



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MEJORAS DEL SISTEMA DE
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN
AERONAVES DEL GRUPO VERUM C.A**

Autor:

Arteaga Gutiérrez Williannys Adana

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEJORAS DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN
AERONAVES DEL GRUPO VERUM C.A

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor:

Williannys A. Arteaga G.

C.I: 26.508.712

Tutora:

Dra. Yndira Rodríguez Aguirre

San Diego, abril de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ-
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Mejoras en el Sistema de acondicionamiento de aire en Aeronaves del Grupo Verum, C.A.


Realizado por el (la) Br. Williannys Arteaga

C.I. N° 26.508.712 cursante de la carrera de Ing. Mecánica


hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO


NO APROBADO


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andira Rodriguez
C.I.: 11547-002

El Jurado


Jurado
Nombre: Patricia Yanes
C.I.: 41799880




Jurado
Nombre: [Signature]
C.I.: 12377600

Fecha: 12/04/2024



UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-N-001-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):
ARTEAGA GUTIÉRREZ, WILLIANNYS ADANA
C.I.: 26508712

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 17-2023 de fecha 3/11/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

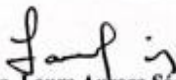
**MEJORAS DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN
AERONAVES DEL GRUPO VERUM, C.A.**

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a la profesora Rodríguez, Yndira, titular de la cédula de identidad V-11547002.



Atentamente,


Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a dios, por guiarme en cada paso de mi vida, y brindarme mucha salud, sabiduría y fortaleza, por darme animo en cada momento de mis estudios universitarios, e incluso cuando pensé no continuar.

A mi abuela, María Luisa Tarazona Silva, quien me demostró el amor mas puro que he tenido en mi vida, por convertirse en mi mejor amiga y pilar fundamental de cada paso de mi vida incluso ahora que se encuentra en el cielo.

Mi Madre, Ana Gutiérrez por acompañarme durante todo este camino, guiarme y amarme con todo su corazón, además de mostrarme la figura de mujer luchadora, independiente y capaz de cumplir sus metas.

A mi jefa y amiga, Mariangela Mendoza, quien durante varios años de mi vida me apoyo día a día, brindándome valores, motivación y enseñándome que si me lo propongo lo puedo lograr, gracias por decirme siempre "Quiero que te gradúes" sin duda alguna fue motivación en mi vida.

Mi mejor amigo, Juan Camilo García, quien estuvo dispuesto a animarme cada vez que me sentía afligida o cuando me rendía, además de brindarme todo su apoyo como piloto del avión en estudio del presente trabajo.

Mi tutora, Yndira Rodríguez por guiarme en la realización de este trabajo, además de motivarme siempre con sus conocimientos, amor y paciencia.

A mis amigos, María Balza, Daniela Ramírez, Paola Berbesí, Genesis González, Dominique Medina, Luis Barrios, quienes a lo largo de mi vida se convirtieron en familia y me apoyaron en los momentos más difíciles, quienes demostraron estar siempre apoyándome.

A mis casas de estudio, la Universidad de Carabobo donde comencé y me apasioné por esta carrera y la Universidad José Antonio Páez por acogerme y permitirme culminar mis estudios, a todos los profesores que han aportado su esfuerzo y conocimiento para mi formación.

A todos ustedes, ¡MUCHAS GRACIAS!

Williannys Adana Arteaga Gutiérrez

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE GRAFICOS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	7
1.3. Objetivos de la Investigación.....	8
1.3.1. Objetivo General.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
1.4. Justificación.....	8
1.5. Alcance y limitaciones.....	10
 II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	11
2.2. Teoría Central de la investigación.....	14
2.2.1 Teoría Cinética Molecular	14
2.2.2 Primera ley de la termodinámica.....	16
2.2.3 Segunda ley de la termodinámica	16
2.3. Bases Teóricas.....	17
2.3.1 Termodinámica.....	18
2.3.2 Transferencia de calor	18
2.3.3 Acondicionamiento de aire	19
2.3.4 Control de presurización en aviones.....	20

2.4. Bases Legales.....	21
2.5. Definición de Términos.....	23
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Enfoque Metodológico.....	25
3.2. Tipo de Investigación.....	25
3.3. Diseño de la Investigación.....	26
3.4. Nivel de la Investigación.....	26
3.5. Población y Muestra.....	27
3.5.1. Población.....	27
3.5.2. Muestra.....	27
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	28
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	28
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.7. Técnicas de análisis de resultados.....	30
3.8. Validez del instrumento.....	30
3.9. Fases Metodológicas.....	31
3.10. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	34
IV RESULTADOS	
4.1. Diagnóstico de la situación actual relacionada con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.....	35
4.1.1 Entrevista Estructurada.....	38
4.2. Análisis de las variables internas y externas que influyen en el ciclo de refrigeración para lograr un clima de confort durante todo el viaje.....	44
4.2.1 Diagrama Causa-Efecto (Diagrama Ishikawa).....	46
4.2.2 Diagrama de Pareto.....	48
4.3. Selección de la mejor solución que se adapte al sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.....	49
4.3.1 Principio de funcionamiento de aire acondicionado del avión King Air 200.....	51

4.3.2 Posibles soluciones al sistema de acondicionamiento de ambiente en las aeronaves King Air 200.....	52
4.3.2.1 Posible Solución 1 (PS1).....	53
4.3.2.2 Posible Solución 2 (PS2).....	53
4.3.2.3 Posible Solución 3 (PS3).....	54
4.3.2.4 Posible Solución 1 (PS4).....	55
4.3.3 Aplicación de restricciones a posibles soluciones.....	56
4.3.4 Ponderación de criterios.....	58
4.3.5 Ponderación de soluciones con respecto a cada criterio.....	60
4.3.6 Ponderación Final.....	62
4.4. Rediseño en el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que permita un clima de confort durante todo el viaje.....	64
4.4.1 Cálculos de procesos involucrados en el motor derecho.....	69
4.4.1.1 Proceso 1-2 (Compresión isoentrópica en el difusor)	72
4.4.1.2 Proceso 1-2 (Compresión isentrópica de un gas ideal en el compresor.....	74
4.4.1.3 Proceso 4-5 (Expansión isentrópica de un gas ideal en la turbina).	74
4.4.1.4 Proceso 5-6 (Expansión isentrópica de un gas ideal en la tobera)	75
4.4.2 Selección del motor derecho que hará girar el compresor.....	78
4.4.3 Comprobación de la comodidad humana en la cabina del avión.....	83
4.4.3.1 Búsqueda de las propiedades del aire a partir de la carta psicométrica.....	86
4.4.3.2 Determinación de los flujos masicos de aire.....	87
4.4.3.3 Determinación de la entalpia de mezcla y humedad especifica....	88
4.4.3.4 Determinación del flujo volumétrico de la mezcla.....	88
4.4.4 Análisis de los componentes.....	90
4.5. Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada.....	98
4.5.1 Viabilidad técnica.....	99
4.5.2 Viabilidad operativa.....	99
4.5.3 Viabilidad social.....	100
4.5.4 Viabilidad ambiental	100
4.5.5 Viabilidad económica.....	104

APÉNDICE.....	111
A: Guion de entrevista.....	112
B: Validación del instrumento.....	113
ANEXOS.....	116

LISTA DE CUADROS
DESCRIPCIÓN

CUADRO		PP
1	Operacionalización de variables.....	34
2	Lista Control. Pregunta 1 y respuesta.....	39
3	Lista control. Pregunta 2 y respuesta.....	40
4	Lista control. Pregunta 3 y respuesta.....	41
5	Lista control. Pregunta 4 y respuesta.....	42
6	Lista control. Pregunta 5 y respuesta.....	43
7	Causas y frecuencias.....	48
8	Restricciones a posibles soluciones.....	57
9	Ponderación de criterios.....	59
10	Ponderación de soluciones para C1.....	60
11	Ponderación de soluciones para C2.....	60
12	Ponderación de soluciones para C3.....	61
13	Ponderación de soluciones para C4.....	61
14	Ponderación de soluciones para C5.....	62
15	Valor resultante de cada solución	62
16	Datos del motor derecho.....	71
17	Especificaciones del motor de aire acondicionado.....	79
18	Datos del aire en el ciclo de refrigeración.....	85
19	Datos del aire en la cabina del avión.....	85
20	Valores de comportamiento del condensador.....	92
21	Equipos necesarios para la implementación de la mejora.....	101

22	Equipos necesarios para la implementación de la mejora.....	102
23	Costos de mano de obra y operatividad.....	103
24	Inversión total para aplicación de las mejoras.....	103
25	Gastos semanales del avión King Air 200.....	104
26	Viabilidad económica.....	104

LISTA DE FIGURAS
DESCRIPCIÓN

FIGURA		PP.
1	Avión King Air 200.....	5
2	Cabina del avión King air 200.....	6
3	Funcionamiento del motor turbo-Hélice.....	6
4	Representación del principio de la conservación de la energía.....	16
5	El calor se transfiere en sentido de lo caliente hacia lo frío.....	17
6	Formas principales de la transferencia de calor.....	19
7	Principio de funcionamiento del ciclo de refrigeración.....	20
8	Sistema de presurización en aviones.....	21
9	Compresor de aire en turbina derecha de avión King Air 200.....	36
10	Nariz del avión King Air 200.....	37
11	Cabina King Air 200 desarmada.....	37
12	Ductos de salida de aire acondicionado en avión King Air 200.....	38
13	Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa).....	47
14	Diagrama de Pareto.....	49
15	Distribución de aire desde el motor Turbo-Hélice de un avión.....	50
16	Sistema de aire acondicionado Super King Air 200.....	52
17	Unidad de potencia auxiliar (APU).....	53
18	Nariz de avión para mantenimiento.....	54
19	Unidad de apoyo en tierra (GPU).....	55
20	Turbo-Hélice Jets.....	56
21	Avión King Air 200 rediseño del sistema de acondicionamiento de aire.....	63
22	Diagrama de sistema de aire.....	65

23	Entrada de aire ambiente del avión King Air 200.....	66
24	Ubicación del motor derecho del avión.....	67
25	Esquema para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	68
26	Componentes básicos de un motor de propulsión por reacción.....	70
27	Diagrama T-S de un motor Turbo-reactor.....	70
28	Energía suministrada en el avión King Air 200.....	78
29	Compresor de avión King Air 200.....	80
30	Motor trifásico serie 1LE2225 NEMA Premium.....	81
31	Colocación del compresor con un motor eléctrico mediante una correa plana.....	82
32	Generador 28V para suministrar energía eléctrica al avión.....	83
33	Carta psicométrica para valores obtenidos.....	87
34	Sistema de aire acondicionado Super King Air 200.....	89
35	Rediseño del ciclo de refrigeración Avión King Air 200.....	90
36	Flujo masico de aire por el condensador en el ciclo de refrigeración.....	91
37	Proceso de rechazo de calor en el condensador.....	92
38	Proceso de estrangulación en la válvula.....	93
39	Absorción de calor en el evaporador.....	95
40	Flujo masico de aire constante en el evaporador.....	95
41	Ubicación del ciclo de refrigeración en la nariz del avión.....	96
42	Principio de mejora del acondicionamiento de aire.....	97
43	Nariz del avión King Air 200 destapada.....	97

LISTA DE TABLAS
DESCRIPCIÓN

TABLA		pp.
1	Selección del motor para el compresor.....	82

LISTA DE GRÁFICOS

DESCRIPCIÓN

GRÁFICO		pp.
1	Comportamiento de la presión en el condensador.....	93
2	Aumento de la presión del aire en la válvula de estrangulamiento.....	94



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**MEJORAS DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN
AERONAVES DEL GRUPO VERUM C.A**

Autor: Williannys A. Arteaga G
Tutora: Dra. Yndira Rodríguez Aguirre
Fecha: marzo 2024

RESUMEN

El presente trabajo de investigación propone realizar mejoras del sistema de acondicionamiento de aire en aeronaves del grupo Verum C.A.; el cual está enmarcado dentro del tipo de investigación de proyecto factible, respaldado por un diseño de campo y documental con un nivel descriptivo, bajo la Línea de Investigación: Ciencias cognitivas y aplicadas. Para alcanzar los objetivos propuestos, las técnicas e instrumentos de recolección de datos se basan en la observación directa por medio de listas de control, registros anecdóticos; y entrevistas estructuradas por medio de libretas de notas, así como también guiones estructurados, junto con las herramientas de análisis de datos, la revisión documental y los instrumentos necesarios para alcanzar los fines establecidos. El objetivo general permite alcanzar el diseño propuesto, tomando en consideración que actualmente los sistemas de acondicionamiento de ambiente juegan un papel muy importante para la humanidad, ya que permiten el confort de los seres humanos en muchos aspectos de la vida. De allí que algunos estudios han comprobado que en el ámbito laboral, presentar un ambiente confortable para las personas hace que se mejore la capacidad de trabajo de los mismos, ante esta realidad pilotos y mecánicos especialistas en aviación del aeropuerto internacional Arturo Michelena, reflejan la necesidad de mejorar los procesos de climatización en las cabinas de las aeronaves durante las fases críticas de vuelo (despegue, ascenso, descenso, aterrizaje) en donde los aires acondicionados de las naves deben estar apagados para garantizar al motor toda la propulsión posible y de este modo estar atentos a cualquier caso de emergencia que se pueda presentar. Con la realización de la mejora planteada se logró mantener encendido el sistema de acondicionamiento de ambiente, durante las fases críticas de vuelo, generando así un funcionamiento independiente al del motor de la aeronave, lo que permite satisfacer la problemática en estudio; acorde con lo dicho se obtiene como resultado el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo de investigación, donde el confort, la seguridad y el bienestar de todos los pasajeros en el avión King Air 200 se toma como prioridad.

Descriptor: Sistema de Acondicionamiento de Aire, Mejoras, Aeronaves



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

IMPROVEMENTS OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM IN AIRCRAFT OF THE VERUM GROUP C.A

Author: Williannys A. Arteaga G
Tutor: Phd. Yndira Rodríguez Aguirre
Date: march 2024

ABSTRACT

This research work proposes to make improvements to the air conditioning system in aircraft of the Verum C.A. group; which is framed within the type of feasible project research, supported by a field and documentary design and a descriptive level and under the Research Line: Cognitive and applied sciences. To achieve the proposed objectives, data collection techniques and instruments are based on direct observation through checklists and anecdotal records; and structured interviews through notebooks and structured scripts, along with data analysis tools, documentary review and the instruments necessary to achieve the established purposes. The general objective allows us to achieve the proposed design, taking into consideration that currently environmental conditioning systems play a very important role for humanity, since they allow the comfort of human beings in many aspects of life. Hence, some studies have proven that in the workplace, presenting a comfortable environment for people improves their work capacity. Given this reality, pilots and aviation specialist mechanics at the Arturo Michelena International Airport reflect the need to improve air conditioning processes in aircraft cabins during critical flight phases (takeoff, ascent, descent, landing) where the aircraft air conditioners must be turned off to guarantee the engine all possible propulsion and thus be attentive to any case of emergency that may arise. With the implementation of the proposed improvement, it was possible to keep the environmental conditioning system on during the critical phases of flight, thus generating an operation independent of the aircraft engine, which allows the problem under study to be satisfied; In accordance with what has been said, the result is compliance with the objectives of this research work, where the comfort, safety and well-being of all passengers on the King Air 200 aircraft is taken as a priority.

Keywords: Air Conditioning System, Improvements, Aircraft.

INTRODUCCIÓN

El aire acondicionado en aviones ha sido una parte fundamental de la comodidad y seguridad de los pasajeros durante décadas, ahora bien, los primeros aviones comerciales no contaban con sistemas de aire acondicionado, más sin embargo algunos aviones militares comenzaron a utilizar métodos rudimentarios para acondicionar las cabinas, por consiguiente, fue aumentando el tránsito aéreo comercial, razón por la cual surgió la necesidad de proporcionar una temperatura confortable en los aviones.

Los sistemas de aire acondicionado en aviones desempeñan un papel crucial en la comodidad y seguridad de los pasajeros durante todas las etapas de vuelo, es por ello que estos sistemas se encuentran diseñados para mantener una temperatura y humedad adecuada dentro de la cabina, adicionalmente la misma debe encontrarse presurizada para garantizar la estabilidad fisiológica de los pasajeros, de allí se puede decir entonces que todo esto proporciona una adecuada circulación del aire dentro de la cabina de la aeronave.

Así mismo, es importante decir que, el aire acondicionado dentro de los aviones se mantiene en funcionamiento mediante un sistema de compresión y expansión del aire el cual es mismo opera bajo las condiciones en las que se encuentre el funcionamiento de los motores que presente la aeronave, antes bien, el proceso comienza con la toma de aire de los compresores que operan el motor generador de la propulsión para hacer volar la aeronave, en el cual este mismo se filtra luego de que es comprimido a alta presión, seguidamente pasa por un intercambiador de calor donde el aire experimenta el proceso de deshumidificación y se enfría para posteriormente expandirse y distribuirse por los ductos que están directamente conectados en la cabina, por consiguiente estos sistemas son los responsables de mantener una presión estable dentro de la cabina mediante una regulación de flujo de aire y la eliminación del exceso de presión a través de válvulas especiales.

Por otro lado, en Venezuela por tratarse de un país tropical, en el mismo se experimentan cambios climáticos bruscos en el cual se debe garantizar el confort del pasajero durante su estancia en el vuelo, es por ello que se debe garantizar que el sistema de aire acondicionado de las aeronaves venezolanas funcionen eficientemente tanto en tierra como a grandes altitudes, cumpliendo siempre con las estrictas normativas y regulaciones aéreas para garantizar la seguridad de todos los pasajeros y su respectiva comodidad.

Ante esta realidad, el presente trabajo de investigación se basa en una propuesta de mejoras del sistema de acondicionamiento de aire en aeronaves del grupo Verum C.A. con el fin mitigar los procesos de climatización en las cabinas de las aeronaves durante las fases

críticas de vuelo. En atención a lo señalado, el trabajo consta de cuatro (04) capítulos estructurados en el siguiente orden:

Capítulo I: Contiene la exposición del Problema, donde se describe la situación problemática enmarcada en el planteamiento y formulación del problema, el establecimiento de los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos, así como la justificación, y el alcance.

Capítulo II: Está representado por el Marco Teórico, donde se consolidan los antecedentes de la investigación. Seguidamente, se presenta las teorías fundamentales, las bases teóricas, así como la definición de aquellos términos más relevantes.

Capítulo III: Se desarrolla el Marco Metodológico, donde se describe en primer lugar el tipo de investigación, diseño y nivel del estudio; además de la descripción de la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis y procesamiento de datos, como también, las fases metodológicas, las cuales guardan estrecha relación con los objetivos específicos planteados en el Capítulo I.

Capítulo IV: Contiene los resultados, es en este capítulo donde se encuentra el desarrollo de cada una de las fases, para realizar la mejora en el sistema de acondicionamiento de ambiente en las aeronaves King Air 200. De acuerdo con esto se reflejó cada uno de los datos obtenidos mediante la entrevista estructurada, la revisión de los manuales del avión, el diagrama causa-efecto, lo que permitió reflejar los datos necesarios para plantear el rediseño del sistema de acondicionamiento de ambiente, donde se continuo con las conclusiones que se obtienen a partir del cumplimiento de la mejora planteada y se expresan las recomendaciones para aplicaciones de mejora en el sistema de aire acondicionado en los aviones. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas que sirvieron de sustento para el desarrollo de la presente investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El mundo de la climatización inicio en la ciudad de Nueva York cuando un estudiante antes de convertirse en ingeniero iniciaba sus primeras investigaciones en una empresa de ventilación y calefacción, a la cual su jefe, un empresario de imprenta expuso la problemática existente en la organización, y no era más que debido a los fuertes calores presentes en el verano no le permitían almacenar el papel, por lo cual dicho estudiante de ingeniería ofreció la solución de una máquina que controlara la humedad, y fue aquí cuando inicio el cambio en la vida de la climatización para todos los seres humanos, luego al pasar el tiempo estas máquinas se fueron adaptando a distintos espacios necesarios como lo son: Salas de Cine, Hoteles, Restaurantes, Hospitales y no obstante a vehículos, lo que marcó un antes y un después en el acondicionamiento de ambiente.

Por consiguiente al ir evolucionando la tecnología, se crearon las aeronaves la cual en un principio fueron probadas sin tripulantes, debido a esto no se necesitaba una cabina comfortable, después al surgir ciertas necesidades por parte de los seres humanos, se fueron creando nuevas hipótesis y la más destacada era la seguridad y comodidad del pasajero durante el tiempo de vuelo y esto implicaba, la necesidad de mantener una cabina presurizada y al mismo tiempo climatizada para toda la tripulación, es aquí cuando incursionaron los sistemas de refrigeración en aeronaves, los cuales hoy en día han evolucionado de una manera trascendental, ya que además de brindar confort y bienestar, permiten la seguridad para que los pasajeros puedan permanecer estables a grandes alturas y las condiciones de vuelo sean fisiológicamente soportables para el cuerpo humano.

En relación con el tema, implica mucha seguridad en todos los aspectos, debido a que se habla del transporte aéreo, es por ello que los sistemas de refrigeración a pesar de su evolución, en los mismos siguen existiendo fallas que se esperan ser mejoradas al pasar los años, ya que la prioridad es dar propulsión y mantener estable el avión durante el tiempo de vuelo, por consiguiente a pesar de atender todos los sistemas de prevención existentes en la vida aeronáutica para todos los tripulantes es necesario garantizar mediante una gestión proactiva la satisfacción de los pasajeros ya que implica calidad de vuelo, y mejorar la experiencia de todas las personas.

Los aviones son quizás uno de los mayores logros de la ingeniería a lo largo de la historia, todo ello porque son el resultado de un conjunto de disciplinas tales como: termodinámica,

turbomáquinas, resistencia de los materiales, diseño mecánico, entre otras; gracias a ellas se hace posible que los aviones vuelen grandes distancias a altitudes desde lo fisiológicamente soportables para el ser humano, donde el aire es poco denso para las personas, es por ello que se parte desde este concepto para fomentar que la ingeniería ha logrado llegar a puntos de equilibrio donde el ser humano logra estar en un ambiente de confort en las aeronaves, siempre llevando a cabo un fin común el cual es la eficiencia para los tripulantes.

Por otra parte, en el mundo aeronáutico han surgido desafíos a lo largo de la historia, en donde se ha buscado evolucionar con el pasar del tiempo, y algunos aspectos se vuelven de mayor desafío para la ingeniería, como lo suele ser el logro de la temperatura correcta en los sistemas de acondicionamiento de aire de los aviones , ya que tener una cabina confortable implica que una serie de factores deben encontrarse en rangos exactos, los mismos son los siguientes: Temperatura del aire, tanto exterior como interior, Humedad, Presión, Velocidad del aire, Intensidad de Trabajo, entre otros.

La cabina de un avión representa un volumen enorme para la única fuente de aire disponible , en el cual se refiere al aire caliente a presión que es extraído de los motores, por consiguiente surge la limitante de la cantidad de aire que se puede extraer en las distintas fases de vuelo, ya que el aire que pasa por los motores tiene una serie de objetivos en el cual no se encuentra el acondicionamiento de aire para los pasajeros sino más bien la propulsión para que el avión vuele, y tan solo una pequeña parte de este debe desviarse a cumplir la función de acondicionamiento de la tripulación, además de atender la presurización y diversos factores requeridos en la cabina del avión.

En Venezuela por ser un país tropical usualmente las temperaturas son más altas de lo normal por lo tanto el uso del sistema de acondicionamiento se hace obligatorio para generar un vuelo cómodo y exitoso tanto para los pasajeros como para todo el equipo que lleva a cabo esta labor, por todo lo antes expuesto surge una problemática en los sistemas de aire acondicionado en las aeronaves ya que se mantienen en uso constante, lo que ocasiona una disminución de la vida útil de todos los equipos que conforman el ciclo de refrigeración.

Teniendo en cuenta que el sistema de acondicionamiento de aire de un avión implica una serie de factores las cuales estarán sujetos a los distintos tipos de funcionamiento de cada avión, dependiendo del modelo, cantidad de personas a transportar, distancias y alturas de trabajo, se puede decir que en esta investigación se enfocara en el funcionamiento de un Avión de la serie King el mismo llamado King air 200, el cual fue lanzado el primero en 1970 como un nuevo jet privado superando el confort de los anteriormente existentes; sin embargo dicho avión trabaja con un motor Turbo-Hélice el cual es denominado como el más usado en el mundo para

aeronaves, los mismos utilizan un motor a reacción para hacer girar las hélices del avión, es por ello que de aquí una parte del aire es trasladado específicamente para trabajar en el acondicionamiento de aire del avión, más sin embargo, en la función principal de este motor no se encuentra el acondicionamiento de aire de la tripulación, es decir la prioridad está en la propulsión del avión más que del confort de los pasajeros. (Ver Figura 1)



Figura 1: Avión King Air 200.
Fuente: SKYbrary (2019)

Normalmente en un vuelo común el aire debe encenderse en tierra hasta que el avión despegue y alcance los 18.000 pies (5.486,46 metros) es en dicha altura cuando debe apagarse el sistema de aire ya que se han alcanzados rangos de temperatura estable, sin embargo en ciertos casos se presentan cambios climáticos relevantes y debe usarse el sistema de acondicionamiento a una altura superior a la mencionada anteriormente, es por ello que en dichos casos con el pasar del tiempo equipos como lo son los intercambiadores de calor, compresores u otros dispositivos comienzan a fallar lo que ocasiona un descontrol y mal acondicionamiento de la cabina lo que genera incomodidad, inquietud y no satisfacción en la tripulación.

Desde otro punto de vista se debe considerar que según la opinión de pilotos ubicados en el aeropuerto internacional Arturo Michelena en Valencia-Venezuela, los mismos anexaron su inquietud en porque este tipo de jets presentaba fallas en la satisfacción de la comodidad del pasajero, todo esto tomando en cuenta las altas temperaturas presentes en Venezuela, adicional que al ser un avión comercial, el mismo posee una cabina pequeña en donde el máximo de pasajeros debe ser de 8 a 10 personas, esto ocasiona que el enfriar el interior del avión se torne

un poco difícil, y a su vez genere inquietud en los pasajeros, sobre todo si en las etapas de aterrizaje o despegue se encuentran otros aviones en pista lo que demora el tiempo de transición de dicho proceso. (Ver figura 2)



Figura 2. Cabina del Avión King Air 200.
Fuente: Flapper (2020)

El sistema de acondicionamiento de aire de un avión es primordial cuando el mismo se encuentra en Tierra, debido a las temperaturas del país, por consiguiente se expresa que por medidas de seguridad aeronáuticas el Aire acondicionado de un avión debe apagarse el fases Críticas de Vuelo, las cuales son: Despegue, Ascenso, Descenso y aterrizaje; ahora bien, que implica el no tener en funcionamiento el aire acondicionado en estas fases, el objetivo principal de este es preservar la seguridad en estos procesos y proporcionarle a motor de la nave la mayor propulsión posible, lo que genera que ningún otro proceso pueda llevarse a cabo durante estas fases vuelo, o al menos no contando con los dos motores principales del avión.

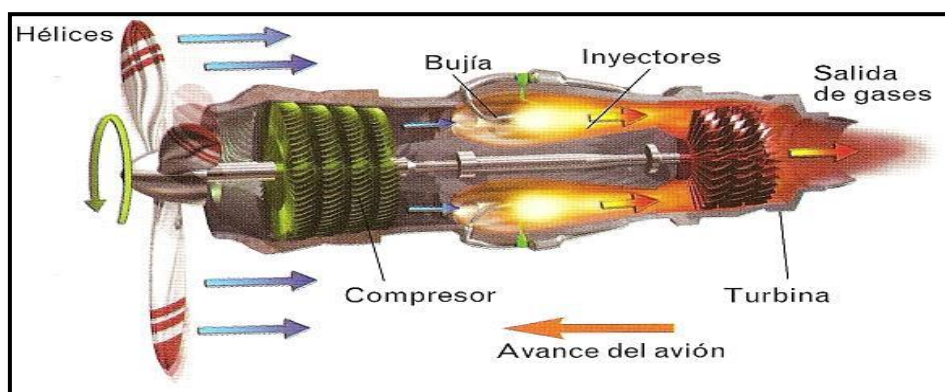


Figura 3. Funcionamiento de un motor Turbo- Hélice.
Fuente: Word Press (2015)

Como se puede observar en la Figura 3, todo el aire que entra a los compresores es necesario ser utilizado en las fases críticas de vuelo para garantizar la seguridad del proceso,

es por ello que el aire de los compresores debe estar dedicado netamente a cumplir con dicho proceso; sin embargo, viéndolo desde el punto de vista comercial y tomando en cuenta que la cabina es poco espaciosa, se hace notoria la no satisfacción de los pasajeros debido a que el tiempo aproximado de Despegue-Ascenso o Descenso-Aterrizaje es de aproximadamente 15 minutos, sin tomar en cuenta el tiempo de cola en pista, esto va a depender de la cantidad de aviones que se encuentren en dicho momento en la pista.

Grupo Verum C.A es un taller que se encuentra ubicado en el aeropuerto Internacional Arturo Michelena en Valencia estado Carabobo, el mismo se dedica a prestar servicios de mantenimiento aeronáutico en dicha ubicación, específicamente jets; de esta misma manera se ha evidenciado que en esta organización una tasa muy alta de aviones entran constantemente por mantenimiento del sistema de refrigeración, es por ello que dicha problemática ha ocasionado la inquietud de todos los pilotos ya que según encuestas realizadas a los mismos se puede evidenciar la imperfección que presentan los aviones por esta falla, en muchos casos ocasiona retrasos de vuelos o hasta paralización de gran número de aviones, lo que afecta tanto la economía del equipo aeronáutico como la posibilidad de adquirir el servicio por parte de todas las personas que necesiten utilizar los aviones de este aeropuerto.

En efecto, se evidencia la necesidad de mantener refrigerada la cabina del avión durante las etapas críticas de vuelo en donde el aire a presión que se encuentra en los dos motores principales del avión, no debe destinarse una parte de este a la refrigeración de la cabina; en muchas ocasiones en los aeropuertos de Venezuela se ha generado inquietud por parte de los pasajeros en estas etapas de vuelo ya que se tornan con temperaturas altas y genera incomodidad, inquietud y disgustos por parte de los mismos, lo que resta expectativas de vuelo en la tripulación, en muchas ocasiones se pueden presentar casos en donde netamente deba estar encendido el aire ya sea por condiciones de salud de algunos de los pasajeros lo que también se torna incómodo para los pilotos de la organización ya que su principal objetivo es cumplir con las normativas de seguridad aéreas existentes.

1.2 Formulación del problema

Con la definición del problema, se procede a plantear la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede disminuir las interrupciones ocasionadas en el sistema de acondicionamiento de aire, motivados a la diferencia de temperatura en las aeronaves venezolanas?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Realizar las Mejoras al sistema de Acondicionamiento de Aire en Aeronaves King Air 200 del Grupo Verum C.A que permita un ambiente de confort durante todo el viaje, desde la elevación, transporte y aterrizaje.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual relacionadas con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.
- Analizar las variables internas y externas que influyen en el ciclo de refrigeración para lograr un clima de confort durante todo el viaje.
- Seleccionar la mejor solución que se adapte al sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.
- Rediseñar el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que permita un clima de confort durante todo el viaje.
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada.

1.4 Justificación de la Investigación

La deficiencia en los sistemas de refrigeración en las aeronaves es un problema de gran relevancia ya que esto proporciona inconformidades tanto en el personal de labor de la tripulación como en todos los pasajeros, se considera que si se logra mejorar el ciclo de refrigeración se estaría influyendo de manera positiva en los avances tecnológicos que deben subsistir día a día en el mundo, es por ello que se plantea la siguiente investigación para fomentar una base de crecimiento en las aeronaves.

El reflejo de inconformidad de los viajeros ocasiona el no avance en la organización y propicia a la no satisfacción del pasajero, cabe destacar que un vuelo comercial debe presentar seguridad, confort y bienestar, precisamente estos aspectos antes mencionados es lo que se busca resaltar en los aviones King Air 200 al cual Grupo Verum C.A realiza sus respectivos mantenimientos, además se debe garantizar la estabilidad y durabilidad de los equipos que conforman el ciclo de refrigeración garantizando el acondicionamiento de la cabina, lo que genera de gran importancia mantener el aire que se encuentra dentro de los compartimientos presurizados a la presión y temperatura correcta.

A pesar de que, si bien la tecnología ha logrado evolucionar con el pasar de los años, aún existen procesos en la vida aeronáutica que no han sido optimizados de la mejor manera, ya

que al tratarse de transporte aéreo implica una serie de responsabilidades que deben resguardar la vida tanto de la tripulación como del pasajero, y en muchos casos se deja a un lado la comodidad de la tripulación, como sucede en las fases críticas de vuelo, donde no se resguarda el confort de los pasajeros, sino más bien se busca garantizar la mayor potencia en las turbinas del motor, y poder estar atentos en caso de cualquier emergencia en estas situaciones presentadas, es por ello, que la presente investigación busca cumplir objetivamente con la relación seguridad y confort que deben presentar las aeronaves ya que en Venezuela por ser un país tropical se enfrentan grandes temperaturas en la que el pasajero puede presentar incomodidad y no satisfacción durante las horas de vuelo.

Es por esto que esta investigación contribuirá a la mejora de la eficiencia, sostenibilidad y la seguridad de los sistemas de acondicionamiento de aire de los aviones manipulados por Grupo Verum C.A, ahora bien, se busca fomentar los costos de mantenimiento, reducir los tiempos en los cuales los aviones se encuentran defectuosos, y optimizar el trabajo de los equipos presentes, en efecto posterior esta investigación puede tener una implicación amplia tanto en la industria relacionada como en la ingeniería, ya que los sistemas de refrigeración son aplicables en distintos aspectos, e incluso el problema generado se presenta en la mayoría de los aviones, sin importar su precedencia, es decir se presenta en la mayoría de los aeropuertos del país.

Estudios han demostrado que tener un ambiente laboral el cual se encuentre en temperaturas de comodidad para el cuerpo humano, genera que los trabajadores sean más óptimos y su vez tengan un mejor rendimiento, predisposición y actitud ante todas las actividades laborales, es por ello que generar una mejora en la problemática reflejada estaría beneficiando no solo a los pasajeros, sino a todo el equipo que se encuentra a cargo del avión, es decir a los pilotos, aeromozas, mecánicos y todos lo que se encuentran en cada vuelo resguardando la seguridad de la tripulación; adicionalmente, sería un avance tecnológico para el país ya que los jets King Air 200 son naves lujosas y una nueva tecnología estaría impulsando al avión en beneficios de producción, ya que aumentaría su utilidad.

Llegando a este punto se enfatiza que para conocer a fondo tanto el funcionamiento de los aviones, como los sistemas de refrigeración se utilizaran gran parte de materias vistas en la carrera, se investigara a fondo para mejorar la eficiencia del sistema, generando como una vialidad los compresores en uso para dicha labor, y se efectuara el diseño en ingeniería mecánica para evaluar cómo deberían de ser distribuidos en el ciclo cada uno de los componentes del área de acondicionamiento de aire.

Por otro lado, desde el punto de vista académico es un gran avance para el país ya que permite la evolución tecnológica en el área de desempeño, que se encuentra en todos los estados, se podría garantizar el bienestar en todos los pasajeros de distintos vuelos tanto nacionales como internacionales, logrando así la incursión del país con altos beneficios para turistas, lo que conlleva a abrir puertas en investigaciones posteriores en el tema aeronáutico y de esta forma incursionar en el crecimiento de las naves aéreas.

1.5 Alcance y Limitaciones

Este proyecto de investigación pretende identificar cada una de las causas que puede generar la deficiencia en el acondicionamiento de aire en aeronaves King Air 200 del Grupo Verum, según el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC), el cual se encarga de inspeccionar cada uno de los talleres mecánicos, Aviones y personal de aviación, se pretende lograr optimizar el proceso, y así se estaría influyendo en aumentar la vida útil de dichos dispositivos.

El presente proyecto propone las mejoras correspondientes a los sistemas de refrigeración en aeronaves, el cual se puede utilizar como base para la mejora en otros sistemas de acondicionamiento de aire, siempre tomando en cuenta las características que presente la aeronave o el dispositivo a mejorar, cabe destacar que este proyecto solo presentara cálculos, diseños y selección de mejoras a implementar, dejando a criterio de la organización Grupo Verum C.A, la implementación de dichas mejoras.

Conforme a lo antes expuesto, al tratarse de personas las que se transportan, la vida aérea tiene un incursión legal y serie de permisos que deben ser aprobados por el INAC (Instituto Nacional de aeronáutica Civil) lo que conlleva a que todas las investigaciones realizadas serán plasmadas para presentar ideas a mejoras, pero todo quedara plasmado para que el taller incurra en los permisos necesarios para la aplicabilidad de dichas mejoras a futuro, siempre realizando debidas pruebas antes del avión salir al territorio aéreo, es por ello que se enfocara en realizar los cálculos necesarios pero estarán sujetos a cualquier cambio o evidencia que se pueda presentar en la situación experimental.

La presente investigación tiene el cumplimiento de mejoras tanto de producción, como de bienestar y seguridad para todas las personas que se encuentren en utilización del avión en estudio, esto permitirá incursionar en el mundo aéreo más sin embargo todo quedara en dicha propuesta, siendo parte de decisión del taller Grupo Verum la incursión de las mejoras en las aeronaves King Air 200 que se presenten en la organización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Según Tamayo y Tamayo (2002) cita que: “El marco teórico nos amplía la descripción del problema. Integra la teoría con la investigación y sus relaciones mutuas.” (p. 96). En una investigación, el marco referencial o teórico tiene el propósito de construir un sistema coordinado y coherente de antecedentes, teorías y conceptos que permitan abordar el problema y lo sustenten desde el punto de vista teórico.

Dicho de otra manera, el marco teórico puede ser entendido como aquella información que dará base a los aspectos evaluados a lo largo del trabajo de investigación. A continuación, se presentan los antecedentes consultados que guardan estrecha relación con la presente investigación.

2.1. Antecedentes de la investigación

En el nivel estatal se encontró la investigación realizada por Rodríguez y Martínez (2018). La misma titulada “**Diseño de un protocolo para el diagnóstico de unidades de manejo de aire**”. Este trabajo fue realizado para la obtención al título de ingeniero mecánico, en la Universidad Central de Venezuela, y se basó en la búsqueda de un protocolo para diagnosticar los sistemas de aire acondicionado, que por lo tanto, presentan identificación de distintas unidades que conforman el ciclo de refrigeración, si bien es característico de dichos ciclos evaluar el ruido producido por los equipos ya que permite generar el confort de las personas que se encuentren en la sala de aplicación del sistema de acondicionamiento de ambiente, por otro lado expreso la necesidad de regirse por las normas del fabricante del sistema de acondicionamiento y así resguardar la seguridad tanto de las personas que hacen uso del mismo, como de los componentes que conforman la máquina de aire, que a su vez investigo las variables que influyen en estos procesos como presión, temperatura y humidificación del área.

La investigación tratada anteriormente permite analizar las variables que se deben tomar en cuenta cuando se habla de sistemas de refrigeración, ya que involucra notoriamente acondicionar espacios donde se debe adaptar a parámetros fisiológicos estandarizados y a su vez tomar en cuenta la cantidad de personas que se encuentran en el área; se enfatiza en el caso de la presente investigación evaluar el medio donde será aplicado, que por su parte en las cabinas de avión, se cuenta con una capacidad de personas cubiertas, es decir, se debe garantizar el confort en el viaje del pasajero analizando todas las posibles variables presentes en cada traslado, con lo expresado, se encuentran atribuciones en el área de la termodinámica

y transferencia de calor, que conlleva a la selección de equipos necesarios para el acondicionamiento del espacio, el cual es muy importante en esta investigación.

Seguidamente se tiene el trabajo de grado realizado por Álvarez Helyann, para optar por el título de ingeniero mecánico (2018) en la Universidad Central de Venezuela; el cual se titula **“diseño térmico y optimización de núcleo de un intercambiador de calor automotriz.”**. Dicha investigación se basó en el estudio de las teorías de la transferencia de calor, en el ámbito de intercambiadores de calor con aletas tipo persianas utilizadas en el mundo automovilístico, por consiguiente se concentró en el estudio de predecir los parámetros fundamentales de diseño de aire acondicionado en automóviles, que desde el punto de vista termodinámico se deben evaluar el paso de los tubos y profundidad de los núcleos, todo orientado a cumplir de manera óptima la transferencia de calor en unidades que presentan aletas tipo persianas para transmitir el mismo.

Se cita este trabajo de investigación, ya que posee aspectos fundamentales de la vida mecánica en unidades de transporte, con respecto a la presente investigación se comienza por considerar los factores que implican el diseño de sistemas de aire acondicionado en el mundo del traslado de personas, ya que se encarga de transportar seres humanos y la misma debe presentar distintos factores para garantizar el confort de todos los pasajeros, por otro lado ayudo a propiciar los principios de la transferencia de calor desde distintos puntos de vista, relacionando así las teorías presentadas en la presente investigación con los parámetros fundamentales que implican un diseño de aire acondicionado, ahora bien, en el mundo aéreo juega un papel importante la seguridad de los pasajeros ya que se busca relacionar tanto los factores de diseño como las normas comprendidas en el mundo de la aviación.

Desde el punto de vista internacional se tiene la investigación realizada en la facultad de tecnología aeronáutica en Bolivia, realizada por Guimart Vilela (2018), titulada **“Programa nacional de control de calidad (pncc) en seguridad de la aviación civil”** proyecto de grado para obtener el título de técnico aeronáutico. Dicha investigación se basó en un proyecto de tipo factible, la misma tuvo como objetivo, realizar una investigación de los sistemas de seguridad aeronáuticos e implementar un programa de control de calidad en una organización aérea boliviana, la cual está determinada por diversos factores tanto internos como externos, con el único fin de organizar cada uno de sus procesos y garantizar así el mejoramiento continuo de cada uno de ellos, con el objetivo primordial de satisfacer las necesidades del cliente, dicho programa permite establecer controles a los procesos para así lograr la eficacia y eficiencia en cada uno de ellos, a través de la implementación de indicadores de seguimiento y

de control que permitan optimizar cada una de las actividades ejercidas dentro de la aviación en dicho establecimiento.

Partiendo de la investigación realizada por Vilela, se logra evidenciar la constitución de todos los factores que implican el control de calidad y seguridad aérea, especificando sus respectivos funcionamientos y de la misma manera permitirá conocer a fondo el principio de mantenimiento de cada componente básico de los aviones; es por ello que se resaltó la necesidad de frecuentar el mantenimiento de aviones para preservar el control de calidad de los servicios en la vida aérea, teniendo en cuenta que este proyecto servirá de línea de conocimiento en el aérea de mantenimiento de aviones, y de las condiciones de control de calidad en la vida aérea para todas las personas que se encuentren en la aeronave, ya que viéndolo desde el punto de vista de refrigeración dicho tema presenta un factor clave debido a que si se habla de mantenimiento continuo, se podrá preservar la vida útil de los equipos del ciclo de refrigeración, que por otra parte examinara bajo qué condiciones puede ser mejorado dicho proceso.

Seguidamente se presenta la investigación realizada en Bolivia por Escobar Sergio para optar por el título de técnico superior en aeronáutica (2022), en la Universidad Mayor de San Andrés, la cual se titula “**Mantenimiento del sistema de presurización flota Boeing 737-300**”. Esta investigación tuvo sus principios en el funcionamiento de los sistemas de presurización en aviones flota Boeing 737-300, ante la objeción de los parámetros termodinámicos de estandarización de funcionamiento de aeronaves en condiciones sobre el nivel del mar, cuando estos se encuentran operando a más de 20.000 pies (6.080 metros) de altitud, donde el oxígeno presente no es suficiente para preservar la vida de los seres humanos, el mismo enfatiza los principios de mecánica de los fluidos para analizar la aerodinámica del aire sobre el avión, lo que no obstante analiza técnicamente la adquisición de recursos para conocer la función, capacidad, componentes e importancia del sistema de presurización de la aeronave.

La investigación presentada anteriormente sirvió como base fundamental para analizar con mayor exactitud el principio de funcionamiento de los sistemas de presurización de aviones, cabe destacar que cada aeronave presenta diseños distintos; en dicha investigación se habla de un funcionamiento básico común, cumpliendo con los componentes básicos de un avión: fuselaje, alas, superficies de control, tren de aterrizaje y motores; con todo lo antes expuesto se partirá de ahí para comprender los principios básicos del sistema cuando el mismo se encuentra operando en condiciones de altitud sobre el nivel del mar, partiendo que el funcionamiento de los motores es un tema clave en el correcto cumplimiento del ciclo de

refrigeración de los aviones, ya que es de aquí donde se extrae una parte de aire presente en los compresores para ser destinado al acondicionamiento de aire de la cabina como ya se ha mencionado con anterioridad, razón por la cual se tiene en la presente que el aire que se encuentra en los motores no es una prioridad para la climatización sino más bien la propulsión para hacer volar la aeronave.

Por último, se tiene la investigación realizada por Arévalo Esteban y Bautista Cristóbal en Ecuador (2022). Titulada **“Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave Boeing 737-800 perteneciente a la Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe”**. Los autores son investigadores de la Carrera Tecnológica en Electrónica mención Instrumentación & Aviónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador. Esta investigación está basada en los distintos sistemas que conforman una aeronave y como los mismos se pueden entrelazar para fomentar un objetivo en los aviones que son la presurización y el aire acondicionado presente en las cabinas de la nave, es por ello que se investiga sobre los siguientes funcionamientos en los aviones: sistema neumático, presurización, sistema de Oxígeno, comunicaciones y sistemas de protección contra Hielo.

La investigación presentada anteriormente resulta de mucha utilidad para este proyecto ya que las aeronaves fueron diseñadas a través de sistemas separados que trabajan independientemente y de la misma manera se relacionan para cumplir todos los objetivos necesarios en el avión, si bien se ha dicho en ocasiones pasadas todos estos subsistemas tienen objetivos específicos, los mismos se necesitan estudiar a fondo, para saber los distintos procesos involucrados, y de esta manera poder controlar las variables de temperatura, aire y humedad, el cual resultan un factor clave en el acondicionamiento ambiente.

2.2. Teoría Central de la investigación

2.2.1 Teoría Cinética-Molecular (Teoría Cinética de los gases)

Esta teoría permite comprender el comportamiento de la materia cuando la misma a nivel molecular está expuesta a la ganancia o pérdida de calor, debido a que permite medir el calor y sus efectos, por consiguiente, se expresa que todas las cosas están conformadas de partículas e átomos, donde a través de los mismos ayuda a comprender el comportamiento de la materia a nivel molecular, es por ello que se analiza la ganancia o pérdida de calor y no obstante la medición de la temperatura. Para comprender mejor, se dice que el aire almacena energía potencial y la suma de los distintos tipos de energía que se almacena en un cuerpo se le conoce como energía interna.

En consecuencia, con lo expresado anteriormente se puede decir que la teoría cinética-molecular es una explicación científica que permite comprender el comportamiento de las partículas en un sistema material, como lo son: átomos, moléculas e iones; por consiguiente, examinaremos brevemente ahora las suposiciones de dicha teoría:

- Las partículas se encuentran constantemente en movimiento, las cuales siempre presentan un movimiento recto hasta que colisionan unas con otras o con las paredes del recipiente.
- Todas las partículas tienen diferentes velocidades y energías cinéticas, lo que implica el cambio de movimiento de cada una.
- Las colisiones que existen en las partículas son elásticas, durante este proceso no hay pérdida de energía cinética.
- Con respecto a la temperatura se puede decir que está relacionada con la velocidad promedio de las partículas; el siguiente ejemplo sirve para comprender mejor esta suposición: Si la temperatura es mayor conllevará a que la velocidad promedio sea mayor, por consiguiente, se expresa la estrecha relación entre la temperatura y la velocidad que presentan las partículas de un cuerpo.
- Las fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas son consideradas insignificantes, excepto en el momento que ocurre colisión.

En definitiva, la teoría cinética- molecular explica los fenómenos macroscópicos como los son: la presión, el volumen y la temperatura de los gases, lo que permite obtener una base para la comprensión de las propiedades físicas y químicas de los materiales en estado sólido y líquido.

En consecuencia, esta teoría explica el comportamiento que presenta un gas mediante una serie de leyes explicadas a continuación:

- Ley de Amontons, la misma expresa que si se aumenta la temperatura, la velocidad media y la energía cinética de las moléculas, el gas aumenta; y por consiguiente si el volumen se mantiene constante, el aumento del volumen de un gas provoca choques más frecuentes con las paredes del recipiente, lo que da paso al aumento de la presión.
- Ley de Charles, esta expresa que la única manera de mantener una presión constante en un gas si se llega a aumentar la temperatura es aumentando el volumen ocupado por dicho gas.
- Ley de Boyle, de una manera puntual se refiere a que, si el volumen de un gas tiene una temperatura determinada y la misma disminuye, las partículas tendrán con mayor

frecuencia colisiones con las paredes del recipiente y la presión ejercida por el gas va a aumentar.

- Ley de Avogadro, la presente muestra que, a presión y temperatura constante, se presentara la frecuencia y la fuerza de las colisiones entre moléculas.
- Ley de Dalton, el propósito de esta ley es comprender las propiedades y comportamientos de los gases; se afirma que la presión total ejercida por la mezcla de gases ideales es igual a la suma de las presiones parciales que ejercerían los gases si cada uno ocupara únicamente el volumen total.

2.2.2 Primera ley de la Termodinámica

La presente ley también es conocida como el principio de conservación de la energía, la cual establece que la energía total de un sistema aislado se mantiene constante, dicho de otra manera, la energía no puede ser creada ni destruida, solo puede ser transferida o transformada de una forma a otra, lo que resulta que si no hay intercambio de calor o trabajo, conllevara a que no se presente cambio en la energía interna de un sistema; para ilustrar mejor en la figura 4, se observa el principio de conservación de la energía

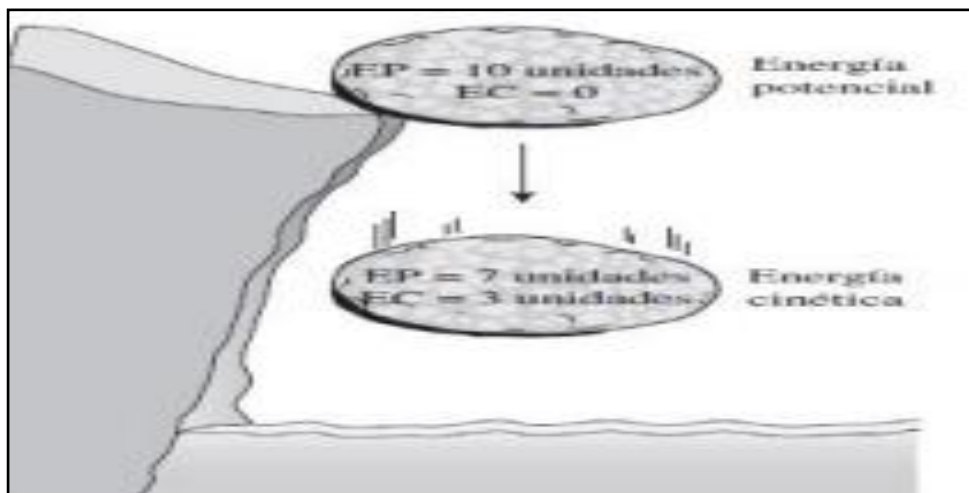


Figura 4. Representación del principio básico de la conservación de energía.
Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

La ilustración mostrada con anterioridad muestra una piedra en la cual se adquiere una velocidad como consecuencia de una energía potencial que se está convirtiendo en energía cinética, es por esto que refleja con mayor claridad el principio de la conservación de la energía.

2.2.3 Segunda ley de la termodinámica

Esta ley se basa en el principio que explica que en un sistema aislado, la entropía siempre tiende a aumentar con el tiempo; además se define entropía como una medida del desorden o

falta de organización en un sistema, es decir, en vista general los procesos naturales tienden a ir hacia un estado de mayor desorden; es por esto que se establece que no es posible convertir el calor en trabajo útil sin no tener ninguna pérdida en el sistema, lo que da como resultado que siempre habrá alguna cantidad de energía que se disipa y es convertida en forma de calor residual; en definitiva la segunda ley de la termodinámica establece las limitaciones fundamentales con respecto a la utilización y transformación de la energía en los elementos físicos.



Figura 5. El calor se transfiere en sentido de lo caliente a lo frío.
Fuente: Cengel, Y. (2012) termodinámica.

Referente a la imagen mostrada anteriormente (Figura 5) se puede evidenciar que los procesos van en una sola dirección y no son reversibles, lo que contradice la primera ley de la termodinámica en donde no se estudiaba la dirección que presentaban los procesos de transferencia de energía, y todo esto ocurre debido a que en la realidad los procesos se dirigen hacia donde disminuye la calidad de energía, como se ejemplifica en la figura presentada, el café presente en la taza en algún momento se enfría, pero estando en el mismo espacio bajo las mismas condiciones el café no vuelve a calentarse, de manera que se comprueba la realidad de la segunda ley de la termodinámica.

2.3 Bases Teóricas

Resulta de gran relevancia esta área de la investigación ya que permite conocer técnicamente los procesos involucrados en el área, y como científicamente han sido descubiertos y posteriormente evolucionado, es por ello que la presente investigación estará conformada por una serie de variables y teorías que permitirán la recolección de datos, estudio de la problemática y como los mismos pueden ser relacionados con el caso de estudio, respondiendo a una objeción en la formulación de la propuesta ya que los mismos facilitan la

comprensión de los distintos aspectos tanto termodinámicas como la transferencia de calor y diversos factores involucrados en el tema, todos con la finalidad de explicar la problemática en estudio.

2.3.1 Termodinámica

Se expresa como la rama de la física que estudia y analiza los procesos de intercambio de energía que se presentan en forma de calor y trabajo entre un sistema y su entorno, así mismo se fomenta en el estudio de las propiedades de la materia, como lo son: la temperatura, presión, volumen y energía interna; a su vez establece leyes que estudian cómo se comportan los sistemas en procesos de equilibrio o en intercambio de energía, partiendo de este para el estudio de la transferencia de calor entre partículas, el funcionamiento de motores, la generación de energía y un sinnúmero de conceptos relacionados que pueden ser explicados a través de la termodinámica.

2.3.2 Transferencia de calor

Se puede definir este fenómeno como el proceso mediante el cual ocurre una transferencia térmica de un cuerpo o sistema hacia otro mediante diferencias de temperatura, ahora bien, en el estudio de este proceso existen tres formas principales de la transferencia de calor, las cuales se expresan como:

1. **Conducción:** es la transferencia de calor a través de un medio sólido, así como cuando una barra metálica se calienta en un extremo y el calor se transmite a lo largo de la barra, este ejemplo basto para comprender el principio de funcionamiento de dicho termino.
2. **Convección:** es el proceso de la transferencia de calor a través del movimiento de un fluido, el mismo se basa en el que si una corriente de fluido caliente asciende y es reemplazada por un fluido más frio, este proceso crea una circulación continua donde ocurre la transferencia de calor; este término se puede evidenciar en el proceso de funcionamiento de los intercambiadores de calor presentes en diversos sistemas, el cual los mismos operan bajo este principio.
3. **Radiación:** se puede definir como la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas como la luz o el calor emitido por el sol.

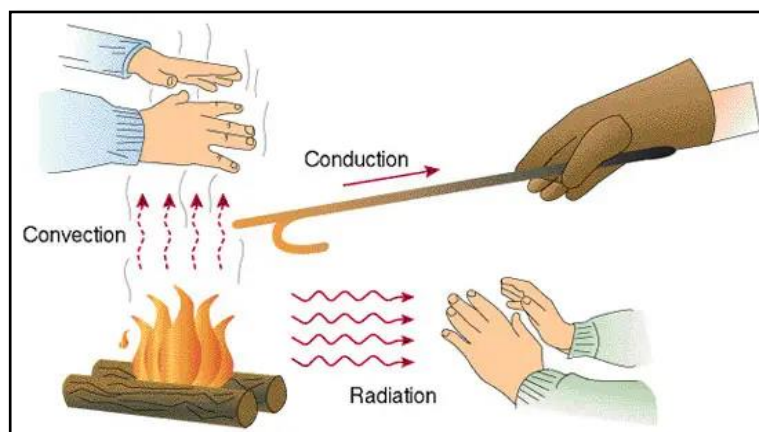


Figura 6. Formas principales de la transferencia de calor.
Fuente: Nergiza. (2004) transferencia de calor.

Se puede concluir que los tres procesos especificados anteriormente (figura 6) pueden ocurrir de manera simultánea en diferentes situaciones, como se pudo evidenciar en la figura 5, en donde ocurre la transferencia de calor a través del contacto directo entre la taza y el líquido (conducción), así como también al mismo tiempo se presentaba una transferencia de calor mediante las corrientes ascendentes del aire caliente sobre la taza, a dicho proceso se le denomina convección, y por último simultáneamente también estaría ocurriendo el fenómeno de radiación donde ocurre la transferencia de calor hacia los objetos que se encuentran cercanamente.

2.3.3 Acondicionamiento de aire

Es el proceso que hace mantener las variables de: humedad, temperatura, limpieza y distribución para satisfacer los objetivos de dicho acondicionamiento, por consiguiente se tiene que como objetivo principal del acondicionamiento de ambiente se tiene el generar el confort para todas las personas presentes en el espacio y a su vez el mantenimiento para las condiciones apropiadas de los equipos que hacen cumplir dicho acondicionamiento, con todo lo antes expuesto se expresa que el confort para los seres humanos se ve relacionado con las variables de velocidad del aire, calor radiante e intensidad de trabajo, sin embargo, estudios han comprobado que estos factores podrían variar de una época o estación del año a otra, acorde con lo expresado se enfatizó que el confort óptimo para los seres humanos se tiene aproximadamente en 26°C durante el verano, y a 25°C durante el invierno. (Ver figura 7)

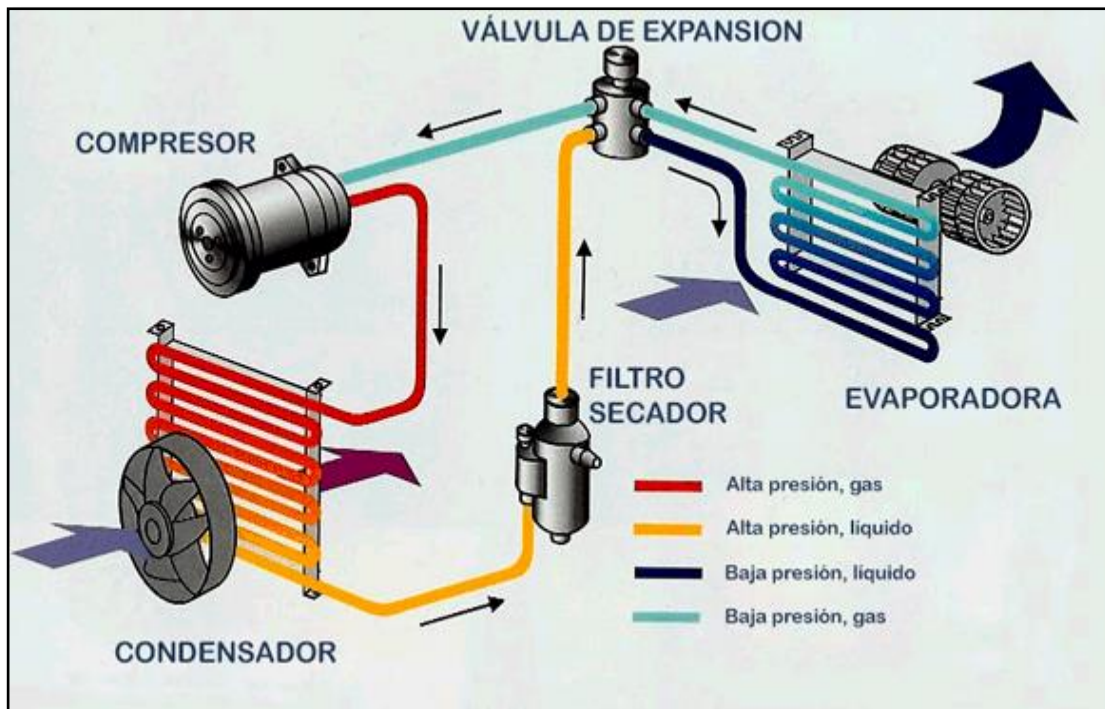


Figura 7. Principio de funcionamiento del ciclo de refrigeración.
Fuente: Insotec Clima. (2008) climatización.

2.3.4 Control de presurización en aviones

Para el control de la presurización en aeronaves se necesita la selección de la altitud correspondiente a la fase de vuelo del avión, además se debe evaluar el campo de aterrizaje previsto; durante todas las fases de vuelo, la altitud de la cabina se encuentra programada para proporcionar a toda la tripulación el bienestar necesario para cumplir tanto con las condiciones fisiológicamente soportables para el ser humano, como para generar la satisfacción de todos los pasajeros, así mismo el termino de presión en la operación de vuelo es de gran importancia, por consiguiente se establece que la presión diferencial alcanzada durante una operación de vuelo normalizada es de 7,77 psi (53,61 kPa), de acuerdo con lo que se establece la tasa de cambio de altitud de la cabina se limita a 700 pies por minuto (213,36 metros por minuto) durante el ascenso y a 300 pies por minuto (91,44 metros por minuto) en el descenso; todo lo antes expuesto puede ser modificado a través de válvulas que se encuentran dentro de la cabina y son manipulados por el personal autorizado para dicho proceso (pilotos de aviación) en el cual es controlado a las tasas mínimas requeridas durante las fases de vuelo. (Ver figura 8)

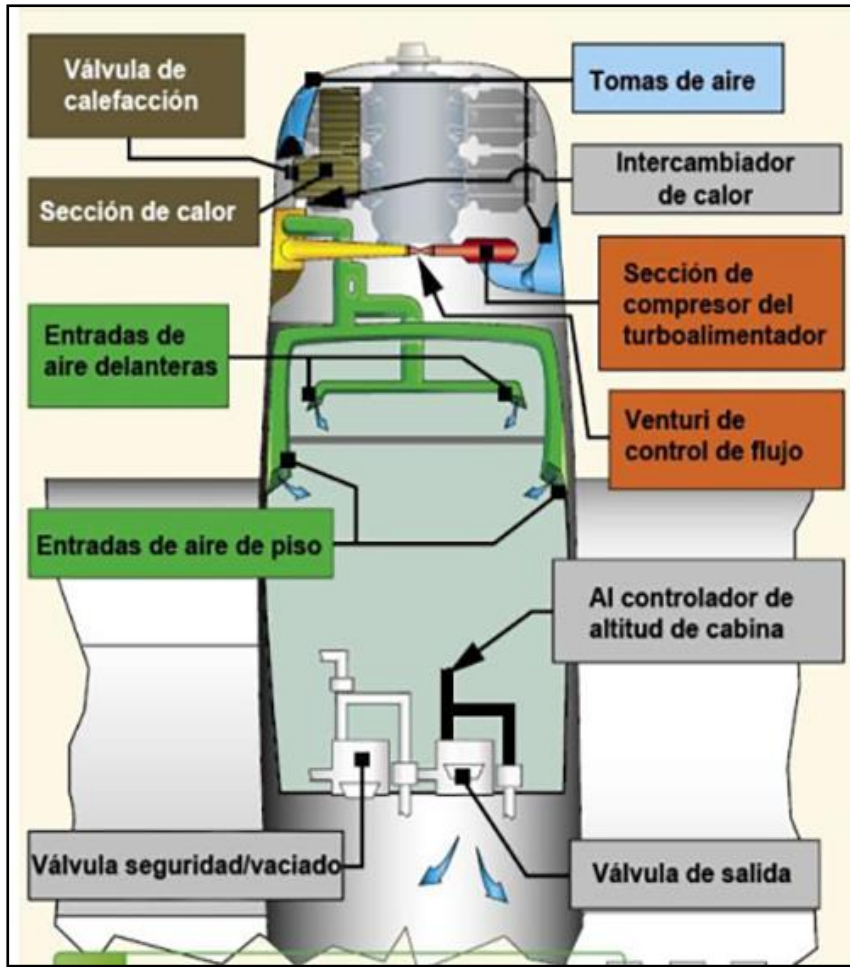


Figura 8. Sistema de presurización en aviones.
Fuente: asociación pasión por volar (2002)

2.4 Bases legales

Las Normativas, reglas y principios juegan un papel fundamental en la vida aérea, se trabaja bajo principios en condición de riesgo en donde deben presentarse distintas opciones en condiciones de emergencia, como respuesta a lo antes planteado se han creado organizaciones a nivel global, regional y estatal todo con el principio de resguardar la seguridad de toda la tripulación, es por ello que las regulaciones, estándares y procedimientos deben regirse por estas reglas para garantizar la seguridad en todas las fases de vuelo; de la misma forma el marco regulatorio y los distintos requisitos de seguridad aérea se han llevado a cabo durante décadas, y se modifican y mejoran continuamente para prevalecer el bien de los seres humanos, todo esto con el fin de lograr un desempeño de seguridad cada vez mayor para enfrentar posibles situaciones futuras con el mejor de los éxitos y por consiguiente lograr garantizar el desarrollo sostenible de la aviación civil, en primer lugar se deben distinguir tres niveles básicos de regulación de la seguridad:

1. Arreglos y requisitos regulatorios internacionales, establecidos y promulgados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
2. Disposiciones y requisitos regulatorios regionales. En Europa, y también en la Comunidad de Estados Independientes (CEI), existe un nivel regulatorio adicional e intermedio basado en cierta cesión de funciones regulatorias nacionales a agencias supranacionales. El objetivo de la creación de dichos organismos es garantizar un nivel elevado y uniforme de seguridad en la aviación civil, mediante la adopción de normas y medidas de seguridad comunes en consonancia con las normas y métodos recomendados (SARPS) de la OACI .
3. Arreglos y requisitos regulatorios nacionales, promulgados en la legislación nacional y otros actos normativos por las autoridades estatales designadas. Los requisitos de los reguladores nacionales de seguridad deben cumplir con los establecidos a nivel global y regional.

A nivel internacional la principal organización es la OACI, la cual es la agencia de las naciones unidas que fue establecida en 1944 mediante el convenio sobre aviación civil internacional, conocido como convenio de Chicago. La OACI tiene como objetivo desarrollar SARPS que cubren todos los aspectos relacionados con la aviación, entre estos está incluida la seguridad aérea, durante los últimos años los requisitos de dicha organización se han ampliado para exigir la implementación de un sistema de seguridad formal, por parte de todas las empresas proveedoras de servicios de aviación y por consiguiente para todo el equipo operador de la aeronave, en pocas palabras se supervisa el desarrollo de los marcos regulatorios de seguridad por parte de los estados que forman parte del programa universal de auditoría de la vigilancia de seguridad.

Habría que decir también que para lograr cumplir con el objetivo de promover los más altos estándares de seguridad aérea y por consiguiente la protección ambiental se creó la agencia de seguridad aérea de la unión Europea (EASA), en donde actualmente cubre los siguientes dominios de aviación civil: aeródromos, operaciones aéreas, tripulación aérea y médico, aeronaves y productos (incluidas las naves no tripuladas como los Drones), Aviación general, ambiente y la seguridad cibernética; considerando que los estados miembros de la unión europea establecieron autoridades nacionales de supervisión (ANS), las cuales realizan tareas incluidas como la certificación, la supervisión y el cumplimiento de las normativas aéreas, acorde con lo dicho, también se creó la organización europea de equipos de aviación civil (EUROCAE) para resguardar la implementación en los distintos puntos aéreos.

Una de las organizaciones más importantes a nivel mundial es la administración federal de aviación (FAA), el cual su objetivo es hacer cumplir las reglas de seguridad competentes en aeronaves, pilotos, espacios aéreos, tránsito aéreo y reglas generales de operación, en donde también se ven involucradas las compañías aéreas, certificación de escuelas, aeropuertos y reglamentos administrativos dentro de la aviación. En Venezuela se encuentra el instituto nacional de aeronáutica civil (INAC), el mismo se encarga de regular, fiscalizar, controlar, coordinar y certificar las actividades aeronáuticas del país, dicha organización tiene como misión “asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad operacional, por parte de los prestadores de servicio, mediante una oportuna fiscalización y un eficaz otorgamiento de certificaciones, de acuerdo con las regulaciones establecidas, con el fin de, proporcionar a los usuarios del transporte aéreo, plena confianza y seguridad en el mismo, y promover programas innovadores del sistema aeronáutico nacional, sustentado en el desarrollo nacional y la integración regional”

Actualmente el INAC se encuentra adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Transporte, el mismo cuenta con oficinas en todos los aeropuertos del país, presentando también en los principales aeropuertos un personal dedicado a la atención del usuario en el tema de facilitación, la presente institución representa al país en reuniones y foros de la OACI, además de otros organismos regionales; en conclusión el INAC se encarga también como autoridad aeronáutica de procesar denuncias enfocadas en este tema, como lo son: retrasos de vuelos, pérdida de equipaje, indemnizaciones y todo lo relacionado con el transporte aéreo.

2.5 Definición de Términos

Aire Dinámico: es el aire que entra del ambiente a la aeronave por medio de la toma que está en el estabilizador vertical.

Aire Sangrado: se llama aire sangrado a la operación de sacar aire caliente y a presión de uno o más motores del avión.

Altitud: se refiere a la distancia vertical medida desde un punto de referencia generalmente a nivel del mar, hasta un punto específico en la superficie terrestre.

APU: unidad de potencia auxiliar presente en los aviones.

Cabina: es una estructura cerrada y generalmente pequeña, diseñada para albergar a una o varias personas en diferentes contextos.

Calor: Es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura.

Compresor: es una máquina utilizada para comprimir el aire y almacenarlo en un tanque, el cual puede ser utilizado en distintas aplicaciones, operar herramientas neumáticas, generar propulsión, entre otros.

Fluido: este término se refiere a algo que tiene la capacidad de moverse o fluir con facilidad, puede aplicarse a distintos contextos como: el aire, agua o aceite.

Intercambiador de calor: es un dispositivo utilizado para transferir calor entre dos fluidos que se encuentran en diferentes temperaturas, ya sea para calentar o enfriar un fluido.

Máquina de Aire: dispositivo que posee diversos componentes, cuya finalidad es generar aire acondicionado o ventilación en un espacio cerrado.

Presurización: es el proceso que consiste en aumentar la presión en un espacio cerrado, para mantener condiciones adecuadas de temperatura y oxígeno.

Propulsión: es el proceso de aplicar y generar fuerza para mover un objeto o vehículo en una dirección deseada, desde el punto de vista físico y de la ingeniería se refiere a los sistemas utilizados para impulsar naves espaciales, barcos y otros medios de transporte.

Trabajo Mecánico: es el resultado de la acción de una fuerza a lo largo de un desplazamiento.

Tripulación: se refiere al grupo de personas, que trabajan conjuntamente en avión, barco, tren u otro medio de transporte.

Tubería: Una tubería es un conducto diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Están fabricadas generalmente con materiales como acero, hierro fundido, cobre, plástico, entre otros, y se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, tanto en sistemas de distribución de agua potable, sistemas de calefacción, sistemas de refrigeración, transporte de gases y líquidos en la industria, entre otros.

Turbina: es una máquina capaz de convertir la energía de un fluido en energía mecánica, se utiliza generalmente para generar electricidad, pero también puede ser utilizada en otras aplicaciones como aviones, barcos y motores de combustión interna.

Válvula: es un dispositivo mecánico que regula el flujo de un fluido, como líquidos, gases o vapores a través de una tubería o conducto.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El siguiente punto se refiere a la forma en que se aborda un problema y por consiguiente el cómo se lleva a cabo una investigación; a su vez es el conjunto de métodos, técnicas y procedimientos que se utilizan para recolectar y analizar datos, que además ayuda a obtener conclusiones o resultados. En Arias (2010, p.112) explica “el marco metodológico como el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas, este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medio de investigaciones relacionadas al problema”, por otra parte Tamayo y Tamayo en (2012, p.98) afirma que “el proceso mediante método científico, procura obtener información relevante, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento, dicho conocimiento se adquiere para relacionarlo con las hipótesis presentadas ante los problemas planteados”.

3.1 Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico es la forma en la que se aborda un estudio o investigación. Palella y Martins (2012) en su obra Metodología de la Investigación Cuantitativa, en relación al enfoque cuantitativo afirman que “Se caracteriza por privilegiar el dato como esencia sustancial de su argumentación. El dato es la expresión concreta que simboliza una realidad. Esta afirmación se sustenta en el principio de que lo que no se puede medir no es digno de credibilidad. Por ello, todo debe estar soportado en el número, en el dato estadístico que aproxima a la manifestación del fenómeno. El paradigma que se adscribe en este enfoque concibe la ciencia como una descripción de fenómenos que se apoya en los hechos dados por las sensaciones y no se preocupa por explicarlos”

Con lo expresado anteriormente, la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se recolectaron los datos necesarios para las mejoras del sistema de acondicionamiento de ambiente, en la cabina del avión King Air 200.

3.2 Tipo de Investigación

Palella y Martins (2006, p. 107) afirman que el proyecto factible se base en “elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica”, por consiguiente, confirman fundamental la modalidad de exponer proposiciones y planteamientos que permitan ser ejecutados. Desde otra perspectiva, se describe el enfoque cuantitativo, donde Sampieri, R. (2018) define el enfoque cuantitativo como el que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición

numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

Con lo expresado anteriormente, se refleja que la investigación que se presenta es de tipo factible con enfoque cuantitativo, es necesario resaltar que se realizó una propuesta de mejora a una problemática planteada, todo esto con la finalidad de buscar la solución más viable que permitió cumplir con los objetivos propuestos en la presente investigación; no obstante se buscaron una serie de recolección de datos, referentes a la falla en estudio de la aeronave King Air 200, el cual proporcione brindar la mejor solución aplicable, realizando una serie de hipótesis para construir una conclusión.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se basa en la estructura y planificación de un estudio científico, por el cual se define como el proceso de determinar cómo se recopilarán, analizarán y presentarán los datos para responder a una pregunta de investigación específica, a su vez el diseño de la presente investigación está fomentada por ser de tipo documental y de campo.

Arias, F. (2012) afirma que el diseño de investigación “es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”, por otra parte, Arias (2006, p. 31), expresa “la investigación o diseño de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios)”.

Según las teorías expresadas con anterioridad, el presente trabajo de investigación cumple con los requisitos para ser presentado como una investigación de tipo documental ya que se recolectaron una serie de datos, información y características del avión King Air 200, en donde se podrán evaluar las posibles mejoras al sistema de acondicionamiento de ambiente del mismo, en cuanto al tipo de investigación de campo se tiene que los datos fueron recolectados directamente de la aeronave en estudio, es decir en el taller donde ocurren los hechos de fallas presentes en el mismo.

3.4 Nivel de la investigación

Este apartado habla sobre el grado de profundidad y complejidad con el que se aborda un problema o tema de estudio, el mismo es utilizado para clasificar y categorizar los distintos enfoques y alcances que pueden presentarse en un proyecto de investigación, tomando en cuenta que en una investigación se pueden presentar diferentes tipos de niveles y los mismos pueden ser combinados en un mismo proyecto investigativo.

Según Arias, F. (2016) el nivel de la investigación “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p. 23), quien a su vez expresa que existen

cuatro alcances de investigación, el cual son: exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, por otra parte, Arias (2010, p. 24) establece que “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

Con lo expresado anteriormente, el nivel de la presente investigación es de tipo descriptivo ya que se analiza y estudia las problemáticas presente en los aviones King Air 200, en donde se expresa la necesidad de investigar con profundidad el sistema de acondicionamiento de aire de los mismos, que a su vez permite establecer una mejora a la problemática planteada todo esto con el fin de satisfacer el confort y seguridad de todos los pasajeros que estarán presentes en la cabina de dicho avión.

3.5 Población y Muestra

3.5.1 Población

Según el autor Arias (2006, p. 81) define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación”, por otra parte, el autor Balestrini (2006, p. 94) define la Población como “cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas”; es por ello que para la presente investigación se tomó como población a todos los tipos de aviones al cual Grupo Verum está especializado en su mantenimiento.

En consecuencia, a esto, se tiene que para grupo Verum su especialización está dedicada en aviones pequeños con una capacidad aproximada de 8 a 10 personas para ser trasladados en la nave, así mismo las aeronaves en el cual se estudiara la población son: Cessna 100, Cessna 152, Cessna 172, Cessna 182, Cessna 206, Cessna 207, Cessna 210, Cessna 208, Cessna 310, Cessna 340, Cessna 402, Cessna 414, Cessna 421, Cessna 440, Cessna 441, Citation I, Citation II, King Air 100, King Air 200, BE90, BE30, BE35.

3.5.2 Muestra

Desde el punto de vista metodológico se define a la muestra como un subconjunto representativo de una población o universo en estudio, todo esto se refiere a que será seleccionado un grupo más pequeño y el mismo posee características similares a la población total, con lo dicho se confirma la definición con el autor Balestrini (2006, p.130) quien expreso la muestra como lo siguiente: "una parte o subconjunto de la población".

Con el conocimiento de esto, la presente investigación tomará como objeto de prueba o para realizar estudios exhaustivos a la aeronave King Air 200, el cual fue seleccionada conjuntamente con las personas responsables del taller Grupo Verum, todo esto para llevar a

cabo el presente trabajo investigativo, y por consiguiente estudiar más a fondo distintas características específicas que presenta la nave como: motor, intercambiadores de calor, sistema de presurización, tiempo de duración de las fases críticas de vuelo, entre otros detalles que son característicos de cada modelo de avión.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas de Recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos son métodos o procedimientos que son utilizados para obtener información importante sobre un tema o fenómeno específico, según Arias, F. (2010) “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Por lo expresado con anterioridad se puede definir esta técnica como el proceso de búsqueda de información relevante que genere interés para la investigación y por consiguiente permita esclarecer y concientizar el tema de estudio, no obstante, cabe destacar estas técnicas permiten validar y generar confiabilidad en la investigación, por consiguiente, se tiene que en el presente trabajo investigativo se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Observación directa:** según los autores Hernández, Fernández y Baptista (2006, p.316) expresan lo siguiente “la observación directa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conducta manifiesta” de una manera puntual se refiere a analizar directamente el fenómeno en estudio sin intervenir ni influir en el, acorde con lo expuesto en la presente investigación se realizó una observación y medición directa de cada uno de los componentes que conforman el ciclo de aire de la aeronave King Air 200, en donde se logró conocer con mayor exactitud el proceso que abarca cada componente para realizar de manera posterior estudios en los distintos procesos del avión que se ven involucrados con la máquina de aire.

- **Revisión Documental:** esta técnica permitió recolectar información verídica y comprobada referente a las normativas, procesos y manuales del mundo aéreo, ya que con esta revisión se estudió el nivel de deterioro de los componentes y como podría influir un cambio en el sistema, todo esto basado en estudios previos, según Hurtado en (2000, p 125) afirma “una revisión documental es una técnica en donde se recolecta información escrita sobre un determinado tema, teniendo como fin proporcionar variables que se relacionan indirectamente o directamente con el tema establecido”.

- **Entrevista Estructurada:** Arias, F. (2010) “Es una técnica basada en un diálogo o conversación cara a cara, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente

determinado, de tal manera que el entrevistado pueda obtener la información requerida”. (p.73). con lo expresado por el autor se procede a tomar en cuenta que en la presente investigación se realizaron entrevistas a pilotos y mecánicos del aérea de aviación, todo esto con la finalidad de constatar los aspectos claves en el proceso de mejora de acondicionamiento de ambiente, es decir, esto permitió conocer las recurrencias de fallas en los sistemas de aire acondicionado en aeronaves pertenecientes a grupo Verum y como podría influir esto en los aspectos económicos del aeropuerto, por otro lado los pilotos dieron a conocer sus opiniones verídicas con respecto a las condiciones climáticas en estas fases de vuelo.

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos

Para Arias, F. (2006), los instrumentos de investigación "son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información." (p. 25). Por otro lado, según Sabino (1997) “Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados” (p. 150). El diario de campo es uno de los instrumentos más utilizados en la observación directa, especialmente en investigaciones de carácter cualitativo. Consiste en un registro escrito y detallado de las observaciones realizadas por el investigador, en el que se describen los eventos, situaciones, comportamientos, interacciones y otros aspectos relevantes del fenómeno que se está estudiando.

Para efectos del presente trabajo investigativo se tomó en cuenta adicionalmente que para el buen cumplimiento de la entrevista estructurada es necesario formular una guía de preguntas, según Bogdán y Taylor (2009, p.119) “en los proyectos de entrevistas a gran escala algunos autores utilizan una guía de entrevistas, se trata una lista de áreas generales que deben cubrirse con cada informante”. (ver apéndice A)

Por otro lado, de acuerdo con León (2005, p.180) “la guía de entrevista es una herramienta que permite realizar un trabajo reflexivo para la organización de los temas posibles que se abordan en la entrevista. No constituye un protocolo estructurado de preguntas. Es una lista de tópicos y áreas generales a partir de la cual se organizaron los temas sobre la cual trataron las preguntas”, dicho esto se enfatiza que para estudios de esta investigación se conocieron las opiniones de pilotos y mecánicos en el mundo aéreo, y de esta forma se logró analizar sus experiencias y situaciones.

3.7 Técnicas de análisis de resultados

Según Hurtado (2000) el análisis de resultados “constituye un proceso que involucra la clasificación, la codificación, el procesamiento y la interpretación de la información obtenida durante la recolección de datos, con el fin de llegar a conclusiones específicas y dar respuesta a la pregunta de investigación” (p. 505). Una vez realizada la recolección de datos mediante las técnicas mencionadas anteriormente, es necesario generar recursos que permitan evaluar la confiabilidad de dichos datos obtenidos, es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizaron los métodos mencionados a continuación, para evaluar la veracidad de los mismos:

- **Diagrama Causa-Efecto:**

Según Gutiérrez (2005, p.165) explica que “causa-efecto o diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces en el área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que existan”. Con lo expresado anteriormente se dice el mismo ayuda a identificar las causas de un problema por la cual se genera una hipótesis de efecto referente a las mismas, con el diagrama explicativo se busca evaluar las distintas causas que podrían dar pie a la problemática en estudio de este trabajo investigativo.

- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto se identifica como una herramienta gráfica que se utiliza para identificar y priorizar los problemas o causas principales que están afectando un proceso o situación, por consiguiente, Según Besterfield, D. (2009) “Los diagramas de Pareto se usan para identificar los problemas más importantes. En general, el 80% del total se debe al 20% de los elementos” (p. 79); se puede expresar que, al utilizar el diagrama de Pareto, es posible identificar las causas principales que se están generando una problemática lo que permite enfocar los esfuerzos en abordarlas primero, generando optimizar los recursos y obtener mejores resultados en la solución de problemas.

3.8 Validez del instrumento

Es un proceso que se genera para determinar si el instrumento de medición utilizado es una investigación o estudio válido y confiable, por consiguiente, la validación del instrumento implica evaluar la precisión, consistencia, exactitud de las mediciones obtenidas, Para Palella y Martins (2006) “validez se define como la ausencia de sesgos. Representa la relación entre lo que se mide y aquello que realmente se quiere medir” (p. 173). Esto quiere decir que la validez de los instrumentos representa o se caracteriza por ser fundamental en la investigación

ya que de ella dependerá la confiabilidad, certeza y seguridad de los datos obtenidos; para garantizar la certeza de los datos obtenidos se tienen una serie de métodos:

- Validez del contenido: es aquí donde se analiza si el contenido del instrumento representa adecuadamente el constructo que se pretende medir, lo que quiere decir que esto implica abarcar todos los aspectos representativos del constructo.

- Validez del criterio: en este proceso se compara el proceso con otro considerado estándar para lograr conocer si ambos miden lo mismo, con respecto a la adecuación del instrumento implica analizar si el contenido de los datos obtenidos a través del instrumento se adecua correctamente a las bases teóricas realizadas, y por consiguiente expresar de manera concreta y segura, evitando ejercer criterios de valor.

- Validez del constructo: se debe evaluar si el instrumento mide correctamente el constructo teórico que se desea medir, es decir se debe analizar la estructura interna del instrumento, por lo antes expuesto se dice que se deben evaluar la validez del instrumento con el marco conceptual.

- Validez Concurrente: en esta área se realiza la comparación con otro instrumento ya validado de manera cual se genera la comparación que permita conocer si ambos proporcionan el mismo resultado.

- Validez Predictiva: aquí se evalúa si el instrumento es capaz de predecir resultados futuros relacionados con el constructo que se pretende medir, esta validación permite establecer que los estudios realizados se posicionaran con el pasar del tiempo, generando así una mayor confiabilidad en los datos obtenidos.

En resumen, la validación del instrumento es un proceso esencial para garantizar la calidad de los valores obtenidos en una investigación o estudio, a su vez enfatiza la confiabilidad y validez de los resultados. (Ver apéndice B).

3.9 Fases metodológicas

Las fases metodológicas son etapas o pasos que se siguen en un proceso de investigación o desarrollo de un proyecto con el fin de lograr los objetivos establecidos, por lo general estas fases suelen ser secuenciales y se van desarrollando de manera ordenada y sistemática, para estudios de la presente investigación se deben cumplir una serie de fases que permitan garantizar el cumplimiento del objetivo principal del proyecto, por otro lado es importante destacar que esto será fomentado en base a la metodología y el tema utilizado.

• **Fase I Diagnóstico de la situación actual relacionada con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.:** en esta fase se realizará el diagnóstico de una manera presencial, haciendo uso de la observación y verificación de cada uno de los componentes que conforman el ciclo de refrigeración en la aeronave, razón por la cual se evaluará si alguno presenta algún nivel de deterioro y por consiguiente lo analizaremos como un todo, es decir se evaluarán cada uno de los procesos existentes en el avión que puedan ser relacionados con el sistema de aire acondicionado, además con la ayuda de expertos en el área se podrá profundizar y evaluar cada uno de los procesos involucrados, que estén perjudicando el acondicionamiento de la cabina, y por consiguiente como se podría mejorar la situación actual de acondicionamiento en las respectivas fases críticas de vuelo.

• **Fase II Análisis de las variables internas y externas que influyen en el ciclo de refrigeración para lograr un clima de confort durante todo el viaje:** en este momento de la investigación se va a relacionar cada una de las variables que se presenten en el contexto, es decir de una manera interna se podrán evaluar: situación de los intercambiadores, tiempo que dura el proceso de compresión del aire, ductos por los que viaja el aire hacia la cabina y todos los aspectos relacionados al ciclo de aire, que por consiguiente estos mismos son evaluados, analizados y regulados por criterio de los pilotos a cargo del avión en cada uno de los vuelos, esto quiere decir que se relacionara estrechamente con los factores externos que se pueden presentar en el avión es decir, las condiciones climáticas de Venezuela y como estas podrían influir en el acondicionamiento de la cabina, y a su vez se analizaran factores externos mediante promedios realizados con respecto al tiempo de duración de las fases de vuelo, en donde se ven involucrados cantidad de aviones promedio presentes en las pistas del aeropuerto, tiempo en que demora en salir cada una de ellas y como estaría esto afectando el confort de los pasajeros en el acondicionamiento de ambiente.

• **Fase III Selección de la mejor solución que se adapte al sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.:** es aquí donde mediante una serie de hipótesis a las posibles soluciones a la problemática subsistida, se hará un evaluó de cada una y por medio de la técnica de selección del método Vílchez se escogerá la solución que sea más viable, que de igual modo implique: seguridad, confort y bienestar para los pasajeros; en segunda instancia se tomara en cuenta los aspectos de mantenimiento de la mejora a introducir y por consiguiente la vialidad económica en la mejora planteada.

• **Fase IV Rediseño en el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que permita un clima de confort durante todo el viaje:** en esta etapa se estará implementando el nuevo diseño de mejora al acondicionamiento de ambiente en aviones King Air 200, por otra parte mediante todos los estudios previos realizados se permitirá fomentar todos los aspectos relevantes que esto implique como: economía de la mejora, calidad, procesos de mantenimiento del nuevo sistema, así como también influirá el posicionamiento de los componentes del ciclo de aire que a su vez permitirán establecer las condiciones estables para que el cuerpo humano se sienta cómodo dentro de la cabina del avión.

• **Fase V Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada:** es aquí donde se generará el aspecto de cómo podría influir la mejora de la propuesta desde el ámbito técnico, lo que quiere decir la viabilidad de implementación, el manejo de la mejora por parte de los mecánicos así como también la operatividad de los componentes bajo el nuevo funcionamiento, por lo que traerá implicaciones sociales ya que los mismos podrían ser adaptados a aviones en otros aeropuertos del país que fomentara la base para la evolución de la tecnología en el territorio venezolano, por otro lado se tiene el ámbito social, si bien es de conocimiento público, todos los aviones presentan contaminantes, pérdidas de combustible o en sus casos componentes químicos que son liberados a la atmósfera, dicho esto se buscará reducir que alguno de los nuevos procesos involucrados este propiciando a alguno de estos efectos mencionados y por último y no menos importante se evaluará y concientizará con respecto a la economía que implica la mejora planteada, es decir cuánto es la inversión de la nueva mejora, como serían los procesos de mantenimientos que por su lado se debe evaluar si en el taller se deben presentar nuevas especializaciones, así como también el impacto económico en el aeropuerto.

3.10 Cuadro de operacionalización de variables

Cuadro 1. Operacionalización de variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Diagnosticar la situación actual relacionadas con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A	Sistema de acondicionamiento	Funcionamiento	Averías	1, 2, 3	Entrevista Estructurada
		Fases de vuelo	Altitud	4	
		Estrategias de mantenimiento	Componentes	5	

Fuente: Arteaga, W. (2023)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se abordaron con mayor precisión cada una de las fases del trabajo presente; es aquí donde se desarrollaron cada una de ellas para cumplir los objetivos, donde se estudiaron con precisión los principios de funcionamiento de las aeronaves King Air 200, haciendo énfasis en el sistema de acondicionamiento de la cabina, dado que se requiere optimizar las fases críticas de vuelo para que toda la tripulación se encuentre en un ambiente de confort durante todo el viaje, siempre resguardando el diseño de la aeronave para hacer cumplimiento de las normativas exigidas por el INAC (Instituto Nacional de aeronáutica civil).

4.1 Diagnóstico de la situación actual relacionada con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.

Acercas de la seguridad de los aviones, es importante destacar que el diagnóstico de la situación en estudio es de suma relevancia ya que la misma permite identificar bajo qué criterios van a ser evaluadas las condiciones de acondicionamiento de aire del avión, es decir, es aquí donde mediante la observación directa, la entrevista, revisión de expediente de la aeronave y manual del mismo, se lograron analizar cada uno de los aspectos relevantes que involucra el área en estudio, como lo fueron: cada una de las fallas que ha presentado el avión, así como también tiempo de reemplazo de los equipos de refrigeración y cada uno de los detalles que facilitaron la optimización del estudio de la presente investigación, es por esto que es en la presente fase donde se pudo evaluar e idealizar cual sería el plan de acción para optimizar las fases críticas de vuelo en cuanto al acondicionamiento de la cabina.

Se procedió con ayuda del gerente de Mantenimiento aeronáutico del taller Mecánico Grupo Verum, evaluar cada uno de los aspectos que se podrían contemplar en el presente proyecto de investigación, ahora bien, se buscó realizar un estudio riguroso y preciso de las posibles soluciones a la problemática en estudio, y por consiguiente se evaluaron los resultados obtenidos para proponer una mejora viable para el aeropuerto internacional Arturo Michelena, en los vuelos que se realizan en las aeronaves King air 200, no obstante las fases de este proyecto de investigación consisten en: diagnosticar la situación actual del avión en cuanto al sistema de aire, por consiguiente se procedió a analizar cada una de las variables internas y externas que influyen en el ciclo de refrigeración del avión, lo que hará posible la selección de la mejor solución que se adapte al acondicionamiento de aire de la cabina para posteriormente efectuar el rediseño del sistema, donde se culminara evaluando la viabilidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada.

Se realizó un análisis visual del avión con ayuda del personal de mantenimiento aeronáutico presente, en donde se logró observar el compresor instalado en la turbina derecha del avión (Ver figura 9), es aquí donde se analizó uno de los aspectos críticos y es que el compresor de aire se encuentra instalado en la turbina de acción del motor, lo que evidencio así la razón por la cual el compresor se debe apagar en el momento de ascenso y descenso debido a que se necesita que la turbina genere la mayor propulsión posible para dar fuerza al motor y hacer que el avión despegue de una manera segura, también de este modo al apagar el compresor en las fases críticas de vuelo (ascenso, descenso, despegue y aterrizaje) se garantiza poder estar en condición de alerta a cualquier emergencia que se pueda presentar durante este momento, avanzando con la propuesta se pueden idealizar algunas mejoras partiendo del principio de ubicación del compresor.



Figura 9. Compresor de aire en turbina derecha de avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Con respecto al razonamiento anterior se procedió a evaluar condiciones externas del avión con ayuda del personal de mantenimiento aéreo que se encontraba en el taller, razón por la cual se evaluaron cada una de las condiciones externas, como lo es la nariz del avión (ver figura 10), ya que se posibilita el trasladar el compresor a otra área, en donde pueda ser accionado durante las fases de vuelo; más sin embargo se requiere de un estudio exhaustivo que permita cumplir con la seguridad aérea, es por ello que también mediante el manual del avión se analizaron cada uno de los procesos importantes en el área y con ayuda del piloto autorizado a manipular la aeronave observamos cuales son los aspectos relevantes que se podrían presentar al cambiar el compresor de ubicación, más sin embargo es importante resaltar

que el confort es un aspecto de mucha importancia en el estudio de este trabajo, pero lo relevante es cumplir con el instituto Nacional de aeronáutica civil (INAC) donde se exigen las normativas a cumplir en el mundo aéreo.



Figura 10. Nariz del avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Por otro lado, se destaca que durante el momento del recorrido por el taller el avión se encontraba en condiciones de mantenimiento preventivo programado, en donde según el manual del avión se debe desarmar la cabina para evaluar (Ver figura 11).

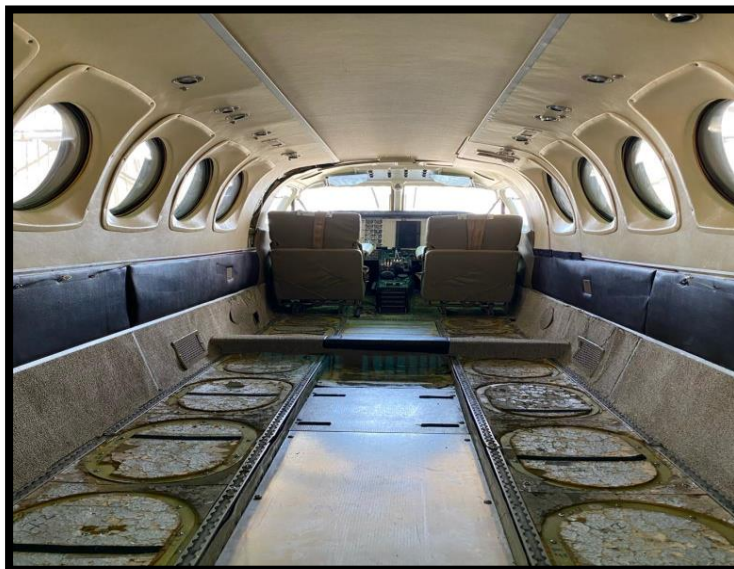


Figura 11. Cabina King Air 200 desarmada.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

El mantenimiento se realiza dependiendo de las horas de vuelo o en su defecto 1 año después desde su última inspección, todo lo anteriormente expuesto para garantizar un vuelo

seguro, por otra parte, se evidenciaron los ductos de salida del aire acondicionado en la cabina, donde se aprovecha el momento de limpiar y hacer seguimiento a los intercambiadores de calor para potenciar el sistema de refrigeración del mismo. (Ver Figura 12)



Figura 12. Ductos de salida de aire acondicionado en avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

4.1.1 Entrevista Estructurada

La entrevista estructurada fue utilizada como medio de obtención de información, con el propósito de recopilar la mayor información posible referente a los sistemas de acondicionamiento de ambiente en las aeronaves King air 200, a su vez es importante destacar que los pilotos entrevistados poseen licencia especial para manipular las aeronaves de la categoría en estudio, que de la misma manera permitió conocer un poco más a fondo el principio de funcionamiento del avión.

Por otro lado, se procedió a aplicar el método de la entrevista estructura a mecánicos pertenecientes al Taller de mantenimiento de aeronaves Grupo Verum, el cual está autorizado por el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil en el aeropuerto internacional Arturo Michelena, por el cual respondieron a las interrogantes subsistidas a la problemática en estudio de las aeronaves King Air 200, enfocándose los mismos en los casos relevantes que han subsistido en su trayectoria de vida aérea, y exponiendo experiencias laborales en este tipo de avión, lo que permitió analizar cada una de sus respuestas, donde se conoció más a fondo cual es el principio de mantenimiento de la aeronave y sus características críticas.

Cuadro 2. Lista de Control. Pregunta 1 y respuesta de la entrevista.

<p>Desde su experiencia en el área de aeronaves ¿Cómo detecta usted, que existe una falla en el acondicionamiento de aire en el avión, con que frecuencia se presentan y por qué?</p>				
	Piloto Nro. 1	Piloto Nro. 2	Mecánico Nro. 1	Mecánico Nro. 2
Pregunta Nro. 1	Usualmente se detecta en tierra que es donde se hace mayor uso del aire acondicionado hasta los 18.000 pies, por lo que se percibe un flujo de aire muy caliente y se evidencia que el aire no está realizando el trabajo que debe ser, ya sea en el intercambiador o en el compresor.	Nos damos cuenta que el aire acondicionado no está funcionando bien por las altas temperaturas presentes en la cabina, las fallas en el aire acondicionado de los aviones son muy frecuentes y pueden ser por diversos factores ya sea fallas en los equipos o mala manipulación del piloto.	La detecta el operador (piloto), ellos manifiestan que, en las fases críticas de vuelo, es conveniente apagar el compresor para responder a cualquier emergencia, se presenta en ciertas fases de vuelo, de igual manera también presenta incomodidad a la tripulación.	Se detectan principalmente con los operadores, a excepción de algunas aeronaves que vuelan con técnicos a bordo quienes detectan principalmente la falla en el avión, donde se percibe el ambiente en la cabina donde no es agradable dependiendo o de la altitud a la que se encuentre el avión, en su defecto ruidos extraños.

Fuente: Arteaga, W. (2024)

Analizando la primera pregunta de la entrevista estructurada, se puede considerar que las personas que detectan en primera instancia que el aire acondicionado del avión no está funcionando correctamente, son los pilotos, debido a que revisan, y aseguran el estado de la cabina en tierra, no obstante al acondicionar la misma, no existe una temperatura de confort sino más bien, se calienta el lugar en donde participan muy estrechamente las condiciones climáticas de Venezuela (País tropical), por lo antes expuesto, en tierra es donde más se hace uso del aire acondicionado y aquí se puede evidenciar el funcionamiento del mismo, todo conlleva a la lógica de que a mayores alturas la temperatura disminuye y se hace poco necesario la utilización del aire acondicionado, más sin embargo el que exista una cabina confortable también depende de la presurización realizada en tierra y mantener las condiciones soportables para el ser humano.

Cuadro 3. Lista de Control. Pregunta 2 y respuesta de la entrevista.

<p align="center">Según su experiencia ¿Cuál ha sido el problema mas relevante respecto al acondicionamiento de aire de aeronaves en sus horas de vuelo y cuales han sido las de mayor frecuencia?</p>				
	Piloto Nro. 1	Piloto Nro. 2	Mecánico Nro. 1	Mecánico Nro. 2
Pregunta Nro. 2	Sucede muy a menudo, constantemente se manda a revisar el sistema de aire acondicionado, ya sea que deja de enfriar o no realiza el proceso como debe ser.	Las fallas más comunes se generan en el compresor y en diversas ocasiones existen fugas en alguna de las líneas de los intercambiadores de calor.	Se ha trancado el compresor de aire en diversas oportunidades, y los sopladores en la cabina, que de igual manera los carbones se desgastan y hay que revisarlos cada 200 horas de vuelo.	Principalmente falla el compresor de aire acondicionado, en muchas ocasiones fugas, puede ser un poco dificultoso detectar fallas en vuelo ya que este avión alcanza altas temperaturas y es presurizado, se detecta en tierra o a menos de 8.000 pies las fallas del acondicionamiento de ambiente.

Fuente: Arteaga, W. (2024)

A partir de la segunda pregunta, se obtuvo información importante respecto a las experiencias subsistidas por el personal aéreo durante las horas de vuelo, esta pregunta permitió conocer aspectos relevantes ocurridos en la aeronave, y se detectó que el equipo que mayormente falla o se cambia es el compresor de aire, como se ha dicho con anterioridad el mismo debe apagarse al alcanzar los 18.000 pies, más sin embargo, si durante otras ocasiones se olvida al piloto apagarlo el mismo comienza a funcionar forzadamente hasta que reduce su vida útil, razón por la cual se cambia con mayor frecuencia; por otro lado fue relevante escuchar por parte de los entrevistados la cantidad de fugas que se presentan constantemente en los ductos, que a su vez son reparados consecutivamente, así como también los intercambiadores de calor presentan fallas en diversas ocasiones, acotaron los entrevistados.

Cuadro 4. Lista de Control. Pregunta 3 y respuesta de la entrevista.

Desde su óptica ¿Describa los factores externos que perjudican el sistema de enfriamiento?				
	Piloto Nro. 1	Piloto Nro. 2	Mecánico Nro. 1	Mecánico Nro. 2
Pregunta Nro. 3	Pueden ser muchos, en países tropicales como Venezuela se utiliza el mismo por encima de las limitaciones que el sistema permite por las altas temperaturas.	Cada aeronave tiene un principio de funcionamiento distinto, en algunos se debe apagar el compresor en ciertas altitudes mientras que en otros debe permanecer encendido en todo momento.	El sistema de aire acondicionado hay que apagarlo en ciertas altitudes ya que al alcanzar las temperaturas bajas el mismo se debe apagar, y por consiguiente la presurización ayuda a mantener la cabina en un estado de confort para los pasajeros	Las altas temperaturas afectan el sistema de aire acondicionado. La posición del compresor en uno de los motores es dificultosa por las exigencias que se le ocasionan al motor, por estar acoplado, lo que genera ser una carga extra.

Fuente: Arteaga, W. (2024)

En la tercera pregunta, mediante un análisis del punto de vista de cada uno de los profesionales de la vida aérea entrevistados, se pudo dar a conocer desde las perspectivas de ellos y sus opiniones cuales son los aspectos considerados que podrían involucrar y propiciar

a las fallas continuas en el acondicionamiento de ambiente de las aeronaves, lo que genera debido a las respuestas de los cuatro entrevistados concientizar que, al encontrarnos en un país tropical se suele utilizar el compresor por encima de las altitudes permitidas lo que ocasiona concurrentes fallas en el mismo, reflejando así su cambio o mantenimiento persistentemente en el tiempo.

Cuadro 5. Lista de Control. Pregunta 4 y respuesta de la entrevista.

En su opinión ¿Hasta que altitud se hace uso del sistema de enfriamiento, y por qué?				
	Piloto Nro. 1	Piloto Nro. 2	Mecánico Nro. 1	Mecánico Nro. 2
Pregunta Nro. 4	La Mayoría de las aeronaves utiliza el sistema de enfriamiento desde la superficie hasta los 18.000, es lo que establece el manual general, existen aeronaves que permiten utilizar el sistema de acondicionamiento a otras altitudes, todo va a depender del tipo de compresor en uso.	Las aeronaves que vuelan a baja altitud el sistema de acondicionamiento es por aire de impacto por lo que deben ser no presurizadas.	Se puede utilizar entre los 8.000 y 10.000 pies considerando que la nave en estudio puede alcanzar mayores altitudes, y si se podría utilizar el aire, pero la vida útil del mismo disminuye.	Se opera por debajo de los 8000 pies donde la temperatura es baja, por encima de esta altura la temperatura incrementa y el sistema de presurización establece un ambiente de confort para la tripulación.

Fuente: Arteaga, W. (2024)

Al analizar la cuarta pregunta, se concretó que el uso máximo del aire acondicionado es hasta los 8.000 pies, en otras ocasiones hasta los 10.000 pies, todo va a depender del tipo de compresor con el que opere el avión, es importante resaltar que en diversas oportunidades por cambios climáticos relevantes es necesario utilizar el aire acondicionado por encima de estas altitudes mencionadas; no obstante comienza a fallar con el pasar del tiempo el compresor y posteriormente se necesita su reemplazo, es importante tener en cuenta que todos los aspectos climáticos son variables dependiendo de la temporada y la región en la cual este volando la aeronave.

Cuadro 6. Lista de Control. Pregunta 5 y respuesta de la entrevista.

En función de su experiencia ¿Qué tipos de componentes en el ciclo de refrigeración, ha observado usted que son sustituidos con mayor frecuencia y por qué?				
	Piloto Nro. 1	Piloto Nro. 2	Mecánico Nro. 1	Mecánico Nro. 2
Pregunta Nro. 5	Unos carbones que lleva el compresor, básicamente siempre se queman, asumimos que se debe a el exceso de trabajo, o sobrepasar las limitaciones.	Mayormente son sustituidos componentes del compresor o en su defecto de los intercambiadores de calor.	Los carbones, y rodamientos se cambian con mucha frecuencia en ocasiones se recomienda cambiar el blower completo, el compresor de aire (principal componente) se cambia con frecuencia por desgaste interno en los pistones, debido al exceso uso del mismo, todos los componentes requieren un mantenimiento preventivo.	La mayoría de los componentes hay que reemplazarlos algunos con mayor frecuencia que otros, cada ciertas horas de vuelo se evalúan tuberías, evaporadores, compresores, así el sistema este operando con normalidad

Fuente: Arteaga, W. (2024)

Con las respuestas obtenidas en la quinta pregunta, se logró evidenciar que el componente que normalmente presenta fallas es el compresor de aire en el ciclo, debido al funcionamiento del mismo a grandes altitudes, lo que lleva a que se genere un exceso de trabajo en él, ocasionando así el reemplazo con mayor frecuencia de sus componentes o en su defecto del equipo completo, dicha esta salvedad se hace notoria la necesidad de partir del principio de funcionamiento del compresor para plantear la mejora en el sistema de acondicionamiento de ambiente en la cabina de la aeronave.

La entrevista estructurada ha sido muy útil ya que ha ayudado a comprender un poco más a fondo lo que sucede día a día tanto en el taller aeronáutico como en la vida aérea de los capitanes del avión, es decir los pilotos, no obstante ha permitido conocer con mayor exactitud cuáles son las circunstancias que generalmente se presentan en el sistema de

acondicionamiento de aire del avión y cuáles son las continuas regulaciones en cuanto al mantenimiento del mismo, lo que quiere decir que ayudaron al conocimiento de los equipos regularmente cambiados en el sistema de acondicionamiento, así como también aportaron ideas y anécdotas de situaciones presentadas por el ciclo de refrigeración en el mundo aéreo, todo lo anteriormente expresado con la finalidad de satisfacer las inquietudes expuestas y aportar conocimientos al estudio de este proyecto de investigación.

Para comprender mejor el funcionamiento de las aeronaves King Air 200, los entrevistados proporcionaron el Manual de mantenimiento de la aeronave, así como también la guía del piloto de aviación, lo que permitió analizar, visualizar y mantener una mejor comprensión en las entrevistas realizadas, que por su parte ayudo a la visualización del sistema de acondicionamiento de ambiente desde el punto de vista operativo (Componentes) como la guía de uso que utilizan los pilotos para ejecutar su funcionamiento; para comprender mejor se partió de estos, y así lograr obtener las bases teóricas necesarias de la aeronave y profundizar el tema con casos reales que expusieron los entrevistados.

En definitiva debido al estudio de las presentes entrevistas realizadas, se llega a la conclusión de optimizar el funcionamiento del compresor, ya sea accionándolo desde un lugar fuera de la turbina para que el mismo se encuentre operativo durante las fases críticas de vuelo, y generar el cumplimiento del objetivo de este proyecto investigativo el cual es, mejorar el sistema de acondicionamiento de las aeronaves King Air 200, presentes en el aeropuerto internacional Arturo Michelena ubicado en Valencia, estado Carabobo.

4.2 Fase II: Análisis de las variables internas y externas que influyen en el ciclo de refrigeración para lograr un clima de confort durante todo el viaje.

En la presente fase se abordaron cada una de las variables que influyen en el ciclo de refrigeración; se partió de los datos obtenidos en la primera fase, la cual permitieron conocer un poco más a fondo el principio de funcionamiento del avión en estudio, ya que mediante la comprensión del manual del avión, las fichas técnicas del avión y las experiencias compartidas por los pilotos y mecánicos en el aérea se logró evidenciar el problema subsistido en este tipo de aeronaves, conforme a las técnicas de análisis de datos se evaluaron todas la variables presentes para optimizar el proceso de mejora del ciclo de refrigeración.

Para comenzar con esta fase se evaluaron los tiempos que duran las fases críticas de vuelo anteriormente mencionadas, donde se procedió a evaluar en pista de aterrizaje el proceso, que con ayuda de pilotos identificaron las distintas variables que podrían suceder con respecto al tiempo, del mismo modo se definió un proceso relativamente rápido; a su vez el proceso de iniciar el motor del avión dura entre tres y cinco minutos respectivamente, una vez que este

proceso inicia y se encuentra estable se procede a iniciar el aire para ir acondicionando la cabina del avión, como se ha mencionado anteriormente las aeronaves King air 200 cuentan con dos motores y para iniciar el segundo motor se debe apagar el aire para evitar cualquier falla de corriente y optimizar la vida útil del compresor.

Después se vuelve a iniciar el aire acondicionado del avión y para llegar nuevamente a un ambiente estable en la cabina, este dura aproximadamente cinco minutos, mientras se adecua al proceso de temperatura externa presente; es muy importante tomar en cuenta el tiempo de ascenso del avión, todo va a depender de la altitud a alcanzar, este tema tocado va muy presente en cada tipo de avión, lo que quiere decir que cada aeronave tiene tiempos distintos de ascenso o descenso, que por su parte en el avión en estudio el King Air 200 demora 15 minutos en alcanzar 25.000 pies, y el descenso de igual manera. Como se había mencionado anteriormente durante las fases críticas de vuelo (ascenso, descenso, despegue y aterrizaje) el aire acondicionado debe estar apagado completamente ya que el compresor se encuentra instalado en la turbina del avión, y la misma debe trabajar netamente a dar propulsión para que el avión pueda volar.

Antes bien, mencionados todos estos factores se toma un estudio, y se procede a evaluar que las fases críticas de vuelo pueden durar aproximadamente 30 minutos en despegue y ascenso o descenso y aterrizaje, es ahí donde se habla de una cabina sin refrigeración durante este lapso de tiempo, y a pesar de que ya se encontraba ambientada anteriormente, resulta un poco engorroso durar todo este tiempo la cabina sin acondicionamiento, ya que se habla de un avión pequeño, comercial, con una capacidad aproximada de 8 a 10 personas; a decir verdad si el mismo se encuentra con la capacidad máxima de personas cubiertas, la cabina comienza a tornarse un poco difícil en el tema de confort, más si se habla de un viaje comercial en el cual además de la seguridad se ofrece comodidad, tanto para los pasajeros como para toda la tripulación a cargo de manipular el avión.

Es importante resaltar que el tema climático en Venezuela juega un papel importante ya que el país tiene cambios bruscos de temperaturas en el ambiente, y en la mayoría de casos se enfrenta un clima tropical que requiere de refrigeración para que el cuerpo humano se encuentre en plena comodidad; dicha esta salvedad, hace reflejar la inquietud de la problemática existente en los aviones comerciales del aeroclub de Valencia, ahora se puede decir que se busca mantener una cabina refrigerada durante todas las etapas de vuelo para lograr la satisfacción del cliente durante su experiencia en las aeronaves King Air 200, no obstante es importante resaltar que diversos estudios han confirmado que el estar en un ambiente confortable genera que los trabajadores sean más eficiente; dicho lo anterior se busca que toda

la tripulación (Pilotos, Aeromozas, Mecánicos) que se encuentren en el avión puedan laborar exitosamente.

Se debe tomar en cuenta que los tiempos expresados anteriormente pueden variar dependiendo de la cantidad de aviones presentes en pista para despegar o en su defecto aterrizar, debido a charlas efectuadas con los pilotos del aeropuerto expresaron, que este proceso puede llevarse hasta 45 minutos en pista donde el aire acondicionado debe estar apagado para garantizar la seguridad del motor del avión.

4.2.1 Diagrama Causa y Efecto (Diagrama de Ishikawa)

El Diagrama causa-Efecto permitió identificar cada una de las circunstancias subsistidas que estarían originando la problemática en estudio, para comprender el diagrama presente se evaluaron cada una de las causas originadas con relación al acondicionamiento de ambiente de la aeronave King Air 200, por si fuera poco las mismas, estarán originando un efecto, que en este caso es la problemática a la temperatura de la cabina en las fases críticas de vuelo, es probable que esta herramienta ayude con el manejo de las condiciones dadas para plantear ideas de mejoras en la problemática y por consiguiente conocer un poco más a fondo la situación en estudio.

Gracias al diagrama Causa-efecto se pueden identificar las posibles causas del problema y partir de las mismas para lograr tomar propuestas de posibles mejoras a implementar en el sistema de acondicionamiento de ambiente del avión, por su parte se ponen en prioridad las causas más relevantes, de modo que permita centrar esfuerzos de concentración a abordar ciertas situaciones, en lo que se tomara como antelación la seguridad, calidad, gestión de mantenimiento, satisfacción de la tripulación, así como también factores claves en la mejora en el acondicionamiento de ambiente de la aeronave.

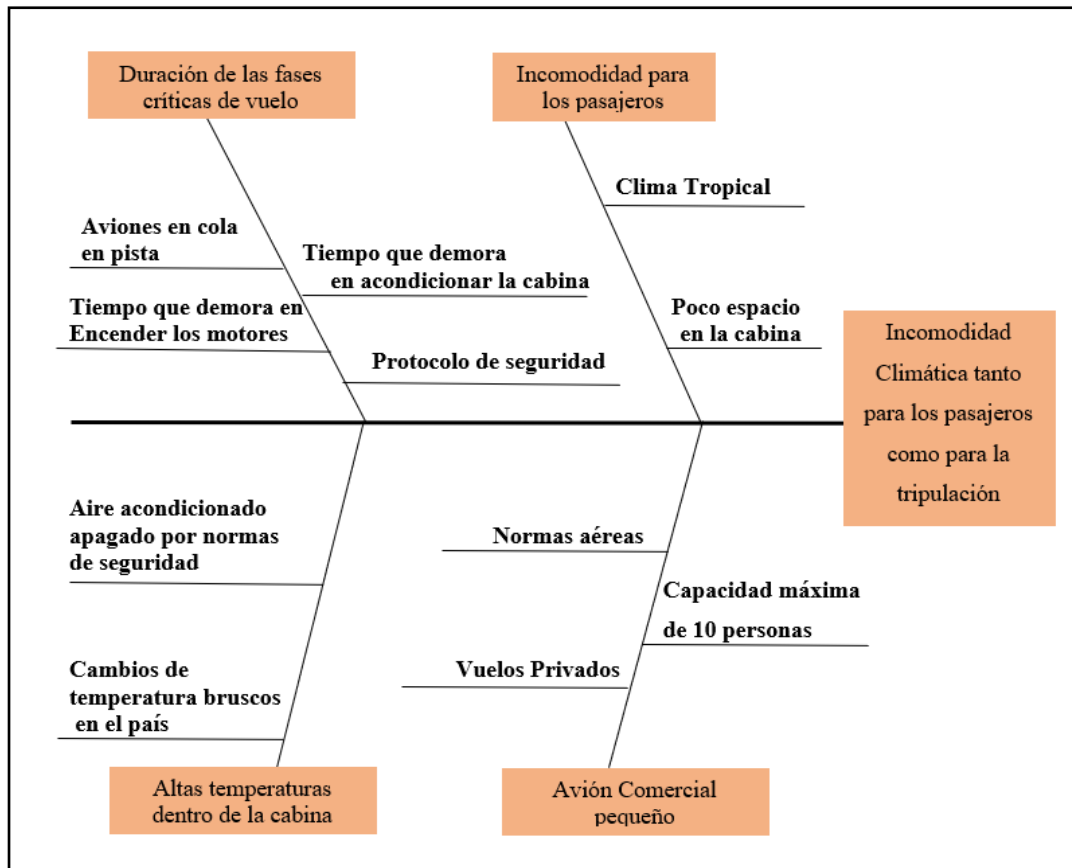


Figura 13. Diagrama causa-efecto (Ishikawa)
Fuente: Arteaga, W. (2024)

La herramienta causa-efecto (Ishikawa) fue de gran utilidad ya que permitió evaluar cada uno de los aspectos que están generando el no cumplimiento del confort de la tripulación, ya que diversos factores están relacionados a esta problemática, algunos de ellos muy probablemente no pueden ser controlados como la temperatura del país en el que nos encontramos, más sin embargo se pueden llegar a mejorar estas condiciones mediante el uso correcto del aire acondicionado y proporcionar la optimización del uso del mismo, ahora bien, se logró evidenciar el déficit con respecto al tiempo en el que duran los procesos ya que se debe seguir un protocolo de inicio para garantizar la seguridad del vuelo, que se identificó como un factor clave en el que se propicia la no conformidad en los pasajeros.

Ahora veamos, si se logran iniciar los procesos de encendido de motores de una manera externa al inicio del aire acondicionado del avión, se estaría cumpliendo el objetivo de este proyecto de grado, más sin embargo la interrogante generada surge en cómo se pueden iniciar los procesos de despegue y aterrizaje de una manera separada al funcionamiento del aire

acondicionado de la cabina, es así que en profundización de la investigación se abordara el tema más adelante.

4.2.2 Diagrama de Pareto

Con respecto al estudio de las posibles causas que podrían estar originando la problemática en estudio, se decidió utilizar también la técnica de Pareto, mejor conocida como la curva de distribución ABC, el cual consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una determinada problemática y clasifica los mismos en orden de mayor a menor frecuencia, en el cual permite obtener conocimientos claros de cuál es la causa principal que está generando la problemática, de manera que el mismo se basa en el que un 80% de los problemas lo originan un 20% de las causas, lo que permite ordenar las causas de mayor a menor frecuencia.

Se realizó el diagrama de Pareto, tras haber completado el diagrama Ishikawa el cual permitió conocer las causas relevantes que están generando la problemática en estudio, una vez obtenida esta información se buscó priorizar y focalizar los esfuerzos de mejora en las áreas que generan mayor impacto, debido a que al tener el análisis de las posibles causas con la identificación de los factores influyentes en la problemática, se puede establecer una base sólida para plantear las posibles soluciones a la mejora del sistema de aire acondicionado en el avión, logrando así una optimización del proceso de refrigeración.

Cuadro 7. Causas y Frecuencias

NOMBRE	CANTIDAD	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA
FASES	4	40	36%
COMERCIAL	3	30	64%
INCOMODIDAD	2	20	82%
TEMPERATURAS	2	20	100%
TOTAL	11		

Fuente: Arteaga, W. (2024)

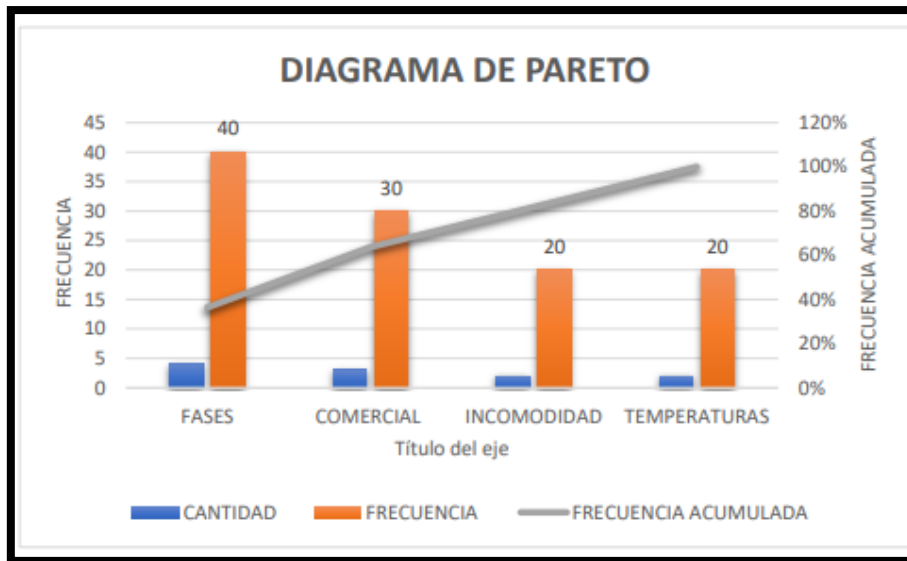


Figura 14. Diagrama de Pareto.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

El análisis del diagrama de Pareto demostró que el tiempo que duran las fases críticas de vuelo (Despegue, ascenso, descenso y aterrizaje) representa una causa significativa al problema subsistido en el acondicionamiento de la cabina del avión, no obstante se busca enfrentar esta causa a través de soluciones que permitan la comodidad del pasajero durante estos lapsos de tiempo; se busca plantear soluciones que permitan cambiar las temperaturas dentro de la cabina, durante este periodo donde el aire acondicionado del avión se debe encontrar apagado por medidas de seguridad establecidas, que por su parte la circunstancia subsistida jugara un papel clave en el planteamiento de las soluciones para la mejora del confort de los pasajeros.

4.3 Fase III: Selección de la mejor solución que se adapte al sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.

Con los estudios realizados en un principio en la fase I (Diagnóstico de la situación actual relacionada con el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que ingresan a Grupo Verum C.A.) se lograron organizar los conocimientos en el área aeronáutica en el cual los mismos se encuentran estrechamente enlazados a la ingeniería mecánica, debido a que resulta el funcionamiento óptimo de la aeronave mediante una serie de componentes que conforman el ciclo de refrigeración, razón por la cual este ciclo se encuentra accionado mediante el motor derecho del avión, es decir, una parte del aire del motor derecho es destinado a cumplir la función de acondicionamiento de la cabina (ver figura 15); este aire se le denomina aire sangrado y es necesario acondicionar este para que el mismo alcance las temperaturas estables que logren generar las condiciones humanamente soportables en el

cuerpo humano, en donde la serie de componentes mencionados a continuación realizan su función:

- Compresor de aire
- Intercambiador de calor
- RAM AIR (Sistema que recoge aire del exterior)
- Separador de agua
- Evaporador
- Condensador

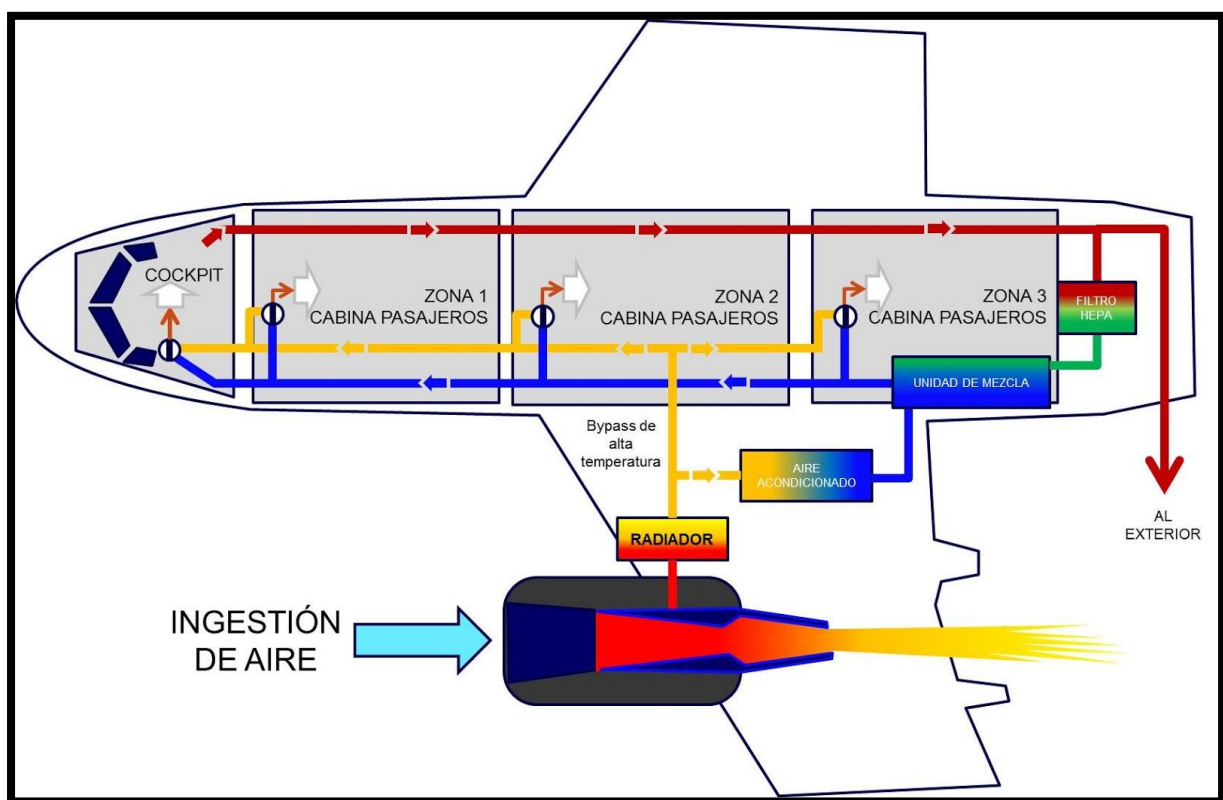


Figura 15. Distribución de aire desde el motor Turbohélice de un avión.

Fuente: El vuelo de la gran avutarda (2018)

En la figura 15 se puede observar la distribución de aire en el avión, donde se logra apreciar la Ingestión de aire del exterior (aire ambiente) que entra por el ala derecha de la aeronave en el cual se encuentra ubicado el motor derecho del avión, por otro lado la línea amarilla muestra el aire sangrado que es extraído del motor el cual presenta altas temperaturas, este aire mediante la válvula de bypass el piloto del avión puede regular la temperatura de la cabina, es decir una parte de este aire pasa al ciclo de refrigeración (líneas azules) donde es acondicionado para el confort de los pasajeros, más sin embargo en diversas ocasiones para alcanzar el confort de la tripulación se debe realizar el proceso de calefacción, es por ello que

mediante el proceso de mezcla se puede regular la cabina del avión a la temperatura deseada, donde finalmente en la línea roja se muestra la recirculación del mismo hasta llegar a la zona de expulsión del aire a la atmosfera, y una parte regresa al ciclo para dar continuidad a este.

4.3.1 Principio de funcionamiento del aire acondicionado en el avión King Air 200

La refrigeración de la cabina es proporcionada por un sistema de refrigeración de ciclo de vapor y gas refrigerante, ahora bien, este sistema tiene los siguientes componentes:

- Refrigerante
- Interruptor de Velocidad
- Protección de alta y baja presión
- Interruptores
- Una bobina de Condensador
- Un soplador de Condensador
- Evaporador
- Secador Receptor
- Válvula de expansión

El principio de funcionamiento del compresor consiste en que como se ha mencionado anteriormente, este se encuentra instalado en el motor derecho del avión en el cual el funcionamiento se lleva mediante el ala derecha hacia la bobina del condensador, el secador, la válvula de expansión, la válvula de derivación y el evaporador, en el cual todos los mencionados se encuentran ubicados en la nariz del avión, por consiguiente el proceso se deriva al soplador de ventilación delantero el cual cumple la función de mover el aire en la cabina, en recirculación a través del evaporador delantero, razón por la cual se genera un aire frío a la salida.

Es importante resaltar que se tiene en la nariz del avión un soplador axial de pala el cual extrae aire del ambiente a través del condensador para enfriar el gas refrigerante cuando el sistema de aire acondicionado se encuentra funcionando, en la figura 16 mostrada a continuación se podrá analizar visualmente como es el principio de funcionamiento del sistema de aire acondicionado en la aeronave.

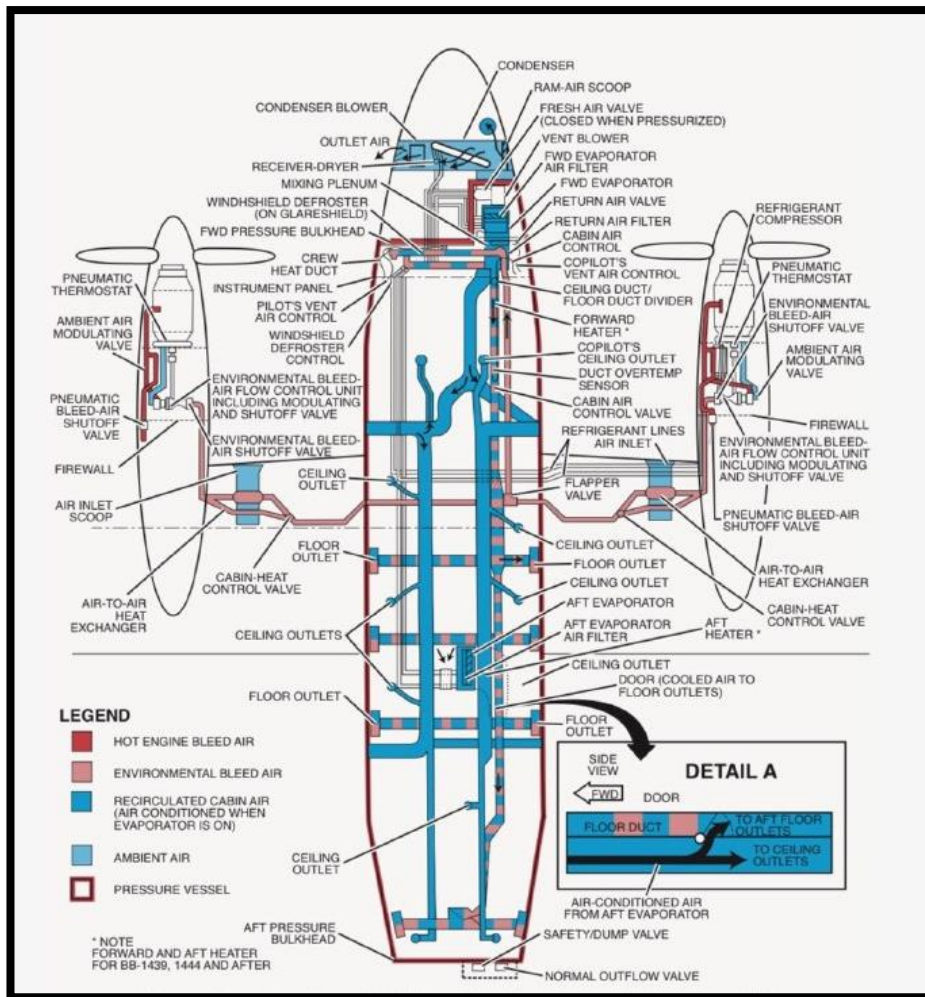


Figura 16. Sistema de aire Acondicionado Super King Air 200.
Fuente: Super King Air 200/B200 Pilot training Manual.

En la realización de la entrevista estructurada se propició el conocimiento para profundizar el mantenimiento del sistema de acondicionamiento de ambiente de la cabina, no obstante, esto permite conocer el día a día, sobre el funcionamiento de estas aeronaves (King air 200), lo que conlleva a generar 4 propuestas en búsqueda de las mejoras del acondicionamiento de ambiente del avión, en donde se fundamentó la idea de lograr accionar o mantener en funcionamiento el sistema de aire acondicionado durante las fases críticas de vuelo, ya que con el presente principio se estaría cumpliendo la satisfacción del pasajero a bordo.

4.3.2 Posibles Soluciones al sistema de acondicionamiento de ambiente en las aeronaves King Air 200

El aire acondicionado en los aviones juega un papel fundamental en la seguridad, comodidad de los pasajeros y la tripulación. Sin embargo, durante las fases críticas de vuelo, el rendimiento del sistema de aire acondicionado puede verse afectado, lo que puede ocasionar

una serie de problemas, como la disminución del confort de la tripulación, debido a lo mencionado, es necesario explorar soluciones para mejorar el rendimiento del aire acondicionado en aviones durante dichas fases. A continuación, se presentan cuatro posibles soluciones que podrían contribuir significativamente a mejorar la seguridad, el confort y la eficiencia del aire acondicionado en aviones durante las fases críticas de vuelo, dicho lo anterior mediante la técnica de Vílchez se seleccionó la mejor solución al acondicionamiento de aire en la cabina del avión, lo que se traduciría en una mejor experiencia de viaje para los pasajeros y una mayor seguridad aérea.

A continuación, se desarrollarán en detalle cada una de estas soluciones, incluyendo sus ventajas, desventajas y posibles aplicaciones en la industria aeronáutica.

4.3.2.1 Posible Solución 1 (PS1)

En la mayoría de los aviones se dispone de la Unidad de Potencia Auxiliar (APU) o mejor conocido como el motor de emergencia, el mismo es accionado en tierra para quitarle carga a los motores principales, es decir, cuando el avión se encuentra en tierra se hace uso del APU para generar electricidad, presión hidráulica, proporcionar acondicionamiento de la cabina, girar el compresor y no obstante arrancar los motores principales, lo que quiere decir que este motor de emergencia hace el avión autosuficiente con la generación de energía en los distintos sistemas, ahora bien, se busca accionar el sistema de aire acondicionado durante el despegue, ascenso, descenso y aterrizaje, es por esto que el APU podría ser una viabilidad a la mejora. (Ver figura 17)

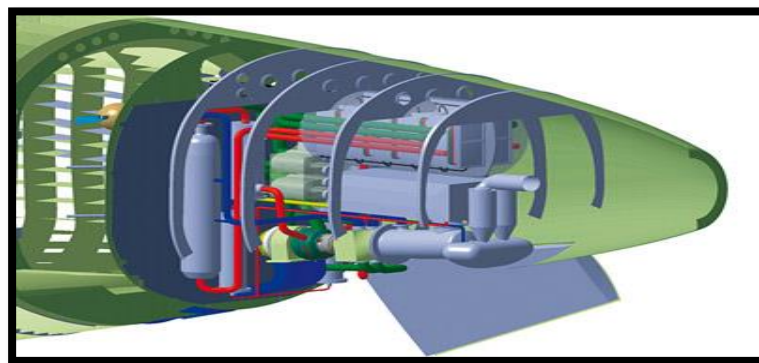


Figura 17. Unidad de potencia Auxiliar (APU).
Fuente: Asoc. Pasión por volar. (2002)

4.3.2.2 Posible Solución 2 (PS2)

Como se explicó anteriormente en el funcionamiento del sistema de aire acondicionado del avión, el compresor se encuentra accionado por el motor derecho, razón por la cual el sistema de acondicionamiento de la cabina debe apagarse en las fases críticas de vuelo para

que toda la potencia generada esté disponible para la propulsión del avión, hecha esta salvedad se analiza que si se mueve el compresor y los demás componentes que conforman el ciclo de refrigeración a la nariz del avión, este sistema podría ser accionado con la implementación de un motor eléctrico que mediante una correa que haga girar el compresor y se genere el ciclo de refrigeración de una manera independiente a los sistemas de propulsión del avión. (Ver figura 18)



Figura 18. Nariz de avión para mantenimiento.
Fuente: Freepick (2010)

4.3.2.3 Posible Solución 3 (PS3)

Existe una máquina llamada Ground Power Unit o en español unidad de apoyo en tierra (GPU) esta máquina como su nombre lo indica es utilizada en tierra antes y durante el momento de los pasajeros subir al avión, la finalidad de la misma es proporcionar al avión tanto corriente alterna como corriente directa dependiendo de la capacidad y necesidades de la aeronave, por otro lado esta máquina ayuda a aumentar la vida útil de las baterías de los sistemas y genera electricidad para el encendido de los motores, que por su parte también genera electricidad para hacer uso del compresor del aire acondicionado cuando el avión se encuentra en tierra. (Ver figura 19).



Figura 19. Unidad de apoyo en tierra (GPU).
Fuente: Wired (2022).

4.3.2.4 Posible Solución 4 (PS4)

Se necesita que el compresor funcione de una manera independiente al motor principal del avión por ende se propone instalar un sistema con unidades de almacenamiento de energía (Baterías) que suministren potencia a las turbinas y que se puedan generar las fases críticas de vuelo con el sistema de aire acondicionado encendido. (Ver Figura 20).



Figura 20. Turbo Hélice jets.
Fuente: Copyright SSMedia (2019)

4.3.3 Aplicación de Restricciones a Posibles Soluciones

Para determinar la solución más satisfactoria para el presente trabajo de grado, se aplicarán una serie de restricciones que permiten evaluar, cuál sería la solución más acertada para el acondicionamiento de ambiente en la cabina del avión, que por su parte permite desarrollar la máxima optimización del ciclo de refrigeración.

Las restricciones que se aplicarán para las posibles Soluciones son:

- Seguridad (R1): entendiéndose como seguridad el estado en el que se encuentran las condiciones del avión, de donde resulta que, el instituto nacional de aeronáutica civil fomenta sus principios, para garantizar el respaldo del cuidado al ser humano, refiriéndose así a la ausencia de riesgos o peligros que puedan afectar la integridad física, psicológica o material de las personas que se encuentren en el vuelo, de manera que se garantice la protección de los pasajeros a lo largo de todo el viaje.
- Confort de los pasajeros (R2): Se define como el estado de bienestar físico que experimentan las personas que estén en el avión, se puede decir que los sistemas de acondicionamiento de aire están diseñados para satisfacer las necesidades del cuerpo humano, en donde se idealiza a la temperatura, humedad y ruidos del sistema de acondicionamiento de aire como factores claves para cumplir con el objetivo del confort humano.

- Regulaciones (R3): se entiende como regulación a las normativas exigentes por el instituto nacional de aeronáutica civil (INAC), donde exigen que ciertos componentes deben cumplir con las condiciones aéreas que presente el avión, como lo son: espacio en el que van los componentes, este debe ser compacto y eficiente, así como también el ruido que realizan los equipos no debe incomodar a los pasajeros, lo que a su vez permite que los componentes se adapten a los procesos de enfriamiento como a calefacción de la aeronave eficientemente.
- Procesos aéreos involucrados (R4): Un avión posee diversos procesos que van enlazados entre sí para generar su funcionamiento, es decir, el funcionamiento de los motores debe estar coordinado con el funcionamiento neumático de la aeronave y por consiguiente estos a su vez deben trabajar bajo condiciones de un sistema eléctrico ya establecido, lo que permite identificar a la aeronave como un conjunto de procesos independientes que a su vez deben trabajar como un todo, para el logro de un vuelo satisfactorio.

A continuación, se presenta el cuadro 8, donde se evalúa cada posible solución con cada una de las restricciones previamente definidas. El resultado obtenido de esa evaluación es el siguiente (Ver cuadro 8):

Cuadro 8. Restricciones a Posibles Soluciones.

Restricciones	PS1	PS2	PS3	PS4
Seguridad	Si	Si	Si	Si
Confort de los pasajeros	Si	Si	Si	Si
Regulaciones	Si	Si	Si	No
Procesos aéreos involucrados	Si	Si	Si	No

Fuente: Arteaga, W. (2024)

Según los resultados obtenidos, mostrados en el cuadro anterior, se puede observar que solo la posible solución 4 (PS4) no cumple, por ello se toman como posibles soluciones a PS1 siendo S1 (Solución 1), PS2 como S2 (Solución 2) y PS3 como S3 (Solución 3). La PS4 queda descartada debido a que dos de las restricciones planteadas no cumplen con esta solución, es decir, si se aplica la solución 4 tanto la restricción de regulaciones como la restricción de los procesos aéreos involucrados no estarían siendo cumplidos en la mejora, por lo que se descarta la aplicación de la posible solución 4.

4.3.4 Ponderación de Criterios

Para la evaluación de la mejor solución a las mejoras del acondicionamiento de ambiente en aeronaves King Air 200, se propusieron una serie de criterios que serán ponderados para llegar a la solución más acertada en el cumplimiento del objetivo del presente trabajo de grado. Los criterios a evaluar son:

- Rendimiento (C1): se entiende como rendimiento a la eficiencia con la que se lleva a cabo un proceso, de ahí se dice que, se mejora la calidad de un proceso si se toma en cuenta el presente criterio.
- Regulaciones y Normativas (C2): El mundo aéreo es muy diverso, y si no es regulado con normativas, puede resultar peligroso para la vida de los seres humanos que hagan uso del mismo en distintas aeronaves, esto quiere decir que, se deben cumplir cada una de las normas establecidas para los distintos vuelos, donde se garantice la integridad física del ser humano.
- Compatibilidad(C3): La compatibilidad es la capacidad de dos o más elementos de funcionar juntos de manera correcta y eficiente, con esto se quiere decir que la solución que se vaya a implementar debe funcionar correctamente con los procesos del avión relacionados, que a su vez permita optimizar el proceso que se desea mejorar, el cual en el presente trabajo de investigación es lograr el confort de la tripulación durante las fases críticas de vuelo.
- Cumplimiento de las temperaturas de Confort (C4): Diversos estudios han revelado que las temperaturas de confort para el cuerpo humano se encuentran entre 22 y 27 °C (72 y 80 °F), lo anterior quiere decir que, la solución que se seleccione debe cumplir con el proceso de mantener una cabina confortable para los pasajeros, donde se debe garantizar que la temperatura se encuentre en los valores mencionados durante las fases críticas de vuelo.
- Facilidad de Mantenimiento(C5): se debe garantizar que la solución a implementar se le pueda realizar mantenimiento de una manera sencilla, que cumpla con las normativas de seguridad establecidas, en donde se logren reducir los tiempos de inactividad del avión por este factor, y mejore la experiencia de todos los usuarios de mantenimiento.

Una vez identificados cada uno de los criterios se procede a darle una ponderación a cada uno de ellos, en donde los valores van desde 5 (como mayor puntuación), y va disminuyendo hasta llegar a 1 (como menor puntuación), por otro lado, es importante destacar que todos los criterios a implementar son importantes para la selección de la mejor solución, más sin embargo algunos tienen mayor relevancia sobre la mejora que se desea implementar; hay que mencionar también, que dicha puntuación se estableció objetivamente, tomando como

prioridad el cumplimiento del objetivo en este trabajo de grado, así como también el resguardo de la seguridad del pasajero durante las horas de vuelo.

Al realizar la ponderación de los criterios quedo de la siguiente manera:

Cuadro 9. Ponderación de criterios.

CRITERIOS		IMPORTANCIA	PC
Rendimiento	C1	4to	2
Regulaciones y Normativas	C2	3ro	3
Compatibilidad	C3	2do	4
Cumplimiento de las temperaturas de confort	C4	1ro	5
Facilidad de Mantenimiento	C5	5to	1

Fuente: Arteaga, W (2024)

Como resultado del cuadro 9 (ponderación de criterios) se tiene que se tomó como prioridad al cumplimiento de las temperaturas de confort, y esto es debido a que si la mejora a implementar no cumple con dichas temperaturas no se lograría el objetivo principal de esta investigación, obteniendo así este criterio el primer lugar de importancia; se consideró también que la compatibilidad juega un rol importante en la moderación de criterios ocupando el segundo lugar, todo esto es debido a que si el sistema de acondicionamiento de ambiente escogido para realizar mejoras no es compatible con los sistemas del avión, este no puede salir a su destino; por consiguiente se tiene en un tercer lugar de importancia al criterio de regulaciones y normativas en vista de que como se ha mencionado anteriormente es necesario resguardar la seguridad de toda la tripulación.

Por otra parte, se tiene al rendimiento en un cuarto lugar de importancia, ya que como toda mejora se busca que la misma sea eficiente; con este criterio se podría resguardar la calidad de la mejora a implementar, para finalizar se tiene a la facilidad de mantenimiento como quinto criterio en importancia dado que con lo que evoluciona el mundo día a día, se busca tener nuevas capacidades de tecnología y facilidades de mantenimiento del sistema de aire acondicionado para disminuir los tiempos en los que el avión se encuentre en mantenimiento,

se debe agregar que por estar en este lugar no es menos importante, sino más bien es el último criterio a medir en el cumplimiento del objetivo a través de la solución planteada; como resultado se tiene la ponderación de las soluciones respecto a cada criterio planteado.

4.3.5 Ponderación de los Soluciones con respecto a cada Criterio

Seguido de haber realizado el cuadro donde se efectúa la ponderación de criterios se procede a evaluar y ponderar las soluciones respecto a cada criterio, con la finalidad de encontrar una valoración objetiva que cumpla con la solución que mejor se adapte a la finalidad del objetivo principal de este trabajo.

Primer Criterio (C1):

Cuadro 10. Ponderación de Soluciones para C1.

C1	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px1 = N
S1				1	P11 = 2
S2	S1			2	P21 = 3
S3	S2	S2		0	P31 = 1

Fuente: Arteaga, W (2024)

De acuerdo Al cuadro 10 (Ponderación de soluciones para el criterio 1) se tiene que, la solución 2 en comparación con las demás soluciones fue la que más acertó al cumplimiento del C1, obteniendo así la mayor ponderación en cuanto al rendimiento de la solución.

Cuadro 11. Ponderación de Soluciones para C2

C2	S1	S2	S3	Nº de Veces	Px1 = N
S1				2	P12 = 3
S2	S1			0	P22 = 1
S3	S1	S3		1	P32 = 2

Fuente: Arteaga, W (2024)

En cuanto a lo que se refiere al cuadro 11, se obtiene una mayor ponderación para la solución 1 con respecto al criterio 2 (Regulaciones y normativas), lo que expresa que la

solución 1 al funcionar con el APU del avión es un sistema que ya se encuentra instalado en la aeronave, por lo que cumple las normativas y seguridades ejercidas por el mundo aéreo.

Cuadro 12. Ponderación de Soluciones para C3

C3	S1	S2	S3	N° de Veces	Px1 = N
S1				1	P13 = 2
S2	S2			2	P23 = 3
S3	S1	S2		0	P33 = 1

Fuente: Arteaga, W (2024)

De acuerdo al cuadro 12, en donde se evaluó cual es la solución que acertaba más al criterio 3 (Compatibilidad), se obtuvo que la solución 2 es la más compatible con los sistemas que se presentan en el avión, como se ha mencionado anteriormente todos los procesos del avión deben trabajar en armonía para llevar a cabo un vuelo exitoso, se debe agregar que los componentes de refrigeración de la aeronave ya se encuentran en la nariz del avión, lo que genera una armonía en el sistema, debido a que el mismo fue diseñado bajo los principios de mejora que expone la solución 2.

Cuadro 13. Ponderación de Soluciones para C4

C4	S1	S2	S3	N° de Veces	Px1 = N
S1				1	P14 = 2
S2	S2			2	P24 = 3
S3	S1	S2		0	P34 = 1

Fuente: Arteaga, W (2024)

En análisis con el resultado obtenido en el cuadro 13 (Ponderación de las soluciones para el criterio 4) el cual enfatiza el cumplimiento de las temperaturas de confort para el ser humano, se evidencia el cumplimiento de la solución 2 mediante este criterio, ya que como se menciona se garantiza cumplir el acondicionamiento de ambiente de la cabina; esto se debe a que el ciclo de refrigeración funcionara de la misma manera, pero bajo un sistema independiente a lo que es el motor del avión, dicha esta salvedad se concluye que con la

solución 2 los motores podrán garantizar su funcionamiento exclusivamente a la propulsión del avión, que por otro lado el sistema de acondicionamiento de la cabina se mantendrá iniciado bajo un proceso externo, generando así S2 la mayor puntuación en el criterio de cumplimiento de las temperaturas de confort.

Cuadro 14. Ponderación de Soluciones para C5.

C5	S1	S2	S3	N° de Veces	Px1 = N
S1				0	P15 = 1
S2	S2			1	P25 = 2
S3	S3	S3		2	P35 = 3

Fuente: Arteaga, W (2024)

Para finalizar la ponderación de las soluciones con respecto a los criterios, se tiene al criterio 5 el cual habla de la facilidad de mantenimiento, considerando que la solución 3 es la más viable en el cumplimiento de este criterio; hay que mencionar que en S3 la fuente de obtención de energía eléctrica para accionar el compresor de refrigeración del avión, es un componente externo (GPU) que se utiliza en los aeropuertos para cargar al avión de energía eléctrica, es por ello que se puede realizar mantenimiento de una manera eficaz ya que el avión no depende del mismo para accionar sus funciones.

4.3.6 Ponderación Final

Luego de haber realizado la ponderación de cada solución con respecto a cada criterio seleccionado, se continúa realizando un cuadro para la ponderación final.

Cuadro 15. Valor resultante de cada solución.

PCx	P1x	PCx*P1x	P2x	PCx*P2x	P3x	PCx*P2x
2	2	4	3	6	1	2
3	3	9	1	3	2	6
4	2	8	3	12	1	4
5	2	10	3	15	1	5
1	1	1	2	2	3	3
		32		38		20

Fuente: Arteaga, W (2024)

A través de la técnica de Vílchez se permite obtener la mejor solución basándose en una ponderación de criterios y soluciones fundamentas, donde la solución 2 al tener una mayor ponderación se seleccionó, como la solución a rediseñar para lograr las mejoras en el acondicionamiento de ambiente en aeronaves King Air 200, pertenecientes a grupo Verum C.A, debido a que esta solución (S2) ofrece ventajas significativas con respecto a otras opciones; es importante resaltar que no solo se evaluará con respecto a los criterios y restricciones mostrados, si no que más adelante se analizará la vialidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada. (Ver figura 21).

Principio de funcionamiento del rediseño:

El rediseño se enfocará en la implementación de la Solución 2, la cual consistirá en:

- Mover el compresor del aire acondicionado a la nariz del avión donde se encuentran los otros componentes (Evaporador, Condensador, Válvula de expansión).
- Accionar el compresor mediante un motor eléctrico que será instalado en la nariz del avión.
- Seleccionar componentes de alta calidad y eficiencia para garantizar la confiabilidad y el rendimiento del sistema.

Para visualizar mejor la propuesta, se tiene la figura 21 donde se muestra la Nariz del avión; se observa que se tiene el espacio donde será ubicado el compresor del sistema de aire acondicionado, junto con un motor eléctrico para ejecutar el accionamiento del mismo, de donde resulta que el evaporador, condensador, intercambiadores de calor y otros componentes ya se encuentran ubicados en el sistema de aire del avión.

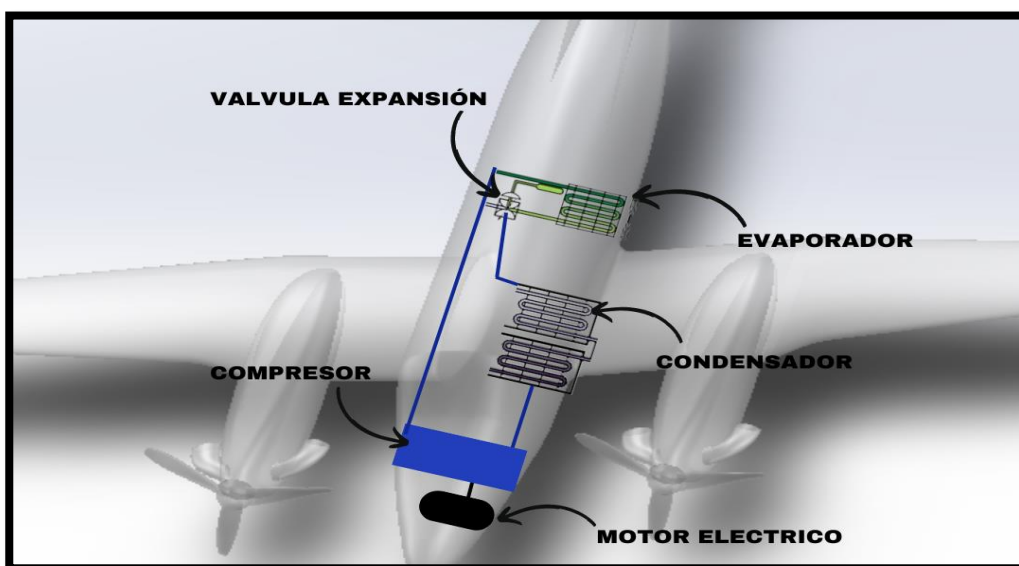


Figura 21. Avión King Air 200 Rediseño de sistema de acondicionamiento de aire.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Razones que fundamentan la elección de la mejor solución:

- **Mayor Eficiencia Energética:** La mejora presenta un consumo de energía significativamente menor que la Solución 1, lo que se traduce en un ahorro considerable en costos operativos.
- **Reducción de Emisiones:** Al utilizar un motor eléctrico para accionar el compresor, el diseño elimina por completo la carga que se presenta en la turbina del motor derecho, garantizando así la propulsión para hacer volar la aeronave.
- **Mayor Fiabilidad y Menor Mantenimiento:** La aplicación de la mejora presenta una mayor simplicidad mecánica y un menor número de componentes móviles, lo que se traduce en una mayor confiabilidad y un menor requerimiento de mantenimiento.
- **Facilidad de Implementación:** el diseño seleccionado puede integrarse fácilmente a la infraestructura existente, lo que facilita su implementación y reduce los costos asociados, debido a que los componentes de refrigeración ya se encuentran ubicados en la nariz del avión donde se colocara el compresor y el motor eléctrico.

El rediseño seleccionado ofrece una alternativa más eficiente, sostenible y económica para el sistema de refrigeración, la mejora se enfocará en la implementación de esta solución, con el objetivo de obtener los beneficios en el sistema de acondicionamiento de la cabina.

4.4 Rediseño en el sistema de acondicionamiento de aire en las aeronaves King Air 200 que permita un clima de confort durante todo el viaje

En el siguiente apartado se procedió a realizar el rediseño del sistema de acondicionamiento de ambiente en el avión King Air 200, perteneciente a la organización grupo Verum C.A, en donde se obtuvieron los datos iniciales de los procesos que involucran al motor derecho en su estado de despegue, para continuar accediendo a partir de los valores de compresión del aire la selección del motor eléctrico a utilizar para hacer funcionar el mismo, que por consiguiente dio continuidad a seleccionar la correa que estaría relacionada desde el motor eléctrico hasta el compresor y se logra el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, para finalizar la fase de rediseño con los valores involucrados en el proceso de aire acondicionado como lo son: la humedad relativa, eficiencia del ciclo de refrigeración, y la relación de trabajo de los componentes; es importante destacar que en la presente fase se encuentra la simulación del rediseño del sistema.

Del mismo modo se indica que la comodidad del cuerpo humano depende de un ambiente que no sea ni caliente ni frío, más sin embargo para cubrir esta necesidad es necesario luchar con la temperatura de determinados espacios ya que no se puede cambiar la temperatura en una región sino más bien en un espacio confinado, que en este trabajo de grado es la cabina

de un King Air 200; de allí el diseño propuesto cumple con los requerimientos previamente establecidos, en la figura 22 se muestra la conexión del motor derecho con el sistema de enfriamiento.

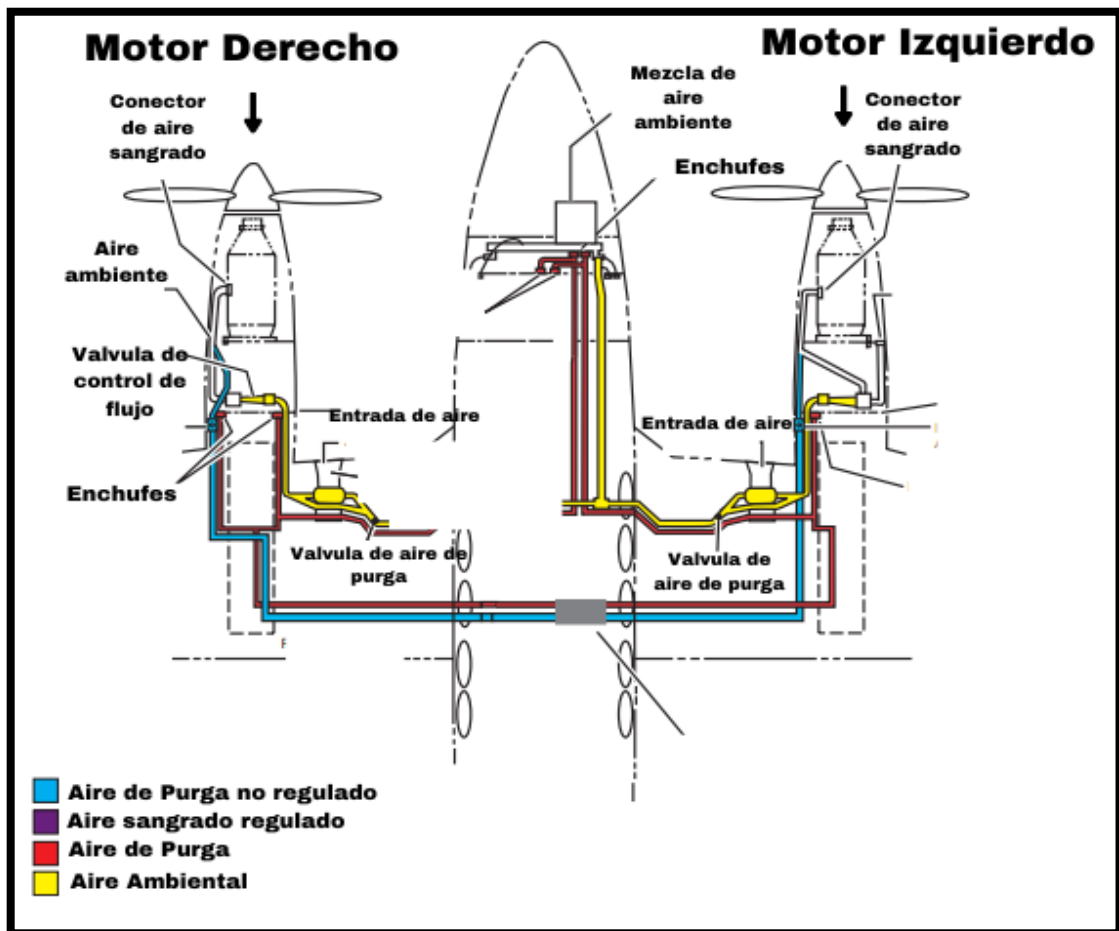


Figura 22. Diagrama de sistema de aire.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

La figura 22 ilustra el sistema de tuberías por el que pasan cada uno de los sistemas de aire, en donde se tiene:

- Tuberías de Color azul (Aire de purga no regulado): es el aire comprimido que se libera del sistema sin regular su presión.
- Tubería de color Morado (Aire sangrado regulado): Se refiere al aire que se extrae del compresor, a una temperatura y presión específica; por lo general sobrecalentado y preparado para ir al proceso del intercambiador de calor en el sistema de refrigeración.
- Tubería Roja (Aire de Purga): es el aire comprimido que se libera del sistema neumático.

- Tubería Amarilla (Aire ambiental): es el que ingresa de la atmosfera, sin ningún tipo de regulación, en la figura 23 se visualiza la entrada de aire ambiental del avión King Air 200.



Figura 23. Entrada de aire ambiente del avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Durante las fases críticas de vuelo (Ascenso, despegue, descenso y aterrizaje) se acciona primeramente el motor derecho para dar inicio al principio de funcionamiento de la aeronave, y el mismo acciona el sistema de aire acondicionado, por lo que el sistema de acondicionamiento de la cabina se debe encontrar apagado durante estas fases para que toda la propulsión generada sea destinada al despegue del avión y así garantizar la seguridad de toda la tripulación, en la figura 24 se visualiza el motor derecho el cual está situado en el ala derecha de la aeronave.

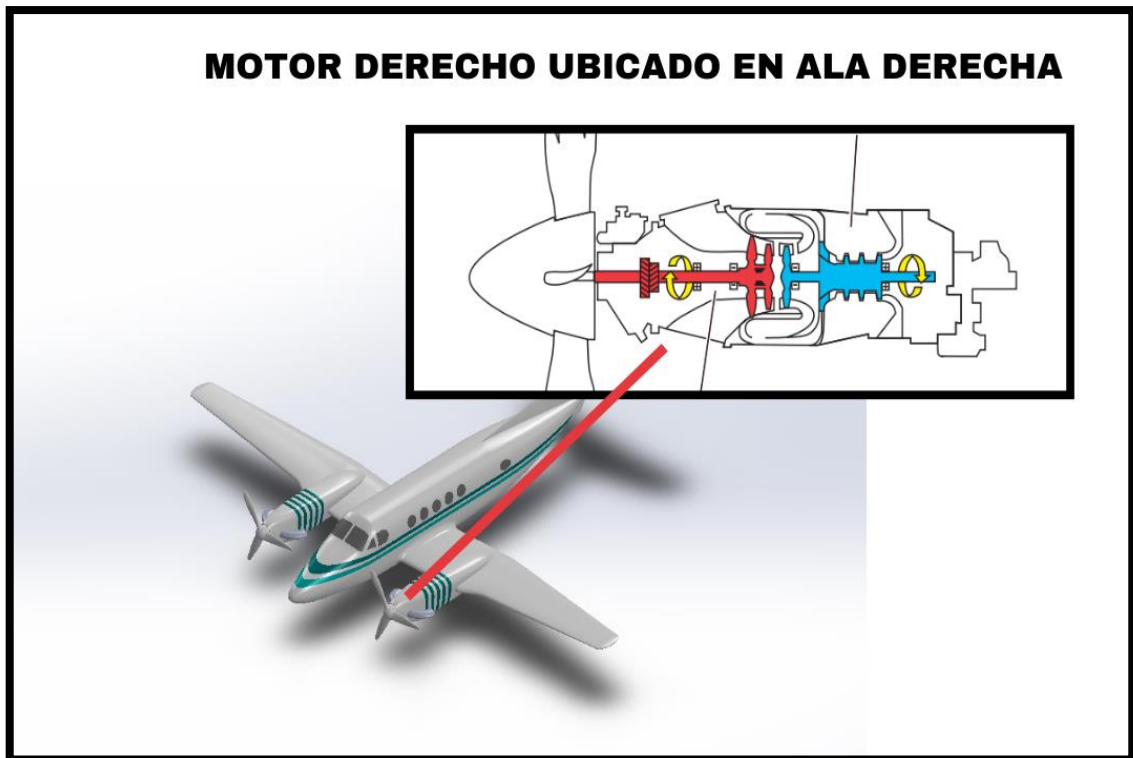


Figura 24. Ubicación del motor derecho del avión.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

De acuerdo a la figura anterior, el rediseño de la mejora en el acondicionamiento de ambiente de la cabina consiste en bajar la carga que tiene la turbina derecha (Motor derecho) donde, como se expresó anteriormente en el motor derecho se encuentra el compresor de aire y el mismo funciona con la turbina de este motor, razón por la cual el rediseño consiste en ubicar el compresor en la nariz del avión para que el mismo sea accionado por un motor eléctrico mediante una correa que lleva al compresor, lo que permitirá que el sistema de aire acondicionado funcione de una manera independiente a los procesos del motor durante las fases críticas de vuelo.

En la nariz del avión ya se encuentran los componentes de refrigeración lo que quiere decir que, al accionar el compresor, el sistema de aire acondicionado seguirá funcionando de la misma manera en la que viene trabajando, solo que se podrá iniciar como un proceso independiente al motor principal del avión, en la figura 25 se puede visualizar el proceso de refrigeración con los componentes que lo conforman.

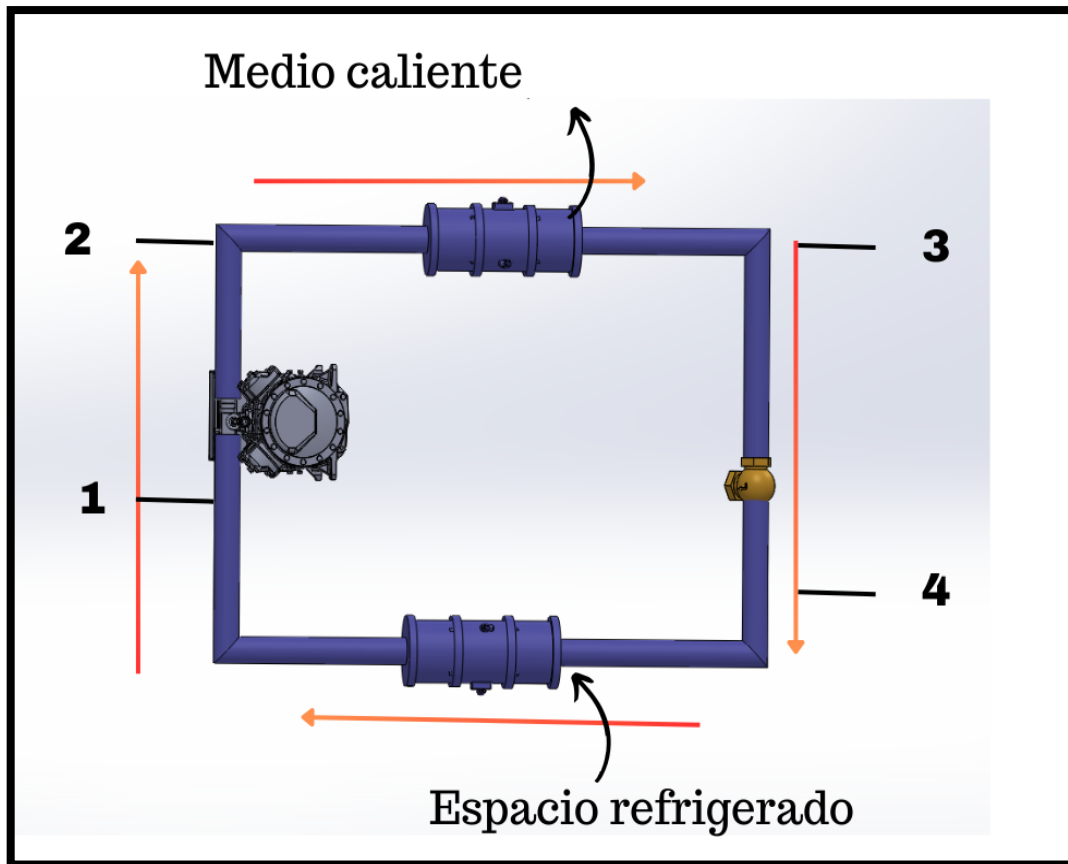


Figura 25. Esquema para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.
Fuente: Arteaga, W (2024)

El ciclo de refrigeración se compone de cuatro procesos en el cual se tiene:

- 1-2 Compresión isentrópica en un compresor
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador

Para comprender mejor los procesos descritos anteriormente, se tiene que el aire inicia entrando en el compresor, lo que se le llama el estado 1, en donde se encuentra como Vapor saturado y el mismo pasa por un proceso de compresión isoentrópicamente hasta alcanzar la presión del condensador. Seguidamente la temperatura del aire aumenta en el proceso de compresión, hasta alcanzar un valor superior al de la temperatura en la que se encuentran el medio a su alrededor por lo que después el aire entra al condensador en un estado de vapor sobrecalentado (lo que se le llama el estado 2) para cumplir el proceso y salir en el estado 3 como líquido saturado, donde se obtiene como resultado el rechazo de calor.

Para continuar el proceso de refrigeración la temperatura en la que se encuentra el aire en el estado 3 se mantiene por encima de la temperatura de los alrededores por lo que se

estrangula en la válvula hasta la presión del evaporador, lo que ocasiona que la temperatura disminuya, y para continuar el ciclo, el aire entra al evaporador en el estado 4 como un vapor húmedo y se evapora por completo absorbiendo el calor del espacio que se desea refrigerar, en nuestro caso la cabina del avión; para el comportamiento del ciclo progresivo el refrigerante sale como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, finalizando el ciclo continuamente.

4.4.1 Cálculos de los procesos involucrados en el motor derecho.

- En las turbinas de gas, el aire realiza dos funciones importantes, las cuales son:
- Suministrar el oxidante necesario para la combustión del combustible, el cual sirve como refrigerante para mantener la temperatura de diversos componentes entre los límites seguros establecidos.
- Como segunda función se tiene extraer más aire de lo necesario para lograr una combustión completa.

Por lo antes mencionado se tienen valores estandarizados para turbinas de gas, en el cual se tiene una relación de masa de aire y combustible de 50 o mayor comúnmente, por lo tanto si se considera como aire a los gases de combustión este no causa un error significativo en términos de cálculo, debido a que el flujo masico en la turbina es más grande que en el compresor, ya que la diferencia es igual al flujo masico de combustible, por lo que en el presente trabajo de grado se supone una tasa de flujo masico constante en el ciclo del motor lo que genera resultados conservadores en el motor de turbina de gas abierto.

Cuando se necesita propulsión para un avión, la turbina de gas produce la potencia suficiente para accionar tanto al compresor como al generador, por lo que los gases de escape de alta velocidad son los responsables de producir el empuje en la aeronave; para dar un ejemplo a lo dicho anteriormente, se tiene a la empresa General Electric el cual fabrica turbinas de gas, en donde se utiliza una temperatura de entrada a la turbina de 1.425 °C (2.600 °F) y produce hasta 282 MW mientras logra una eficiencia térmica de 39.5% en el modo de ciclo simple.

Las turbinas de gas para aviones operan en un ciclo abierto llamado ciclo de propulsión por reacción, en donde los gases se expanden hasta una presión tal que la potencia producida por la turbina es suficiente para accionar tanto el compresor como el equipo auxiliar. Para procesos ideales se puede suponer que el trabajo de la turbina es igual al trabajo del compresor, además de ser isoentrópicos. El empuje desarrollado por un turborreactor es la fuerza no balanceada que está causada por la diferencia en la cantidad de movimiento con que el aire a baja velocidad que entra al motor y con los gases de escape de alta velocidad salen de él; esto

se determina de la segunda ley de Newton. Las presiones en la entrada y la salida del turborreactor son idénticas en la presión ambiente. (Ver figura 26)

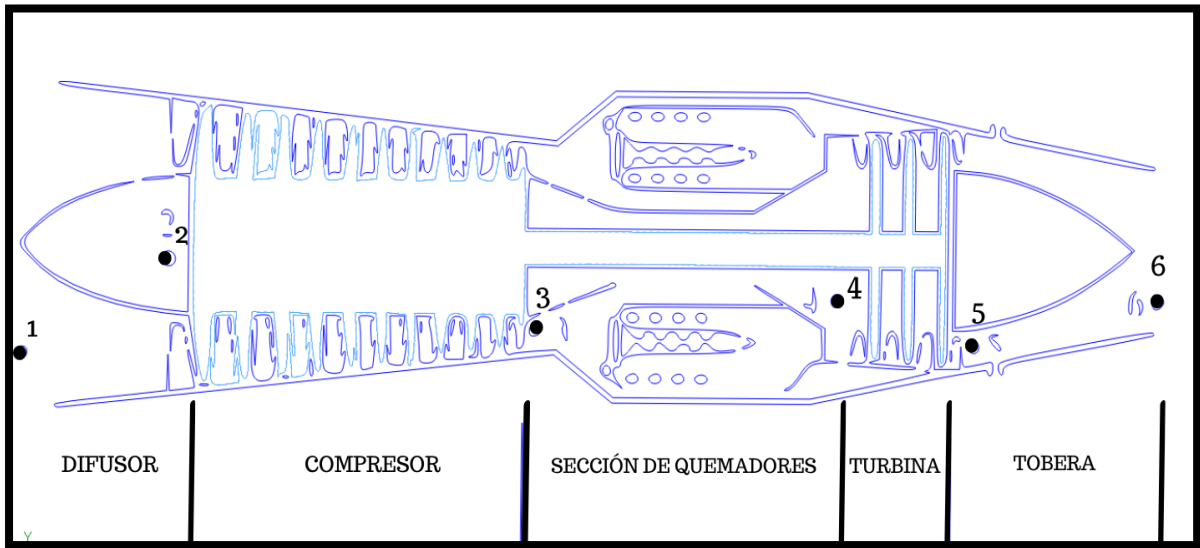


Figura 26. Componentes básicos de un motor de propulsión por reacción.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

En la figura 26 mostrada anteriormente se visualiza cada una de las partes que componen al motor derecho (Motor de propulsión por reacción), para comprender mejor los procesos involucrados se observa el diagrama T-S para el ciclo de un motor de propulsión por reacción (Ver figura 27).

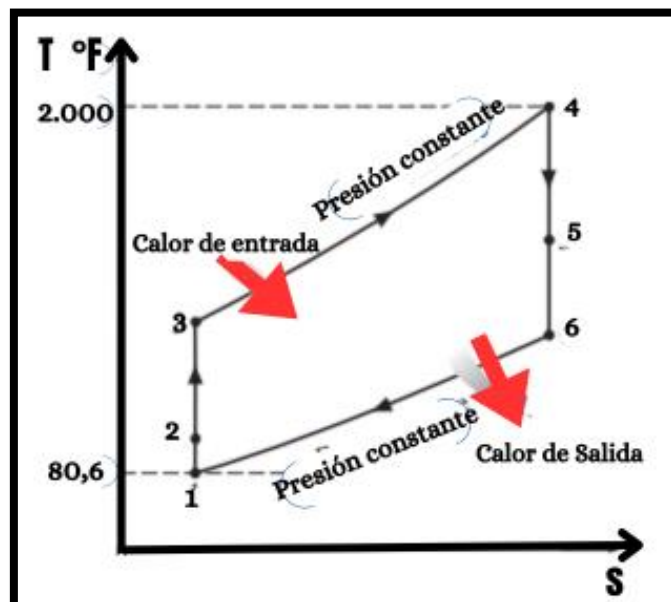


Figura 27. Diagrama T-S de un motor Turborreactor.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Así, en una aeronave se puede decir que la velocidad de entrada es la velocidad que lleva la aeronave que por su parte también, los flujos masicos de los gases a la salida y a la entrada del motor son diferentes y la diferencia se encuentra en la rapidez de combustión del combustible. Sin embargo, la relación de masa de aire y combustible utilizada en los motores de propulsión por reacción es usualmente muy alta, lo que hace muy pequeña esta diferencia.

Ahora bien, comenzando con la evaluación de los factores variables que se tienen en el motor derecho, se tienen los siguientes datos:

Cuadro 16. Datos del motor derecho

Componente	Relación de Presión	Temperatura de entrada (°F)	Velocidad del aire
Turbina	12	2.000	850 pie/s
Compresor	10	80,33	100 lbm/s

Fuente: Arteaga, W (2024).

Los datos anteriores se consiguieron de especificaciones en condiciones ideales del ciclo que cumple el motor del avión en el lado derecho, que por su parte se consideran valores establecidos en los que deberían trabajar los componentes bajo condiciones ideales, por lo que para consideraciones de cálculos se realizaron suposiciones del aire estándar frio, en donde se tienen los calores específicos constantes a temperatura ambiente:

- Capacidad Calorífica a presión constante (C_p): se refiere a la cantidad de calor que se necesita para aumentar la temperatura de una unidad de masa de aire a presión constante, el valor de C_p para temperatura ambiente es de $0.240 \text{ Btu/lbm} \cdot ^\circ\text{F}$.
- Coeficiente adiabático (K): describe cómo la presión y el volumen de un gas ideal cambian durante un proceso adiabático, es decir, un proceso en el que no hay transferencia de calor entre el gas y su entorno, K tiene un valor de 1,4 en condiciones de temperatura ambiente.
- Presión atmosférica media=14,7 psi
- Temperatura normalmente en Valencia Venezuela= 27°C

Consideraciones:

- El trabajo a la entrada del compresor es igual al trabajo a la salida de la turbina a la salida. ($W_{\text{comp-entrada}} = W_{\text{turb-salida}}$)

- Los cambios de energía cinética son despreciables excepto en la entrada del difusor y en la salida de la tobera.

➤ Energía Cinética: es la energía que posee un objeto debido a su movimiento, la ecuación para calcularla es la siguiente:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Donde:

E_c = Energía Cinética

m = Masa del objeto en kilogramos (kg)

v = velocidad del objeto en metros por segundo (m/s)

- Los cambios de energía Potencial son despreciables excepto en la entrada del difusor y en la salida de la tobera.

➤ Energía Potencial: es la energía que posee un objeto debido a su posición o configuración.

$$E_{pg} = mgh$$

Donde:

E_{pg} = es la energía potencial gravitatoria en julios (J).

m = es la masa del objeto en kilogramos (kg).

g = es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s²).

h es la altura del objeto sobre el punto de referencia en metros (m).

4.4.1.1 Proceso 1-2 (Compresión isoentrópica en el difusor)

Ya que se desea enfocar el proceso en las fases críticas de vuelo se supone que el avión se encuentra en tierra en reposo y se puede decir que la velocidad del aire en la entrada del difusor es de 850 pies/s, por lo que en condiciones ideales el aire saldría del difusor con una velocidad insignificante, haciendo así que se asuma un $V_2=0$.

Realizando un balance en el proceso, se tiene:

$$h_2 + \frac{v_2^2}{2} = h_1 + \frac{v_1^2}{2} \text{ Balance de energía (1)}$$

Del balance de energía anterior, se dice:

- Condiciones de entrada (1)
- Condiciones de salida (2)
- h = Entalpia
- v = Velocidad
- $h_1 = c_p (T_2 - T_1)$

Sustituyendo valores proporcionados en el cuadro 16 de condiciones de entrada en la turbina y en el compresor del motor derecho, se tiene:

$$h_1 + 0 = cp(T_2 - T_1) - \frac{v_1^2}{2}$$

$$0 = cp(T_2 - T_1) - \frac{v_1^2}{2}$$

$$T_2 = T_1 - \frac{v_1^2}{2cp}$$

$$T_2 = 540,27R + \frac{\left(\frac{850 \text{ pie}}{s}\right)^2}{2\left(\frac{0,240 \text{ Btu}}{\text{lbm} \cdot R}\right)} \left(\frac{1 \text{ Btu}}{25037 \text{ pie}^2/s^2}\right)$$

$$T_2 = 600,39 R$$

Llevando T_2 a $^{\circ}\text{C}$ se tiene:

$$T_2 = 60,4 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Con los cálculos realizados anteriormente se logró encontrar la temperatura en el estado 2 a la salida del difusor del motor derecho (Ver figura 26).

Una vez encontrada la temperatura en el estado 2 se procede a encontrar la presión 2 (Presión en la salida del difusor del motor derecho).

$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{K/(K-1)} \quad \text{Ec. (1)}$$

De la formula anterior, se dice:

- Condiciones de entrada (1)
- Condiciones de salida (2)
- P= Presión
- Presión atmosférica media= P_1

Sustituyendo valores de temperatura en el estado 1 y 2, se tiene:

$$P_2 = 14,7 \text{ psi} \left(\frac{600,39R}{540,27 R}\right)^{1,4/(1,4-1)}$$

$$P_2 = 21,26 \text{ psi}$$

La presión dos (P_2) representa la presión a la salida del difusor en el motor derecho del avión.

4.4.1.2 Proceso 2-3 (compresión isentrópica de un gas ideal en el compresor):

$$P_3 = (rp)(P_2) \quad \text{Ec. (3)}$$

De la formula anterior, se dice:

- R_p = relación de presión (al estar trabajando en el proceso de compresión, se identifica como la relación de presión que ocurre en el compresor), donde se toma el valor proporcionado en el cuadro 16 (Datos del motor derecho).
- La presión 3 en la salida del compresor, es igual a la presión 4 en la sección de quemadores (Proceso ilustrado en la figura 27) con esto se logra una combustión eficiente bajo condiciones ideales del motor derecho.

Sustituyendo valores de relación de presión del compresor y la presión a la salida del difusor, se tiene:

$$P_3 = 10 * 21,26 \text{ psi}$$

$$P_3 = 212,66 \text{ psi}$$

Donde se dice que P_3 es igual a P_4 según la figura 27 (Diagrama T-S de un motor turborreactor).

Continuando se calcula la temperatura en la salida del compresor (T_3):

$$T_3 = T_2 \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{(k-1/k)} \quad \text{Ec. (4)}$$

Sustituyendo la temperatura dos de la salida del difusor y la relación de presión del compresor, se tiene:

$$T_3 = 600,39 \text{ R } (10)^{(1,4-1/1,4)}$$

$$T_3 = 1.159,13 \text{ R}$$

Llevando T_3 a $^{\circ}\text{C}$, queda:

$$T_3 = 370,81 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La temperatura tres (T_3) representa la temperatura en la salida del compresor del motor turborreactor.

4.4.1.3 Proceso 4-5 (expansión isentrópica de un gas ideal en la turbina):

En este proceso no se tomaron los cambios de energía cinética que ocurren en el compresor y la turbina, considerando que el trabajo de la misma será igual al trabajo del compresor bajo condiciones ideales, cabe señalar que la presión y la temperatura en la salida de la turbina es:

$$W_{\text{comp-entrada}} = W_{\text{turb-salida}} \quad \text{Ec. (5)}$$

De la formula anterior, se dice:

- W = Trabajo
- $hx - hy = Cp(tx - Ty)$

Sustituyendo en la Ec. (5), se tiene:

$$h_3 - h_2 = h_4 - h_5$$

$$Cp(T_3 - T_2) = Cp(T_4 - T_5)$$

$$T_5 = T_4 - T_3 + T_2$$

$$T_5 = 2.460 R - 1.159,13 R + 600,39R$$

$$T_5 = 1.901,23 R$$

Llevando T_5 a $^{\circ}C$ se tiene:

$$T_5 = 783,08^{\circ}C$$

T_5 representa la temperatura en la salida de la turbina del motor derecho del avión.

Calculando la Presión 5:

$$P_5 = P_4 \left(\frac{T_5}{T_4}\right)^{K/(K-1)} \quad \text{Ec. (6)}$$

$$P_5 = 218,3 \text{ psi} \left(\frac{1.901,23R}{2.460 R}\right)^{1.4/(1.4-1)}$$

$$P_5 = 88,59 \text{ psi}$$

P_5 representa la presión que experimenta el aire en la salida de la turbina del motor.

Así se logró obtener todas las presiones y temperaturas en los distintos procesos que ocurren en el motor derecho del avión, cuando el mismo se encuentra en el proceso de despegue, donde se logró validar los efectos que ocurren en los componentes, es decir en la salida del compresor se tiene vapor sobrecalentado lo que involucra que el proceso ocurre correctamente ya que eso es lo que se espera en la salida del compresor; por consiguiente, se buscó la velocidad que se experimenta en la salida de la tobera, y para obtenerla, primero se obtuvo la temperatura de la salida de la misma con la que se logró aplicar la ecuación de flujo estacionario, lo que dio continuidad al proceso 5-6 mostrado a continuación:

4.4.1.4 Proceso 5-6 (expansión isentrópica de un gas ideal en la tobera):

$$T_6 = T_5 \left(\frac{P_6}{P_5}\right)^{(k-1)/k} \quad \text{Ec. (7)}$$

$$T_6 = 783,08 R \left(\frac{14,7 \text{ psi}}{88,59 \text{ psi}}\right)^{(1.4-1)/1.4}$$

$$T_6 = 468,74 R$$

Llevando T_6 a $^{\circ}C$ se tiene:

$$T_6 = -12,73^{\circ}C$$

Al obtener la temperatura en la salida de la tobera (T_6) se procede a aplicar la ecuación de flujo estacionario de la siguiente manera:

$$h_6 + \frac{v_6^2}{2} = h_5 + \frac{v_5^2}{2} \quad \text{Ec. (8)}$$

De la formula anterior, se dice:

- Condiciones en la entrada de la tobera (5)
- Condiciones en la salida de la tobera (6)
- h = entalpia
- V = velocidad
- $h_6 = cp (T_6 - T_5)$

La velocidad 5 es despreciable debido a que viene de los procesos de salida en la turbina del motor.

Sustituyendo valores de entalpia y velocidad de la salida del difusor en la Ec. (8), se tiene:

$$h_6 + \frac{v_6^2}{2} = h_5 + 0$$

$$0 = cp (T_6 - T_5) + \frac{v_6^2}{2}$$

$$v_6 = \sqrt{2 cp (T_5 - T_6)}$$

$$v_6 = \sqrt{[2 (0.240 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{°R})] \left[(1.901,23 \text{ R} - 468,74 \text{ R}) \left(\frac{25.037 \frac{\text{pie}^2}{\text{s}^2}}{1 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}} \right) \right]}$$

$$v_6 = 4.149,13 \text{ pies/s}$$

Una vez obtenida la velocidad a la salida de la tobera, se procede a buscar la eficiencia de propulsión del turborreactor, el cual corresponde a la relación entre la potencia de propulsión desarrollada y la razón de transferencia de calor total hacia el fluido de trabajo.

$$\dot{W}_p = \dot{m}(V_{salida} - V_{entrada})V_{avión} \quad \text{Ec. (9)}$$

De la formula anterior, se dice:

- \dot{W}_p = Potencia de propulsión desarrollada
- \dot{m} = flujo masico del aire
- La velocidad de entrada del aire es la misma del avión, debido a que este se encuentra en el momento antes de despegar.

Sustituyendo valores en la Ec. (9), se tiene:

$$\dot{W}_p = \dot{m}(V_{salida} - V_{entrada})V_{avión}$$

$$\dot{W}_p = \left(100 \frac{\text{lbm}}{\text{s}} \right) \left[(4.149,13 - 850) \text{pie/s} \left(\frac{850 \text{pie}}{\text{s}} \right) \left(\frac{1 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}}{25037 \text{ pie}^2/\text{s}^2} \right) \right]$$

$$\dot{W}_p = 11.200,46 \text{ btu/s}$$

Llevando la Potencia de propulsión desarrollada por el avión a unidades de caballo Fuerza se tiene:

$$\dot{W}_p = 15.843,85 \text{ Hp}$$

Se procede a calcular la transferencia de calor total transmitido al fluido de trabajo:

$$\dot{Q}_{\text{entrada}} = \dot{m}(h_4 - h_3) \quad \text{Ec. (10)}$$

De la formula anterior, se dice:

- $\dot{Q}_{\text{entrada}} = \text{Calor de entrada}$
- $\dot{m} = \text{Flujo masico del aire}$
- H= entalpia
- $\dot{m}(h_4 - h_3) = \dot{m}C_p(T_4 - T_3)$

Sustituyendo valores en la Ec. (10), se tiene:

$$\dot{Q}_{\text{entrada}} = (100 \frac{\text{lbm}}{\text{s}})(0,240 \frac{\text{btu}}{\text{lbmR}})[2.460 \text{ R} - 1.159,13 \text{ R}]$$

$$\dot{Q}_{\text{entrada}} = 31.224 \text{ Btu/s}$$

\dot{Q}_{entrada} , representa el flujo de calor entrante al proceso ocurrido en el motor derecho del avión.

Cálculo de la eficiencia de Propulsión:

$$N_p = \frac{W_p}{\dot{Q}_{\text{entrada}}} \quad \text{Ec. (11)}$$

$$N_p = \frac{11.200,46 \text{ btu/s}}{31.224 \text{ Btu/s}}$$

$$N_p = 35,87\%$$

El valor obtenido anteriormente, se interpreta de la siguiente manera: el 35,87% de la entrada de energía se usa para impulsar el avión lo que supera la fuerza de arrastre ejercida por el aire atmosférico, por lo tanto, la energía suministrada en un avión se logra esquematizar en la figura 28 mostrada a continuación.

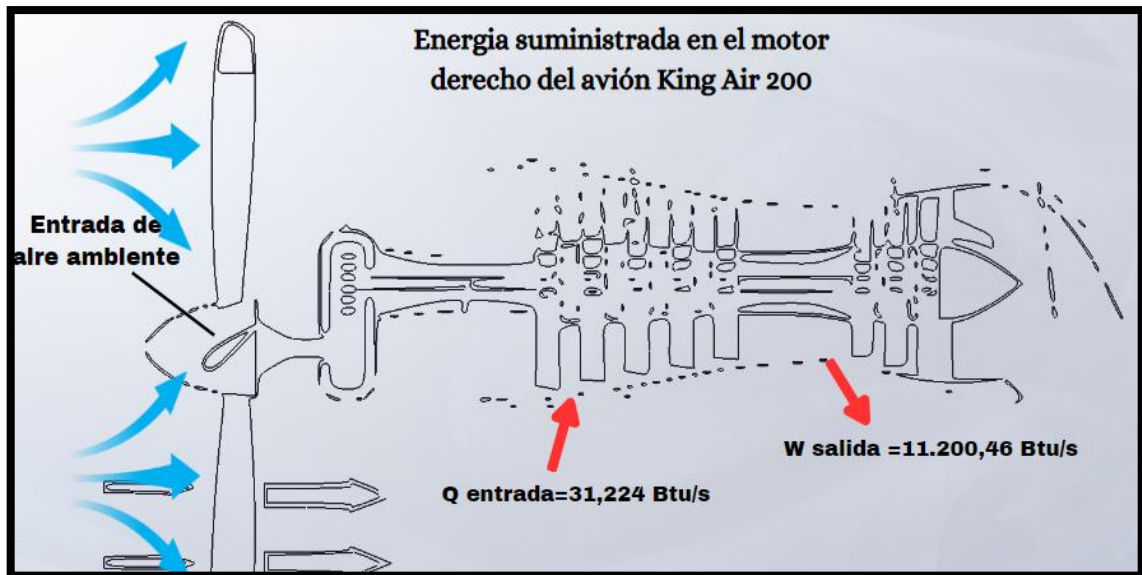


Figura 28. Energía suministrada en el avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Como resultado se tiene que el resto de la energía, correspondiente al 64,13% equivale al incremento en la entalpía de los gases que salen del motor, lo que da como resultado que cuando el avión despegue los mismos pasaran a ser parte de la energía interna del aire atmosférico.

Una vez analizado el proceso que involucra el motor derecho en la fase de despegue, se procede a seleccionar a través de los valores obtenidos del compresor, el motor eléctrico que hará funcionar el sistema de aire acondicionado, de forma independiente al proceso de la turbina que da propulsión al avión.

4.4.2 Selección del motor eléctrico que hará girar el compresor

Al realizar el análisis previo a las temperaturas y presiones involucradas en el motor derecho, donde se calculó la potencia de propulsión, la razón de transferencia de calor y la eficiencia de propulsión, se procede a definir los valores en el cual el compresor trabaja, lo que permite realizar la selección del motor eléctrico que hará funcionar el sistema de aire acondicionado, dicha esta salvedad, en el siguiente cuadro (Ver cuadro 17) se especifican los detalles del compresor de aire con el que trabaja el avión King air 200, acorde con lo expresado el proceso de turbo-reacción del motor permitió conocer la presión con que el aire ingresa al mismo, que posteriormente va relacionado a la temperatura de entrada, dando como resultado los valores de temperatura y presión en la salida del motor, de donde resulta que los valores con los que trabaja el compresor son importantes para garantizar la comodidad, la seguridad y la eficiencia de la aeronave.

Cuadro 17. Especificaciones del compresor de aire acondicionado.

ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO DE LA AERONAVE KING AIR 200					
Descripción	A6 PV2 162 mm 24 V Bullet Sin interruptor	Diámetro	162 mm	Oz de aceite	10
Modelo	A6	Bobina	2	Tipo de interruptor	Ninguno
OEM	1131325	Montaje	Directo	Culata	HP
Voltaje	24	Tipo de aceite	Mineral	Desplazamiento	Variable
Ranuras	2	Refrigerante	134-A	Accionado	Correa plana tipo cinta
Resistencia	4,7 Ω	Aceite	ISO 68 base de poliéster	Cargado	3,5 libras de refrigerante
Presión de lado bajo	30 psi	Presión de lado alto	384 psi	Temperaturas	Entrada: 60,4°C Salida: 370,81°C

Fuente: Arteaga, W. (2024)

El cuadro 17 proporciona información crucial sobre el compresor de aire del King Air 200, en donde se analiza mejor cada uno de los valores en el cual trabaja, para de este modo seleccionar de una manera óptima el motor eléctrico que se encuentre en la capacidad de accionar este, para el cumplimiento del ciclo de refrigeración, en la figura 29 mostrada a continuación se visualiza de una manera eficaz.

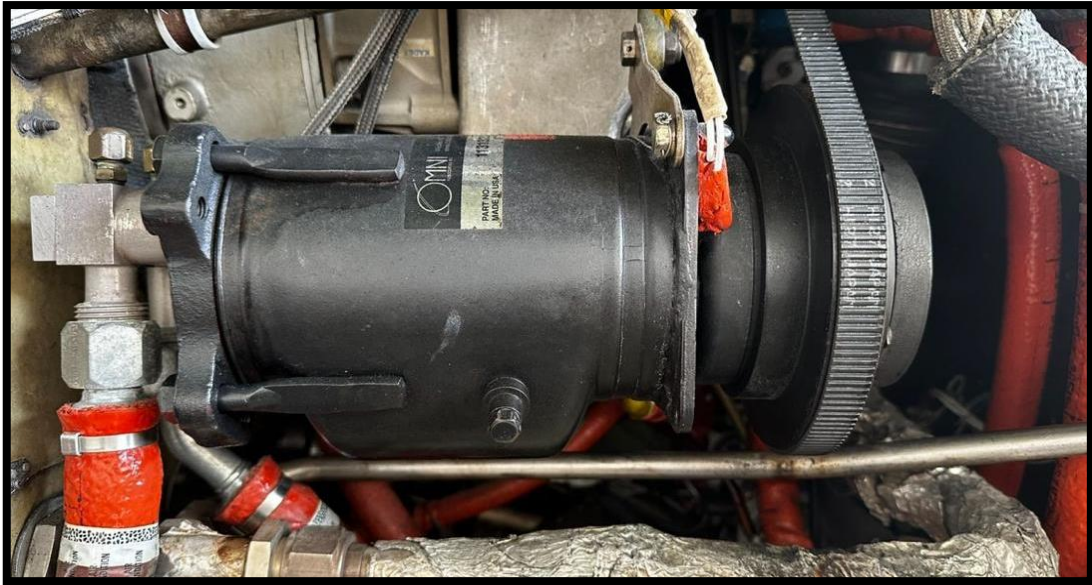


Figura 29. Compresor de avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

La imagen 29 muestra el compresor de aire como una unidad individual. El compresor está conectado a la caja de cambios del motor derecho por una correa plana tipo cinta. La correa plana tipo cinta transmite la potencia del motor al compresor de aire.

Con el estudio del manual del avión King air 200 se obtuvo el rango de control normal de velocidad en el cual trabaja la caja de cambios ubicada en el motor derecho, donde se conecta la correa plana tipo cinta que lleva el compresor, y los valores van desde 1.600 rpm a 1.800 rpm, siendo el último valor el 100%, que a su vez se genera la caja de cambios 180 caballos fuerza; de los valores obtenidos se entró al catálogo de motores eléctricos SIEMENS donde se seleccionó lo siguiente:

Se escogió un motor trifásico serie 1LE2225 NEMA Premium (Ver figura 31) el cual está diseñado para aplicaciones estándar con eficiencia NEMA Premium y es ideal para ser utilizado en bandas transportadoras, bombas, ventiladores, compresores y demás aplicaciones industriales.

Su diseño eléctrico permite que operen a dos tensiones (208-230/460V para tamaños 140T - 250T y 230/460V para tamaños 280T - 360T) dándole flexibilidad. Tiene capacidad de operación con variador de velocidad (VT20:1 para tamaños 140 - 440 y CT 4:1 para tamaños 140- 440) y su eficiencia premium los convierte en una herramienta ideal para el ahorro energético. La carcasa en hierro les permite soportar con facilidad altas cargas mecánicas asegurando su integridad estructural. (Ver figura 30)



Figura 30. Motor trifásico serie 1LE2225 NEMA Premium.
Fuente: Catalogo de Motores Siemens.

Cuenta con rodamientos libres de mantenimiento (tamaños 140-400) o con grasera (tamaño 440), protección externa y sobredimensionados. Su lubricación basada en polyurea asegura resistencia a altas temperaturas sin sufrir degradación alguna. El ventilador bidireccional anti chispas asegura una refrigeración correcta y segura del motor, este se protege por una caperuza de policarbonato. Su diseño está centrado en la facilidad de uso, lo cual se ve reflejado en su caja de bornes sobredimensionada, dividida diagonalmente y rotatable en incrementos de 90° para asegurar la facilidad de sus conexiones. Todo esto sumado a su garantía de 2 años lo convierte en el equipo ideal para su aplicación.

Para realización del rediseño del sistema de acondicionamiento de aire de la aeronave, se realizó en el programa SolidWorks el análisis de ubicación del motor eléctrico dirigido al compresor mediante una correa plana. (Ver figura 31)

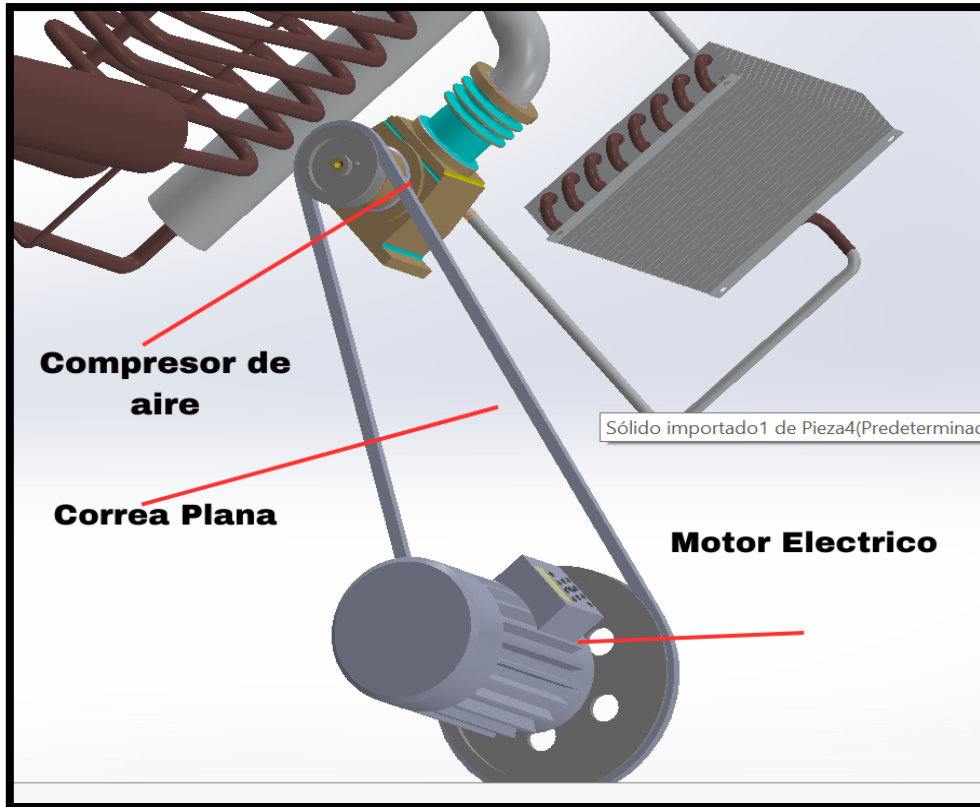


Figura 31. Colocación del compresor con motor eléctrico mediante correa plana.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura mostrada anteriormente se puede visualizar el compresor de aire el cual está siendo adaptada su correa plana tipo cinta al motor eléctrico, donde este proporcionará la energía eléctrica necesaria para el cumplimiento de las funciones del compresor, el cual dará inicio al ciclo de refrigeración en la aeronave.

Tabla 1. Selección del motor eléctrico para el compresor.

Potencia kW	Referencia del motor HP	Tamaño constructivo	Rated Speed rpm	Eficiencia 100% %	Factor de potencia	Corriente nominal		Torque nominal Lb-ft	Datos de arranque			Peso lb	
						230V A	460V A		Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	Torque Máximo x Tn		
Datos eléctricos motores Serie 1LE2225 IE3 4 Polos 1800 rpm													
0,75	1	1LE2225-1AB21-4AA3	143T	1755	85,5%	78,2	2,8	1,4	3,0	9,3	3,0	3,8	73
1,1	1,5	1LE2225-1AB31-4AA3	143T	1740	86,5%	77,3	4,2	2,1	4,5	9,0	3,3	4,2	69
1,5	2	1LE2225-1AB41-4AA3	145T	1740	86,5%	77,3	5,6	2,8	6,0	8,6	3,2	3,9	69
2,2	3	1LE2225-1CB11-4AA3	182T	1760	89,5%	78,5	8	4	9,0	8,3	2,3	3,6	112
3,7	5	1LE2225-1CB31-4AA3	184T	1755	89,5%	80,5	13	6,5	15,0	7,1	2,2	3,5	115
5,5	7,5	1LE2225-2AB11-4AA3	213T	1765	91,7%	78,9	19,4	9,7	22,0	6,5	2,7	4,5	185
7,5	10	1LE2225-2AB21-4AA3	215T	1755	91,7%	81,7	25	12,5	30,0	6,5	2,7	4,1	193
11	15	1LE2225-2BB11-4AA3	254T	1770	92,4%	80,0	38	19	44,0	6,1	1,8	2,3	276
15	20	1LE2225-2BB21-4AA3	256T	1770	93,0%	80,5	50	25	60,0	5,8	1,8	2,4	330
18,5	25	1LE2225-2CB11-6AA3	284T	1775	93,6%	84,0	60	30	74,0	6,1	1,8	2,5	429
22	30	1LE2225-2CB21-6AA3	286T	1775	93,6%	85,0	70	35	89,0	6,2	1,8	2,5	449
30	40	1LE2225-3AB11-6AA3	324T	1780	94,1%	86,0	92	46	118,0	6,3	1,8	2,3	633
37	50	1LE2225-3AB21-6AA3	326T	1780	94,5%	85,0	116	58	148,0	6,3	1,7	2,3	668
45	60	1LE2225-3CB11-6AA3	364T	1780	95,0%	87,0	136	68	177,0	6,4	1,8	2,4	880
55	75	1LE2225-3CB21-6AA3	365T	1780	95,4%	87,0	170	85	221,0	6,4	1,8	2,4	950
75	100	1LE2225-4AB21-6AA3	405T	1780	95,4%	87,0		113	295,0	6,4	1,8	2,0	1107
90	125	1LE2225-4CB13-2AA3	444T	1785	95,4%	86,0		143	368,0	6,3	1,6	2,0	1527
110	150	1LE2225-4CB23-2AA3	445T	1785	95,8%	86,0		170	441,0	6,4	1,5	2,0	1865
150	200	1LE2225-4CB33-2AA3	447T	1785	96,2%	85,0		228	588,0	6,4	1,6	2,0	2245

Fuente: Catalogo de Motores Siemens.

Como se puede ver en la tabla anterior se encuentra resaltado en color amarillo el motor elegido para hacer accionar el compresor del sistema de aire acondicionado debido a que el mismo cumple con la velocidad en la que funciona el compresor (1.600 y 1.800 rpm) que por su parte también va de la mano con los 180 Hp necesarios para el sistema de refrigeración, se hace la salvedad que el presente motor será accionado a través de un generador de 28 V respectivamente (Ver figura 32).



Figura 32. Generador 28V para suministrar energía eléctrica al avión.
Fuente: Aero expo (2021).

Como se puede ver en la imagen anterior el generador 28V permite cargar de energía eléctrica a los componentes del avión que lo requieran, por otro lado con la utilización del mismo se logra suministrar la energía necesaria para que el motor trifásico seleccionado y demás componentes eléctricos de la aeronave cuenten con la energía requerida para ejecutar sus funciones, sin embargo es necesario resaltar que en todos los aeropuertos y talleres aeronáuticos se cuenta con este equipo, ya que es un requisito indispensable antes de volar exigido por el instituto nacional de aeronáutica civil.

4.4.3 Comprobación de la Comodidad Humana en la cabina del avión

El cuerpo humano experimenta igualmente perdida de calor, son muchos los factores que están relacionados al confort de las personas en determinados espacios, como se ha dicho con anterioridad el acondicionamiento de ambiente se logra mejorar en un espacio confinado para que de este modo el cuerpo humano pueda disipar el calor suficiente y alcanzar la comodidad, sin embargo diversos estudios han demostrado que la comodidad no se obtiene de manera natural, por tanto las necesidades del cuerpo humano y el clima no suelen ser muy compatibles.

Como resultado al logro de la comodidad es necesario lidiar constantemente contra los factores que generan descontento en el tema, como temperaturas mayores o menores y humedades, altas o bajas, dicha esta salvedad, el cuerpo humano genera perdida de calor, razón por la cual un cuerpo se siente cómodo en un ambiente en el cual pueda disipar dicho calor de desecho. La transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura. En consecuencia, en ambientes fríos un organismo perderá más calor de lo que habitualmente genera, lo que produce una sensación de incomodidad, es por ello que el organismo trata de disminuir el déficit de energía y para ello reduce la circulación de la sangre cerca de la piel.

La comodidad del cuerpo humano depende de tres factores:

- La temperatura (bulbo seco), entiéndase esta como la temperatura real del aire.
- La humedad relativa, el cual se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el aire.
- El movimiento del aire, el cual reseña el desplazamiento de las masas de aire.

Estudios han revelado que las personas se sienten en ambientes cómodos cuando la temperatura del ambiente se encuentra entre 22 y 27 °C (72 y 80 °F), lo que también se ve relacionado a la humedad relativa, en donde se encuentra un efecto considerable en el bienestar, pues influye en la cantidad de calor que un cuerpo puede disipar por evaporación; por todo esto, la humedad relativa es una medida de la capacidad del aire para absorber más humedad, donde en la comprobación del confort humano se evidencia que la humedad relativa debe encontrarse entre el 40% y 60%.

Las personas se sienten bien de igual modo si la velocidad del aire se encuentra aproximadamente en los 15m/min, ya que para el confort humano si el movimiento del aire se encuentra a una velocidad muy alta se genera incomodidad, y esto se debe a que la velocidad del aire elimina el aire caliente y húmedo que se forma alrededor del cuerpo y lo sustituye con aire fresco.

Para estudios de esta investigación, se tomó en consideración que para mantener la cabina del avión King air 200 en la temperatura y humedad deseada es necesario el acondicionamiento del aire, el cual mediante el ciclo de refrigeración se generaran los procesos de:

- Enfriamiento simple (reducir la temperatura de la cabina)
- La humidificación, en este proceso se busca generar los valores de vapor de agua presentes en el aire para el confort humano o en su defecto eliminarlo.

Ahora bien, para realizar las comprobaciones del confort humano dentro de la cabina se obtuvieron los siguientes datos del aire ya acondicionado cuando sale de la sección de enfriamiento:

Cuadro 18. Datos del aire en el ciclo de refrigeración.

AIRE SATURADO QUE SALE DE LA SECCIÓN DE ENFRIAMIENTO	
Temperatura	Volumen
18 °C	50 m ³ /s

Fuente: Arteaga, W. (2024).

Este aire Saturado que sale de la sección de enfriamiento se mezcla adiabáticamente con el aire presente en la cabina del avión el cual experimenta los siguientes valores:

Cuadro 19. Datos del aire en la cabina del avión.

AIRE EN LA CABINA DEL AVIÓN SIN REFRIGERAR		
Temperatura	Humedad Relativa	Volumen
32 °C	60%	20 m ³ /s

Fuente: Arteaga, W. (2024).

Con los datos obtenidos del sistema de aire acondicionado de la aeronave, se supone una presión promedio del nivel mar en tierra (1 atm), para de esta forma entrar en la carta psicométrica y obtener:

1. Humedad específica del aire
2. Humedad relativa del aire
3. Temperatura de bulbo seco
4. Flujo volumétrico de la mezcla de aire

4.4.3.1 Búsqueda de las propiedades del aire a partir de la carta psicométrica

Al realizar los cálculos respectivos se tienen en cuenta algunas consideraciones, las cuales son:

- Existen condiciones estacionarias de operación.
- El aire seco y el vapor de agua se consideran gases ideales
- Se consideran insignificantes los cambios de energía cinética y energía potencial
- La sección de mezclado de aire se considera adiabática

De la carta psicométrica de propiedades del aire (Ver anexo D) se obtienen los siguientes datos:

Para el estado 1 el cual es el aire saturado que sale de la sección de enfriamiento se tiene:

$$h_1 = 51 \text{ kJ/kg}$$

$$w_1 = 0,013 \text{ kgH}_2\text{O aire seco}$$

$$v_1 = 0,84 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \text{ aire seco}$$

Para el estado 2 el cual es el aire en la cabina del avión, tiene:

$$h_2 = 79,0 \text{ kJ/kg}$$

$$w_2 = 0,0182 \text{ kgH}_2\text{O aire seco}$$

$$v_2 = 0,889 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \text{ aire seco}$$

De los valores anteriores se dice:

h = entalpia de saturación

ω = Contenido de humedad

v = Volumen

En la imagen mostrada a continuación se visualizan los valores obtenidos de la carta psicométrica (Ver figura 26).

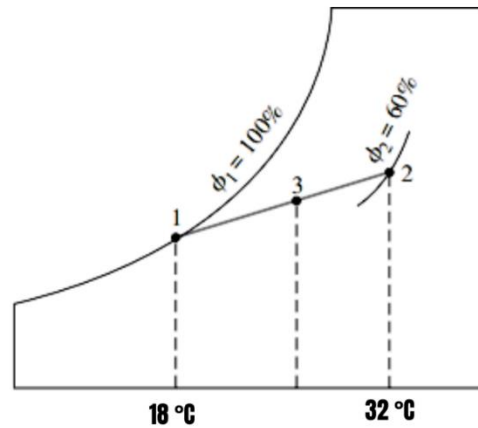


Figura 33. Carta psicométrica para valores obtenidos.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Se procede a encontrar los flujos masicos del aire seco en cada flujo de aire:

4.4.3.2 Determinación de los flujos masicos de aire:

Para el flujo masico de aire 1 (\dot{m}_{a_1}):

$$\dot{m}_{a_1} = \frac{v_1^1}{v_1} \quad \text{Ec. (12)}$$

$$\dot{m}_{a_1} = \frac{50 \text{ m}^3/\text{min}}{0,84 \frac{\text{m}^3}{\text{kg aire seco}}}$$

$$\dot{m}_{a_1} = 59,52 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

El valor obtenido anteriormente (\dot{m}_{a_1}) representa el flujo masico de aire presente en el ciclo de refrigeración del avión.

Para el flujo masico de aire 2 se utiliza la ecuación 12 con los valores de volumen del estado 2 (\dot{m}_{a_2}):

$$\dot{m}_{a_2} = \frac{v_2^2}{v_2}$$

$$\dot{m}_{a_2} = \frac{20 \text{ m}^3/\text{min}}{0,889 \frac{\text{m}^3}{\text{kg aire seco}}}$$

$$\dot{m}_{a_2} = 22,5 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

El valor obtenido (\dot{m}_{a_2}) representa el flujo masico de aire presente en la cabina del avión.

Obteniendo los flujos masicos en el estado 1 y estado 2 se realiza un balance de masa de aire seco para encontrar el flujo masico en la sección de mezclado, el cual se le considera estado 3 (\dot{m}_{a_3}).

$$\dot{m}_{a_3} = \dot{m}_{a_1} + \dot{m}_{a_2} \quad \text{Ec. (13)}$$

Sustituyendo valores en la Ec. (13), se tiene:

$$\dot{m}_{a_3} = (59,52 + 22,5)\text{kg}/\text{min}$$

$$\dot{m}_{a_3} = 82,02\text{kg}/\text{min}$$

Con los cálculos realizados anteriormente se obtuvo el flujo masico en la sección de mezclado (aire presente en el ciclo de refrigeración y aire presente en la cabina del avión) el cual se le denominó estado 3.

4.4.3.3 Determinación de la entalpia de mezcla y humedad especifica

Para encontrar los valores de entalpia y humedad se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\dot{m}_{a_1}}{\dot{m}_{a_2}} = \frac{\omega_2 - \omega_3}{\omega_3 - \omega_1} = \frac{h_2 - h_3}{h_3 - h_1} \quad \text{Ec. (14)}$$

Sustituyendo valores de flujo masico de aire y el contenido de humedad en la ecuación 14, se tiene:

$$\frac{59,52}{22,5} = \frac{0,0182 - \omega_3}{\omega_3 - 0,013} = \frac{79 - h_3}{h_3 - 51}$$

De la formula anterior se obtiene:

$$w_3 = 0,014\text{kg H}_2\text{O}/\text{kg aire seco}$$

$$h_3 = 58,681 \text{ kJ}/\text{kg aire seco}$$

Las propiedades encontradas anteriormente fijan el estado de la mezcla adiabática de aire, por consiguiente, con los valores obtenidos se entra nuevamente a la tabla psicométrica de Carrier para determinar los siguientes valores:

$$T_3 = 21^\circ\text{C}$$

$$\Phi = 80\%$$

$$V_3 = 0,86 \text{ m}^3/\text{kg aire seco.}$$

Siendo Φ el porcentaje de humedad presente.

4.4.3.4 Determinación del flujo volumétrico de la mezcla

A partir de la siguiente ecuación se tiene el flujo volumétrico de la mezcla adiabática de aire denominada V_3

$$\dot{v}_3 = \dot{m}_{a_3} v_3 \quad \text{Ec. (15)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 15, se tiene:

$$\dot{v}_3 = (82,02\text{kg}/\text{min}) (0,86 \text{ m}^3/\text{kg aire seco})$$

$$\dot{v}_3 = 70,5372 \text{ m}^3/\text{min}$$

Como conclusión respecto a la comodidad humana y los procesos que influyen en el acondicionamiento de ambiente de la cabina, se tiene que se logra estabilizar la temperatura de la cabina del avión, según los valores obtenidos $T_3 = 21^\circ\text{C}$, el cual se considera que se encuentra dentro de las temperaturas de confort para el cuerpo humano, mas sin embargo, es importante destacar que todos estos valores pueden ser manipulados por el piloto del avión (Ver figura 33), es decir ellos se encuentran en la capacidad de regular el enfriamiento de la cabina y posteriormente mediante el sistema de bypass que se encuentra en el avión, regular la temperatura de ser necesaria, todo va a depender de la capacidad de personas que se encuentren en la aeronave y los climas que enfrente el país en el momento del vuelo.

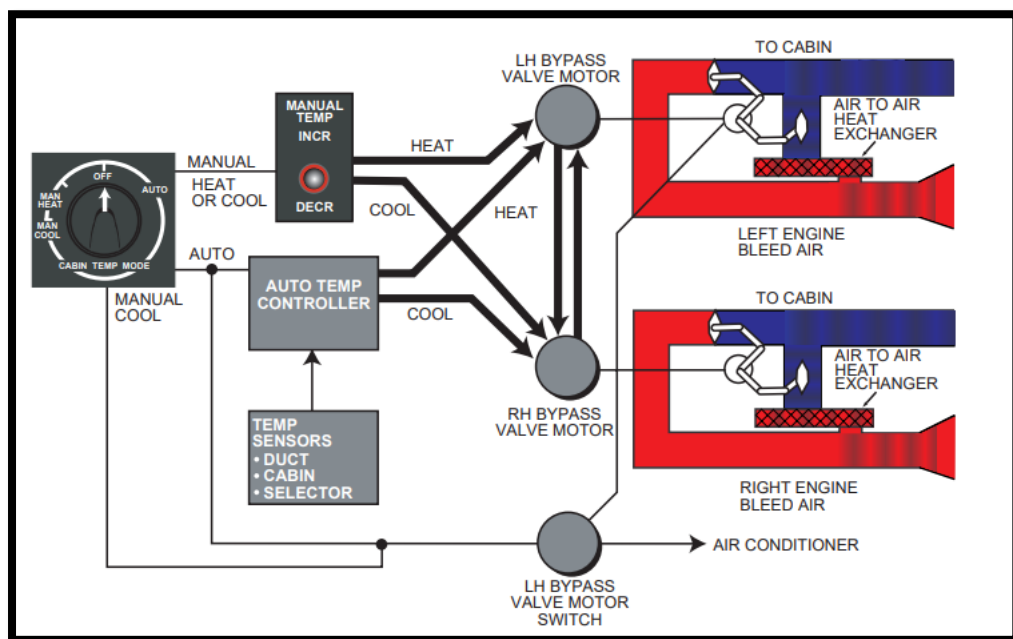


Figura 34. Sistema de aire Acondicionado Super King Air 200.
Fuente: Super King Air 200/B200 Pilot training Manual.

En la figura mostrada anteriormente se tiene el principio de funcionamiento del aire acondicionado del avión al cual todos los pilotos tienen acceso, a este se le denomina “Control de Modo Manual” y su principio de funcionamiento consiste en que cuando el interruptor selector del modo de temperatura de cabina se encuentra en la posición (MAN COOL o MAN HEAT), la regulación de la temperatura de la cabina se logra manualmente manteniendo presionado el interruptor de temperatura manual; cuando se suelta este interruptor el mismo vuelve a la posición central OFF como se muestra en la figura anterior.

Cuando se mantiene en cualquier posición, resulta la modulación de las válvulas de derivación en las líneas de aire sangrado, por lo tanto, el piloto debe esperar un minuto para

que ambas válvulas se vuelvan o completamente abiertas o completamente cerradas por lo que, solo una válvula se mueve a la vez para variar la cantidad de aire sangrado que se dirige a través del intercambiador de calor (aire-aire), causando así una variación de temperatura de aire sangrado. Este aire sangrado se mezcla con el aire de la cabina recirculando en el plano de mezcla y luego se enruta a los registros del aire del piso. Por lo antes descrito la temperatura de la cabina varía y está libre de ser regulada su temperatura por los pilotos a cargo del avión.

4.4.4 Análisis de los componentes

Se realizó el rediseño de la instalación de los equipos mediante la instalación del motor eléctrico que accionará al compresor, por lo que el ciclo de refrigeración en la aeronave continuará bajo el mismo principio de funcionamiento, a diferencia de que la energía que proporcionaba la turbina al compresor será sustituida por la transformación de energía eléctrica a energía mecánica mediante la correa plana que conecta al compresor de aire del ciclo. (Ver figura 35)

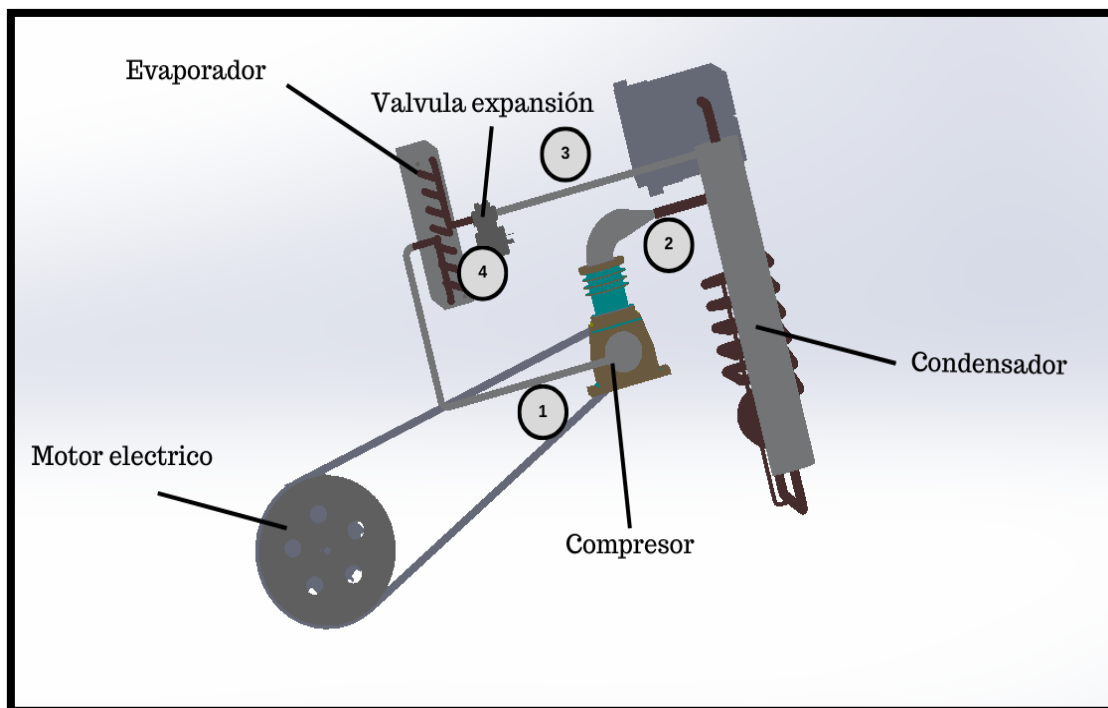


Figura 35. Rediseño del ciclo de refrigeración del avión King Air 200.
Fuente: Arteaga, W (2024).

La figura mostrada anteriormente ilustra todos los componentes del ciclo de refrigeración del avión, el cual están situados en la Nariz de la aeronave, los procesos involucrados son:

- 1-2 Compresión isentrópica: el aire Sangrado entra al compresor y sale del mismo cumpliendo el proceso isentrópicamente.

- 2-3 Rechazo de calor a presión constante: el aire entra al condensador donde rechaza calor a presión constante para salir en un tercer estado.
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión: el aire proveniente del condensador entra a la válvula de expansora para disminuir su presión.
- 4-1 Absorción de calor a presión constante: el aire al salir de la válvula expansora ingresa al evaporador donde disminuye su temperatura a presión constante.

Cada uno de los procesos descritos se simularán para analizar su comportamiento; al aplicar los mismos parámetros de datos del motor derecho mostrados en el cuadro 16, donde se reflejan los datos de trabajo del compresor y a su vez aplicando el flujo masico de aire en el ciclo de refrigeración obtenido a partir de la ecuación 12, se tiene el comportamiento de temperaturas en el condensador del ciclo de refrigeración.

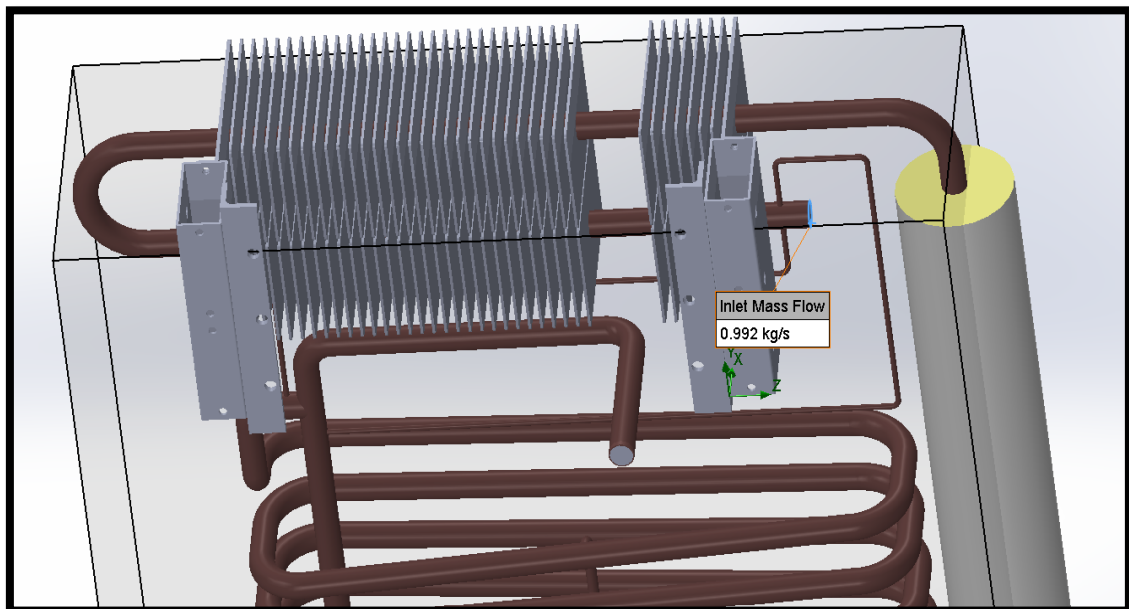


Figura 36. Flujo másico de aire por el condensador del ciclo de refrigeración.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura mostrada anteriormente se puede visualizar el condensador del ciclo de refrigeración, en el cual se le indico la entrada del Flujo masico de aire obtenidos en la ecuación 12 (Flujo masico de aire que pasa por el ciclo de refrigeración) , que a su vez se le dieron condiciones de entrada del aire con los valores obtenidos en la salida del compresor de: $P_2=21,26$ Psi y $T_2=60,4$ °C, de donde se obtuvieron los valores de presión y temperatura reflejados en la tabla 2 proporcionada por el programa.

Cuadro 20. Valores de comportamiento del Condensador

Dimensión	Unidad	Condiciones de entrada	Condiciones de Salida
Presión	[Psi]	38,43	34,98
Temperatura de entrada	[°C]	21,26	20,87
Flujo Masico de Entrada	[kg/min]	59,52	59,21
Velocidad	[m/s]	172,3431275	170,4385

Fuente: Arteaga, W. (2024)

En el cuadro 20 se puede reflejar la disminución de temperatura debido a la absorción de calor del aire cuando pasa por el componente, lo que refleja el cumplimiento del rechazo de calor del fluido a presión constante en el proceso 2-3. (Ver figura 37)

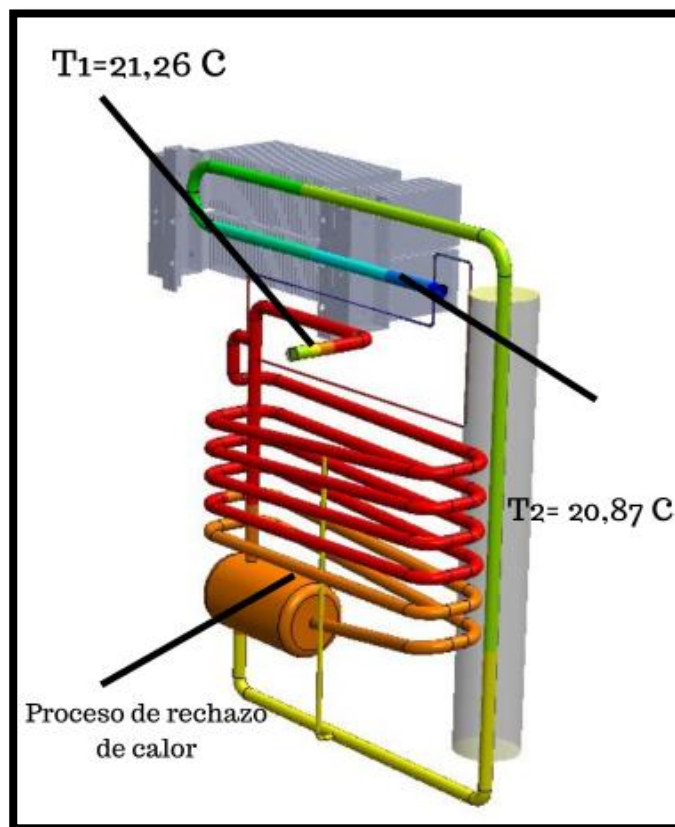


Figura 37. Proceso de rechazo de Calor en el condensador.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura 37 se puede visualizar el pasar del fluido por el condensador, en donde al ingresar el aire como vapor sobrecalentado y al transcurrir el proceso en el condensador, el mismo va rechazando calor a través de los tubos, donde los colores van de rojo, naranja y verde respectivamente disminuyendo el aire su temperatura, hasta finalmente salir de la tubería a una

temperatura menor (mostrada en la figura como aire de color azul), seguidamente se tiene la figura 38 donde muestra el comportamiento de la presión en el condensador.

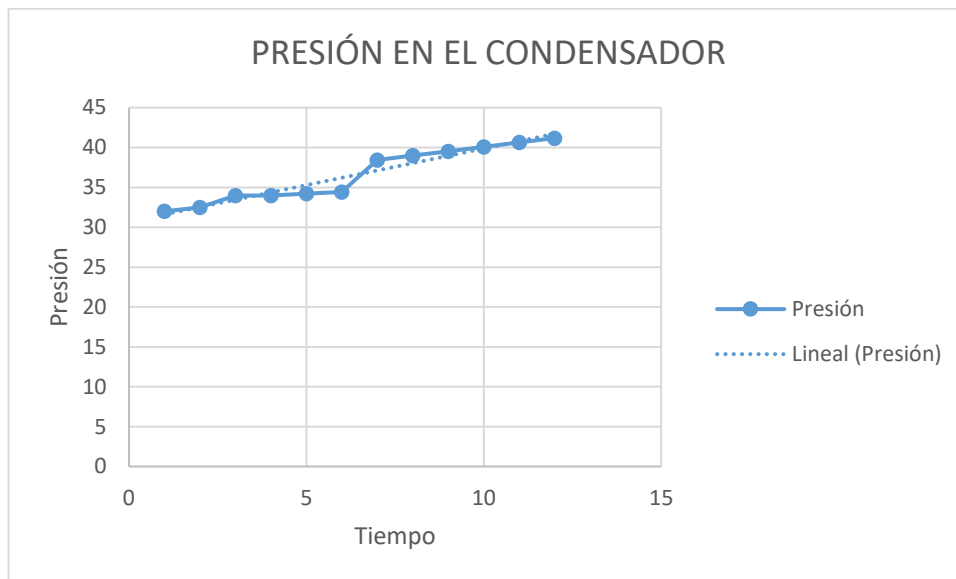


Gráfico 1. Comportamiento de la presión en el Condensador.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la gráfica 1 se puede analizar el comportamiento de la presión en el condensador, donde se evalúan los valores obtenidos, iniciando en 38,43 psi y al transcurrir su paso por el equipo el mismo tiende a tener picos de cambio de presión, más sin embargo los valores no cambian radicalmente, donde se evidencia el proceso de rechazo de calor a Presión constante, el cual sale para ingresar a la válvula donde ocurre el estrangulamiento del fluido (Aire). (Ver figura 38)

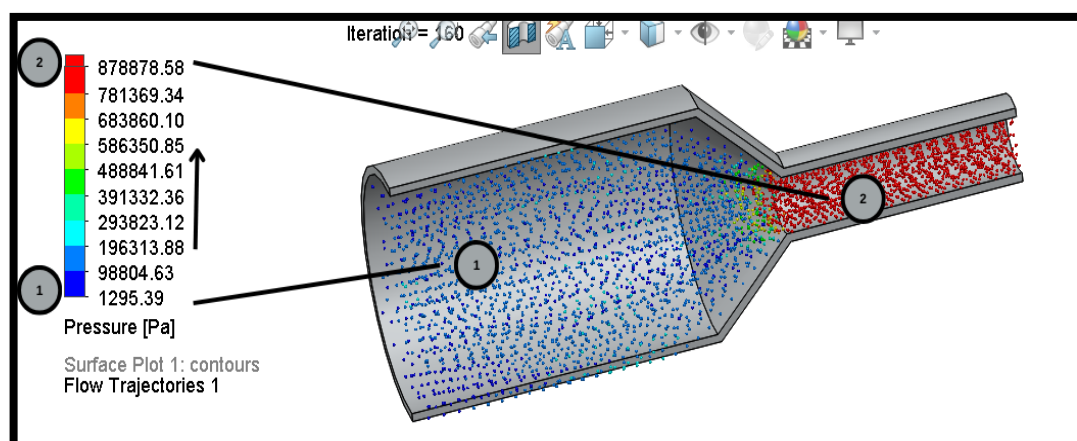


Figura 38. Proceso de estrangulación en válvula.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura 38 se analiza el proceso de estrangulamiento del fluido, iniciando en el estado uno con una presión menor debido al diámetro de la tubería, para seguir al

estrangulamiento isoentrópica en el estado dos, donde se ve el fluido aumentando su presión radicalmente, en la figura 39 mostrada a continuación se evalúa el comportamiento de la presión en este proceso mediante la gráfica 2.

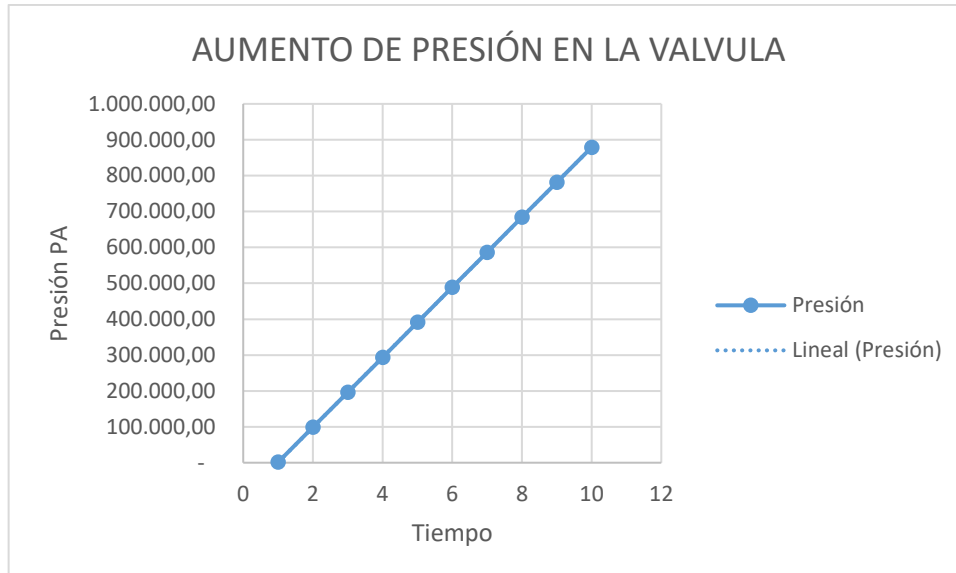


Gráfico 2. Aumento de presión del aire en la válvula de estrangulamiento.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En esta gráfica se puede apreciar, el aumento de presión en la válvula debido al proceso de estrangulamiento que se presenta en la misma, por lo que se comprueba el proceso de aumento de presión para alcanzar la presión del evaporador a temperatura constante, por considerar condiciones adiabáticas en los dispositivos, es importante destacar que siempre hay una variación de temperatura al pasar por cada uno de los dispositivos; para estudios del presente trabajo se consideran condiciones ideales, al salir el aire de la válvula de estrangulamiento ingresa al evaporador donde absorbe el calor para enfriar el sistema. (Ver figura 39).

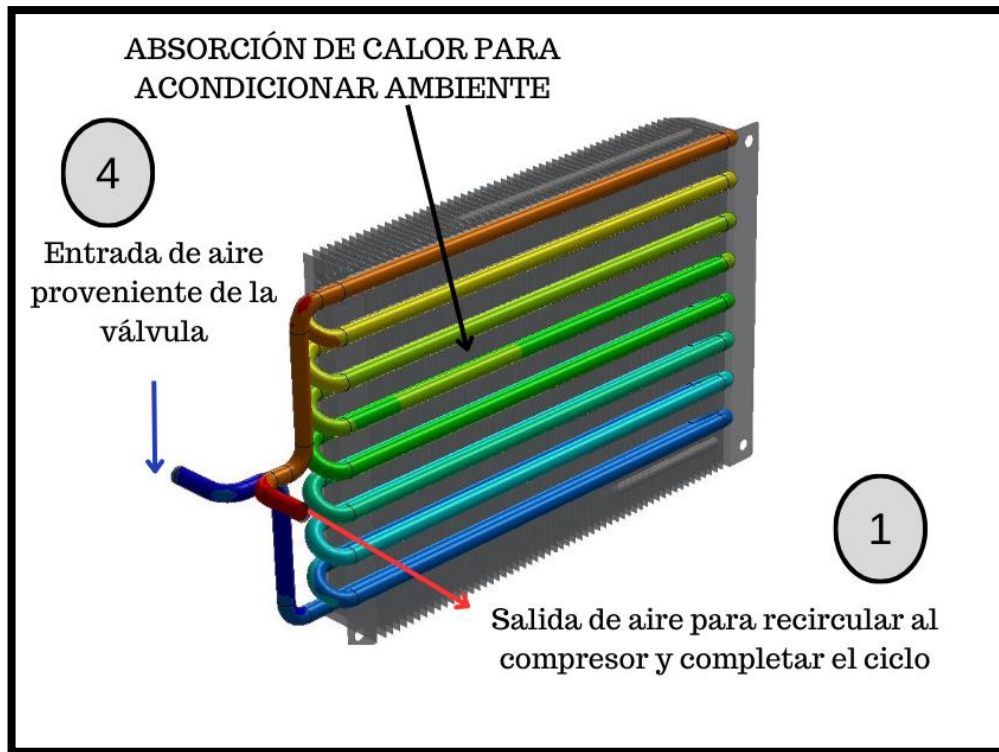


Figura 39. Absorción de calor en el evaporador.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura 39 se puede ver como el fluido entra al evaporador en el estado 4 proveniente de la válvula, para absorber calor de las tuberías de fluido de la cabina y así continuar el proceso al estado 1 donde entra nuevamente al compresor para continuar el ciclo, es importante destacar que al entrar el fluido en el estado 4 (Aire representado en color azul) este va cambiando a medida que el calor entra al evaporador y pasa por distintos colores como verde, amarillo, naranja hasta salir en color rojo (absorbiendo calor) para pasar al compresor, destacando así que el flujo masico de aire se comporta de manera constante en todo el ciclo de refrigeración. (Ver figura 40)

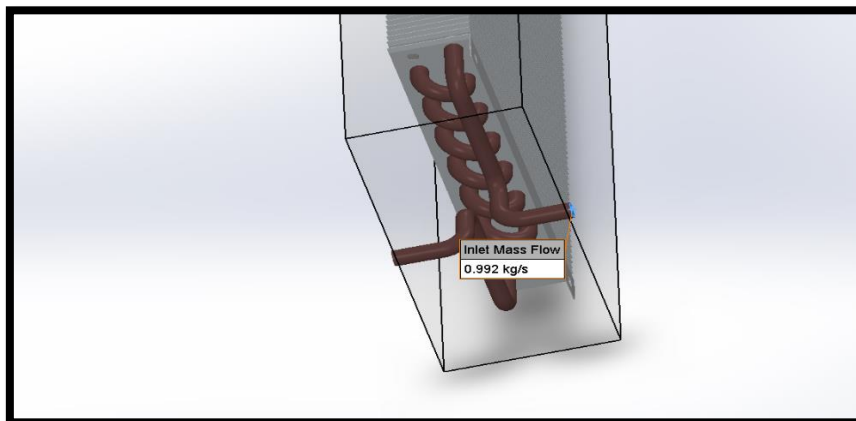


Figura 40. Flujo másico constante en el evaporador.
Fuente: Arteaga, W (2024).

De la figura anterior se puede visualizar que el flujo másico de aire que entra por el evaporador permanece constante con un valor de 0.992 kg/s, del mismo modo para estudios del presente trabajo se asumió una temperatura en las tuberías de refrigeración de 18°C, donde, como se ha mencionado anteriormente, esto depende de la temperatura que el piloto a cargo del avión considere que se deba encontrar el aire, ya que poseen el conocimiento para regular el sistema y adaptar a la temperatura deseada, de esto dependerá la absorción del calor en el evaporador; una vez explicado cada uno de los procesos que influyen en el rediseño mediante la simulación se procede a visualizar los equipos en la Nariz del avión. (Ver figura 41)

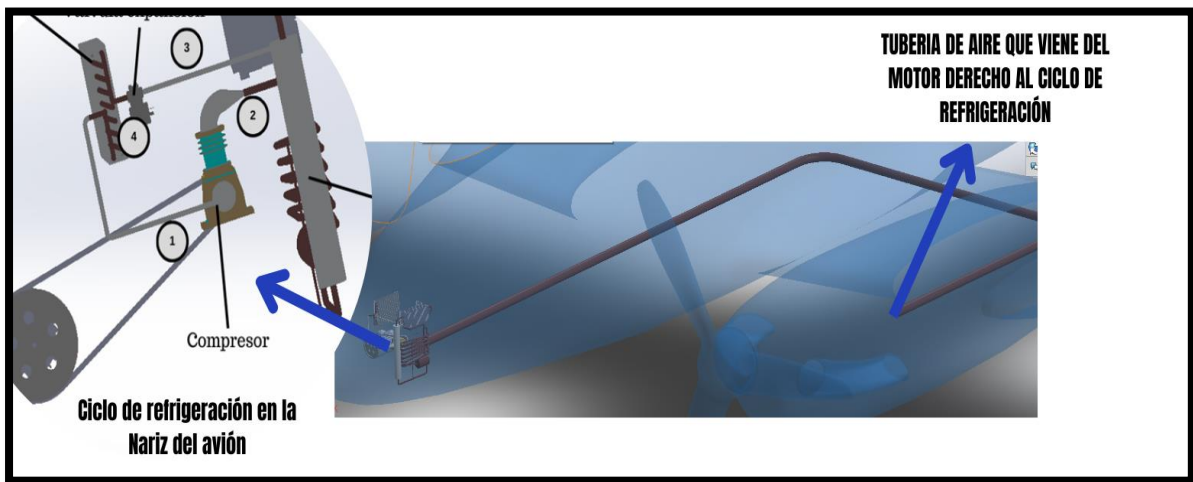


Figura 41. Ubicación del ciclo de refrigeración en la nariz del avión.
Fuente: Arteaga, W (2024).

En la figura mostrada anteriormente se puede observar el ciclo de refrigeración del avión ubicado en la nariz de este, donde continuara trabajando con el aire proveniente del motor derecho del avión, para hacer funcionar el ciclo; solo se considera que el compresor es accionado por un motor eléctrico Siemens mediante una correa plana, para comprender mejor visualizar la figura 42, donde se visualiza la abertura de la Nariz del avión del King air 200 donde será agregado el compresor y el motor eléctrico para cumplir el ciclo de refrigeración de la aeronave con la mejora seleccionada.

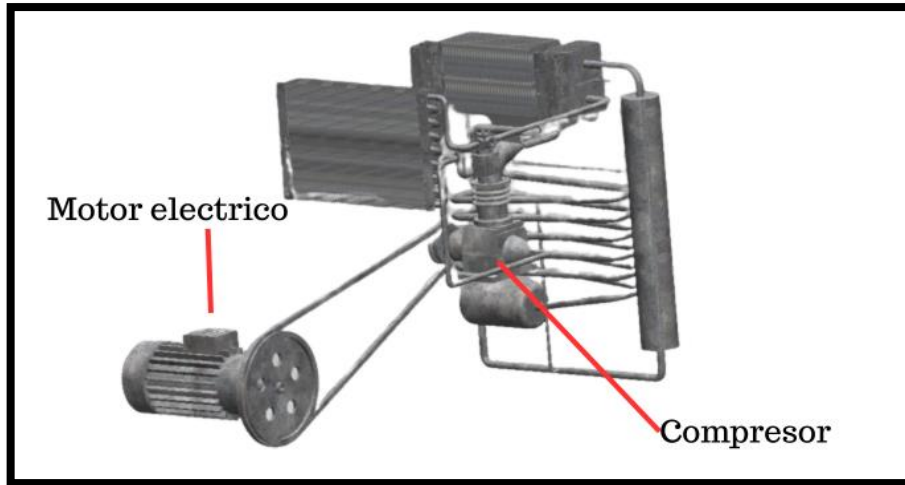


Figura 42. Principio de la mejora de acondicionamiento de aire.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

El principio de la mejora mostrada anteriormente para las aeronaves King Air 200, se enfoca en la colocación del motor eléctrico Siemens en la nariz del avión, para que pueda accionar el compresor y de esta manera se le bajaría la carga a la turbina del motor derecho, el cual se dedicaría a dar propulsión al avión y el aire acondicionado accionaría de manera independiente, incluso podría mantenerse en uso cuando el avión se encuentre apagado, lo que resulta muy útil a la hora de abordar pasajeros, ya que aumentaría el confort para todos los usuarios que hagan uso del mismo, por consiguiente se tiene la Figura 43 donde se visualiza a escala real la nariz del avión donde será instalado el sistema mostrado anteriormente.



Figura 43. Nariz de avión King air 200 destapada.
Fuente: Arteaga, W. (2024)

Se puede apreciar en la figura anterior la nariz del avión destapada, donde el ciclo de refrigeración seguirá trabajando bajo el mismo funcionamiento, que el aire caliente proveniente del motor derecho del avión es dirigido hacia el intercambiador de calor, donde se enfría y luego es comprimido por el compresor. Una vez comprimido, el aire pasa por el evaporador, donde se enfría aún más y se convierte en un gas a baja presión. Este gas circula por todo el sistema de refrigeración, absorbiendo el calor del ambiente y manteniendo una temperatura adecuada en la cabina del avión. Finalmente, el gas refrigerante regresa al compresor para reiniciar el ciclo de refrigeración. De esta manera, el ciclo de refrigeración del avión se completa con éxito gracias al funcionamiento eficiente del compresor accionado por el motor eléctrico Siemens mediante una correa plana.

4.5 Evaluación de la viabilidad técnica, operativa, social, ambiental y económica de la propuesta planteada

La viabilidad de un proyecto se encuentra relacionada con las medidas aplicadas para satisfacer la propuesta mediante la relación costo-beneficio, en donde el proyecto permita obtener ganancias monetarias y a su vez mejore las condiciones laborales, satisfacción del cliente, y contribuya a un aporte de crecimiento en la organización; Esto representa un reto para las propuestas de mejora, motivado a las limitaciones generadas por los recursos, el tiempo y normativas legales o de asociaciones para su ejecución. Asimismo, Sobrero, F. (2019), menciona:

El concepto Viabilidad es utilizado en la disciplina Evaluación de Proyectos para expresar contenidos diversos. En los textos de autores con origen disciplinar en la ingeniería o en la “ingeniería económica”, se entiende la viabilidad como capacidad de un Proyecto de lograr un buen desempeño financiero, es decir una tasa de rendimiento aceptable. Es por ello que se lo utiliza como sinónimo de rentabilidad. Lo propio ocurre en publicaciones cuyos autores provienen de disciplinas como la Administración y la Economía. (parr.5)

Evaluar la viabilidad en la realización de un proyecto es fundamental para garantizar el cumplimiento exitoso del mismo, ahora bien, mediante esta herramienta se logran cumplir algunas razones, entre ellas se tienen:

- Minimizar el riesgo al fracaso: esto se refiere a la identificación de los riesgos potenciales asociados al proyecto, es aquí donde se evalúan las limitaciones técnicas, dificultades de financiamiento o diversos factores en donde se puedan tomar medidas para evitarlos, lo que genere la posibilidad de éxito del plan.
- Optimizar la eficiencia y eficacia: Al evaluar la viabilidad de un proyecto se permite determinar si es posible la realización del mismo con los recursos disponibles, ya sean

humanos, financieros o de operación, lo que genera optimizar la planificación evitando así inversiones innecesarias o proyectos que no sean viables.

- Mejorar la toma de decisiones: el presente punto permite obtener una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, ya que permite tener una claridad respecto a los beneficios, riesgos y costos del proyecto.
- Identificación de oportunidades: Al analizar la viabilidad de un proyecto pueden surgir nuevas ideas, oportunidades o estrategias que no se tenían planteadas con anterioridad, que por consiguiente dan paso a mejorar el diseño, identificación del área de aplicación e incluso iniciar la creación de nuevos proyectos.

Como consecuencia de esto, se va a tomar en cuenta que existen varios tipos de viabilidad relacionada con este proyecto, como lo son, la viabilidad la técnica, la operativa, social, ambiental y económica, lo que permita abarcar los aspectos más importantes del proyecto y su ejecución.

Es importante tomar en cuenta la viabilidad al diseñar un proyecto, ya que es fundamental para minimizar el riesgo de fracaso, optimizar el uso de recursos, mejorar la toma de decisiones, comunicar el valor del proyecto e identificar nuevas oportunidades.

4.5.1 Viabilidad técnica

La viabilidad técnica consiste en si la empresa cuenta con las herramientas, recursos técnicos y conocimientos necesarios para la realización del proyecto, por otro lado, para Quintana, C. (2021) la viabilidad técnica, se define como:

La viabilidad técnica de un proyecto mide el nivel de recursos técnicos que una organización tiene al alcance. Dicha evaluación se enfoca en determinar si los recursos a disposición se ajustan a las necesidades del proyecto y si el capital humano cuenta con la destreza técnica para llevar a cabo el proyecto. (par. 13)

Según lo citado, se puede decir que el personal perteneciente a grupo Verum C.A, cuenta con las habilidades técnicas para la realización del proyecto, debido a que se cuenta con un equipo diverso en el mundo de la aviación, capaces de garantizar los cambios en el sistema de acondicionamiento de aire con seguridad, destreza, habilidad y otros factores que cumplen con el procedimiento de la propuesta.

4.5.2 Viabilidad operativa

La viabilidad operativa se refiere a la capacidad de una empresa o proyecto para llevar a cabo sus operaciones de manera eficiente y eficaz. En otras palabras, se trata de evaluar si la

empresa o proyecto cuenta con los recursos humanos, financieros, tecnológicos y organizacionales necesarios para funcionar correctamente.

Para estudios del presente trabajo de grado se mide la capacidad que posee el equipo perteneciente a la empresa de mantenimiento aeronáutico Grupo Verum, C.A, que por su parte se encuentran día a día en la realización de mantenimiento preventivo, reparaciones en todo lo referentes a aviones privados; con lo expresado se refleja que la empresa cumple de manera óptima con los recursos suministrados para garantizar la viabilidad técnica de la propuesta de mejora en el acondicionamiento de aire del avión, ya que disponen de las herramientas, maquinarias y personal capacitado en el área para la ejecución del mismo.

4.5.3 Viabilidad Social

La viabilidad social de un proyecto consiste en el apoyo y la aceptación que emite la sociedad hacia la propuesta, además de evaluar si el proyecto responde a las necesidades u expectativas de las personas en el mundo donde se desenvuelve, es decir si genera beneficios para el público.

Las mejoras en el sistema de aire acondicionado del avión King Air 200 representa una aceptación total garantizada tanto para los pilotos que están al mando de la misma, como para los usuarios que vuelan contantemente el avión, esto se debe a que el aire acondicionado apagado durante las fases críticas de vuelo representa una problemática crucial debido a los cambios climáticos que presenta Venezuela actualmente, además que por ser un vuelo comercial privado ofrecería la comodidad y seguridad del pasajero, logrando así la aceptación de todos los usuarios.

4.5.4 Viabilidad Ambiental

La viabilidad ambiental se refiere a la capacidad de un proyecto para llevarse a cabo sin causar daños al medio ambiente. En otras palabras, se trata de evaluar si el proyecto es compatible con los principios del desarrollo sostenible y si tiene un impacto ambiental negativo o positivo.

En la actualidad el termino ambiental ha tomado mucha importancia debido a las constantes preocupaciones que posee el mundo referente al tema de degradación y daños de los recursos naturales, lo que refleja un impacto considerativo en el ecosistema con el pasar de los años, por otro lado, es importante resaltar que la implementación de mejoras en cualquier tipo de proyecto es relevante evaluar el impacto ambiental que conlleva la propuesta.


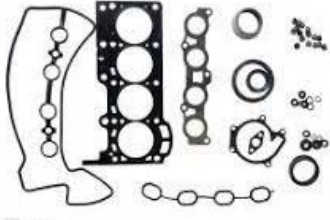

El rediseño en el acondicionamiento de ambiente del avión King air 200 garantiza no contribuir en los daños ocasionados en el ecosistema, debido a que es un ciclo interno que

ocurre en el sistema del avión, que por su parte no utiliza gases tóxicos que puedan ser expulsados al medio ambiente, además ahorra energía debido a que el motor que utiliza será incorporado y alimentado por un GPU perteneciente al aeropuerto, es importante destacar que también utiliza un refrigerante natural como es el aire de la atmosfera para disminuir la utilización de refrigerantes.

4.5.5 Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica de las mejoras planteadas, se determinó la inversión a realizar, considerando los equipos, materiales y mano de obra requeridos. En el cuadro siguiente se muestran los equipos necesarios para la implementación de la mejora.




Cuadro 21. Equipos necesarios para la implementación de la mejora.

N°	Equipo	Imagen	Número de parte	USD (\$)
1	Compresor de aire acondicionado		R206R20662	1.500,00
2	Kit de empaaduras de compresor de aire		50-389140	45,00
3	Motor		100-384072-1	4.875,00
Total				6.420,00

Fuente: Arteaga, W. (2024).

En el cuadro mostrado anteriormente tiene el costo de cada uno de los componentes que se deben instalar para la aplicación de la mejora en el sistema de aire acondicionado del avión King Air 200, es importante destacar que los costos reflejados en USD (\$) fueron buscados en la página de King Air Nation (Ver anexo G), donde se suministran todos los equipos relacionados a los aviones King.

Cuadro 22. Equipos necesarios para la implementación de la mejora.

N°	Equipo	Imagen	Número de parte	USD (\$)
4	Ventilador de refrigeración		AE1107D01	300,00
5	Condensador		50-380039	2.500,00
	Kit de Instalación		114-4012-1 S	1.500,00
Total				4.300,00

Fuente: Arteaga, W. (2024).

El cuadro 21 y 22 refleja los equipos necesarios para la implementación de la mejora, con los precios en USD (\$) dando un total de: 10.720\$, sacados de la página King Air Nation (Ver anexo G), por consiguiente, se tiene el cuadro 23 que refleja los costos por mano de obra y operatividad de los equipos seleccionados.

Cuadro 23. Costos de mano de obra y operatividad.

Descripción	Costo (USD)
Creación y aplicación de orden de ingeniería	3.000,00
Aranceles a la autoridad aeronáutica	600,00
Instalación del sistema	2.000,00
Total	5.600,00

Fuente: Arteaga, W. (2024).

El cuadro anterior refleja los costos por mano de obra de los mecánicos aeronáuticos pertenecientes a grupo Verum y Aranceles a las autoridades, que por su parte dieron respaldo a los valores proporcionados anteriormente.

Una vez obtenidos los costos de los equipos, mano de obra y operatividad en el mundo aéreo de una manera aproximada para la fecha del 5 de marzo del 2023, para la ejecución de las mejoras en el sistema de aire acondicionado del avión, se procedió a realizar la sumatoria en el cuadro 24 para conocer la inversión total que debe realizar la empresa para llevar a cabo las mejoras planteadas.

Cuadro 24. Inversión total para la aplicación de las mejoras.

Descripción	Costo (USD)
Equipos	10.720,00
Mano de obra y operatividad	5.600,00
Total	16.320,00

Fuente: Arteaga, W. (2024).

Al considerarse un avión privado de vuelo comercial, se logró realizar con ayuda de los pilotos a cargo de la aeronave, un estudio de ingreso mensual aproximado del avión, donde se reflejó que el avión realiza aproximadamente 4 vuelos semanales, con un ingreso aproximado de 1.700\$ cada uno generalmente, por lo que al mes ingresan 27.200\$ de honorarios del avión, es importante que estos valores reflejados son un promedio a lo largo de los meses de trabajo, más sin embargo estos valores pueden aumentar o disminuir dependiendo de la demanda.

De igual modo el avión posee gastos semanales fijos, que son reflejados en el cuadro 25:

Cuadro 25 Gastos semanales del avión King Air 200.

Gastos semanales del avión	Costo (USD)	Coto al mes (USD)
Honorarios de pilotos	1.200,00	4.800,00
Combustible promedio	400,00	1.600,00
Catering	100,00	400,00
Total	1.700,00	6.800,00

Fuente: Arteaga, W. (2024).

Por lo reflejado en el cuadro anterior, se indica que el avión posee un ingreso mensual promedio de 20.400\$ respectivamente, si a la ganancia de honorarios del avión se le restan los gastos mensuales fijos del mismo, por consiguiente, en el cuadro 26 se procedió a evaluar los meses de recuperación de la inversión si se aplica la mejora en el sistema de acondicionamiento de ambiente en la aeronave King air 200.

Cuadro 26. Viabilidad económica.

Descripción	Costo (USD)
Inversión Total	16.320,00
Ganancia del avión mensual	20.400,00
Tiempo de recuperación de inversión (meses)	1

Tomando en cuenta la inversión en aplicación de la mejora en el sistema de acondicionamiento de ambiente en el avión King air 200, donde posteriormente se evaluaron los ingresos mensuales fijos del avión y se analizaron los gastos operativos mensuales del mismo, se llegó a la conclusión que en un mes se estaría recuperando la inversión de la mejora, por lo que resulta viable económicamente, ya que se estaría garantizando el confort del pasajero desde el punto de vista climático, lo que a su vez mejoraría la experiencia de vuelo en todos los usuarios que hagan uso de la aeronave.

CONCLUSIÓN

Al llevar a cabo el estudio **“MEJORAS DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE EN AERONAVES DEL GRUPO VERUM C. A.”**. Debido a las necesidades existentes en el aeropuerto internacional Arturo Michelena en Valencia, en donde se presentaban altas temperaturas en la cabina del avión King Air 200, durante las fases críticas de vuelo (ascenso, despegue, descenso, aterrizaje), por mantenerse el sistema de aire acondicionado apagado y así garantizar la propulsión necesaria a la aeronave, lo que genero la necesidad de brindarles a todos los pasajeros el confort necesario durante toda su estadía en el avión con mayor razón debido a las altas temperaturas que se presentan en el país actualmente. Ahora bien, dicho lo anterior, se concluyen los objetivos realizados de la investigación en cuestión, debido a que fueron parte de los pasos para el desarrollo de la misma.

Objetivo I: Durante este objetivo, se concluye mediante los instrumentos para la recolección de datos que se pudo profundizar la problemática existente del sistema de aire acondicionado en las aeronaves King Air 200. Los criterios y aspectos más valorados durante el mantenimiento del sistema de aire, así como también los equipos del sistema que son reemplazados con mayor frecuencia, obteniendo las causas principales que generan el déficit en el sistema de refrigeración del avión, lo que arrojó datos claves para la realización de la mejora del sistema de aire acondicionado.

Objetivo II: Se concluye en este objetivo, que mediante los métodos para el análisis de la recolección de datos se identificaron y establecieron las variables más destacadas en la consideración durante las mejoras del sistema de acondicionamiento de aire de la aeronave. Se interpretaron los datos obtenidos y se registraron para mejor comprensión de estos, logrando así la comprensión del mantenimiento de los componentes, el reemplazo de los mismos y la situación subsistida en el aeropuerto de Valencia.

Objetivo III: en este objetivo se concluye, que mediante la técnica de selección de la mejor solución, se plantearon ideas para las mejoras del sistema de aire acondicionado de la aeronave y se aplicó el método de Vilchez para obtener la solución más viable en la problemática; de este modo se logró obtener una idea clara al rediseño a aplicar en el sistema de refrigeración, y generó la obtención de los criterios fundamentales como lo son: Confort, Seguridad y compatibilidad con el sistema de la aeronave, para dar paso a la fase siguiente donde se ejecutaría el rediseño del sistema de aire para generar la mejora en el sistema de acondicionamiento de ambiente en aeronaves pertenecientes a Grupo Verum, C.A.

Objetivo IV: en este objetivo se concluye, la realización del rediseño en la mejora del sistema de aire acondicionado del avión, donde se inició realizando los cálculos de los procesos que ocurren en el motor derecho de la aeronave, lo que a su vez dio paso a la selección del motor eléctrico que transformaría la energía eléctrica en energía mecánica al compresor mediante una correa, que por su parte dio pie a analizar las variables de temperatura y humedad relativa que ocurrirían en la cabina del avión al encendido del aire acondicionado, por lo que se procedió a comprobar en una simulación los cálculos obtenidos, generando la confiabilidad de la mejora a implementar, es importante destacar que en la realización del presente objetivo se logró la comprobación de la mejora en el sistema de aire acondicionado en la cabina del avión debido a que se calcularon las temperaturas presentes en el ciclo de refrigeración y los procesos de mezcla con el aire de la cabina del avión.

Objetivo V: Por último, en el objetivo presente, se evaluó la viabilidad técnica, demostrando la innovación en el aérea de acondicionamiento de ambiente en aviones. La viabilidad operativa, señalando la facilidad de implementación de la mejora, debido a que Grupo Verum cuenta con el equipo capacitado para la realización de la misma y a su vez con las herramientas y maquinarias necesarias para llevar a cabo la mejora. La viabilidad Ambiental, destacando que el sistema de refrigeración no desecha ninguna sustancia toxica a la atmosfera. La viabilidad Social, en donde se logró evidenciar que la mejora a implementar presentaría una aceptación por parte de todos los usuarios que harían uso del avión debido a que estaría aumentando el confort de los pasajeros y a su vez cumpliendo con las normativas de seguridad establecidas en el mundo aéreo. Y, por último, la viabilidad económica, demostrando que los gastos de inversión en la mejora podrían ser recuperados en un mes de labor del avión, lo que permitiría mejorar la experiencia del pasajero en meses posteriores y seguir contando con el rediseño del aire acondicionado a futuro.

Finalmente se realizó el rediseño en el sistema de acondicionamiento de ambiente de las aeronaves King Air 200, que por su parte resulto optimo debido a que la mejora a implementar garantiza el confort de los pasajeros con la disminución de la temperatura en el ciclo, así como también disminuye la carga que tenía la turbina del motor derecho ya que el compresor de aire acondicionado será accionado por un motor eléctrico logrando así generar una eficiencia energética en el avión que a su vez cumple con la seguridad de todos los pasajeros en la aeronave.

RECOMENDACIONES

A fin de mejorar la eficiencia en el sistema de Aire acondicionado en las aeronaves King Air 200, garantizando la durabilidad y eficiencia de la mejora propuestas en el proceso; así como el buen funcionamiento de los equipos que lo conforman, se recomienda lo siguiente:

- Implementar la propuesta de mejora planteada; ya que su utilización permite mejorar la experiencia de todos los usuarios en la aeronave, lo que a su vez superaría las expectativas del pasajero y cumpliría con la satisfacción de los mismos.
- Verificar la correcta conexión de todos los componentes en el sistema al momento de ser instalados.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita prevenir a tiempo posibles fallas que condicionen el funcionamiento del sistema de aire acondicionado.
- Capacitar al personal de mantenimiento con respecto al funcionamiento de la mejora empleada para que cuenten con el conocimiento y habilidades para detectar cualquier anomalía en el sistema.
- Realizar pruebas de vuelo para evaluar el funcionamiento del motor y demás componentes del avión, y así garantizar la seguridad de todos los pasajeros.
- Realizar una inspección visual regular del sistema de acondicionamiento de aire.
- No utilizar el sistema de refrigeración por encima de los 18.000 pies ya que disminuye la vida útil del compresor.

REFERENCIAS

- Álvarez Helyann (2018). “Diseño térmico y optimización de núcleo de un intercambiador de calor automotriz”. <https://saber.ucv.ve/handle/10872/1>. Caracas, Venezuela
- Arévalo Esteban y Bautista Cristóbal (2022). “Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave Boeing 737-800 perteneciente a la Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe”.
- Arias, F. (2010). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 5ta edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Arias, F. (2016). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 7ma edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Asociación pasión por volar (2002). Academia de Aviación <https://www.pasionporvolar.com/aeronave-presurizada/>
- Balestrini, M (2006). Como se elabora el proyecto de investigación y su estructura. 7ma edición. BL consultores asociados servicio, Editorial. Caracas
- Besterfield, D. (2009). Control de Calidad. 8va edición. Pearson Educación. México D.F, México.
- Bodan y Taylor (2009). Introducción a los métodos cualitativos de Investigación. 1ra edición. Editorial Paidon. Buenos Aires.
- Cengel (2011). Termodinámica. 7ma edición. Mexico. Editor Pablo E. Roig Vázquez.
- Cengel, Y. (2006). Termodinámica. 7era edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Ciudad de México, México.
- Cengel, Y. (2012). Termodinámica. 7era edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Ciudad de México, México.
- El vuelo de la gran avutarda (2018). Recuperado de: <https://greatbustardsflight.blogspot.com/2017/11/respirando-gran-altura.html>
- Escobar Sergio (2022). “Mantenimiento del sistema de presurización flota Boeing 737-300”. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/30822>. Bolivia.
- Flapper (2020). King Air 200 Blapper. Recuperado de: <https://flyflapper.com/stories/es/king-air-b200-tudo-sobre-el-modelo-flapper/>.
- FlightSafety International, Inc (2002). Super King Air 200/B200 Pilot training Manual. Estados Unidos.
- Freepick (2010). La Nariz de la cabina del avión en el hangar de mantenimiento. Recuperado de: https://www.freepik.es/fotos-premium/nariz-cabina-avion-hangar-mantenimiento_18388790.htm
- Guimart Vilela (2018). “Programa nacional de control de calidad (pncc) en seguridad de la aviación civil”. <https://saber.ucv.ve/handle/10872/1>. Bolivia

- Gutiérrez (2005). La autonomía del sujeto investigador y la metodología de investigación. 1ra edición. Editorial Jesús Enrique Leal Gutiérrez. Venezuela.
- Hernández, Fernández y Baptista (2006). Metodología de la investigación. 4ta edición. DF, México. McGraw Hill.
- <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco%20%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf>
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8483053>. Ecuador.
- Hurtado, J. (2000). Metodología de la Investigación Holística. 3era edición. Inversiones Cepal. Caracas, Venezuela.
- Inotec Clima. (2008) climatización. Recuperado de: <https://www.inotec-clima.com/sobrenosotros/>
- León (2005). Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio. 5ta edición. Editorial Episteme Consultores y asociados C.A. Valencia Venezuela.
- Nergiza. (2004) transferencia de calor. Recuperado de: <https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>
- Norma COVENIN 5006:2018. Requisitos de Seguridad y Ambientales para la Instalación, Operación, Mantenimiento, Reparación de Sistemas de Refrigeración, Recuperación, Reúso y Eliminación de los Fluidos Refrigerantes. Recuperado de: http://www.sencamer.gob.ve/publicos/descargas/pdf/covenin/COVENIN_5006-2018.pdf.
- Palella y Martins (2006). Metodología de la Investigación Cuantitativa. 2da edición. FEDUPEL. Caracas, Venezuela.
- Palella y Martins (2012). Metodología de la Investigación Cuantitativa. 3ra edición. FEDUPEL. Caracas, Venezuela.
- Rodríguez y Martínez (2018). “Diseño de un protocolo para el diagnóstico de unidades de manejo de aire”. <https://saber.ucv.ve/handle/10872/1>. Caracas, Venezuela.
- Sabino (1997). Proceso de Investigación. Editorial Panapo. Caracas.
- Sampieri, R. (2018). Metodología de la Investigación. 6ta Edición. Editorial McGraw-Hill. México D.F.
- Santa Palella y Stracuzzi Martins (2006). Metodología de la investigación cualitativa. 2da edición. Editorial fedupel. Caracas, Venezuela
- SKYbrary (2019). Beech 200 super King Air. <https://skybrary.aero/aircraft/be20>
- Sobrero, F. (2009). Análisis de Viabilidad: La cenicienta en los Proyectos de Inversión.
- Tamayo (2002). El proceso de la Investigación Científica. 4ta edición. Editorial Limusa. México.
- Tamayo (2012). El proceso de la Investigación Científica. 5ta edición. Editorial Limusa. México.
- White, F (2003). Mecánica de fluidos. 5ta edición. Editorial McGraw-Hill. España.

Wired (2022). Unidad de apoyo en tierra (GPU). Recuperado de:
<https://es.wired.com/articulos/aviones-electricos>

Word Press (2015). Motores de aviación. Motor turbo Hélice. Recuperado de:
<https://clem603.wordpress.com/turbohelice/>.

APÉNDICE

APÉNDICE A



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INSTRUCCIONES PARA LA GUIA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encargada de aplicar el cuestionario

Nº	Guión de entrevista
1	Desde su experiencia en el área de aeronaves ¿Cómo detecta usted, que existe una falla en el acondicionamiento de aire en el avión, con qué frecuencia se presentan y por qué?
2	Según su experiencia ¿Cuál ha sido el problema más relevante respecto al acondicionamiento de aire de aeronaves en sus horas de vuelo y cuáles han sido las de mayor frecuencia?
3	Desde su óptica ¿Describa los factores externos que perjudican el sistema de enfriamiento?
4	En su opinión ¿Hasta qué altitud se hace uso del sistema de enfriamiento, y por qué?
5	En función de su experiencia ¿Qué tipos de componentes en el ciclo de refrigeración, ha observado usted que son sustituidos con mayor frecuencia y por qué?

APÉNDICE B



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fecha: 11/10/2023


Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	<i>Ing. Electricista Especialista en Docencia para la Educación Superior Magister Scientiarum en Instrumentación</i>
--	--

APÉNDICE D



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	X			X		
2	X			X		
3	X			X		
4	X			X		
5	X			X		

Firma del Especialista:

Fecha: 11/10/2023

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	ING MECÁNICA, MSc ING. MECÁNICA
--	---------------------------------

ANEXOS

Anexo A

Catálogo Siemens (Motores eléctricos)

04 Motores trifásicos serie 1LE2225 NEMA Premium

Motores NEMA diseñados para aplicaciones estándar con eficiencia NEMA Premium. Ideales para ser utilizados en bandas transportadoras, bombas, ventiladores, compresores y demás aplicaciones industriales.

Su diseño eléctrico permite que operen a dos tensiones (208-230/460V para tamaños 140T - 250T y 230/460V para tamaños 280T - 360T) dándoles flexibilidad. Tienen capacidad de operación con variador de velocidad (VT 20:1 para tamaños 140 - 440 y CT 4:1 para tamaños 140 - 440) y su eficiencia premium los convierte en una herramienta ideal para el ahorro energético. La carcasa en hierro les permite soportar con facilidad altas cargas mecánicas asegurando su integridad estructural. Cuenta con rodamientos libres de mantenimiento (tamaños 140-400) o con grasa (tamaño 440), protección externa y sobredimensionados. Su lubricación basada en polyurea asegura resistencia a altas temperaturas sin sufrir degradación alguna. El ventilador bidireccional antichispas asegura una refrigeración correcta y segura del motor, este se protege por una caperuza de policarbonato. Su diseño está centrado en la facilidad de uso, lo cual se ve reflejado en su caja de bornes sobredimensionada, dividida diagonalmente y rotable en incrementos de 90° para asegurar la facilidad de sus conexiones. Todo esto sumado a su garantía de 2 años lo convierte en el equipo ideal para su aplicación.

Características eléctricas:

- Eficiencia NEMA Premium® en toda la serie (IE3)
- Tensiones conmutables 208-230/460V para tamaños 140 - 250 y 230/460V para tamaños 280 - 360
- Posibilidad de arranque directo en todos los tamaños constructivos.
- Clase térmica F
- Tipo de servicio: S1
- Factor de servicio (FS): 1,15, 40°C temperatura ambiente.
- Aptos para ser accionados con variador de velocidad. VT 20:1 para tamaños 140-440 y CT 4:1 para tamaños 140-440
- Disponibilidad en 2, 4 y 6 polos (3600, 1800 y 1200rpm)



Anexo B

Catálogo Siemens (Motores eléctricos)

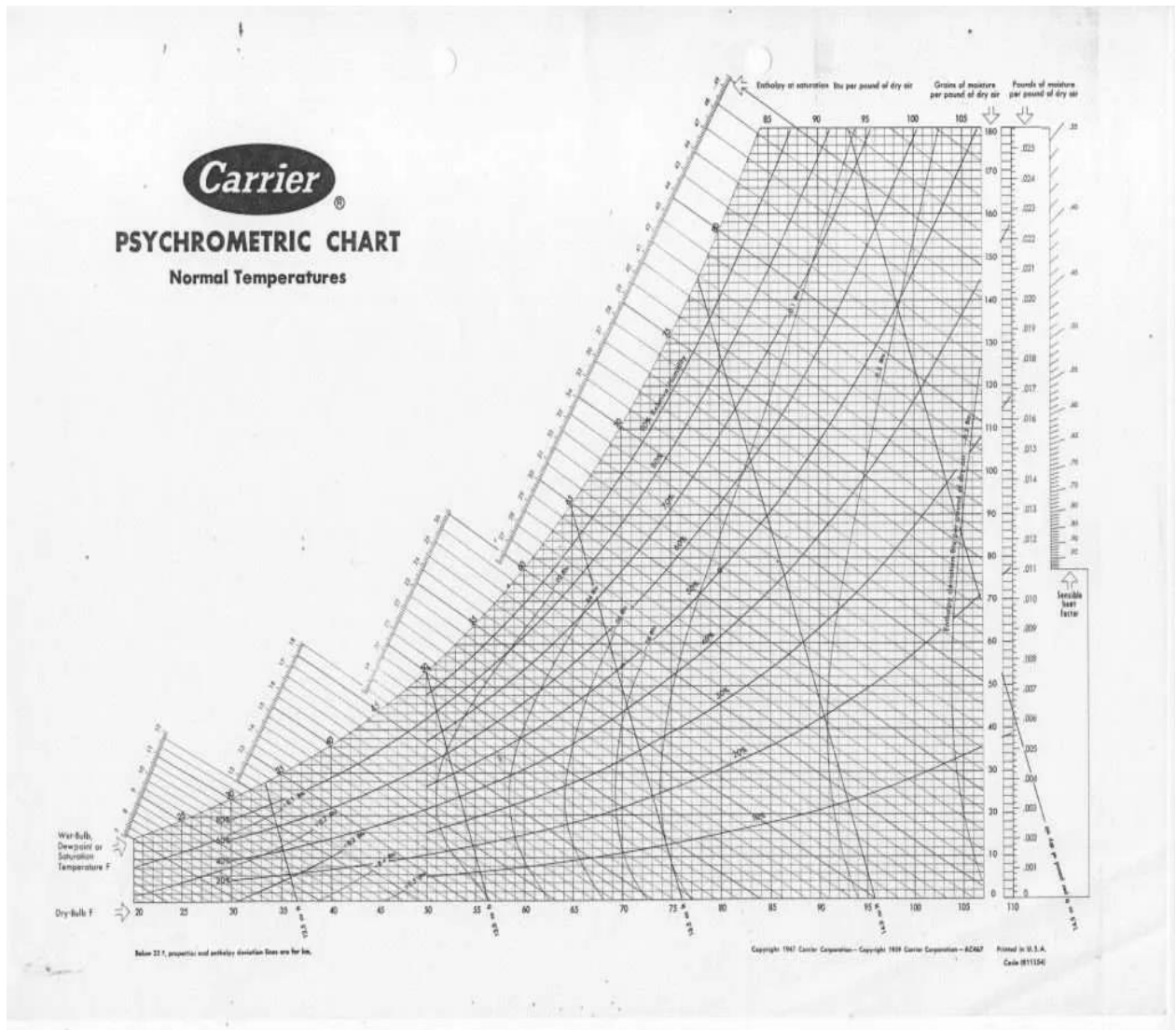
Accesorios bajo pedido:

- Termostatos
- Montajes especiales
- Bandas Calefactoras
- Arranque estrella delta
- Tensión de alimentación fuera del estándar

Rango de potencias	Tamaños constructivos	1 - 200 HP 143T - 449T
Rango de potencias	NEMA Premium	143T - 449T
Voltaje	208 - 230 / 460V 230 / 460V 460V	1 - 20HP hasta el tamaño 256T 20 - 75HP hasta el tamaño 365T 100 - 200HP
Aislamiento	Aislamiento Clase F Factor de servicio @ 40°C "Rise" de temperatura (Onda senoidal)	NEMA diseño B NEMA MG1 Part 31 1,15 Clase B@1,0SF Clase F@1,15SF
Carcasa	Patas con 8 agujeros Denes de condensación Eje de carbono alta resistencia IP55 - V-ring slinger	Fundición de hierro Fundidas Drenes - Dos en el punto inferior de la carcasa C1045 En el lado DE únicamente
Estator/Bobinados rotor	Estator Rotor, Fundición de aluminio	Cobre "random wound" 143T - 449T
Caja de conexión	Aluminio Acero Fundición hierro O-ring	Sobredimensionada 143T - 256T 280T - 400T 440T 143T - 256T
Rodamientos	Doble sello Sello sencillo Carcasa del rodamiento Grasa	143T-256T 284T-449T Hierro Base de Polyurea
Ventilador	Caperuza Ventilador bidireccional	Plástica 143T-256T Lamina metálica 284T-326T Hierro 404T-449T 143T-449T Polipropileno
Equipo	Placa de datos Calcomos de izaje Pintura	Resistente al óxido "Zinc plated" Grabada en aluminio Incluidos para mayor de 75 lbs Alkyd Modified - RAL 7030
"Inverter Duty"	Torque variable 20:1 Torque constante 4:1	143T - 256T 143T - 256T

Anexo D

Carta Psicrométrica de Carrier



Anexo E

Tabla de propiedades de gas ideal del aire

982

TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES INGLESAS)

TABLA A-17E

Propiedades de gas ideal del aire

T R	h Btu/lbm	P _r	u Btu/lbm	v _r	s ^o Btu/lbm · R	T R	h Btu/lbm	P _r	u Btu/lbm	v _r	s ^o Btu/lbm · R
360	85.97	0.3363	61.29	396.6	0.50369	1600	395.74	71.13	286.06	8.263	0.87130
380	90.75	0.4061	64.70	346.6	0.51663	1650	409.13	80.89	296.03	7.556	0.87954
400	95.53	0.4858	68.11	305.0	0.52890	1700	422.59	90.95	306.06	6.924	0.88758
420	100.32	0.5760	71.52	270.1	0.54058	1750	436.12	101.98	316.16	6.357	0.89542
440	105.11	0.6776	74.93	240.6	0.55172	1800	449.71	114.0	326.32	5.847	0.90308
460	109.90	0.7913	78.36	215.33	0.56235	1850	463.37	127.2	336.55	5.388	0.91056
480	114.69	0.9182	81.77	193.65	0.57255	1900	477.09	141.5	346.85	4.974	0.91788
500	119.48	1.0590	85.20	174.90	0.58233	1950	490.88	157.1	357.20	4.598	0.92504
520	124.27	1.2147	88.62	158.58	0.59173	2000	504.71	174.0	367.61	4.258	0.93205
537	128.10	1.3593	91.53	146.34	0.59945	2050	518.71	192.3	378.08	3.949	0.93891
540	129.06	1.3860	92.04	144.32	0.60078	2100	532.55	212.1	388.60	3.667	0.94564
560	133.86	1.5742	95.47	131.78	0.60950	2150	546.54	223.5	399.17	3.410	0.95222
580	138.66	1.7800	98.90	120.70	0.61793	2200	560.59	256.6	409.78	3.176	0.95919
600	143.47	2.005	102.34	110.88	0.62607	2250	574.69	281.4	420.46	2.961	0.96501
620	148.28	2.249	105.78	102.12	0.63395	2300	588.82	308.1	431.16	2.765	0.97123
640	153.09	2.514	109.21	94.30	0.64159	2350	603.00	336.8	441.91	2.585	0.97732
660	157.92	2.801	112.67	87.27	0.64902	2400	617.22	367.6	452.70	2.419	0.98331
680	162.73	3.111	116.12	80.96	0.65621	2450	631.48	400.5	463.54	2.266	0.98919
700	167.56	3.446	119.58	75.25	0.66321	2500	645.78	435.7	474.40	2.125	0.99497
720	172.39	3.806	123.04	70.07	0.67002	2550	660.12	473.3	485.31	1.996	1.00064
740	177.23	4.193	126.51	65.38	0.67665	2600	674.49	513.5	496.26	1.876	1.00623
760	182.08	4.607	129.99	61.10	0.68312	2650	688.90	556.3	507.25	1.765	1.01172
780	186.94	5.051	133.47	57.20	0.68942	2700	703.35	601.9	518.26	1.662	1.01712
800	191.81	5.526	136.97	53.63	0.69558	2750	717.83	650.4	529.31	1.566	1.02244
820	196.69	6.033	140.47	50.35	0.70160	2800	732.33	702.0	540.40	1.478	1.02767
840	201.56	6.573	143.98	47.34	0.70747	2850	746.88	756.7	551.52	1.395	1.03282
860	206.46	7.149	147.50	44.57	0.71323	2900	761.45	814.8	562.66	1.318	1.03788
880	211.35	7.761	151.02	42.01	0.71886	2950	776.05	876.4	573.84	1.247	1.04288
900	216.26	8.411	154.57	39.64	0.72438	3000	790.68	941.4	585.04	1.180	1.04779
920	221.18	9.102	158.12	37.44	0.72979	3050	805.34	1011	596.28	1.118	1.05264
940	226.11	9.834	161.68	35.41	0.73509	3100	820.03	1083	607.53	1.060	1.05741
960	231.06	10.61	165.26	33.52	0.74030	3150	834.75	1161	618.82	1.006	1.06212
980	236.02	11.43	168.83	31.76	0.74540	3200	849.48	1242	630.12	0.955	1.06676
1000	240.98	12.30	172.43	30.12	0.75042	3250	864.24	1328	641.46	0.907	1.07134
1040	250.95	14.18	179.66	27.17	0.76019	3300	879.02	1418	652.81	0.8621	1.07585
1080	260.97	16.28	186.93	24.58	0.76964	3350	893.83	1513	664.20	0.8202	1.08031
1120	271.03	18.60	194.25	22.30	0.77880	3400	908.66	1613	675.60	0.7807	1.08470
1160	281.14	21.18	201.63	20.29	0.78767	3450	923.52	1719	687.04	0.7436	1.08904
1200	291.30	24.01	209.05	18.51	0.79628	3500	938.40	1829	698.48	0.7087	1.09332
1240	301.52	27.13	216.53	16.93	0.80466	3550	953.30	1946	709.95	0.6759	1.09755
1280	311.79	30.55	224.05	15.52	0.81280	3600	968.21	2068	721.44	0.6449	1.10172
1320	322.11	34.31	231.63	14.25	0.82075	3650	983.15	2196	732.95	0.6157	1.10584
1360	332.48	38.41	239.25	13.12	0.82848	3700	998.11	2330	744.48	0.5882	1.10991
1400	342.90	42.88	246.93	12.10	0.83604	3750	1013.1	2471	756.04	0.5621	1.11393
1440	353.37	47.75	254.66	11.17	0.84341	3800	1028.1	2618	767.60	0.5376	1.11791
1480	363.89	53.04	262.44	10.34	0.85062	3850	1043.1	2773	779.19	0.5143	1.12183
1520	374.47	58.78	270.26	9.578	0.85767	3900	1058.1	2934	790.80	0.4923	1.12571
1560	385.08	65.00	278.13	8.890	0.86456	3950	1073.2	3103	802.43	0.4715	1.12955

Anexo F

Tabla de Presión de refrigerante 134-A

APENDICE 2

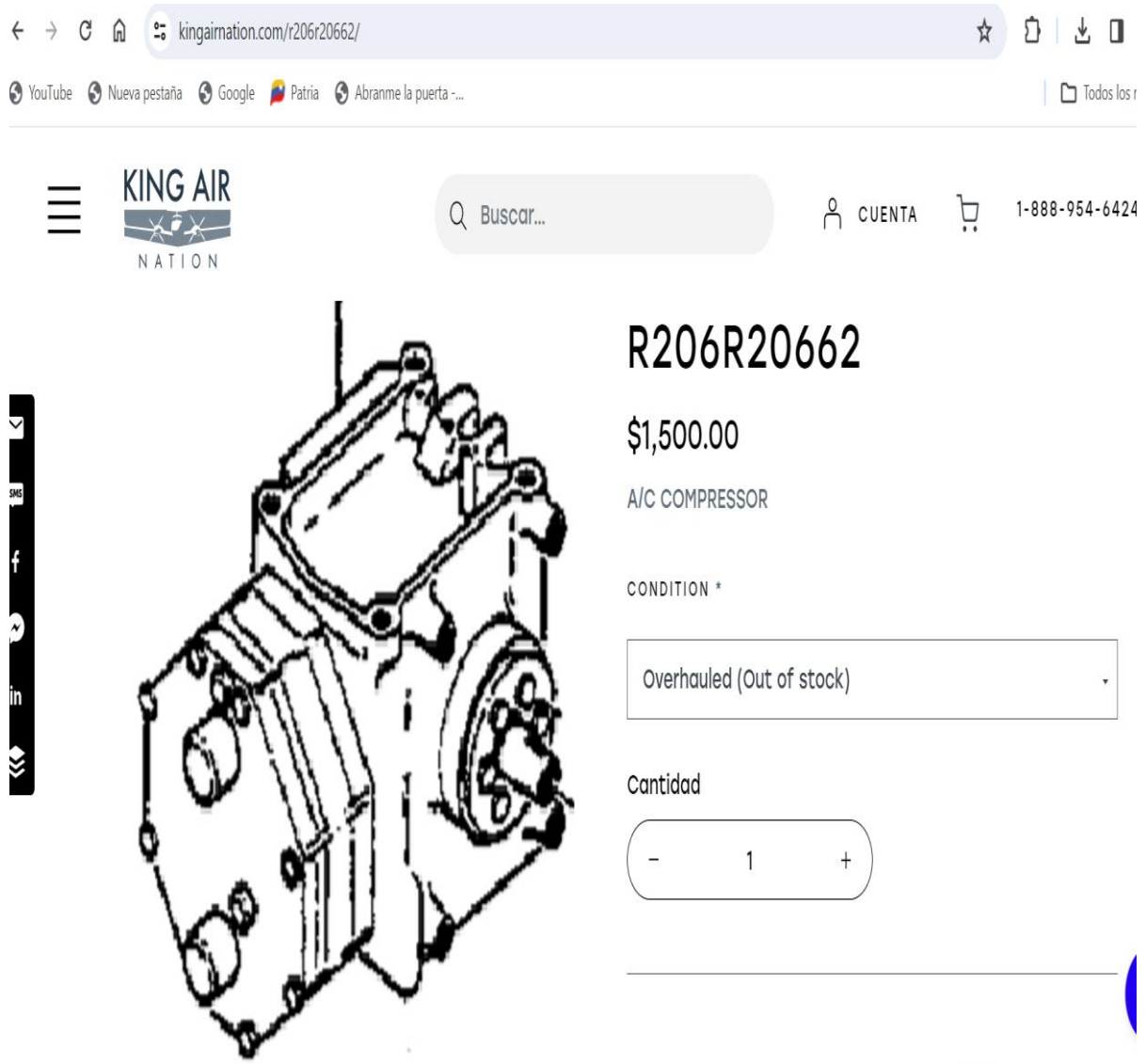
TABLA A-12E

Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión

Pres., P psia	Temp. sat., T °F	Volumen específico, ft ³ /lbm		Energía interna, Btu/lbm			Entalpía, Btu/lbm			Entropía, Btu/lbm · R		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
5	-53.09	0.01113	8.3785	-3.918	91.280	87.36	-3.907	99.022	95.11	-0.00945	0.24353	0.23408
10	-29.52	0.01144	4.3753	3.135	87.453	90.59	3.156	95.528	98.68	0.00742	0.22206	0.22948
15	-14.15	0.01165	2.9880	7.803	84.893	92.70	7.835	93.155	100.99	0.01808	0.20908	0.22715
20	-2.43	0.01182	2.2772	11.401	82.898	94.30	11.445	91.282	102.73	0.02605	0.19962	0.22567
25	7.17	0.01196	1.8429	14.377	81.231	95.61	14.432	89.701	104.13	0.03249	0.19213	0.22462
30	15.37	0.01209	1.5492	16.939	79.780	96.72	17.006	88.313	105.32	0.03793	0.18589	0.22383
35	22.57	0.01221	1.3369	19.205	78.485	97.69	19.284	87.064	106.35	0.04267	0.18053	0.22319
40	29.01	0.01232	1.1760	21.246	77.307	98.55	21.337	85.920	107.26	0.04688	0.17580	0.22268
45	34.86	0.01242	1.0497	23.110	76.221	99.33	23.214	84.858	108.07	0.05067	0.17158	0.22225
50	40.23	0.01252	0.94791	24.832	75.209	100.04	24.948	83.863	108.81	0.05413	0.16774	0.22188
55	45.20	0.01261	0.86400	26.435	74.258	100.69	26.564	82.924	109.49	0.05733	0.16423	0.22156
60	49.84	0.01270	0.79361	27.939	73.360	101.30	28.080	82.030	110.11	0.06029	0.16098	0.22127
65	54.20	0.01279	0.73370	29.357	72.505	101.86	29.510	81.176	110.69	0.06307	0.15796	0.22102
70	58.30	0.01287	0.68205	30.700	71.688	102.39	30.867	80.357	111.22	0.06567	0.15512	0.22080
75	62.19	0.01295	0.63706	31.979	70.905	102.88	32.159	79.567	111.73	0.06813	0.15245	0.22059
80	65.89	0.01303	0.59750	33.201	70.151	103.35	33.394	78.804	112.20	0.07047	0.14993	0.22040
85	69.41	0.01310	0.56244	34.371	69.424	103.79	34.577	78.064	112.64	0.07269	0.14753	0.22022
90	72.78	0.01318	0.53113	35.495	68.719	104.21	35.715	77.345	113.06	0.07481	0.14525	0.22006
95	76.02	0.01325	0.50301	36.578	68.035	104.61	36.811	76.645	113.46	0.07684	0.14307	0.21991
100	79.12	0.01332	0.47760	37.623	67.371	104.99	37.869	75.962	113.83	0.07879	0.14097	0.21976
110	85.00	0.01347	0.43347	39.612	66.091	105.70	39.886	74.641	114.53	0.08246	0.13703	0.21949
120	90.49	0.01360	0.39644	41.485	64.869	106.35	41.787	73.371	115.16	0.08589	0.13335	0.21924
130	95.64	0.01374	0.36491	43.258	63.696	106.95	43.589	72.144	115.73	0.08911	0.12990	0.21901
140	100.51	0.01387	0.33771	44.945	62.564	107.51	45.304	70.954	116.26	0.09214	0.12665	0.21879
150	105.12	0.01400	0.31401	46.556	61.467	108.02	46.945	69.795	116.74	0.09501	0.12357	0.21857
160	109.50	0.01413	0.29316	48.101	60.401	108.50	48.519	68.662	117.18	0.09774	0.12062	0.21836
170	113.69	0.01426	0.27466	49.586	59.362	108.95	50.035	67.553	117.59	0.10034	0.11781	0.21815
180	117.69	0.01439	0.25813	51.018	58.345	109.36	51.497	66.464	117.96	0.10284	0.11511	0.21795
190	121.53	0.01452	0.24327	52.402	57.349	109.75	52.912	65.392	118.30	0.10524	0.11250	0.21774
200	125.22	0.01464	0.22983	53.743	56.371	110.11	54.285	64.335	118.62	0.10754	0.10998	0.21753
220	132.21	0.01490	0.20645	56.310	54.458	110.77	56.917	62.256	119.17	0.11192	0.10517	0.21710
240	138.73	0.01516	0.18677	58.746	52.591	111.34	59.419	60.213	119.63	0.11603	0.10061	0.21665
260	144.85	0.01543	0.16996	61.071	50.757	111.83	61.813	58.192	120.00	0.11992	0.09625	0.21617
280	150.62	0.01570	0.15541	63.301	48.945	112.25	64.115	56.184	120.30	0.12362	0.09205	0.21567
300	156.09	0.01598	0.14266	65.452	47.143	112.60	66.339	54.176	120.52	0.12715	0.08797	0.21512
350	168.64	0.01672	0.11664	70.554	42.627	113.18	71.638	49.099	120.74	0.13542	0.07814	0.21356
400	179.86	0.01757	0.09642	75.385	37.963	113.35	76.686	43.798	120.48	0.14314	0.06848	0.21161
450	190.02	0.01860	0.07987	80.092	32.939	113.03	81.641	38.041	119.68	0.15056	0.05854	0.20911
500	199.29	0.01995	0.06551	84.871	27.168	112.04	86.718	31.382	118.10	0.15805	0.04762	0.20566

Anexo G

Precio del compresor de aire acondicionado en página King Air Nación



The screenshot shows a web browser window with the URL `kingairnation.com/r206r20662/`. The page header includes the King Air Nation logo, a search bar with the text "Buscar...", a user account icon labeled "CUENTA", and a shopping cart icon with the phone number "1-888-954-6424".

The main content area features a large image of an A/C compressor on the left. To the right of the image, the product details are as follows:

- R206R20662**
- \$1,500.00**
- A/C COMPRESSOR**
- CONDITION ***
- Overhauled (Out of stock)
- Cantidad**
- 1 +

On the left side of the image, there is a vertical navigation bar with icons for social media (Twitter, Facebook, LinkedIn) and a share icon.

Anexo H

Precio del Ventilador de refrigeración en página King Air Nación



Q Buscar...

CUENTA



1-888-954-6424

AE1107D01

\$300.00

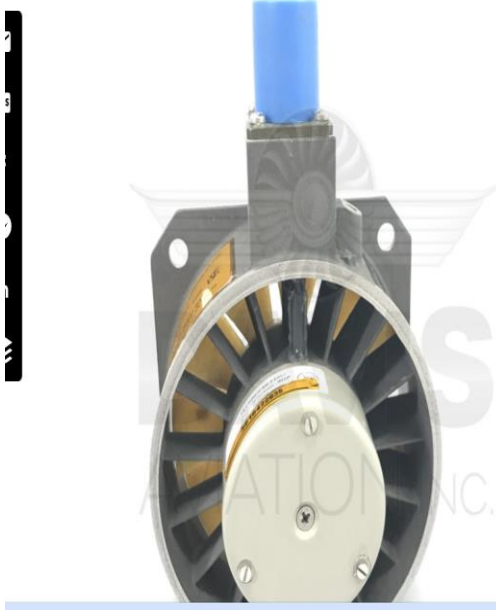
FAN-AVIONICS COOLING

CONDITION *

Serviceable (Out of stock)

Cantidad

- 1 +



Anexo I

Precio del Condensador de refrigeración en página King Air Nación

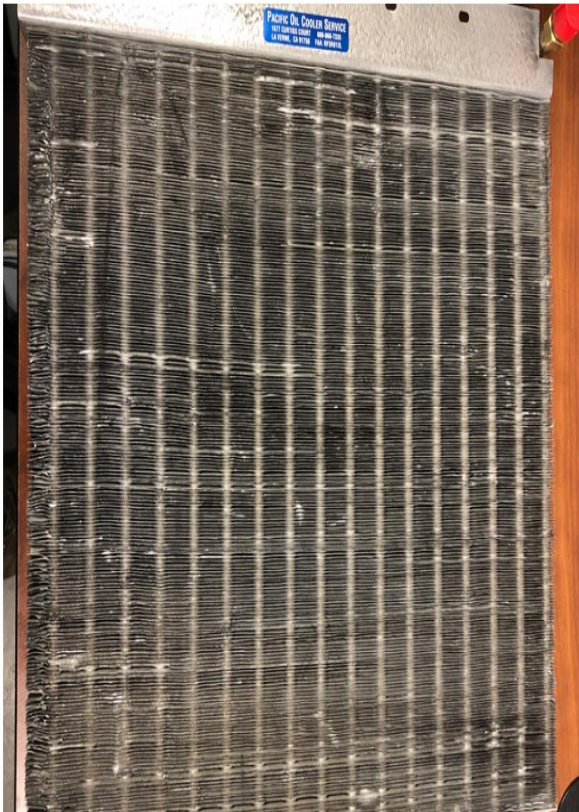


Q Buscar...

CUENTA



1-888-954-6424



50-380039

\$2,500.00

Coil-Condenser

CONDITION *

Overhauled

EXCHANGE OR OUTRIGHT ? *

Elegir uno...

Cantidad

- 1 + 2 in stock. Backorder available.