nubes

2.2.4 Características del avión en condiciones de engelamiento

El engelamiento depende de la forma del avión y de sus distintos elementos. Si estos son agudos y delgados, como, por ejemplo, la antena y el tubo pitot, son susceptibles de recoger más hielo que si son anchos y sin borde, como la nariz de la aeronave.

La velocidad del avión es también otro factor de importancia, pues cuanto mayor es, más cantidad recoge por unidad de tiempo. Ciertamente es que los aviones rápidos salen de las zonas de engelamiento antes.

Por otro lado, la temperatura del avión depende de su velocidad; cuanto mayor es esta, el avión se pone más caliente. Este calentamiento cinético se debe al rozamiento del avión con el aire, pues el trabajo realizado por las fuerzas de fricción se transforma en calor y la temperatura del avión aumenta. Como consecuencia, se deduce que el posible engelamiento depende en gran medida de la velocidad del avión.

El aumento de temperatura con respecto a la velocidad viene representado según la figura 2.17. De allí se deduce que el avión que vuela a 730 km/h en aire claro experimenta en su estructura, como consecuencia del rozamiento con el aire, un aumento de temperatura de 20°C.

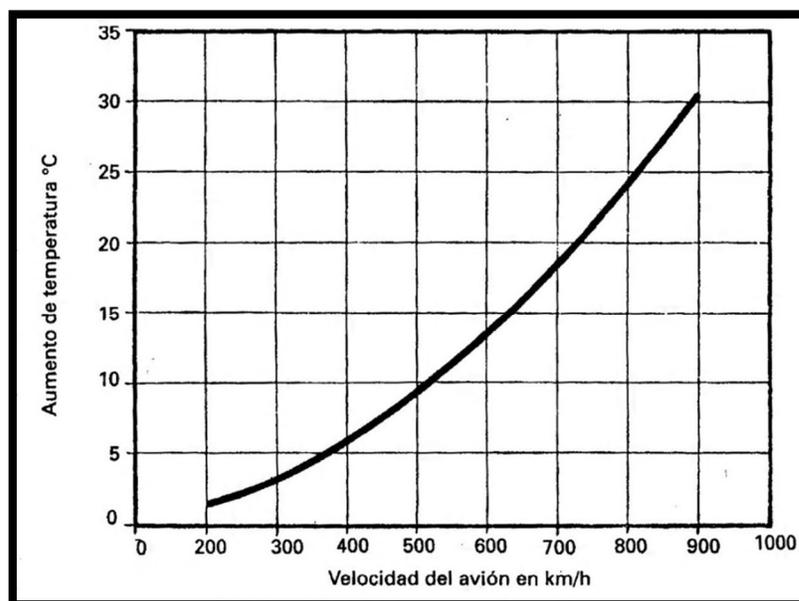


Figura 2.17: Calentamiento cinético del avión en aire claro

Esto quiere decir que para que se le forme engelamiento será necesario que la temperatura del aire sea como mínimo de -20°C, y a esta temperatura se sabe que la acumulación de hielo apenas es significativa.

En la figura 2.18 se representa el aumento de temperatura para diferentes velocidades del avión a tres niveles: 3000, 5000 y 7000 metros dentro de las nubes. A mayor altitud es válido el gráfico del aire seco. La altura normal de crucero en los reactores está comprendida entre los 30000 y 40000 pies. En esos niveles, y a la velocidad de unos 450 nudos, el calentamiento cinético es del orden de 30°. El engelamiento no existe.

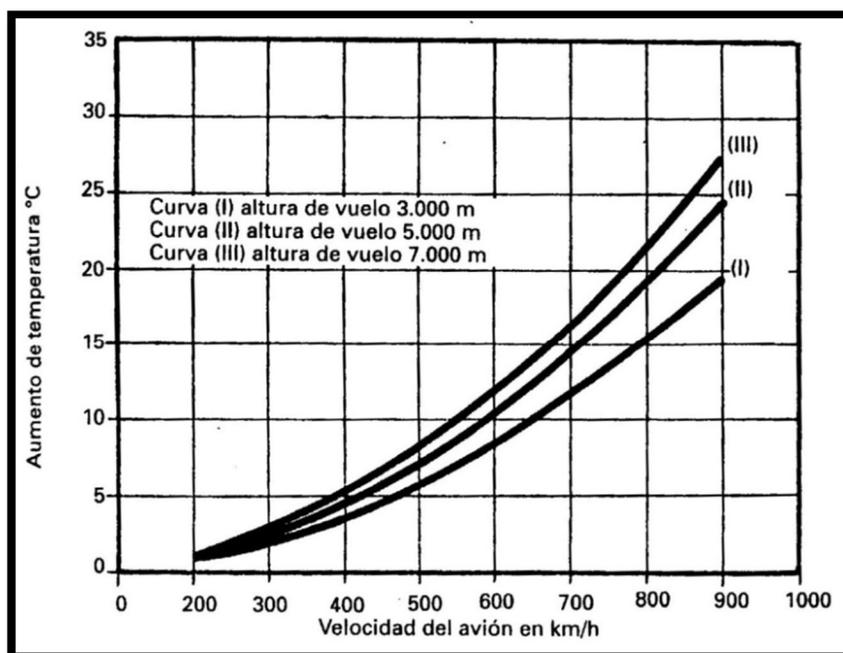


Figura 2.18: Calentamiento cinético del avión dentro de las nubes

2.2.4.1 Efectos del engelamiento en la aeronave³

La formación de hielo sobre la superficie del avión altera sus características aerodinámicas y por tanto sus actuaciones. Siendo el ala la superficie más importante del avión, la formación de depósitos de hielo sobre ella, cualquiera que sea su origen, tiene gran importancia.

-
- ³ Aerodinámica y actuaciones del avión/ Aníbal Isidro Carmona/ 10ma Edición/ Ediciones Paraninfo

El hielo depositado sobre el ala presenta frecuentemente una superficie muy rugosa y afecta frecuentemente a la capa límite disminuyendo la energía de la corriente del aire dentro de las mismas, con las consecuencias: aumento de la resistencia, reducción de sustentación, y por tanto aumento de la velocidad de pérdida.

La figura 2.19 representa en (a), el caso de formación de hielo sobre el borde de ataque del perfil, punto de remanso y zonas próximas, típico de engelamiento en vuelo. En (b) deposito uniforme de escarcha o hielo, formación típica con el avión en tierra, que presenta respecto al caso anterior la ventaja de que básicamente la forma del perfil no varía. En (c) se representan las variaciones de la sustentación en función del ángulo de ataque, pudiendo observarse además la disminución de la sustentación.

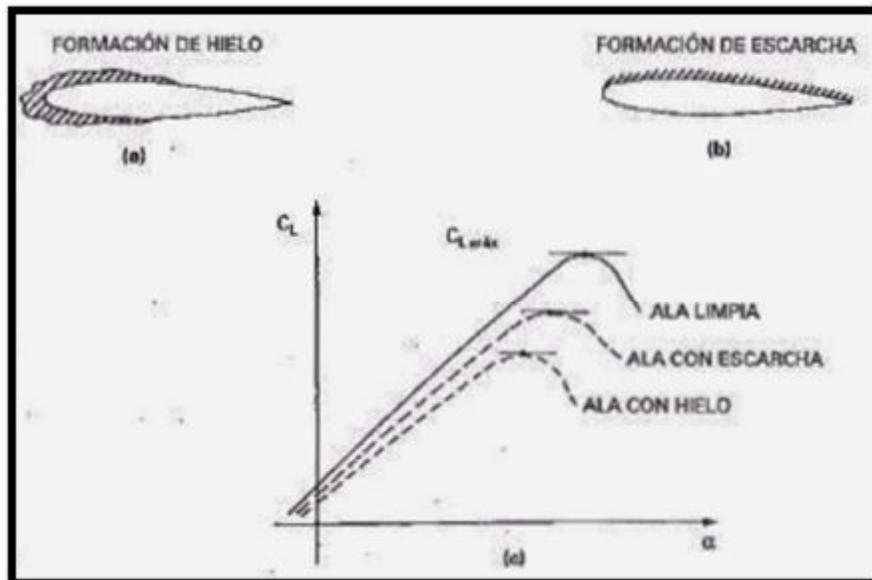


Figura 2.19: Formación de hielo en la aeronave y variaciones en su sustentación

Resumiendo y sistematizando, los efectos que produce el hielo son:

- La disminución del ángulo de ataque de entrada en pérdida puede dar lugar a que el margen de aviso o de alerta del stick-shaker sea muy pequeño, o incluso no exista, ya que los avisadores de pérdida suelen estar basados en unos ángulos de ataque preestablecidos.
- El hielo puede significar un aumento muy considerable de peso.
- Existe la posibilidad de que durante la rotación en el despegue, o en vuelo, el hielo se desprenda y se introduzca en los motores caso de que estos estén situados en la parte trasera del fuselaje (FOD, Foreign object damage), o que choquen con otras superficies del avión.
- Se pueden degradar las características de alabeo.
- Si en el aeropuerto de aterrizaje existen temperaturas bajas, es posible que al retraer los flaps queden acumulaciones de hielo no detectadas entre la parte fija del ala y los flaps
- Se debe retrasar en lo posible la extensión de flaps y slats.
- Cuando se esté eliminando hielo, nieve o aguanieve, debe evitarse que los restos se introduzcan en ningún tipo de entradas auxiliares o ranuras entre las superficies fijas y las de control (timones, slatas, alerones, etc.)

2.3 Sistemas de protección contra hielo⁴

2.3.1 Introducción

Desde el punto de vista físico hay cinco procedimientos de protección contra el hielo:

- Mantener el agua en estado líquido mediante la aplicación continua de calor.
- Evaporación del agua en las superficies del avión, lo cual requiere aplicar calor de forma más continua y enérgica que el caso anterior.
- Fusión del hielo, mediante aplicación del calor de forma intermitente.
- Desprendimiento del hielo por procedimientos mecánicos, con mecanismos de impulso o neumáticos.
- Prevención de la formación de hielo mediante procedimientos químicos, con fluidos depresores de punto de congelación.

La protección ideal sería el sistema anti hielo para todas las superficies del avión, pero la energía necesaria para llevarla a cabo es prohibitiva. Nótese que de los cinco métodos señalados más arriba hay unos que requieren más energía que otros, y no hay que olvidar que el avión comercial es un producto optimizado en su totalidad por criterios económicos, operativos y de mantenimiento, de manera que el sistema de anti hielo o deshielo entra dentro de dicho proceso de optimización.

• ⁴ Conocimientos del avión/ Antonio Esteban Oñate/ 6ta Edición/ Editorial Paraninfo

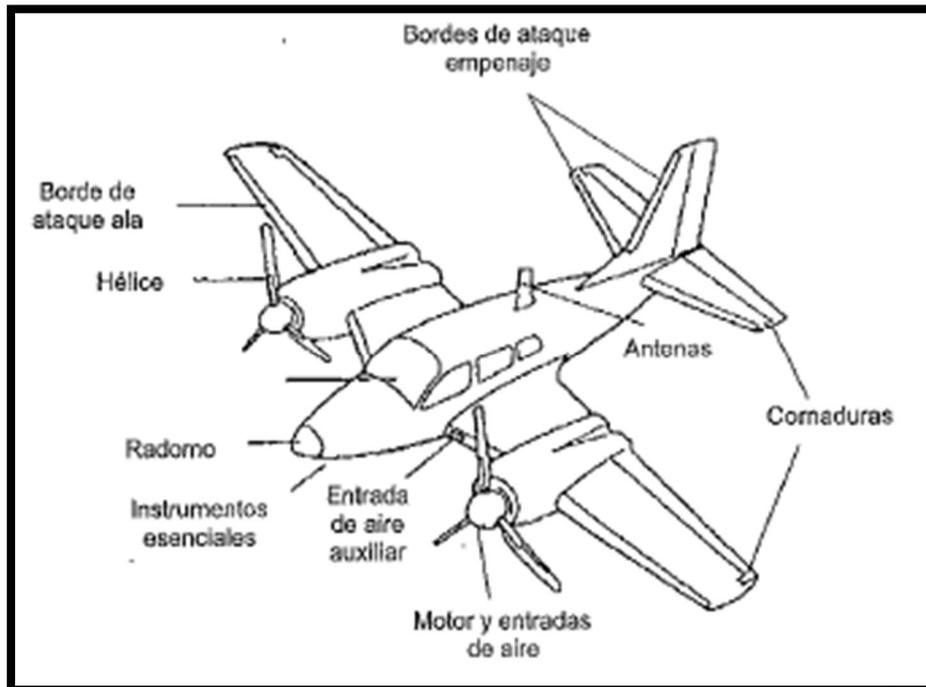


Figura 2.20: Superficies y conjuntos típicos de protección frente al hielo

2.3.2 Requisitos de los sistemas de protección contra el hielo

Se consideran dos regímenes de engelamiento: Máximo continuo y máximo intermitente

2.3.2.1 Régimen máximo continuo

El régimen máximo continuo de engelamiento se caracteriza por un contenido de agua líquida en la atmosfera de pequeño a moderado, con exposición del avión durante un "largo periodo de tiempo". El periodo de tiempo es equivalente, en longitud horizontal, a una distancia de 20 millas. Se trata de un régimen de engelamiento que afecta a las alas, estabilizadores, etc. es decir, a las superficies expuestas de forma continua al impacto de las gotas de agua superfrías.

2.3.2.2 Régimen máximo intermitente

El régimen máximo intermitente de engelamiento se caracteriza por la exposición del avión a valores altos de contenido de agua líquida en la atmosfera. Es un régimen que normalmente se superpone al anterior. Es aplicable en particular a elementos que no pueden tolerar la más mínima formación de hielo, como la toma de aire del motor o los alabes de entrada del compresor. El tiempo de exposición de este régimen se corresponde a una distancia horizontal de 3 millas.

2.3.3 Sistemas anti hielo

Impiden la formación de hielo en las superficies protegidas del avión.

2.3.4 Sistemas de deshielo

Los sistemas de deshielo permiten la agregación o acreción de hielo en las superficies del avión hasta un cierto límite o espesor de la capa de hielo, punto a partir el cual el sistema se activa para desprender el hielo formado. El deshielo es un proceso normalmente de carácter cíclico, con crecimiento y desprendimiento del hielo.

El medio térmico utilizado generalmente por estos sistemas es el suministro de calor a las zonas susceptibles de formación de hielo aunque también se emplean medios mecánicos y químicos. En los motores de aviones comerciales se suele emplear aire caliente sangrado del compresor para los bordes de ataque de las superficies aerodinámicas y entrada del motor.

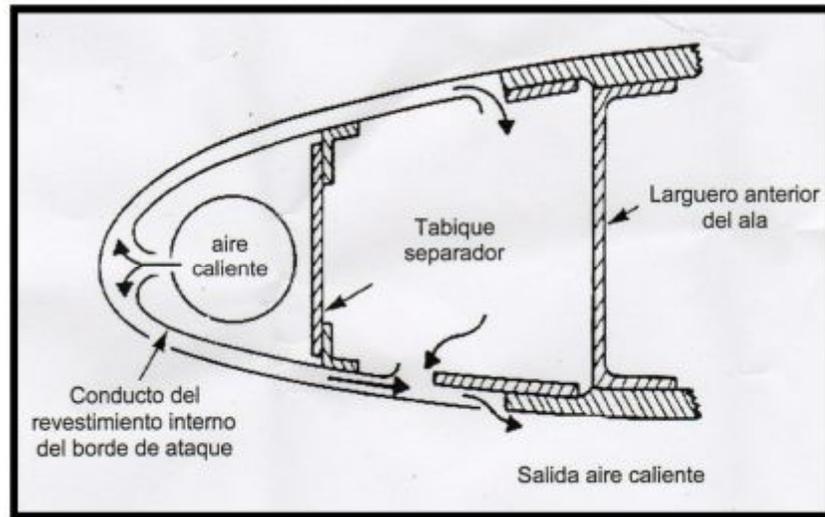


Figura 2.21: Anti hielo del ala por tubería de aire caliente en el borde de ataque

También se emplean resistencias eléctricas impregnadas en las superficies que se quieren proteger. Normalmente, la calefacción eléctrica se efectúa sobre superficies de pequeña o de mediana extensión, tales como parabrisas, tubos pitot, tomas de aire, orificios de estática, drenajes de lavabos, etc.

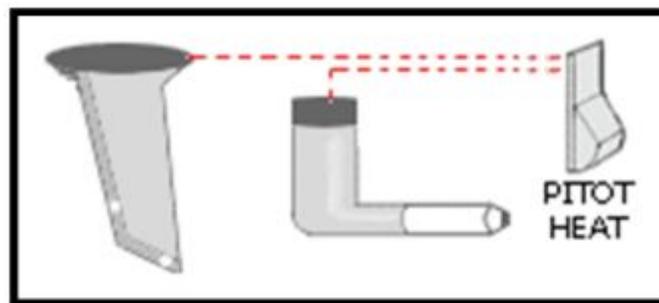


Figura 2.22: Tubo pitot y accionamiento para resistencia eléctrica

En aviación menor se suelen emplear procedimientos mecánicos, tales como las zapatas neumáticas que rompen el hielo acumulado y se permite así su desprendimiento por la acción aerodinámica del viento.



Figura 2.23: Proceso de deshielo manual de aeronave

2.3.4.1 Deshielo por zapatas neumáticas

Las zapatas neumáticas son un sistema de deshielo de los bordes de ataque de las superficies aerodinámicas del avión. Es un sistema de coste accesible, muy atractivo para aviones pequeños y turbohélices, porque la potencia que necesita para funcionar es pequeña.

La función del sistema es inflar y desinflar de forma sucesiva unas zapatas o bolsas de caucho natural instaladas en las superficies protegidas del avión, bordes de ataque del ala y estabilizador. Esta acción sucesiva desprende el hielo formado sobre dichas zonas.



Figura 2.24: Zapatas Neumáticas

2.3.4.2 Estructura

Desde un punto de vista constructivo, las zapatas neumáticas son bandas de caucho y de lona, en medio de las cuales hay una serie de tubos inflables, cerrados en los extremos.

Los tubos están vulcanizados dentro de las capas de caucho. Los extremos libres de los tubos se unen al sistema de distribución de aire a presión mediante mangueras flexibles, la zapata se instala en los bordes de ataque, bien directamente con adhesivos o con tornillos y tuercas remachables.

La superficie externa de protección de la zapata lleva una capa delgada de material conductor de la electricidad, para impedir la acumulación de electricidad estática en dicha zona.

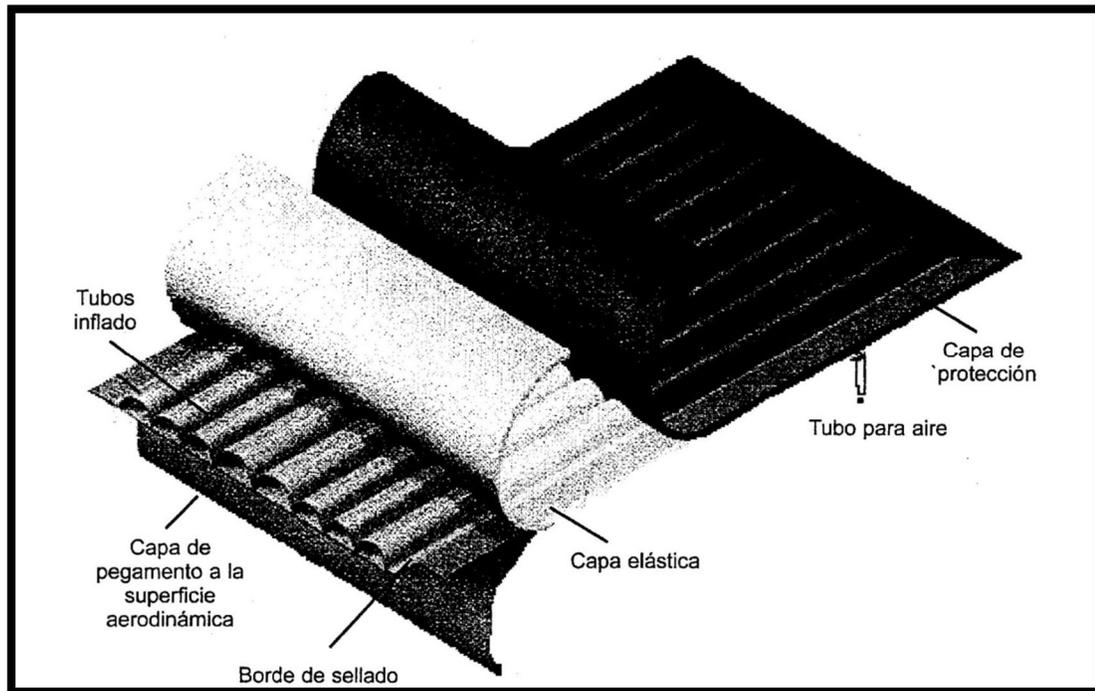


Figura 2.25: Estructura de las zapatas neumáticas

2.3.4.3 Funcionamiento

Para el caso de aviones con motor de embolo suele tomarse del lado de presión de la bomba de vacío. En el caso de aviones turbohélices proviene del sangrado que se efectúa en el compresor del motor.

El desinflado de los tubos de las zapatas se produce por el lado del vacío de la bomba o por medio de venturis situados en el sistema en el caso de sangrado de aire del compresor.

Las zapatas son de dos tipos según la instalación de la superficie. En el tipo más común los tubos inflables se instalan a lo largo de la envergadura del borde de ataque. Hay otro tipo donde los tubos están instalados en sentido transversal, es decir paralelos a las costillas del ala. Desde el punto de vista funcional las zapatas son también de dos clases, según que los tubos se inflen

de forma simultánea o de forma secuencial, en la cual primero se infla el tubo central y después los laterales superior e inferior. Este movimiento se repite de forma cíclica. Los tubos se inflan y desinflan todos a la vez en las zapatas de inflado simultaneo.

En ambos casos el aire es dirigido por medio de conductos y válvulas a las zapatas de deshielo.

2.3.4.4 Composición

El sistema está compuesto por los siguientes elementos.

A. Zapatas

Están pegadas o remachadas al borde de ataque del ala. La figura 2.26 muestra la disposición de mangueras flexibles de conducción del aire a presión a la zapata. Por las mismas mangueras el sistema de vacío produce la succión cuando se desinfla la zapata y se ajusta al contorno aerodinámico de la superficie.

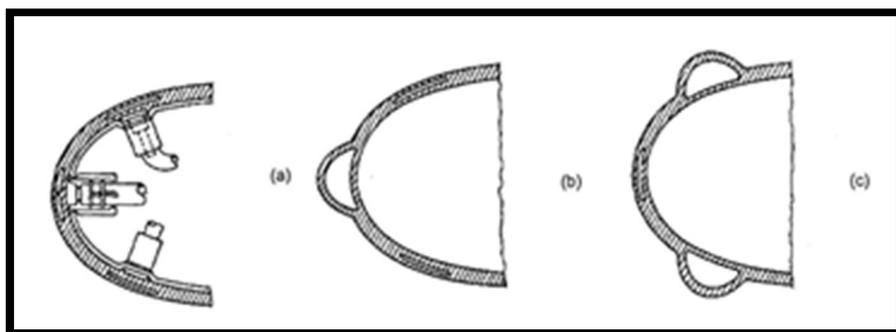


Figura 2.26: Disposición de mangueras flexibles

La operación típica en este tipo de zapata secuencial, consiste en inflar el tubo o los tubos centrales de la zapata, de tal manera que se rompe el hielo acumulado en la superficie. A continuación se desinflan. Luego se procede a desinflar los tubos laterales.

B. Reguladores de presión y válvulas anti retorno

Los reguladores mantienen la presión del aire a un valor determinado.

Las válvulas anti retorno tienen la función de aislar los dos motores entre sí desde el punto de vista neumático. Impiden que en caso de parada de un motor el aire suministrado por el motor operático escape hacia el motor parado.

C. Válvulas distribuidoras

Permiten la canalización del aire hacia las zapatas de deshielo, inflándolas y producir el vacío en la conducción para desinflarlas.

D. Temporizador

El temporizador establece la secuencia de los ciclos de inflado y desinflado de las zapatas. Es normal que haya dos ciclos, uno rápido y otro lento, que se diferencian en el tiempo que las zapatas permanecen inactivas (desinfladas), señalamos un ciclo típico a continuación.

Cada zapata permanece inflada cinco segundos; primero las interiores de las semialas, después las exteriores, y por último y simultáneamente las tres de los planos de cola. De acuerdo con el ciclo seleccionado, rápido o lento, las zapatas permanecen desinfladas 45 o 165 segundos, respectivamente. Por

tanto, la duración del ciclo rápido es de 60 segundos y la del lento de 180 segundos.

E. Controlador

El control se efectúa en un interruptor de tres posiciones, de conexión del sistema y de selección de los ciclos rápido o lento.

Hay sistemas, aviones ligeros, donde falta el temporizador. El operador aplica a discreción deshielo con un interruptor de tipo ON/OFF. Cuando se pone el interruptor en ON el sistema realiza uno o más ciclos de inflado de la zapata, dependiendo del diseño del sistema.

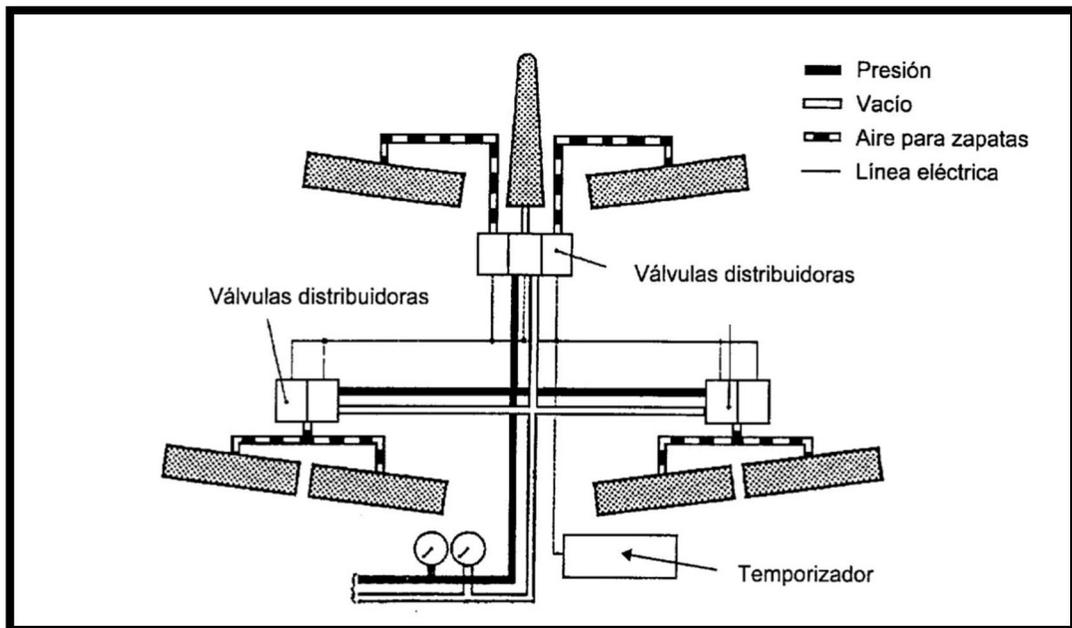


Figura 2.27: Esquema del sistema de deshielo por zapatas neumáticas

2.3.4.5 Consideraciones especiales

- Por lo común (depende del manual del avión) las zapatas no se deben activar hasta que exista un depósito de hielo de cierto espesor sobre ellas, digamos ente 5 y 10 mm. Este procedimiento suele ser la forma más eficaz para desprender el hielo, si se inicia el ciclo cuando la capa de hielo es muy delgada puede formarse el llamado "*ice bridging*", durante la expansión de la zapata, una forma de hielo en puente sobre la propia zapata. Para eliminar el "*ice bridging*" se necesitan más ciclos de expansión de la zapata.
- El hielo crece más rápido conforme más pequeña es la superficie. La dependencia del tamaño de una superficie con su capacidad para acumular hielo es un factor operacional de interés. De hecho, las alas del C.5A Galaxy son tan grandes que la acumulación de hielo en ellas es mínima, lo que explica que no precisen protección frente al hielo.
- Las zapatas de los estabilizadores de cola son más pequeñas que las del ala, sencillamente porque el radio del borde de ataque de estas superficies es menor. Por esta razón y su tendencia a la acreción de hielo, más que en el ala, la eficacia de las zapatas en esta zona podría ser menor que en el ala, y precisar de un tiempo mayor de ciclaje del sistema.

2.3.5 Sistemas de detección de hielo

Los sistemas de detección de hielo tienen la función de alertar de la entrada del avión en zona de engelamiento y de la posibilidad de formación de hielo en las superficies del avión. Además de alertar a la tripulación sobre la detección de

condiciones propicias a la formación del hielo, hay otros sistemas más modernos que ejecutan de forma automática las acciones de protección.

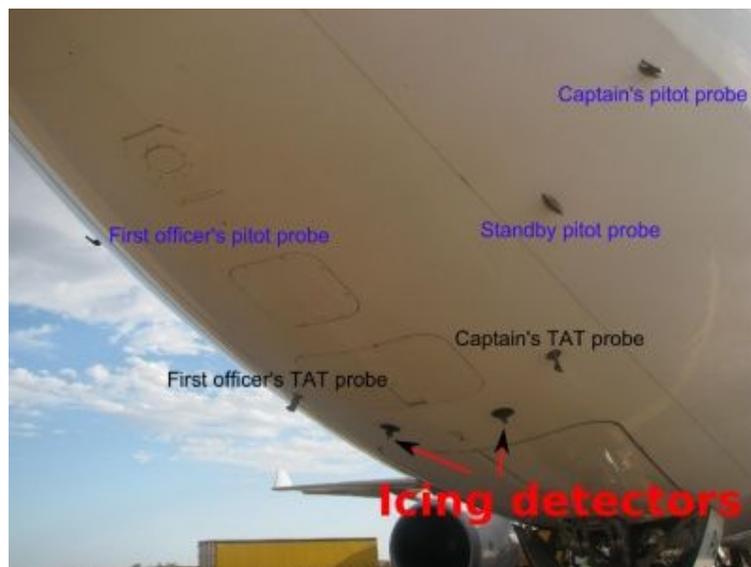


Figura 2.28: Ubicación de los detectores de hielo (Parte inferior del fuselaje)

2.3.5.1 Clasificación

Los sistemas de detección de hielo se clasifican en dos categorías básicas:

- Sistemas de alerta, llamados también sistemas secundarios de detección de hielo
- Sistemas de alerta y control, o sistemas primarios

En los primeros, los sistemas de alerta, la actuación se limita a proporcionar avisos a la tripulación de la existencia de condiciones de formación de hielo. El piloto ejecuta las acciones pertinentes de protección de acuerdo con esta información y los procedimientos normales.

En los segundos el sistema de alerta y control, el sistema ejecuta automáticamente las acciones de protección contra el hielo. Estos sistemas reciben también el nombre de sistemas primarios de detección de hielo.

Ambos sistemas son muy similares, aunque el sistema primario responde a unas acciones lógicas automáticas de control, muy rigurosas, antes de activar el sistema de protección.

2.3.5.2 Sistema de alerta de detección de hielo

El detector de hielo es una sonda que está situada físicamente en la parte anterior lateral del fuselaje. La zona está al abrigo de cualquier perturbación importante del flujo y de la propia capa limite que progresa y crece por el fuselaje. Esto se hace así con objeto de que las condiciones de impacto de aire en el sensor sean representativas de las condiciones presentes en el viento relativo.

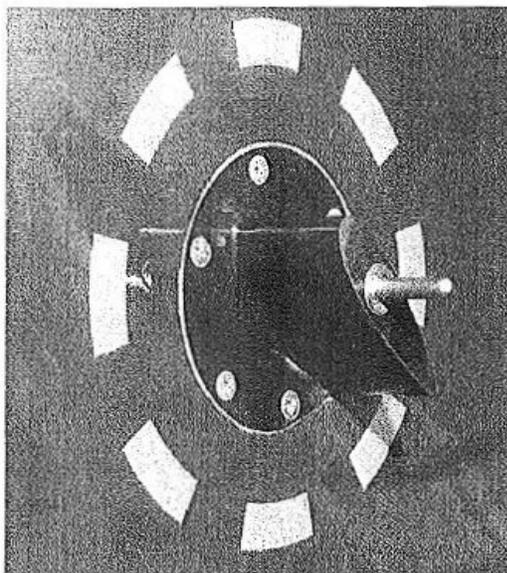


Figura 2.29: Detector de hielo instalado en una aleta situada en la parte lateral del fuselaje

El detector es un cilindro de unos 6 mm de diámetro y de 25 mm de largo, montado en una aleta de perfil aerodinámico. Expuesto a la corriente libre de aire, el detector se comporta como cualquier superficie sólida sometida a condiciones de engelamiento, es decir, que colecciona las gotas de agua superfrias que chocan con él.

El sistema de alerta no tiene controles en cabina. Consiste básicamente de un panel de control normal, con interruptores ON-OFF, CTAI Y WTAI, o rótulos similares para identificar anti hielo en la entrada del motor (CTAI) o del ala (WTAI).

Las indicaciones que proporciona el sistema varían de un avión a otro, pero suele ser un aviso luminoso en ámbar (ICING), que anuncia la detección de hielo. Cuando desaparecen las condiciones de engelamiento se apaga la luz de aviso (ICING) y puede mostrarse en su lugar e aviso de que no existen condiciones de formación de hielo, por ejemplo NO ICE en color blanco.

2.3.5.3 Sistema de alerta de detección de hielo y protección

El sistema de alerta de detección de hielo y protección ha sido el paso siguiente en la evolución de los detectores de hielo.

En este tipo de sistema no solo hay avisos a la tripulación de condiciones de engelamiento, sino que el propio sistema pone automáticamente en acción el equipo de protección contra el hielo. Para ello es necesario que el interruptor del sistema se sitúe en la posición AUTO (automático). Así, pues, en estas condiciones, la tripulación es relevada en primera instancia de la supervisión de las condiciones exteriores propias de engelamiento, es decir, humedad visible y temperatura exterior (OAT) igual o inferior a 10°C.

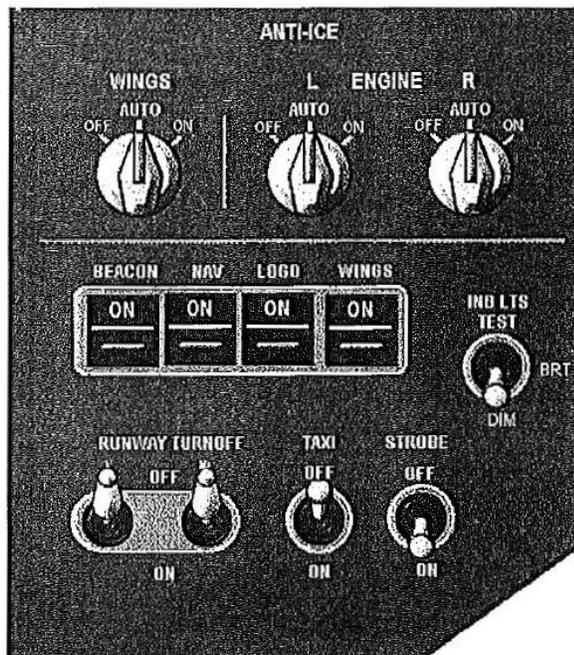


Figura 2.30: Panel de control anti hielo (Boeing 777)

2.4 Equipos de congelación⁵

2.4.1 Congelador

Un congelador, es un equipo de refrigeración que comprende un compartimento aislado térmicamente y un sistema frigorífico, bien sea por compresión o por absorción, el cual es capaz de mantener los productos almacenados en su interior a una temperatura bajo 0 °C, normalmente entre -30 °C y -4 °C.

2.4.1.1 Refrigerante

Hay diferentes tipos de refrigerante utilizado en los congeladores. Los dos más comunes son el freón y amoníaco puro. Ambos son altamente tóxicos y no deben ser manipulados por alguien que no está certificada para trabajar con ellos.



Figura 2.31: Refrigerante (freón 22)

2.4.1.2 Condensador y ventilador

El condensador es lo que pasa el gas comprimido a través para absorber el calor. Son una serie de bobinas angostas que permiten una mayor superficie posible. El gas absorbe el calor alrededor de la bobina enfriando así el aire alrededor del mismo.

2.4.1.3 Motor (Compresor)

El compresor toma el líquido refrigerante dentro del tanque de refrigeración y coloca presión en él para que se convierta en gas. Este gas comprimido tiene la propiedad de hacer que el calor se vaya del aire a su alrededor. Los compresores en los congeladores comerciales normalmente son mucho más grandes que en los congeladores residenciales.

• ₅ http://www.issel.com/sp/sprospectospdf/CAMARA_FRIGORIFICA_D.pdf



Figura 2.32: Compresor de refrigeración

2.4.1.4 Evaporador

En el evaporador, el gas libera su calor y presión y lo vuelve líquido para que el ciclo pueda volver a comenzar. El evaporador está conectado nuevamente al compresor para que el líquido pueda volver.



Figura 2.33: Evaporador

2.4.1.5 Tubo capilar

Un tubo capilar es una conducción de fluido muy estrecha y de pequeña sección circular. Su nombre se origina por la similitud con el espesor del cabello.

Tiene uso en sistemas de refrigeración. Es el tipo más sencillo de dispositivo de expansión, pues consiste únicamente en un tubo (generalmente de cobre), que actúa por tener una gran pérdida de carga, debido a su pequeño diámetro, de modo que el líquido refrigerante pierde la mayor parte de la presión con la que viene del compresor, presión que mantenía su volumen reducido; al perder presión, se expande en la salida hacia el evaporador. La pérdida de carga que origina el capilar en este punto se define en función de la longitud del mismo, y corresponderá a la caída de presión del sistema entre el condensador y el evaporador.



Figura 2.34: Tubo Capilar

2.4.1.6 Aislante

Para poder mantener todo el aire frío en el interior, los congeladores comerciales tienen un aislante alrededor de la carcasa. Éste normalmente está libre de clorofluorocarbono ya que es mejor para las personas y para el medio ambiente.

2.4.1.7 Panel frigorífico

El panel frigorífico (sándwich), es un panel constituido por dos chapas de acero y un núcleo en poliuretano

Este tipo de panel tiene una gran resistencia mecánica y plenas garantías de estanqueidad, sus juntas lo hacen especialmente fácil de montar ya que no necesita ser acomodada por sellantes.

Es un panel resistente a la humedad y al diferencial de gradientes por lo que este tipo de panel es ideal para la construcción de cámaras frigoríficas, túneles, procesamiento de alimentos etc...



Figura 2.35: Panel frigorífico "Sandwich"

2.4.1.7 Proceso de funcionamiento

La función de una máquina de refrigeración es tomar el calor de un ambiente a baja temperatura (en este caso un armario cerrado y aislado térmicamente) y cederlo en el ambiente exterior (para el refrigerador doméstico sería la cocina), empleando una fuente de energía externa para mantener el proceso. Un refrigerador es una bomba de calor (como las de agua, bombea calor de un lugar a bajo nivel térmico a otro de mayor nivel), impulsada generalmente por un motor eléctrico.

Para que la eficiencia sea mayor, la diferencia de temperatura entre el condensador, (que contiene el calor absorbido por el refrigerante en el evaporador) y el aire ambiente debe ser máxima, ya que es en este lugar donde el calor sale del aparato. Por este motivo son más eficientes en invierno que en verano y en cualquier época, su consumo es menor si se sitúa en un lugar fresco. Asimismo debe procurarse que el intercambiador de calor externo (o condensador), que suele estar en la parte trasera del aparato, tenga una buena ventilación.

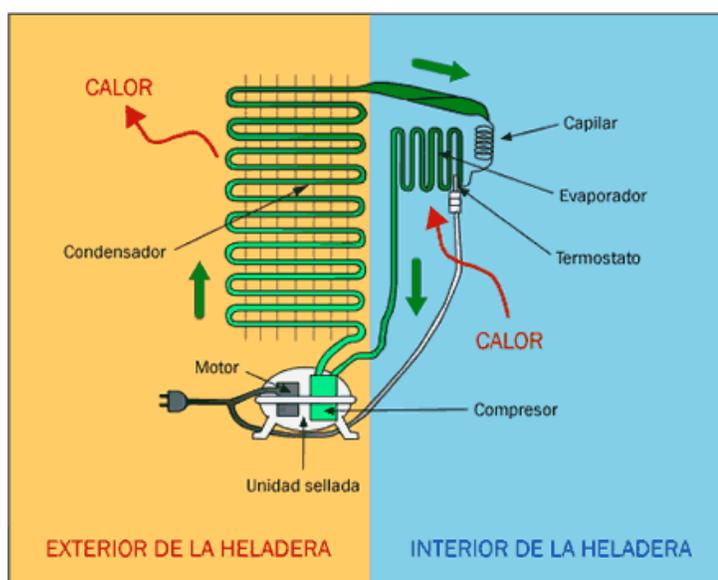


Figura 2.36: Proceso de funcionamiento de un congelador

2.5. Materiales y sus características

2.5.1 Elastómero

Los elastómeros son aquellos tipos de compuestos que están incluidos no metales en ellos, que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas y deformables. Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles.

Como resultado de su extrema flexibilidad, los elastómeros pueden alargarse de un 5% a un 700%, dependiendo del material en concreto. Sin los enlaces o con pocos de ellos, la tensión aplicada puede provocar una deformación permanente.

2.5.1.1 Caucho

El caucho es un polímero elástico y es ampliamente utilizado en la fabricación de neumáticos, llantas, artículos impermeables y aislantes, por sus excelentes propiedades de elasticidad y resistencia ante los ácidos y las sustancias alcalinas. Es repelente al agua, aislante de la temperatura y de la electricidad.

El caucho natural suele vulcanizarse, proceso por el cual se calienta y se le añade azufre o selenio, con lo que se logra el enlazamiento de las cadenas de elastómeros, para mejorar su resistencia a las variaciones de temperatura y elasticidad. Actualmente más de la mitad del caucho usado hoy en día es sintético, pero aún se producen varios millones de toneladas de caucho natural anualmente.



Figura 2.37: Caucho

2.5.1.2 Vulcanización

La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío.

Durante la vulcanización, los polímeros lineales paralelos cercanos constituyen puentes de entrecruzamiento entre sí. El resultado final es que las moléculas elásticas de caucho quedan unidas entre sí a una mayor o menor extensión. Esto forma un caucho más estable, duro, mucho más durable, más resistente al ataque químico y sin perder la elasticidad natural.

2.6 Medidas de seguridad⁶

Las medidas de seguridad cumplen un papel esencial al momento de realizar un trabajo o iniciar una actividad que tenga algún tipo de riesgo que afecte la integridad física del trabajador, para ello se cuenta con métodos de seguridad que cumplan con estos objetivos como los equipos de protección personal.

• ⁶ http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm

2.6.1 Equipos de protección personal

Los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.



Figura 2.38: Equipos de protección personal

Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios como por ejemplo: Controles de Ingeniería.

2.6.2 Requisitos de un E.P.P.

- Proporcionar máximo confort y su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- No debe restringir los movimientos del trabajador.

- Debe ser durable y de ser posible el mantenimiento debe hacerse en la empresa.
- Debe ser construido de acuerdo con las normas de construcción.
- Debe tener una apariencia atractiva.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En el siguiente capítulo se da a conocer todo lo referente a la construcción de la maqueta de simulación del sistema anti hielo, tomando en cuenta parámetros de eficacia, eficiencia y las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier daño en el trabajo.

Para ello se ha realizado un estudio de alternativas que permitan elaborar un diseño que cumpla con los objetivos planteados y que recreen de la manera más óptima como funciona este sistema en la aeronave.

3.2 Estudio de alternativas

En este punto del capítulo se da a conocer las alternativas que se pudieron haber dado para poder cumplir el objetivo principal, para ello se realizaron investigaciones de fuentes de internet y bibliográficas, poder determinar una opción que cumpla con criterios de eficacia, eficiencia, funcionalidad y medidas de seguridad del proceso del sistema anti hielo por medio de zapatas neumáticas.

3.2.1 Primera alternativa

Para el proceso de formación del hielo en el ala, se indago sobre diversas opciones, una de ellas se denomina formación de hielo instantáneo, el cual hace que se forme el hielo en un vaso de agua en menos de 3 segundos, se basa en una mezcla química de acetato de sodio con agua (Ver figura 3.1), el cual al momento que entra en contacto con cualquier superficie, esta agua mezclada con el acetato, se comienza a congelar instantáneamente, es una

técnica complicada ya que esta mezcla se la debe hervir a "baño maría" para adquirir su forma líquida.



Figura 3.1: Formación de hielo seco en acetato de sodio

3.2.1.1 Ventajas y desventajas del hielo instantáneo

Para determinar la mejor opción del proyecto se elaboró una tabla con las ventajas y desventajas pertinentes de cada tipo de hielo.

Tabla 3.1

Ventajas y desventajas del hielo instantáneo

Ventajas	Desventajas
Se forma el hielo en un lapso de 5 segundos (cambio líquido – sólido)	Toma alrededor de 45 minutos para elaborarlo
Las medidas de seguridad son mínimas para manipular estos elementos	Se necesita formarlo en grandes cantidades para abastecer el proceso de formación de hielo
	Los elementos químicos como el acetato de sodio y bicarbonato tienen un alto costo

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.2.2 Segunda alternativa

Para una segunda alternativa se ideó la aplicación de hielo seco al perfil alar, el cual consiste en dióxido de carbono en estado sólido. Recibe este nombre porque, pese a parecerse al hielo o a la nieve por su aspecto y temperatura, cuando se sublima no deja residuo de humedad. Tiene una temperatura de sublimación de $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, para fabricarlo se puede utilizar botellas de Co_2 (Dióxido de carbono), el cual se deja escapar en una bolsa porosa donde se congela, una de las fuentes más comunes del hielo seco son los detectores de incendios.



Figura 3.2: Hielo seco

3.2.2.1 Ventajas y desventajas del hielo seco

A continuación se da a conocer las ventajas y desventajas de este método de formación del hielo.

Tabla 3.2

Ventajas y desventajas del hielo seco

Ventajas	Desventajas
La formación del hielo es instantánea	Es extremadamente frío, si no se toma medidas de seguridad puede producir quemaduras a la piel

Continúa



Se necesita maquinaria de alto costo
para manipularlo

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.2.3 Tercera alternativa

Para una última alternativa se especuló en un conjunto básico de refrigeración, que consiste en el diseño de un congelador convencional, el cual consta de un compresor, condensador, evaporador y tubo capilar, consiste en tomar el calor de un ambiente a baja temperatura y cederlo en el ambiente exterior, empleando una fuente de energía externa para mantener el proceso.

3.2.3.1 Ventajas y desventajas de un sistema de refrigeración

Tabla 3.3

Ventajas y desventajas de un sistema de refrigeración

Ventajas	Desventajas
El costo de los componentes es accesible	La formación del hielo toma alrededor de 30 minutos (Dependiendo de la capacidad del sistema)
La aplicación en el perfil alar es la más óptima ya que simula la condición de englamiento	El sistema debe encontrarse completamente aislado del exterior
Mantiene la temperatura interna deseada	
El uso de equipo protección personal es mínimo.	

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.2.4 Alternativa más adecuada

Para determinar cuál de las opciones para la formación del hielo es la más óptima y basándose en datos previamente determinados, se realizó un estudio de parámetros de seguridad, costos, eficiencia en la formación del hielo y simulación de englamiento, para ello se elaboró una tabla comparativa con una valoración de 0 a 1, donde 0 es la opción menos adecuada y 1 la opción más sobresaliente, dando al final un promedio, determinando la alternativa a utilizar en el proyecto.

Tabla 3.4

Estudio de alternativas

	Hielo instantáneo	Hielo seco	Sistema de refrigeración
Seguridad	0.6	0.2	0.8
Costos	0.3	0.1	0.7
Eficiencia	0.9	0.6	0.6
Simulación de englamiento	0.6	0.7	0.9
PROMEDIO	0.6	0.4	0.75

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.2.4.1 Conclusión

Se ha determinado, apoyándose en parámetros que permitan desarrollar el objetivo de una mejor manera, que el sistema de refrigeración es el método más eficaz para desarrollar el proyecto, fundamentándose en la optimización de todos sus recursos.

3.3 Construcción

El proceso de construcción determina la ejecución de todo lo estudiado y analizado anteriormente, a continuación se detalla paso a paso todo el proceso de elaboración de la maqueta.

3.3.1 Medidas de seguridad

Como ya se lo ha mencionado la seguridad es de suma importancia para este tipo de proyectos, para la construcción del modelo de simulación, se utilizaron los siguientes equipos de protección personal.

- Gafas de protección
- Guantes
- Overol
- Protección auditiva
- Botas de seguridad
- Mascarilla

De esta manera se realizó un buen proyecto y cuidó la seguridad en el trabajo.

3.3.2 Perfil alar

El perfil alar es uno de los componentes más importantes, ya que en este se cumple el proceso de experimentación del proyecto, se buscó un diseño óptimo y de vanguardia que resalte el trabajo de este sistema en el avión.

3.3.2.1 Diseño

En el diseño del perfil se estableció parámetros de aerodinámica enfocándose en cumplir uno de los objetivos planteados, el funcionamiento de las zapatas neumáticas, para ello se basó en los conocimientos teóricos del funcionamiento de las zapatas y en su configuración (Ver figura 3.3).

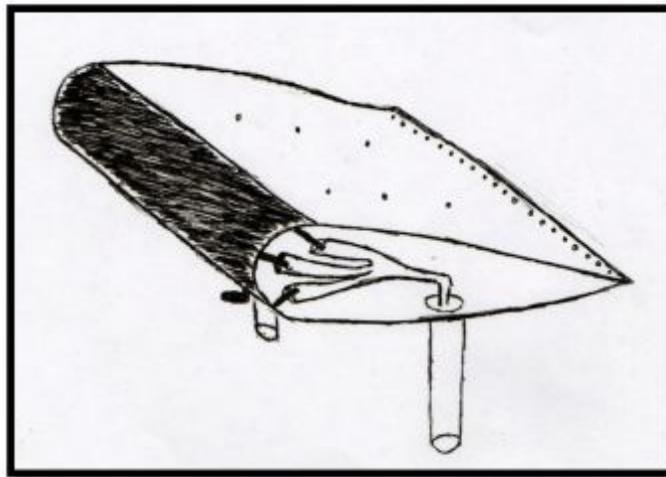


Figura 3.3: Boceto del perfil alar planteado

En el diseño establecido previamente se puede observar el perfil alar y la configuración de las zapatas, las cuales están adheridas a la parte central del perfil, las válvulas de las tres zapatas ingresan al interior del perfil por medio de tres orificios, para que así pueda ingresar el aire desde el compresor para inflarlas.

Tiene dos costillas se planificaron para aumentar la resistencia del perfil y darle su forma, estas están ubicadas en la parte interior del perfil ubicadas a 15 cm de distancia.

3.3.2.2 Materiales y herramientas

Para esto se utilizó los diferentes materiales (Ver anexo A, para especificaciones técnicas):

- ½ Plancha de acero galvanizado: Mejor conocido como "Tol" es un material conocido por su gran resistencia y mayor maniobrabilidad, se utilizó también por ser un material invulnerable a la humedad ya que el perfil es susceptible a altas concentraciones de saturación.
- 3 Tubos de bicicleta de 26´´: Se utilizaron tubos de bicicleta porque pueden simular las zapatas a tamaño escala y el caucho es un elastómero que se puede extender hasta un 700% del tamaño inicial.
- 22 remaches "POP" : La característica principal de estos remaches es que tienen un vástago el cual deforma el remache una vez ingresado en las zonas a trabajar, se utilizaron este tipo de remaches ya que las zonas para adherirse las barras contra remachadoras no estaban al alcance.

Las herramientas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Tijera latonera
- Taladro neumático
- Taladro de pedestal
- Brocas de 1/8´´ 1/4´´ y 3/32´´
- Dobladora
- Cizalla
- Remachadora manual
- Lima redonda
- Lija para metal
- Entenalla

3.3.2.3 Proceso de elaboración

Una vez obtenidos los materiales ya mencionados se procedió con el corte de la lámina de acero galvanizado según las medidas establecidas en el diseño (Ver Anexo B, para planos).

Primero se procedió con la elaboración de las costillas ya que son la parte estructural más importante y tiene el diseño exacto del perfil alar, para ello se utilizó la tijera latonera y una vez trazado el contorno se cortó.



Figura 3.4: Trazado del perfil alar en plancha de acero

Se debe tener en cuenta que se confecciono tres pestañas en cada lado del perfil para posteriormente poder remachar las costillas al perfil. Luego utilizando una lima se limaron las costillas ya elaboradas para evitar daños estructurales por desgaste del material.



Figura 3.5: Costilla con las aletas en la parte superior e inferior

Para terminar, utilizando el taladro neumático y con una broca de 1/8" se taladro orificios de alivio en las uniones entre las costillas y las pestañas para evitar cortes del material por esfuerzos.



Figura 3.6: Taladro de orificios de alivio entre la costilla y las pestañas

Para la elaboración de la parte estructural del perfil, la parte del intradós, extradós y el borde de ataque, se utilizó la plancha de acero galvanizado con las medidas especificadas en el diseño (45x45 cm) se procedió a cortar por medio de la cizalla manual.



Figura 3.7: Corte de la estructura del perfil alar

Una vez seccionados los lados con las especificaciones previamente dadas, utilizando una broca de 1/8" y por medio del taladro se perforo tres orificios en el lado derecho de la parte central de la plancha cortada con el fin de que las 3

válvulas de los tubos puedan ingresar al interior del perfil y consecutivamente hacer las conexiones hacia el compresor.



Figura 3.8: Perforación de orificios en la parte central del perfil

Después, se elaboró cuatro dobleces en la parte central de los lados cortados con la dobladora manual (Ver figura 3.9) de manera que quede con 5 cm de profundidad, con el fin de alojar las zapatas y la capa de caucho, como ya se vio previamente en el diseño.



Figura 3.9: Elaboración de dobleces en la parte central

A continuación se procedió a remachar las pestañas de las costillas con la parte superior e inferior del perfil, por medio de la remachadora manual (Ver figura 3.10).



Figura 3.10: Remachado de costillas en el perfil alar

Finalmente, una vez colocadas las costillas, se remacho la parte superior e inferior del perfil en el lado posterior, donde se unen los dos lados



Figura 3.11: Remachado del perfil

3.3.2.4 Colocación de zapatas

Para colocar las zapatas, en este caso los tubos de bicicleta, se cortó los tubos del tamaño del borde de ataque del perfil (45cm) y una vez cortados se procedió a vulcanizarlos; para el proceso de vulcanización se calentaron los lados de los tubos y se adhirió un material que ayude a que sus moléculas se unan, en este caso otro polímero, es decir un pedazo de caucho, y se lo colocó en una plancha para vulcanizar, los tubos quedaron pegados en sus extremos.



Figura 3.12: Extremo del tubo listo para vulcanizar

A continuación se procedió a pegar los tubos vulcanizados al borde de ataque del perfil, para ello se utilizó cemento de contacto ya que es un material de alta adherencia y durabilidad.



Figura 3.13: Colocación de los tubos neumáticos al perfil

Para la cobertura final del perfil, para que mejore su estética y se asemeje mejor al de la aeronave se colocó un tubo de motocicleta.

Para ello se cortó un tubo de motocicleta tomando en cuenta la forma del borde de ataque.



Figura 3.14: Corte del cubrimiento final del perfil

Después se taladro el perfil con la broca de 1/8'' para posteriormente remachar en conjunto con el tubo de bicicleta.



Figura 3.15: Perforación de orificios para remachado del caucho con el perfil

Se elaboraron soportes de 1.5x1.5 cm de acero galvanizado con el objetivo de colocarlos en la parte exterior de la zapata y así el tubo de motocicleta tenga mayor resistencia al momento de aplicar la presión neumática que necesita para extenderse.



Figura 3.16: Soporte remachado en el perfil

Luego se remacho el tubo de bicicleta al perfil por medio de la remachadora manual y con remaches de 1/8'', extendiendo el caucho hasta que tome la forma del borde de ataque.



Figura 3.17: Remachado de la zapata con el perfil

El caucho quedo perfectamente ubicado en el borde de ataque, asemejándose de una manera exacta al perfil alar deseado.



Figura 3.18: Vista final del perfil con la zapata colocada

Se colocó dos tapas en los costados del perfil, y así su interior quede completamente sellado del exterior, por tal motivo se utilizó silicona blanca, ya que es un adhesivo/sellador con acción duradera y es ideal para evitar que el agua se filtre.



Figura 3.19: Colocación de tapas al perfil

Finalmente se realizó el pintado del perfil y darle su acabado final, para ello se utilizó pintura "blanca brillante" en spray.



Figura 3.20: Perfil alar pintado

3.3.2.5 Sistema neumático para activación de zapatas

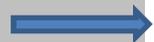
Uno de los objetivos principales planteados es el desprendimiento del hielo por medio de la inflación de las zapatas, para ello se elaboró un sistema neumático que consta de los siguientes elementos:

Tabla 3.5

Materiales para elaboración del sistema neumático

Cantidad	Elemento	Imagen
1	Regulador de presión 1/4" 0 a 200 PSI	
1	Manguera de aire retráctil de 15 mts 1/4"	
1	Válvula 5/2 con palanca superior 1/4" y reacción resorte	

Continua



- 2** Acoples 1/4'' (macho y hembra) para conexiones



- 2** Tapones 1/4''



- 1** Silenciador 1/4'' de bronce



- 2 mts** Manguera de poliuretano 6mm



- 4** Conectores (Racores) 1/4'' x tubo 1/4''



Continua 

4	Tubos de cobre	
4	Varilla de suelda	
3	Tapas de válvulas de neumáticos	

Como se vio previamente para inflar las zapatas se dejaron tres entradas de aire, una para cada una de ellas.



Figura 3.21: Entradas de aire a los tubos neumáticos

Primero se utilizaron tapas de las válvulas de las llantas de metal y se perforaron con una broca 3/16''



Figura 3.22: Perforación a la tapas de las válvulas

Después se cortaron y se introdujeron los tubos de cobre a cada una de las tapas.



Figura 3.23: Corte de los tubos de cobre

Posteriormente se soldaron las tres tuberías a un tubo de mayor diámetro, con el fin de que quede una sola entrada de aire.



Figura 3.24: Suelda de tubos

Se completó con la conexión de las tres entradas de la zapata a una sola.



Figura 3.25: Conexión para entrada de aire

Para unir la salida de los tubos al perfil se utilizó un conector (racor) al final de la tubería previamente establecida y este a su vez conectado a una manguera de poliuretano de 6 mm.



Figura 3.26: Racor conectado para salida de manguera

La manguera neumática quedo a la salida del primer tubo del soporte, el cual también sirve como salida del cable de la termocupla, la cual está localizada en el parte inferior de la zapata.



Figura 3.27: Manguera neumática (azul), a la derecha termocupla

Luego se estableció la conexión con la válvula la cual al momento de accionar la palanca permitirá la entrada de aire hacia las zapatas, por ello la entrada de aire debe estar en la segunda entrada de la parte izquierda, mientras que la salida debe estar en la primera del lado derecho, cabe destacar que su configuración es 5/2 (5 vías y 2 estados) su retroceso es automático gracias a un resorte que tiene en su interior.



Figura 3.28: Válvula 5/2 y conexión neumática hacia las zapatas

Para que quede perfectamente ubicada la conexión se utilizó un racor en forma de codo este permite que la unión quede fija a la válvula.



Figura 3.29: Racor en forma de codo

Así mismo se realizó la conexión de la entrada de aire en la segunda entrada de la válvula, esta vez se utilizó un racor recto de 1/4'', con una manguera d la misma dimensión.



Figura 3.30: Conexión de manguera en racor de la segunda entrada de la válvula

Las demás entradas no se utilizaron, para ello se conectó 2 tapones 1/4'' y un silenciador, se los vincularon a las dos entradas y una salida que tiene la válvula.



Figura 3.31: Colocación de silenciador en la tercera entrada de la válvula

A continuación se procedió a conectar la entrada de la válvula con la salida del regulador de presión, se utilizó dos racores a través de otra manguera de poliuretano de 1/4'', el racor de la salida del regulador en forma de codo.



Figura 3.32: Conexión de la salida del regulador de presión

Después se enganchó un conector que une dos conexiones de tipo macho para que la entrada del regulador, la cual tiene un conector de este tipo pudiera ser conectada a un nuevo racor en forma de codo 1/4''.



Figura 3.33: Enlace de la entrada del regulador

La entrada del regulador de presión y su respectivo racor se conectó a otra manguera de 1/4".



Figura 3.34: Conexión de racor y manguera de 1/4"

La manguera de la entrada del regulador de presión se conectó a la manguera retráctil de aire, la cual está en capacidad de ser conectada a cualquier toma neumática o compresor, para ello se utilizó un conector "macho" tipo "F" y otro que se conecte al mismo con una salida de tipo "hembra".



Figura 3.35: Conector tipo "F" y acople para racor

En esta salida se conectó un último racor para conectar la manguera de poliuretano proveniente de la entrada del regulador de presión.



Figura 3.36: Racor para conexión con regulador de presión

3.3.3 Cámara de refrigeración

La cámara de refrigeración es la parte donde simula el perfil estar en vuelo y en condiciones de engelamiento.

3.3.3.1 Diseño

Para el diseño de la cámara de refrigeración se ideó un diseño que cumpla con los parámetros de un congelador, que aisle la parte interior de la exterior para mantener la temperatura adecuada y así poder congelar el borde de ataque del perfil.

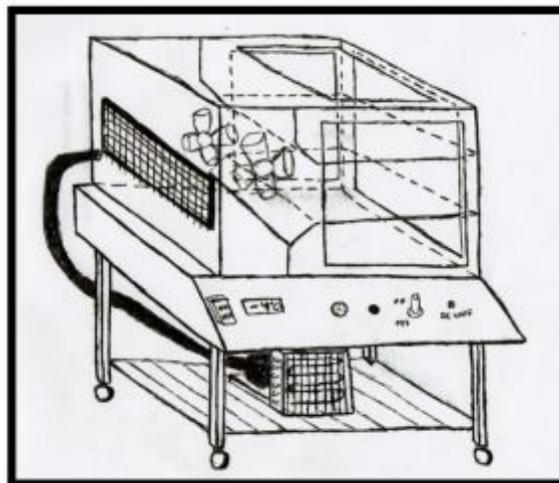


Figura 3.37: Boceto de cámara de refrigeración planteada

Se tuvo en cuenta todos los componentes que forman parte de un congelador y se buscó la manera de acoplarlos al sistema de una manera eficiente.

Para la parte de visualización se diseñó tres ventanas, las cuales permitan ver la experimentación en el perfil, para ello se propuso la utilización de vidrios dobles, los cuales no se empañan, y se puede ver el interior de una mejor manera, esto a causa de que el primer vidrio, que está en contacto con la temperatura interior no está en contacto con la temperatura exterior la cual es mayor y hace que el vidrio se empañe por diferencia de temperaturas, para ello está el segundo vidrio el cual si está en contacto con la temperatura del ambiente.

Para simular las condiciones de vuelo la cámara cuenta con dos ventiladores de 3000 rpm y para que el flujo de este aire frío se dirija directamente al borde de ataque se diseñó dos vidrios al lado superior e inferior del perfil.

3.3.3.2 Materiales y herramientas

Los materiales que se utilizó para la construcción de la cámara de refrigeración son los siguientes (Ver anexo A, para especificaciones técnicas).

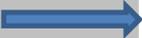
Tabla 3.6

Materiales para sistema de refrigeración

Cantidad	Equipo	Característica	Imagen
1	Congelador	Parte estructural (acero y poliuretano)	 <p>Continua </p>

1	Compresor	Marca "Sikelan" 1/4 hp	
3 mts.	Tubos de cobre	Diámetro interior de 5cm	
1	Condensador con ventilador	Conjunto: 1/4 hp	
2 mts.	Tubo capilar	Tiene un diámetro de 0.36 mm	
1	Evaporador	Conjunto de capacidad para ¼	

Continua 

4	Varillas de suelda	Material: Bronce	
1	Refrigerante	R-134 ^a Freón	
1/2	Plancha de acero galvanizado	Material de alta resistencia y maniobrabilidad	
2	Ventiladores	Marca: Everwell 3000 Rpm	
6	Vidrios	Espesor de 3 líneas (50 x 50)	 <p>Continua </p>

1	Filtro	Con malla interna y sílica para absorber humedad
---	--------	--



Elaborado por: Juan Pablo Poma

Las herramientas utilizadas fueron las siguientes:

Tabla 3.7

Herramientas para sistema de refrigeración

Cantidad	Herramienta	Imagen
1	Sierra eléctrica	
1	Bomba de vacío	
1	Puente de manómetros	 <p>Continua </p>

1 Cortadora de tubos



1 Martillo



1 Abre picos



1 Alicates



1 Taladro neumático



1 Silicona



Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.3.3.3 Proceso de elaboración

Para la elaboración de la cámara de refrigeración se inició cortando el congelador, se utilizó una cortadora eléctrica y se lo cortó conforme a las dimensiones del diseño inicial, se cortó también los lados laterales y el lado superior para colocar los vidrios dobles.



Figura 3.38: Corte de parte lateral del congelador

Una vez cortado el congelador se procedió con la elaboración de los vidrios, para ello se utilizó vidrios de 3 líneas por ser el material más común para colocar en equipos de refrigeración, se cortó conforme a las medidas estipuladas en el diseño, posteriormente se los coloco en la cámara por medio de silicona.



Figura 3.39: Colocación de los vidrios a la cámara por medio de silicona

Como se ha visto en la parte teórica, un congelador básico funciona con un compresor, un condensador, difusor, tubo capilar, tuberías de cobre y el líquido refrigerante, y es lo que se ha utilizado para elaborar nuestra maqueta. A continuación se detalla cómo se lo realizo.



Figura 3.40: Componentes para construcción de sistema de refrigeración

El compresor se lo monto en la parte delantera del condensador (Ver figura 3.41) esta sujetado por 4 tornillos en cada una de las esquinas.



Figura 3.41: Montaje del compresor

A continuación se colocó el difusor en el interior de la cámara.



Figura 3.42: Difusor en el interior de la cámara

Tiene una entrada y una salida, el tubo de salida está conectado directamente a la parte izquierda del compresor, para ello se procedió a abrir la toma de entrada del tubo por medio del abre picos y el martillo.



Figura 3.43: Ensanchamiento de la entrada del compresor

La entrada del difusor se conecta el tubo capilar



Figura 3.44: Tubo capilar a la salida del difusor

El tubo capilar se conecta a su vez con el filtro para ello, se abrieron dos aberturas a cada lado del mismo, por medio de la cortadora de tubos.



Figura 3.45: Cortes de la entrada y salida del filtro

Luego, se procedió a abrir la salida del condensador (parte inferior) por medio del abre picos y así conectar el filtro.



Figura 3.46: Filtro conectado a la salida del condensador

Una vez que regresa el refrigerante al compresor, este tiene que enfriarse y para ello se realizó la conexión al condensador, para ello se cortó un tubo de cobre a la medida que requiere la unión.



Figura 3.47: Corte del tubo para conexión entre el compresor y el condensador

Se procedió a abrir los extremos por medio de abre picos.



Figura 3.48: Ensanchamiento de la entrada y salida del tubo

Después se lo coloco en la unión del compresor con el condensador.



Figura 3.49: Unión del tubo con el compresor y el condensador

Los tubos de entrada y salida del difusor que separan la parte interior del congelador con la exterior se las revistió con "Robotex", que es un aislante térmico que reduce la velocidad de la transferencia de calor hacia los tubos que ingresan y salen del difusor.



Figura 3.50: Aislante térmico cubriendo el capilar

A continuación se procedió a soldar todas las tuberías previamente colocadas en el sistema para ello se utilizó suelta autógena con oxígeno AGA, con una entrada de oxígeno y una entrada de gas acetileno.



Figura 3.51: Oxígeno AGA

Haciendo contacto con las varillas de suelda se comenzó a soldar todos los tubos previamente establecidos.



Figura 3.52: Varillas de suelda utilizadas

Es importante recalcar que se debió dejar una tubería libre de la parte izquierda del compresor para poder realizar el ingreso del refrigerante, también fue necesario que todos los tubos queden bien soldados y no quedan con algún tipo de orificio ya que se puede crear una fuga de gas refrigerante posteriormente.



Figura 3.53: Soldadura de tubos de cobre y capilar en el sistema

El sistema quedo listo para el ingreso del refrigerante.



Figura 3.54: Sistema de refrigeración completo

3.3.3.4 Carga de líquido refrigerante

Una vez soldados todos los componentes se realizó el ingreso del refrigerante, para ello se tuvo que realizar en primera instancia el vaciado del sistema, es decir la extracción del aire que quedaba restando en el mismo, para ello se conectó una manguera al tubo que se dejó libre en el compresor y la otra manguera a una bomba de vacío y mediante un puente de manómetros se controló a la presión deseada.



Figura 3.55: Conexión de puente de manómetros para vaciado del sistema

La bomba de vacío extrajo el aire circundante a una presión de - 20 PSI.



Figura 3.56: Vaciado del sistema, a la izquierda presión para extracción de -20 PSI

Después de aproximadamente 15 minutos que funciona la bomba, se prosiguió a ingresar el refrigerante al sistema.

La cantidad de refrigerante a ingresar al sistema es de 150 gramos, ya que es la carga normal en un sistema de tubería de refrigeración, para ello se utilizó una balanza tanto antes como después de ingresarlo para medirlo.



Figura 3.57: Medición de líquido refrigerante ingresado

Para ingresar el líquido refrigerante se utilizó el puente de manómetros, en donde el lado izquierdo se conecta al sector de baja presión del equipo frigorífico (En este caso el tubo que dejamos sin soldar) por medio de la manguera de color rojo y el espacio central se conectó por medio de una manguera amarilla al refrigerante.



Figura 3.58: Disposición de las mangueras para ingreso del refrigerante

El procedimiento de carga que se utilizó es el de carga del refrigerante en fase de vapor por el sector de baja presión, el cual consiste en introducir el refrigerante aprovechando la aspiración del compresor, por lo que se tuvo que poner en marcha el mismo.

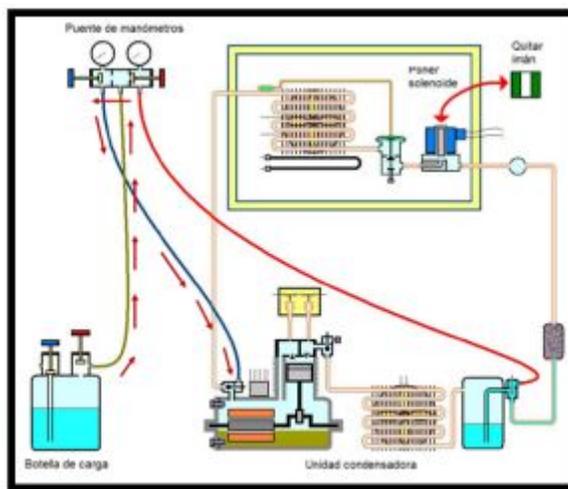


Figura 3.59: Carga del refrigerante en forma de gas, por el sector de baja presión

Un punto de importancia es que se tuvo que mantener el refrigerante en forma invertida para que este ingrese al sistema en forma de gas, si se lo mantenía en forma normal el refrigerante ingresaba de forma líquida.



Figura 3.60: Carga del refrigerante

Una vez cargado el refrigerante se procedió a desconectar el puente de manómetros para últimamente soldar el tubo para el ingreso en el compresor.

Finalmente se realizó una prueba sencilla para determinar el correcto funcionamiento del sistema que consistió en conectar un sensor de temperatura con una termocupla en el interior del difusor, resultando como positivo el funcionamiento de la cámara de congelación, llegando a una temperatura en el interior del difusor de -27°C .



Figura 3.61: Prueba de funcionamiento, a la izquierda termocupla

3.3.3.5 Parte interna de la cámara

Como se estableció previamente en el diseño, la parte interna de la cámara tiene como componentes principales 2 ventiladores los cuales simulan la velocidad en el perfil y extraen todo el aire frío en el interior del difusor. Para colocarlos se elaboró dos orificios de 15 cm de diámetro en una plancha de "Tol" de 45 x 25 cm, se utilizó un taladro eléctrico y una broca de 1/8", una vez trazada la circunferencia se procedió a taladrar el contorno.



Figura 3.62: Taladro de la circunferencia

Una vez taladrada la circunferencia se procedió a cortar los puntos por medio de una tijera latonera y un martillo.



Figura 3.63: Corte de los puntos taladrados

Después de utilizar una lima y una lija para metal los orificios quedaron listos para colocar los ventiladores.



Figura 3.64: Alojamiento de ventiladores a la salida del difusor

Se cortó 3 vidrios de 50x50 de medida, de los cuales a uno de ellos se le elaboro dos orificios de 4 cm de diámetro, para el ingreso de tuberías al perfil.



Figura 3.65: Orificios cortados en la parte central del vidrio inferior.

Para colocar los vidrios se remacho en cada uno de los lados de la parte interna, 4 soportes que mantengan los vidrios en la posición adecuada para dirigir el aire frio hacia el borde de ataque.



Figura 3.66: Colocación de soportes para vidrios internos

Posteriormente se colocó los vidrios sobre los soportes en su interior.



Figura 3.67: Colocación de vidrios

Para que el frío en el interior del difusor se dirija hacia la zona de experimentación, entre los dos vidrios colocados, se elaboró dos láminas de acero galvanizado que envían este frío de los ventiladores a la zona de comprobación y se utilizó remaches de 1/8'' para remacharlas.



Figura 3.68: Elaboración y colocación de láminas de acero

Un sistema de refrigeración funciona de una manera más eficiente mientras más aislado este de la temperatura exterior, para ello se utilizó espuma flex para aislar todo el espacio que sobra en el lado del difusor, se lo coloco en proporciones que cumplan con este objetivo.



Figura 3.69: Aislamiento del espacio del difusor

Para cerrar la cámara en la parte superior se utilizó dos "tapas" las cuales están hechas del mismo material (Acero y poliuretano) para mantener aislado el sistema, una de ellas tiene vidrio para mejorar la visualización y esta sobrepuesta, mientras que en la otra se utilizó remaches sobre un ajuste de acero galvanizado para colocarla, se adhirió con silicona para mejorar el aislamiento.



Figura 3.70: Cerrado de la cámara de simulación

Finalmente se procedió a pintar la parte interna y externa de la cámara por medio de pintura en esmalte, color blanco y gris en spray.



Figura 3.71: Pintado de la cámara (parte interna y externa)

3.3.4 Sensor y control de temperatura

Para la comprobación de la temperatura de la cámara y el debido control de la misma se utilizó un controlador de la marca "Full Gauge" que automatiza los procesos de deshielo de acuerdo a la necesidad de la instalación.



Figura 3.72: Sensor de temperatura

Su configuración consta de las entradas para las termocupas (Pin 1, 2 y 3), entrada para la alimentación eléctrica 110 y 220 V, (Pin 4, 5 y 6), el resto de entradas se pudo utilizar como convenga y de acuerdo a la programación del sensor.



Figura 3.73: Configuración de las entradas del sensor

Opera con dos sensores, uno negro y otro gris



Figura 3.74: Termocuplas

El sensor negro se lo conecto a la temperatura ambiente en el interior de la cámara y otro se puede conectar, ya sea a los ventiladores, al compresor o al difusor, para medir una temperatura distinta, en este caso se lo adhirió al difusor para determinar su temperatura. Para ello se los enchufó a los pines 1, 2 y 3.



Figura 3.75: Conexión de termocuplas en el sensor

Se realizó la conexión a la alimentación eléctrica para 110 V, para ello se utilizó un cable gemelo, y se ajustó las dos salidas a los pines 4 y 5 por medio de un destornillador.



Figura 3.76: Alimentación eléctrica en el sensor

3.3.5 Cableado electrónico

El cableado electrónico de la maqueta didáctica consta básicamente de la conexión en paralelo del motor del sistema de refrigeración y la activación de los ventiladores, para ello se utilizó un pulsador con 2 accionamientos "ON y OFF" (Encendido y apagado), de esta manera estos componentes se activarían y se apagarían.

Se procedió a cortar una parte del cable gemelo, mientras que la otra se la dejó tal como se encontraba, y se luego se conectó el cable cortado a la misma entrada y salida en el interior del pulsador.



Figura 3.77: Enlace interno de cables

Se realizó el mismo procedimiento tanto para el cable del ventilador como para el del motor del sistema de refrigeración y se ajustó la entrada y salida de los mismos por medio de un destornillador "estrella".



Figura 3.78: Ajuste de cables en paralelo

Se cerró el pulsador, el cual quedo en capacidad de poder activar estos componentes.



Figura 3.79: Configuración final en el pulsador

Una vez realizadas todas las conexiones pertinentes se utilizó una extensión de 3 mts de medida y se enchufo las 2 conexiones salientes del pulsador, la del ventilador y el sistema de refrigeración y la salida independiente del sensor, se las conecto a las 3 entradas de la extensión.



Figura 3.80: Conexión de enchufes en la extensión

3.3.6 Base y soporte

Para un funcionamiento óptimo del sistema, se utilizó una base que se sirva como soporte de la maqueta, para ello se modificó una mesa de trabajo ya utilizada, con las especificaciones técnicas planteadas en el diseño, tales como la colocación de un panel de trabajo, la elaboración de orificios para el ingreso de mangueras y cableado y la pintura de la misma.

Se colocaron tableros laterales alrededor de la mesa con el fin de que mantengan una estética adecuada en conjunto con el panel de control a instalar.



Figura 3.81: Colocación de tableros laterales

Se utilizaron tornillos desde la parte superior para sujetarlos



Figura 3.82: Tableros laterales colocados

Después se cortó y se colocó una plancha de 24x100 cm en la parte frontal de la mesa, se utilizaron clavos y tornillos para su sujeción.



Figura 3.83: Colocación de panel de control

Se elaboraron orificios en el panel para las distintas entradas que tiene la maqueta, para el sensor de temperatura, manómetros y switches de control, adicional a ello se elaboró dos orificios en la parte superior de la mesa para que ingresen las distintas mangueras a la maqueta.



Figura 3.84: Orificios en la parte superior de la base

Después de haber lijado la mesa, se utilizó pintura en spray de madera para pintar toda la base en conjunto.



Figura 3.85: Base de madera culminada

3.3.6.1 Soportes del perfil

Para el perfil quede perfectamente colocado en el interior de la cámara de refrigeración se cortó dos tubos de acero de 3cm de diámetro para posteriormente soldarlos al perfil y así quede fijado en el interior.



Figura 3.86: Tubos de acero

Para ello se elaboró pestañas en la parte superior de los tubos por medio de una sierra y así poder remacharlos al perfil.



Figura 3.87: Elaboración de pestañas para los soportes

Posteriormente se perforo dos orificios en la parte inferior del perfil por medio del taladro y una broca de 1/8'' para el ingreso de los dos soportes



Figura 3.88: Perforación de orificios

Se hicieron 4 perforaciones por tubo y utilizando remache de 1/8" se remachó y los dos tubos quedaron perfectamente sujetos al perfil.



Figura 3.89: Sujeción de los tubos al perfil

Finalmente para evitar cualquier filtración se colocó silicona blanca entre el tubo y el perfil.



Figura 3.90: Aplicación de silicona entre los tubos y el perfil

3.3.7 Ensamble de partes y componentes

Para la unión de todas las partes y componentes previamente mencionados tales como, la cámara de refrigeración, el perfil alar, la válvula, el regulador y todo el cableado electrónico se utilizaron métodos y herramientas como, solda, silicona y cinta doble fast, se toma en cuenta métodos ergonómicos que permitan acceder a los mandos de control de una manera eficiente.

3.3.7.1 Panel de control

Para colocar todos los componentes de intervención en el panel, se perforo orificios con el taladro en partes específicas del mismo, y así alojar el pulsador, el sensor de temperatura, el regulador de presión, la válvula, el indicador led y el pulsador para asperjar agua al interior.

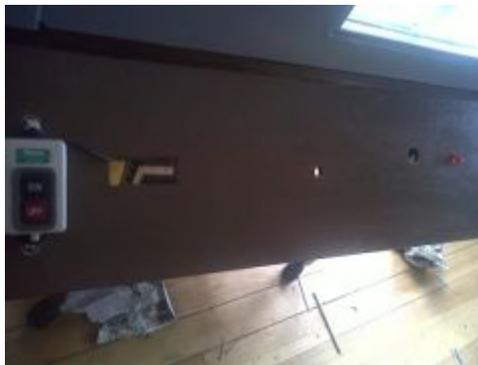


Figura 3.91: Panel de control

Una vez colocados los componentes se utilizó cinta doble fast para sostenerlos; en el caso de la válvula desde el lado inferior y de esta manera quedo ajustada al panel.

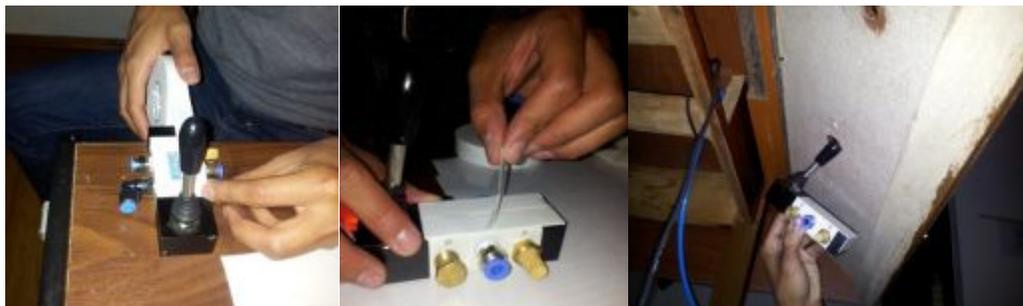


Figura 3.92: Aplicación de válvula

Para el regulador de presión, se colocó cinta doble fast en este caso desde el lado central donde está en contacto directo con el mismo, así mismo se elaboró un ángulo de acero galvanizado para que se sostenga el regulador y se lo ajusto con 2 tornillos de 1/8", de esta manera quedo fijado.



Figura 3.93: Ajuste de ángulo para el regulador

Para el sensor de temperatura, el mismo cuenta con ajustes que se los inserta desde el lado inferior, para ello simplemente se cortó en el perfil un espacio de sección de 6.9 cm x 2.8 cm, una vez realizado se lo ingreso y se ajustó desde atrás.



Figura 3.94: Aplicación del sensor en el panel

En el caso del pulsador, como ya se vio previamente el ingreso y salida de cables están ubicados en el lado superior e inferior, por lo que se procedió a colocar dos pedazos de cinta doble fast para que quede perfectamente fijado en el panel.



Figura 3.95: Colocación de pulsador

La manguera para el ingreso de aire se la coloco en el lado izquierdo de la maqueta, para sujetarla se realizaron 3 perforaciones y utilizando ganchos se logra sostener de una manera eficiente y aplicando ergonomía para un fácil acceso a una conexión neumática.



Figura 3.96: Gancho sosteniendo la manguera retráctil.

3.3.7.2 Ensamble perfil – cámara de refrigeración

Para colocar el perfil en el interior de la cámara se utilizaron los orificios ya elaborados en el vidrio inferior, y de esta manera los tubos puedan ingresar, para que se sostengan se colocó silicona blanca en el contorno de los agujeros.



Figura 3.97: Colocación del perfil en el interior de la cámara.

Una vez secada la silicona se ingresó el perfil ajustándolo en la posición deseada gracias a la misma.



Figura 3.98: Ajuste del perfil en el interior.

Para que quede completamente ajustado se colocó silicona también en el lado inferior de los tubos, en la parte que interseca también con la base de madera,

lo cual sirve también para sellar la cámara desde la parte de abajo y quede aislado el sistema de una mejor manera.



Figura 3.99: Ensamble completo de la maqueta.

3.3.7.3 Peso de la maqueta y sus componentes

En la siguiente tabla se especifica el peso de la maqueta concluida y de cada uno de sus componentes:

Tabla 3.8

Peso de la maqueta

Componente	Peso (Lbs)
Perfil alar	10
Cámara de refrigeración	71
Sistema de refrigeración	26
Base de madera	22
MAQUETA COMPLETA	129 lbs

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.4 Diagramas

En la siguiente tabla se gráfica la representación de todos los pasos de construcción secuenciales y lógicos que se realizaron dentro de los procesos productivos, permite visualizar el ensamblaje y sub - ensamblaje del proceso de elaboración del perfil alar.

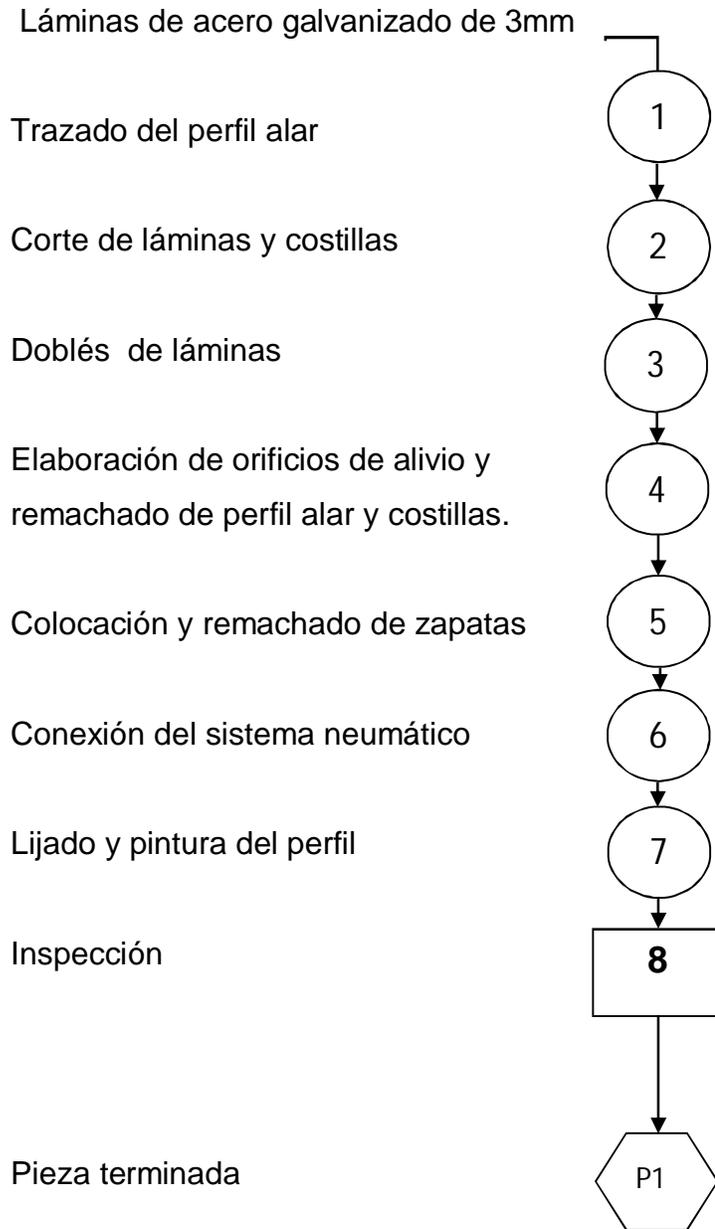
Tabla 3.9

Simbología de los diagramas de proceso.

NUMERO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección
3		Pieza terminada
4		Conectar

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.4.1 Diagrama de la elaboración del perfil alar



3.4.2 Diagrama de la elaboración de la cámara de refrigeración

Parte estructural de congelador de 100 x 52 cm.

estructura inicial

Corte de espacios para vidrio doble y orificios de acceso

Conexión de todos los componentes del sistema de refrigeración

Soldadura de todos sus mecanismos y cañerías

Vaciado del sistema (bomba de vacío)

Ingreso del líquido refrigerante

Colocación de ventiladores en la parte interna

Dobles de láminas de acero parte su forma interna

Corte de los vidrios con medidas específicas

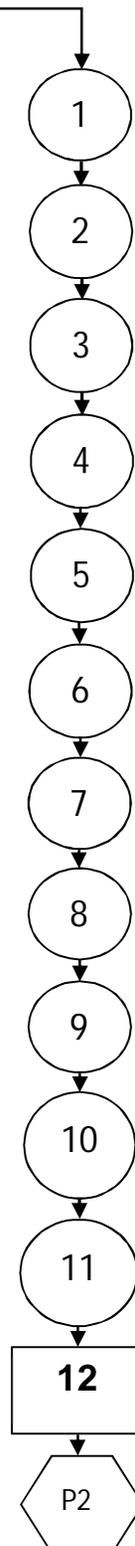
Colocación de vidrios dobles (parte interna y externa)

Aislamiento del sistema (silicona y espuma flex)

Pintura de la cámara (parte interna y externa)

Inspección

Pieza terminada



3.5 Pruebas de funcionamiento

Ya construido y ensamblado todos los elementos de la maqueta de simulación del sistema anti hielo se procede a verificar el desempeño óptimo o posibles fallas, por medio de las pruebas de funcionamiento la misma que es realizada en el bloque 42 de la Unidad de gestión de tecnologías (ESPE).

Tabla 3.10

Parámetros de las pruebas de funcionamiento

SISTEMAS O PARTES	SI	NO
Sistema neumático para activación de zapatas	X	
Sensor de temperatura	X	
Aspersión del líquido al interior	X	
Funcionamiento del sistema de refrigeración	X	
Desprendimiento de hielo acumulado	X	

Elaborado por: Juan Pablo Poma

La maqueta de simulación está en óptimas condiciones de funcionamiento y cumple con las expectativas para lo que fue diseñado y construido.

3.6 Descripción de manuales

La finalidad de este capítulo es dar a conocer los diferentes pasos, métodos establecidos de cualquier maquina a operar como son: mantenimiento, operación y sobre todo seguridad, procedimientos que nos brindarán mayor

comodidad, operatividad y sobre todo el perfecto desenvolvimiento de nuestra maqueta de simulación garantizando con esto cero fallas y tiempo perdido.

3.6.1 Tipos de manuales

Presentaremos los tres tipos de manuales que se aplicaran como guía base para la adecuada y correcta utilización de la maqueta de simulación

Manual de seguridad

En el manual de seguridad se registran un conjunto de normas, procedimientos a seguir para la utilización de equipos, herramientas y maquinas, es esencial la protección personal y esta será siempre primordial para operar el banco de prueba, este instructivo solventara en gran medida ciertos tipos de procedimientos para mantener la seguridad tanto del equipo como del operario procurando no tener incidentes ni accidentes.

Manual de operación

Este instructivo nos brinda los diferentes procesos acordes a una correcta operación de la maqueta con este instructivo obtenemos mayor facilidad a la hora de operar el modelo de simulación, se gana más tiempo y el trabajo final será mucho más satisfactorio.

Manual de mantenimiento

Es importante llevar un control de mantenimiento de la maqueta de simulación del sistema anti ice, esto no ayudara a alargar la vida útil del mismo y preservara su estado y correcto funcionamiento.

3.6.1.1 Manual de seguridad

UGT-ESPE	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág. 1 de 1
	SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTI ICE POR MEDIO DE ZAPATAS NEUMÁTICAS EN LOS LABORATORIOS DE LA UGT-ESPE	Código: MSSA-ZN1
	Elaborado por: Sr. Juan Pablo Poma	Revisado: Nº: 1
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha: Nov. 2014
	<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procesos de seguridad, para evitar cualquier incidente al operario en la manipulación de la maqueta de simulación del sistema anti ice.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Mantener un buen funcionamiento de la maqueta, evitando cualquier accidente para preservar el factor equipo como el factor humano.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <p>El personal que utilice la maqueta deberá tomar en cuenta las normas y precauciones de seguridad.</p> <p>4. ADVERTENCIAS</p> <p>EL motor del sistema de refrigeración puede llegar a altas temperaturas, se</p>	

debe tener extremado cuidado al momento de su funcionamiento y así evitar quemaduras.

La presión nominal de trabajo, marcada en el regulador de presión no debe ser mayor a 10 PSI, un exceso de presión en las zapatas puede causar una explosión prematura al momento de activarla en la válvula.

La manguera retráctil de conexión neumática no debe ser conectada a una fuente de aire que provea presión a más de 200 PSI, esto puede causar la ruptura del conducto.

5. NORMAS DE SEGURIDAD

Por ningún motivo y bajo ninguna circunstancia se debe operar la maqueta de simulación sin el uso de gafas de seguridad, en caso de explosión de la zapata por sobrepresión puede conllevar a la ruptura de los vidrios de visualización y por ende a graves lesiones.

Se recomienda utilizar equipos de protección personal tales como, zapatos de seguridad, guantes y orejeras al momento de iniciar su funcionamiento.

Firma de responsabilidad.....

3.6.1.2 Manual de operación

UGT-ESPE	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág. 1 de 1
	OPERACIÓN DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTI ICE POR MEDIO DE ZAPATAS NEUMÁTICAS EN LOS LABORATORIOS DE LA UGT-ESPE	Código: MSSA-ZN2
	Elaborado por: Sr. Juan Pablo Poma	Revisado: Nº: 1
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha: Nov. 2014
	<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procedimientos que se deben tomar en cuenta para la correcta Operación y funcionamiento de la maqueta de simulación del sistema anti ice por medio de zapatas neumáticas.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Facilitar el material necesario para operar la maqueta de simulación.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <p>1. Realizar las conexiones, la eléctrica a una fuente de 110 V, la conexión neumática a una fuente de aire no mayor a 200 PSI, automáticamente se activara todo el sistema; el "Sensor de temperatura" se encenderá, el indicador en el "Regulador de presión" indicará la medida en PSI a la cual trabaja y el "Pulsador" estará en óptimas condiciones para funcionar. Adicional a ello verificar que la "Bomba manual" ubicada en la parte posterior este llena de agua.</p>	



2. Para llenar la bomba, desenroscar la toma de entrada en el embudo y llénarla, después volver a enroscar la toma lo más apretado posible para evitar fugas de presión posteriormente.



3. Presionar el botón "ON" ubicado en el pulsador, el sistema de refrigeración se encenderá así como los ventiladores.



4. La presión de trabajo establecida en el regulador es de 10 PSI.



5. Después de 60 minutos de haber iniciado el sistema el sensor marcará una temperatura de -1 a -2 °C, el usuario está en condiciones asperjar líquido en el borde de ataque del perfil.



6. Para ello se debe introducir la "Varilla de aspersión" de la bomba, ubicada en la parte posterior en el interior de la cámara por medio de un orificio localizado en la parte izquierda de la maqueta ("Ingreso de aspersor"), una vez adentro, presurizar la bomba manual moviendo la manija hacia arriba y abajo.



7. Luego de aproximadamente 20 bombeos, activar el switch de la varilla, el líquido será asperjado en el borde ataque del perfil, se recomienda realizar 5 réplicas de la aspersión cada 60 segundos ya que así se formará una capa más uniforme de hielo.



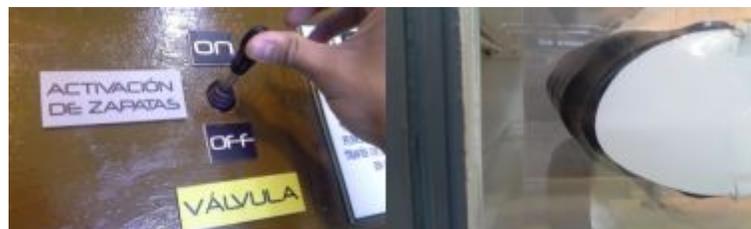
8. Retirar la varilla del interior para evitar que se congele el líquido en su interior.



9. Después de 5 minutos más, el hielo se habrá formado en el borde de ataque del ala.



10. En este punto de la operación el usuario está en capacidad de activar la zapata neumática, para ello se debe activar la "Válvula", llevando el switch hacia la parte de arriba "ON", automáticamente se inflará el borde de ataque desprendiendo el hielo acumulado, el retroceso del switch hacia la parte de abajo "OFF" es automático, solamente deberá soltarlo.



ADVERTENCIA: NO HAY RIESGO DE EXPLOSIÓN DE LA ZAPATA AL ACCIONAR LA VÁLVULA SIEMPRE Y CUANDO LA PRESIÓN NO SOBREPASE LOS 10 PSI, POR ENDE PUEDE MANTENER ACCIONADO EL SWITCH EL TIEMPO DESEADO.

Se puede ejecutar tantos ciclos a discreción para remover el hielo.

11. En este punto de la experimentación se ha demostrado el desprendimiento del hielo por este método.

12. Para apagar el sistema presionar el botón "OFF" en el pulsador, los ventiladores dejaran de funcionar, así como el sistema de refrigeración.



13. Finalmente ejecutar la desconexión de los sistemas desconectando la fuente neumática y la conexión eléctrica; ya que la temperatura subirá gradualmente el hielo desprendido se derretirá y saldrá por una manguera hacia el "Desagüe" de la parte izquierda.



Firma de responsabilidad.....

3.6.1.3 Manual de mantenimiento

UGT-ESPE	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Pág. 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE LA MAQUETA DE SIMULACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ANTI ICE POR MEDIO DE ZAPATAS NEUMÁTICAS EN LOS LABORATORIOS DE LA UGT-ESPE	Código: MSSA-ZN3
	Elaborado por: Sr. Juan Pablo Poma	Revisado: Nº: 1
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha: Nov. 2014
	<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Descubrir el procedimiento a seguir para mantener siempre en condiciones óptimas de operación la maqueta simulación del sistema anti ice.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>El presente manual permite mantener la maqueta en condiciones de operación óptima y preservar la vida útil de la misma.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <p>MANTENIMIENTO MENSUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el vaciado del desagüe, retirándolo y botando el líquido acumulado. • Chequear las conexiones eléctricas en el pulsador, motor y extensión. • Verificar las conexiones neumáticas y que no exista ninguna fuga de aire en las mismas. 	

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

- Comprobar que el perfil y los vidrios interiores estén en la posición adecuada
- Verificar la bomba manual y limpie su interior con agua y jabón.
- Chequear la varilla de aspersion y la boquilla de salida, que estén en su posición adecuada y en óptimas condiciones de funcionamiento

MANTENIMIENTO SEMESTRAL

- Realizar la limpieza interna de la cámara retirando los vidrios interiores y desconectando el perfil, utilice líquidos desinfectantes para evitar la formación de hongos, en el caso de los vidrios utilice también desempañantes.
- Chequear el sistema de refrigeración y limpie sus componentes con alcohol.
- Limpiar los vidrios interiores y exteriores con antiempañantes y papel periódico.

Firma de responsabilidad.....

3.7 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto no es el presupuesto total ya que fue un presupuesto estimado, pero al ya palpar los elementos utilizados; los materiales, herramientas y equipos adquiridos, etc. Se ha llegado al valor real.

3.7.1 Análisis de costos

Para la construcción de la maqueta didáctica, se detallan a continuación costos primarios y secundarios.

Costos Primarios

- Materiales y herramientas
- Mano de obra

Costos Secundarios

- Elaboración de textos
- Tramites de graduación

3.7.2 Costos primarios

Tabla 3.11

Costos de materiales y herramientas

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Motor "Sikelan" 1/8 HP"	1	81	81
Condensador + Ventilador 1/4"	1	34	34
Tuberías de cobre	3 mts	5	15
			Continua 

Varillas de suelda	4	2	8
Tubo capilar	2 mts	3	6
Filtro	1	5	5
Ventiladores (cámara interna)	2	10	20
Líquido refrigerante R- 134a	1 (150 gr)	24	24
Sensor y control de temperatura "Full gauge"	1	94	94
Regulador de presión ¼	1	11	11
Manguera de aire retráctil de 15 mts 1/4"	15 mts	18	18
Válvula 5/2 con palanca superior 1/4" y reacción resorte	1	52	52
Acoples 1/4" (macho y hembra) para conexiones	2	3	6
Tapones 1/4"	2	1	2
Silenciador 1/4" de bronce	1	2	2
Manguera de poliuretano 6mm	2 mts	2	2
Conectores (Racores) 1/4" x tubo 6mm (rectos y codo)	4	2	8
Tapas de válvulas de neumáticos	3	4	4
Latas de pintura en spray (Blanco y gris)	5	3	15
Silicona blanca (Abro 1200)	1	4	4
Pulsador	1	5	5
Tubos de bicicleta 26"	3	3	10
Tubo de motocicleta	1	5	5
Plancha de acero galvanizado	½	7	7
			Continua 

Remachadora manual "Best value"	1	7	7
Fumigador para uso agrícola	1	15	15
Varilla de aspersion	1	10	10
TOTAL			470

Elaborado por: Juan Pablo Poma

Tabla 3.12

Costo de mano de obra

N°	Detalle	Valor USD \$
1	Maestro "Sistema de refrigeración"	200
1	Maestro Carpintero	40
1	Maestro Soldador	30
	TOTAL	270

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.7.2.1 Total de costos primarios

Tabla 3.13

Total costos primarios

N°	Detalle	Valor USD \$
1	Costos de Materiales y herramientas	470
2	Costo de mano de obra	270
	TOTAL	734

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.7.3 Costos secundarios

Tabla 3.14

Total costos secundarios

N°	Detalle	Valor USD \$
1	Tramites de solicitudes	50
2	Elaboración de textos	120
	TOTAL	170

Elaborado por: Juan Pablo Poma

3.7.4 Costo total del proyecto de grado

Tabla 3.15

Total costo del proyecto

N°	Detalle	Valor USD \$
1	Gastos primarios	734
2	Gastos secundarios	170
	TOTAL	903

Elaborado por: Juan Pablo Poma

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se ha elaborado una maqueta de simulación del sistema de protección contra hielo y lluvia utilizando información técnica recolectada durante el proceso de construcción e investigación.
- Se diseñó planos los cuales permitieron desarrollar el tema de una mejor manera.
- Se adquirió todos los materiales y herramientas necesarias para establecer la elaboración del modelo.
- La construcción de la maqueta se ejecutó en acorde con el plan instaurado previamente.
- Una vez finalizado el proceso de elaboración se implementó pruebas de funcionamiento que determinaron la correcta operación, cumpliendo los objetivos planteados.
- Se realizaron manuales de operación, seguridad y mantenimiento los cuales permiten llevar a cabo la correcta operación del modelo, cumpliendo de una manera óptima el desarrollo del tema.

4.2 Recomendaciones

- La seguridad en el trabajo siempre debe estar ante todo, la manipulación, el mantenimiento y la operación del modelo didáctico deben enfocarse en primera instancia en cumplir los parámetros establecidos.
- Se recomienda que se utilice la maqueta didáctica con fines académicos, que el objetivo planteado como ayuda de instrucción cumpla con los resultados esperados, y así la maqueta cumpla con los logros para lo que fue elaborada.
- Es importante que toda la información relacionada con el modelo de simulación sea dada a conocer muy detalladamente a las personas que lo van a manejar.
- Es necesario seguir potencializando los laboratorios de la unidad con diferentes métodos pedagógicos que permitan visualizar el funcionamiento de los diferentes sistemas de la aeronave, en especial el sistema de protección de hielo y lluvia de una manera más accesible.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Bomba de vacío: Extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial.

Cinta doble fast: Espuma doble faz de gran poder adhesivo en superficies planas e irregulares. Sustituyen uniones convencionales como clavos, tornillos, etc

De-icing boots: Traducción al inglés (botas o zapatas neumáticas)

Ergonomía: Disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador.

Ice bridging: Luego de haber ejecutado el funcionamiento de la zapata, se queda un puente de hielo en el borde de ataque a causa de que no existía una capa de hielo de 5mm o mayor en el ala al momento de su activación.

Maqueta: Montaje funcional, a menor "escala", con materiales pensados para resaltar, en su funcionalidad

Poliuretano: Polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas, utilizado en aislantes térmicos, adhesivos selladores de alto rendimiento

Puente de manómetros: Herramienta frigorífica utilizada, para crear vacíos, ingresar líquido refrigerante etc.

Pulsador: Dispositivo utilizado para realizar cierta función por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados.

Racor: Pieza metálica con o sin roscas internas en sentido inverso, que sirve para unir tubos, por ejemplo los cuadros de bicicletas, u otros perfiles cilíndricos.

Stick – shaker: Alarma vibratoria, en la columna de mando previo a que la aeronave entre en Stall o perdida.

Suelda autógena: Procedimiento de soldadura homogénea. Esta soldadura se realiza llevando hasta la temperatura de fusión de los bordes de la pieza a unir mediante el calor que produce la llama oxiacetilénica que se produce en la combustión de un gas combustible mezclándolo con gas carburante

Termocupla: Metal que mide la temperatura de una sustancia o ambiente

Tol: Acero comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Meteorología aplicada a la aviación / Manuel Ledesma, Gabriel Baleriola / 13ra edición / Editorial Paraninfo / 2012
- Aerodinámica y actuaciones del avión / Aníbal Isidro Carmona / 10ma Edición / Ediciones Paraninfo / 2010
- Conocimientos del avión / Antonio Esteban Oñate / 6ta Edición / Editorial Paraninfo / 2008

NETGRAFÍA

- [http://www.wikipedia.org/wiki/Ala_\(aeronautica\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Ala_(aeronautica)) (en línea)
- http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm (en línea)
- http://www.issel.com/sp/sprospectospdf/CAMARA_FRIGORIFICA_D.pdf (en línea)

