

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan finalidad académica, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Desarrollo de un sistema de ventilación autónomo para controlar la temperatura interna en la cabina de un automóvil expuesto a la radiación solar directa.

Dylan Jesús Quintero Torrado, Jhoniffer Zemanate Muñoz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingenieros Mecatrónicos

Director

Pedro Pablo Díaz Jaimes

Doctor en Proyectos de Ingeniería

Codirector

Diego Ricardo Paez Ardila

Magister en Ingeniería Eléctrica

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Mecatrónica

División de Ingenierías y Arquitectura

Bucaramanga

2020

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Dedicatoria

Queremos dedicar principalmente este logro a Dios quien ha sido mi guía en el camino, el que ha permitido que cada día sea un paso más a los anhelos y metas propuestas, también a todos nuestros familiares por brindarnos el apoyo incondicional, no solo económico sino afectivo y espiritual que en muchos momentos de crisis lo necesitamos, ya que es por ellos y para ellos que hoy podemos decir con orgullo, somos INGENIEROS MECATRONICOS.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga por permitirnos cursar y terminar su programa de Ingeniería Mecatrónica. En especial deseamos agradecer a nuestros directores de proyecto los ingenieros: Diego Ricardo Páez Ardilla y Pedro Pablo Días Jaimes, por su colaboración en la revisión y seguimiento del cumplimiento del proyecto durante todo su desarrollo.

Agradecemos a todos nuestros profesores, quienes fueron los responsables de guiarnos e instruirnos y afianzar los conocimientos necesarios para el desarrollo y culminación del proyecto. Y finalmente, agradecemos a nuestros compañeros de facultad por ayudarnos académicamente en las asignaturas, por las relaciones interpersonales que se manejaron en toda la carrera y motivarnos a mejorar nuestras habilidades.

Tabla de contenido

	pág.
Introducción	15
Capítulo 1. Motivación y formulación del problema.....	17
1.1 Finalidad.....	18
1.1.1 Objetivo General.....	18
1.1.2 Objetivo Específicos	18
1.2 Aportes del Trabajo.....	18
1.3 Organización del Documento	19
Capítulo 2. Marco de Referencia	21
2.1. Marco Teórico.....	21
2.1.1. Energía.....	21
2.1.2. Termodinámica	22
2.1.3. Energía mecánica	23
2.1.4. Leyes termodinámicas	24
2.1.5. Flujo volumétrico.....	27
2.2. Marco conceptual.....	27
2.3. Marco Legal	30
2.4. Marco Tecnológico y Científico (Estado del Arte).....	30
2.5. Condiciones Iniciales del Proyecto	33
Capítulo 3. Diseño Metodológico	34
3.1. Gestión del Proyecto	34
3.2. Descripción de etapas y tareas	37

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Capítulo 4. Desarrollo.....	39
4.1. Fase 0. Identificación Interesados/ Clientes.....	39
4.2. F1. Requisitos	40
4.2.1. Paso 1. Obtención de la “voz del cliente”.....	40
4.2.2. Paso 2. Características	48
4.2.3. Paso 3. Requisitos	49
4.3 F2: Definición del Producto.....	50
4.4. F3: Definición de Componentes/ Subsistemas	53
4.5. Diseño – Cálculos	55
4.5.1 diseño electrónico	56
4.5.2. Diseño mecánico.....	58
4.5.3. Diseño de software.....	67
4.6. Simulaciones-pruebas- caracterización.....	70
4.6.1. Caracterización de sensores de temperatura	70
4.6.2. Prueba de temperatura con extractores	71
4.6.3. simulación de controlador.....	73
4.7. Resultados	77
4.7.1. Resultados de la caracterización de sensores.....	77
4.7.2. Resultados de la prueba de temperatura con extractores	77
4.7.3. Resultados de la simulación del control.....	77
5. Conclusiones.....	78
6. Recomendación.....	79
Referencias Bibliográficas	80

Apéndices..... 82

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Aspectos legales</i>	30
Tabla 2. <i>Identificación de interesados</i>	34
Tabla 3. <i>Cronograma de actividades</i>	36
Tabla 4. <i>Costos totales del proyecto</i>	37
Tabla 5. <i>Descripción de tareas y evidencias</i>	37
Tabla 6.. <i>Ubicación de sensores de temperatura dentro del vehículo</i>	44
Tabla 7. <i>Requisitos de diseño</i>	49
Tabla 8. <i>Descripción de nomenclatura</i>	53
Tabla 9. <i>Características mecánicas de ventiladores</i>	58
Tabla 11. <i>Frecuencias para la depuración visual</i>	70

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Lista de figuras

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 1.</i> Sistema de enfriamiento portable con celdas de Peltier.....	32
<i>Figura 2.</i> Sistema de ventilación forzada portable con celdas de Peltier.	33
<i>Figura 3.</i> Estructura de desglose de trabajo EDT.	35
<i>Figura 4.</i> Modelo CAD de la cabina simplificado.....	41
<i>Figura 5.</i> Simulación termodinámica de la cabina.	42
<i>Figura 6.</i> Estructura para generar escalón de radiación.....	43
<i>Figura 7.</i> Distribución de sensores en la cabina del vehículo.....	44
<i>Figura 8.</i> Temperatura interna de la cabina.	45
<i>Figura 9.</i> Datos de radiación solar durante la prueba.	45
<i>Figura 10.</i> Datos de temperatura promedio en el interior de la cabina.....	46
<i>Figura 11.</i> Identificación de la planta	47
<i>Figura 12.</i> Foto de la cabina delantera.....	48
<i>Figura 13.</i> Selección de ventiladores por técnica HAP.	51
<i>Figura 14.</i> Selección de controlador por técnica hap.....	51
<i>Figura 15.</i> Selección de material por técnica HAP.....	52
<i>Figura 16.</i> Selección de módulos adicionales.....	52
<i>Figura 17.</i> Diagrama de caja negra del sistema general.	53
<i>Figura 18.</i> Diagrama de bloques del sistema eléctrico.	54
<i>Figura 19.</i> Diagrama de bloques del sistema mecánico.....	55
<i>Figura 20.</i> Diagrama de bloques del sistema de control.....	55
<i>Figura 21.</i> Modificaciones de tarjeta electrónica.	57

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

<i>Figura 22.</i> Modificaciones de tarjeta electrónica.	57
<i>Figura 23.</i> Primer prototipo de extracción de calor.	58
<i>Figura 24.</i> Curvas de calentamiento interno de la cabina con ventilador 1 y ventilador 2.....	59
<i>Figura 25.</i> Cargas aplicadas a la estructura.	61
<i>Figura 26.</i> Diagrama de cargas.	62
<i>Figura 27.</i> Diagramas de cortantes y momentos de a viga.	62
<i>Figura 28.</i> Perfil transversal de la viga.	63
<i>Figura 29.</i> Diagrama de fuerzas aplicadas a la columna.	64
<i>Figura 30.</i> Diseño CAD del dispositivo.	65
<i>Figura 31.</i> Prototipo ensamblado.....	66
<i>Figura 32.</i> Piezas estructurales del prototipo.....	66
<i>Figura 33.</i> Dispositivo ensamblado.	67
<i>Figura 34.</i> Programa en diagrama de flujo.	68
<i>Figura 35.</i> Visualización de temperatura.	69
<i>Figura 36.</i> Calibración de sensor DS18B20.	70
<i>Figura 37.</i> Diagrama del sistema con extractores.....	72
<i>Figura 38.</i> Gráfica comparativa temperatura experimental vs simulación.....	72
<i>Figura 39.</i> Respuesta al escalón unitario del sistema con controlador PI.....	73
<i>Figura 40.</i> Parámetros del controlador	74
<i>Figura 41.</i> Sistema de planta con controlador	75
<i>Figura 42.</i> Temperatura de la cabina aplicando el controlador.	75
<i>Figura 43.</i> Temperatura de la cabina aplicando el controlador.	76

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Figura 44. Acción de control (izquierda) y temperatura de salida (derecha) del sistema con SetPoint 45°C..... 76

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Guía PMBOK	82
Apéndice B. Simulación termodinámica de la cabina.	83
Apéndice C. Cargas térmicas	84
Apéndice D. Ficha técnica PLA	88
Apéndice E. Evidencia aprobación ante Proyecto.....	90

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Resumen

Uno de los aspectos más importantes en la vida cotidiana es el confort, constantemente los seres humanos han buscado maneras de alcanzar comodidad en todos los ámbitos. El problema que aborda el presente trabajo tiene que ver con este tema, más concretamente con la comodidad dentro de los automóviles, debido a su exposición en las horas del día a la radiación solar el aumento de calor al interior de la cabina provoca una sensación de incomodidad. El propósito de este proyecto es lograr una estabilidad térmica consiguiendo que el ambiente al interior de la cabina sea agradable aún luego de estar mucho tiempo expuesto a la radiación. El artefacto contribuirá a la salud de los usuarios de los automóviles que dispongan de él, ya que, los cambios bruscos de temperatura ocasionan daños perjudiciales en la salud a largo plazo. Para lograr ese objetivo se tuvieron en cuenta principios de termodinámica concernientes al flujo de energía calórica dentro de la cabina de un automóvil, apoyándose de simulaciones por software y cálculos matemáticos del libro termodinámica de Sengel.

Palabras clave: Sistema, ventilación, confort, automóvil, estrés térmico, simulación, radiación.

Abstract

One of the most important aspects in daily life is comfort, humans have constantly searched ways to achieve comfort in all areas. The problem exposed in the following document is related with this topic, in specific with the comfort inside cars, due to its exposure in day hours to the solar radiation, the heat increase induce a uncomfortable sensation. The propose of this project is to accomplish a termal estabily reaching that environment inside the cabine will be comfortable even after a long time exposed to radiation. The device will contribute to the health of car users who dispose of it, because abrupt changes in temperature could cause several damages in health in long term. To goal this objective it's necessary to consider termodinamic laws about heat energy Flow inside the cabine of a car, supported in software simulations and math calculations of the book termodinamic of Sengel.

Keywords: System, ventilation, comfort, automobile, thermal stress, simulation, radiation.

Introducción

El confort es un aspecto importante cuando se mide el desempeño de una persona al realizar una determinada tarea, es indispensable que la persona se encuentre en un lugar que ofrezca las condiciones adecuadas para generar confort, pero ¿a qué condiciones se hace referencia?

En la apreciación del confort podemos identificar cuatro factores relevantes, el confort olfativo, visual, acústico y térmico; en el año 2013 se realizó una encuesta para conocer la apreciación de los estudiantes de tres distintos campus universitarios con respecto a los factores antes mencionados, la cual arroja como resultado que el confort térmico es uno de los más importantes al momento de sentir satisfacción con las condiciones medioambientales [1].

Una de las definiciones más aceptadas de lo que se entiende por confort térmico establece que es la “condición mental bajo la cual expresan satisfacción la mayoría de los ocupantes de un determinado ambiente térmico” [2]. Teniendo esto en cuenta es posible establecer una relación directa entre el confort y la temperatura del medio donde se encuentra la persona.

Una temperatura adecuada no solo es indispensable para el confort, sino que es necesaria para el correcto funcionamiento del cuerpo humano. En Europa se registran mayores tasas de mortalidad cuando la temperatura medioambiental está en sus extremos máximos y mínimos, las afecciones más comunes producidas por las altas temperaturas se encuentran relacionadas con problemas circulatorios. [3]

Entre los perjuicios que puede sufrir una persona al experimentar estos cambios bruscos de temperatura se encuentra el estrés por golpe de calor, el cual consiste en el calentamiento del cuerpo por actividad física, o en este caso, por factores climáticos externos. Un aumento de dos grados centígrados en la temperatura normal del cuerpo puede afectar el funcionamiento de la

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

cabeza, sin embargo, un aumento en cinco grados centígrados de la temperatura del cuerpo puede resultar en efectos serios de salud o muerte [4].

Capítulo 1. Motivación y formulación del problema

De los escenarios más comunes donde experimentamos cambios bruscos de temperatura es el automóvil, desde la invención del carro, se ha incrementado [5] su uso para distintos propósitos, especialmente en tareas cotidianas como el transporte personal, mejorando tecnológicamente cada día para ofrecer mayor seguridad, economía y confort. Uno de los mayores inconvenientes se presenta al momento de estacionar el vehículo, la mayoría de los parqueaderos públicos no cuentan con espacios cubiertos, lo que hace que el vehículo se encuentre expuesto a la radiación solar directa por largos periodos de tiempo, al estar en estas condiciones la radiación solar puede incidir al interior de la cabina por medio de las ventanillas que actúan como invernadero, atrapando la luz solar y el calor, debido a esto la temperatura del interior de la cabina aumenta significativamente haciendo que el vehículo no tenga las condiciones de confort al ingresar a él. Para mitigar estos efectos se desarrolló un sistema de extracción de calor que conserva la temperatura interna de la cabina en valores cercanos a la temperatura ambiente, proporcionando las condiciones de confort dentro del vehículo sin utilizar sistemas que involucren consumo de combustibles fósiles para evitar el incremento en emisión de gases de efecto invernadero y reduciendo el impacto ambiental del vehículo, además de reducir el impacto a la salud generado por los cambios bruscos de temperatura, todo esto mientras el vehículo se encuentra estacionado.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

1.1 Finalidad

1.1.1 Objetivo General.

Desarrollar un sistema de ventilación autónomo para controlar la temperatura interna en la cabina de un automóvil expuesto a la radiación solar directa, mediante un dispositivo Mecatrónico.

1.1.2 Objetivo Específicos

Desarrollar un dispositivo de monitoreo para la adquisición de datos en tiempo real, mediante la implementación de un sistema de medición de condiciones ambientales en el interior y exterior de la cabina del automóvil.

Determinar las características estáticas del dispositivo de monitoreo mediante técnicas estadísticas para la validación de los resultados obtenidos en la experimentación.

Simular comportamiento termodinámico del modelo de estudio mediante un software computacional, para obtener la carga térmica en la cabina del automóvil.

Crear un sistema de ventilación teniendo en cuenta criterios mecánicos y electrónicos para funcionar en un rango de temperaturas establecido.

Implementar un sistema de control, siguiendo las condiciones del perfil de temperatura, para garantizar las condiciones de operación del sistema de ventilación.

1.2 Aportes del Trabajo

Con el siguiente proyecto se realizan aportes académicos en el área de investigación, el cual se centra en la búsqueda de distintas alternativas de extracción de calor en el interior de la cabina de

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

un automóvil expuesta a radiación solar directa, llevadas a cabo por distintos prototipos como son: extracción de calor por fluido comprimido, extracción de calor con celdas peltier y extracción de calor por ventilación, teniendo en cuenta el consumo energético del dispositivo empleado se realizó pruebas con paneles solares en los dos primeros tipos de extracción, los cuales evidencian un mayor consumo, además de impacto social en el área de la salud, contribuyendo a tener un confort en el interior del vehículo, a propietarios que se ven obligados en dejarlo expuesto a radiación solar directa. El presente trabajo hace énfasis en el tercer tipo de extracción ya antes mencionado, mostrando esta opción como viable a la hora de implementarlo en condiciones de radiación solar altas y evidenciando una disminución de temperatura interna aproximada al ambiente, tolerable para el ser humano.

1.3 Organización del Documento

La estructura del proyecto consta de 5 capítulos en los cuales se evidencia el planteamiento y desarrollo de este, como se describe a continuación:

Capítulo 1: introducción, en esta sección se contextualiza al lector acerca de los temas centrales del proyecto, describiendo la finalidad, el por qué se realizó, además del aporte en las distintas áreas relacionadas.

Capítulo 2: Marco de referencia, en esta sección se enmarcan los diferentes conceptos y teorías relacionadas directamente con el proyecto, además de la normatividad legal que debe regir en el desarrollo de este, teniendo en cuenta las soluciones académicas y comerciales propuestas y descritas en el marco tecnológico y científico, por último se da un espacio a la

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

presentación de las condiciones iniciales de proyecto, donde se describen el punto de inicio o el avance y trayectoria que ha tenido este hasta la fecha.

Capítulo 3: diseño metodológico, en esta sección se describe la metodología aplicada al proyecto y como se desarrolla cada una de las etapas.

Capítulo 4: desarrollo, esta sección se realiza basada en una metodología para la obtención de un producto comercial, la cual se fragmenta en 8 pasos que son:

4 fases: en donde se identifican interesados, se generan requisitos, se define un producto y con este sus componentes.

Diseño: realizando estudios y cálculos necesarios.

Simulación, pruebas y construcción

Resultados

Descripción de producto final.

Siguiendo esta metodología se busca como resultado un producto final acorde a las necesidades.

Capítulo 5: conclusiones, donde se busca retroalimentar el proceso y resultados del proyecto, dejando abierto a trabajos futuros.

Capítulo 2. Marco de Referencia

En el siguiente capítulo se recopilan la fundamentación de conceptos sustentados en conocimientos científicos, teorías que facilitan entender su funcionamiento, aspectos legales, investigación tecnológica y científica de dispositivos a fines, que se consideraron necesarios para la realización y desarrollo del proyecto, desde su fase inicial hasta su finalización. Entregando un dispositivo de extracción de calor por medio de ventilación.

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Energía. Es un concepto de gran importancia en la física y se asocia con la capacidad de producir o realizar, cualquier cuerpo, un trabajo, una acción o un movimiento. En Física, se distinguen diferentes tipos de energía, siendo la Termodinámica el área de la física que estudia cómo la energía crea movimiento. La ley universal de conservación de la energía, que es el fundamento del primer principio de la termodinámica, indica que la energía ligada a un sistema aislado permanece constante en el tiempo: "La energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma". La unidad de energía definida por el Sistema Internacional de Unidades es el Julio (Newton x metro). Aunque existen muchas otras unidades de energía, algunas de ellas en desuso.

Tipos de energía

Existen algunos tipos de energía definidas tanto teóricamente, físicas, química o tecnológicamente. Algunas de ellas, por ejemplo, son:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

La **energía potencial** es la energía de un cuerpo en función de su posición dentro de un determinado sistema.

La **energía cinética** es la energía de un cuerpo en movimiento causado por su velocidad.

La **energía nuclear o atómica** es la energía liberada por la desintegración de los núcleos de los átomos.

La **energía electromagnética**, que se compone de energía radiante, energía calórica, y energía eléctrica.

En química, existe la **energía de ionización**, es la energía que hace falta para ionizar una molécula o átomo, y la energía de enlace, es la energía potencial almacenada en los enlaces químicos de un compuesto.

En **tecnología y economía**, energía se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico. Existen dos tipos de energías, las **energías renovables**, como la energía eólica, la energía hidráulica, la energía solar, y las **no renovables**, como el carbón, el gas natural, el petróleo, la energía atómica. [6]

2.1.2. Termodinámica. La termodinámica se puede definir como la ciencia de la energía. Aunque todo el mundo tiene idea de lo que es la energía, es difícil definirla de forma precisa. La energía se puede considerar como la capacidad para causar cambios.

El término termodinámica proviene de las palabras griegas therme (calor) y dynamis (fuerza), lo cual corresponde a lo más descriptivo de los primeros esfuerzos por convertir el calor en energía. En la actualidad, el concepto se interpreta de manera amplia para incluir los aspectos de

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

energía y sus transformaciones, incluida la generación de potencia, la refrigeración y las relaciones entre las propiedades de la materia.

Una de las más importantes y fundamentales leyes de la naturaleza es el principio de conservación de la energía. Éste expresa que, durante una interacción, la energía puede cambiar de una forma a otra, pero su cantidad total permanece constante. Es decir, la energía no se crea ni se destruye.

Una roca que cae de un acantilado, por ejemplo, adquiere velocidad como resultado de su energía potencial convertida en energía cinética. El principio de conservación de la energía también estructura la industria de las dietas: una persona que tiene un mayor consumo energético (alimentos) respecto a su gasto de energía (ejercicio) aumentará de peso (almacena energía en forma de grasa), mientras otra persona con una ingestión menor respecto a su gasto energético perderá peso. [7, p. 2]

El cambio en el contenido energético de un cuerpo o de cualquier otro sistema es igual a la diferencia entre la entrada y la salida de energía, y el balance de ésta se expresa como

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E.$$

2.1.3. Energía mecánica. Muchos sistemas de ingeniería se diseñan para transportar un fluido de un lugar a otro a determinado flujo volumétrico y una velocidad y con diferencia de elevación, mientras el sistema genera trabajo mecánico en una turbina o consume trabajo mecánico en una bomba o ventilador. Estos sistemas no tienen que ver con la conversión de energía nuclear, química o térmica a energía mecánica; tampoco hay en ellos transferencia de calor en cantidad importante y operan en esencia a temperatura constante. Esta clase de sistemas

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

se analizan de modo conveniente al considerar sólo las formas mecánicas de la energía y los efectos que la fricción causa, como la pérdida de energía mecánica (es decir, que la energía se convierta en energía térmica la cual por lo general no tiene utilidad).

La energía mecánica se puede definir como la forma de energía que se puede convertir completamente en trabajo mecánico de modo directo mediante un dispositivo mecánico como una turbina ideal. Las formas más familiares de energía mecánica son la cinética y la potencial. Sin embargo, la energía térmica no es energía mecánica puesto que no se puede convertir en trabajo de forma completa y directa (segunda ley de la termodinámica). [8]

2.1.4. Leyes termodinámicas. El área de la física designada para el estudio de los fenómenos térmicos (termodinámica) se rige principalmente por tres leyes. Estas son conocidas como las leyes termodinámicas.

La primera y la segunda leyes de la termodinámica surgieron de forma simultánea a partir del año de 1850, principalmente de los trabajos de William Rankine, Rudolph Clausius y lord Kelvin (antes William Thomson). El término termodinámica se usó primero en una publicación de lord Kelvin en 1849; y por su parte, William Rankine, profesor en la universidad de Glasgow, escribió en 1859 el primer texto sobre el tema.

Se sabe que una sustancia está constituida por un gran número de partículas llamadas moléculas, y que las propiedades de dicha sustancia dependen, por supuesto, del comportamiento de estas partículas. Por ejemplo, la presión de un gas en un recipiente es el resultado de la transferencia de cantidad de movimiento entre las moléculas y las paredes del recipiente.

Sin embargo, no es necesario conocer el comportamiento de las partículas de gas para determinar la presión en el recipiente, bastaría con colocarle un medidor de presión al recipiente.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Este enfoque macroscópico al estudio de la termodinámica que no requiere conocer el comportamiento de cada una de las partículas se llama termodinámica clásica, y proporciona un modo directo y fácil para la solución de problemas de ingeniería. Un enfoque más elaborado, basado en el comportamiento promedio de grupos grandes de partículas individuales, es el de la termodinámica estadística. Este enfoque microscópico es bastante complicado y en este libro sólo se usa como apoyo. [8, p. 3]

A continuación, se presentan estas leyes y se realiza una breve descripción y definición de cada una de ellas:

Primera ley termodinámica

La primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica, teniendo en cuenta los tipos de energía microscópica y macroscópica, se plantea una ecuación de balance entre estas sin tener en cuenta la energía eléctrica, magnética o de tensión superficial, puesto que son de poca importancia en el análisis térmico. [9]

$$E = U + EC + EP = U + \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot z$$

Segunda ley termodinámica

La incapacidad de la primera ley de identificar si un proceso puede llevarse a cabo es remediado al introducir otro principio general, la segunda ley de la termodinámica. La primera ley no restringe la dirección de un proceso, pero satisfacerla no asegura que el proceso ocurrirá realmente. Cuando los procesos no se pueden dar, esto se puede detectar con la ayuda de una propiedad llamada entropía. Un proceso no sucede a menos que satisfaga la primera y la segunda ley de la Termodinámica.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

El empleo de la segunda ley de la termodinámica no se limita a identificar la dirección de los procesos. La segunda ley también afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad. La primera ley tiene que ver con la cantidad y la transformación de la energía de una forma a otra sin importar su calidad. Preservar la calidad de la energía es un interés principal de los ingenieros, y la segunda ley brinda los medios necesarios para determinar la calidad, así como el nivel de degradación de la energía durante un proceso. La naturaleza establece que el total de energía asociada con una fuente térmica nunca puede ser transformada íntegra y completamente en trabajo útil. De aquí que todo el trabajo se puede convertir en calor, pero no todo el calor puede convertirse en trabajo. [10]

Tercera ley termodinámica

La tercera ley de la termodinámica, a veces llamada teorema de Nernst o Postulado de Nernst, relaciona la entropía y la temperatura de un sistema físico.

La tercera ley de la termodinámica afirma que no se puede alcanzar el cero absoluto en un número finito de etapas. La tercera ley de la termodinámica también se puede definir como que al llegar al cero absoluto, 0 grados kelvin, cualquier proceso de un sistema físico se detiene y que al llegar al cero absoluto la entropía alcanza un valor mínimo y constante.

Este principio establece que la entropía de un sistema a la temperatura del cero absoluto es una constante bien definida. Esto se debe a que, a la temperatura del cero absoluto, un sistema se encuentra en un estado básico y los incrementos de entropía se consiguen por degeneración desde este estado básico. [11]

Ley cero de termodinámica

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

La ley cero de la termodinámica establece que, si dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí. Podría parecer tonto que un hecho tan obvio se conozca como una de las leyes básicas de la termodinámica; sin embargo, no es posible concluir esta ley de las otras leyes de la termodinámica, además de que sirve como base para la validez de la medición de la temperatura. Si el tercer cuerpo se sustituye por un termómetro, la ley cero se puede volver a expresar como dos cuerpos están en equilibrio térmico si ambos tienen la misma lectura de temperatura incluso si no están en contacto. [8]

2.1.5. Flujo volumétrico. Se conoce como flujo volumétrico (\dot{v}) al volumen que atraviesa la sección transversal del conducto por unidad de tiempo, representado a través de la siguiente ecuación [7].

$$\dot{v} = \int_A V_a \cdot dA_t = V_{prom} \cdot A_t$$

Donde:

V_{prom} = velocidad promedio del fluido.

A_t = área transversal o sección de la tubería.

2.2. Marco conceptual

Calor: El calor se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura. Es decir, una interacción de energía será calor sólo si ocurre debido a una diferencia de temperatura. Entonces se deduce que no puede haber ninguna transferencia de calor entre dos sistemas que se hallan a la misma temperatura.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Conducción: La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las adyacentes menos energéticas, como resultado de la interacción entre partículas.

Convección: La convección es la transferencia de energía entre una superficie sólida y el fluido adyacente que se encuentra en movimiento, y tiene que ver con los efectos combinados de la conducción y el movimiento del fluido.

Radiación: La radiación es la transferencia de energía debida a la emisión de ondas electromagnéticas (o fotones).

Entropía: La entropía puede ser la magnitud física termodinámica que permite medir la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema. Esto quiere decir que dicha parte de la energía no puede usarse para producir un trabajo. Se entiende por entropía también a la medida del desorden de un sistema. En este sentido, está asociada a un grado de homogeneidad.

Entalpía: Hace alusión específicamente a la cantidad de energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente, es decir, la cantidad de energía que el sistema absorbe o libera a su entorno. En física y química, se suele representar esta magnitud con la letra H y se la mide en julios (J). Teniendo en cuenta que todo objeto conocido puede comprenderse como un sistema termodinámico, la entalpía hace referencia a la cantidad de calor que se pone en juego en condiciones de presión constante, dependiendo de si el sistema recibe o más bien aporta energía. De acuerdo con esto, todo proceso o transformación puede clasificarse en dos tipos:

Endotérmicos. Aquellos que consumen calor o energía del medio ambiente.

Exotérmicos. Aquellos que liberan calor o energía hacia el medio ambiente. [12]

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Radiación Solar: La radiación solar es la energía radiante emitida en el espacio interplanetario del Sol. Esta radiación se genera a partir de las reacciones termonucleares de fusión que se producen en el núcleo solar y que producen la radiación electromagnética en varias frecuencias o longitudes de onda, que se propaga entonces en el espacio a las velocidades típicas de estas olas. Esta propagación permite llevar energía solar con ellas. La constante solar es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del Sol.

Energía Térmica: Es la energía producida en un sistema debido al movimiento de partículas dentro de ese sistema. Por ejemplo, si se hace pasar un líquido limpio a través de un panel solar, este absorberá la energía térmica del calor de los rayos del sol, y a medida que las moléculas del agua, que inicialmente está fría, se calientan, incrementa su actividad y se produce un efecto de burbujeo; este calor generado por el sol y transmitido al líquido se conoce como energía térmica.

Refrigeración: La refrigeración consiste en extraer la energía térmica de un cuerpo para reducir su temperatura. Por las propiedades termodinámicas, dicha energía es transferida hacia otro cuerpo. Cabe destacar que el frío propiamente dicho no existe, sino que la temperatura es el reflejo de la cantidad de energía que posee un cuerpo.

Temperatura: La temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro.

Dicha energía interna se expresa en términos de calor y frío, siendo el primero asociado con una temperatura más alta, mientras que el frío se asocia con una temperatura más baja. [12]

Las unidades de medida de temperatura son los grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), los grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) y los grados Kelvin (K). El cero absoluto (0 K) corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

2.3. Marco Legal

Aspectos legales que enmarcan el estudio a realizar.

Tabla 1.

Aspectos legales

NORMATIVIDAD	CONTENIDO
Ley 9/1979 ministerio de salud y protección.	ARTICULO 107. Se prohíben métodos o condiciones de trabajo con sobrecargo o pérdida excesiva de calor que puedan causar efectos nocivos a la salud de los trabajadores.
Norma UNE 100-230-95.	Si un ventilador debe funcionar en condiciones diferentes de las ensayadas, no es practico ni económico efectuar nuevos ensayos para determinar sus prestaciones.

2.4. Marco Tecnológico y Científico (Estado del Arte)

Mediante estudios realizados sobre estrés térmico que ocurre en vehículos cerrados, se investigó sobre los aumentos significativos de temperatura que ocurren en estos y sus consecuencias, como lo indica el artículo “**estrés térmico de los vehículos cerrados**” de la división de medicina de emergencias de la universidad de Stanford, EE.UU. en el cual nos indica, las temperaturas en el interior de la cabina pueden llegar desde los 56 ° C hasta los 67° C en días claros y soleados con una temperatura externa de 35 ° C, a causa de este golpe de calor mueren cada año 29 niños aproximadamente que son expuestos a estas condiciones en vehículos de motorⁱ.

Se han propuesto diferentes posibles soluciones para resolver esta problemática. Hongye Pan et al desarrolló una investigación [13] que consiste en un sistema de enfriamiento instalado en la cabina del vehículo, el cual es alimentado con energía fotovoltaica suministrada por paneles solares. La regulación automática de la temperatura se logra con el dispositivo de enfriamiento a través del módulo de enfriamiento y control de temperatura. Con la implementación del sistema descrito, se logró una reducción en la temperatura interna de la cabina del automóvil de 4.2 °C.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Por otro lado, desde la escuela de ingeniería automotriz de la universidad internacional del Ecuador se planteó un sistema de evacuación de calor para el habitáculo de un vehículo Volkswagen Gol 1.8cc. Utilizando los conductos de aire acondicionado de dicho vehículo, a los cuales se les adaptó un blower para ingresar aire a temperatura ambiente a la cabina y así disminuir la temperatura de esta. [5]

McLaren realizó una investigación [14] en la cual evaluó el nivel en el que la temperatura aumentaba al interior de la cabina de un vehículo expuesto a diferentes niveles de radiación solar y como era afectada si se tenían las ventanas entreabiertas. En el experimento se midió la temperatura en el interior de la cabina de un sedán durante 60 minutos por un periodo de 16 días, con temperaturas ambiente que oscilaban entre los 22 y 35°C. En dos de las pruebas realizadas se llevaron a cabo con las ventanas abiertas dejando una ranura de 3.8 cm. Los resultados muestran que en promedio la temperatura aumentaba en 2°C cada cinco minutos y el 80% del aumento ocurre en los primeros treinta minutos. También se demostró que la tasa de aumento de la temperatura se ve poco afectada por la temperatura ambiente, los autores afirman que incluso con temperaturas ambiente relativamente frías el gradiente de temperatura permanece estable, además se tiene una nula afección cuando se tienen las ventanas entreabiertas, sin embargo, el cambio de temperatura si se ve afectado dependiendo del nivel de radiación solar incidente.

El prototipo desarrollado por S. Shams (Ver figura 1) tuvo como objetivo principal reducir la temperatura de un vehículo parqueado a la intemperie sin necesidad de poner en marcha su motor ni poner en marcha su sistema de aire acondicionado [15]. El dispositivo construido consta de un componente termoeléctrico (celda peltier), la cual cumple la función de enfriar el aire interno de la cabina y también posee un ventilador de bajo consumo que hace circular el aire desde dentro de la cabina hacia el exterior buscando liberar carga térmica por intercambio de

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

calor. Este sistema es alimentado por medio de baterías externas alimentadas por paneles solares dispuestos en la parte superior del vehículo. Los resultados demostrados por las pruebas concluyen que el prototipo logro disminuir la temperatura promedio en 4°C.

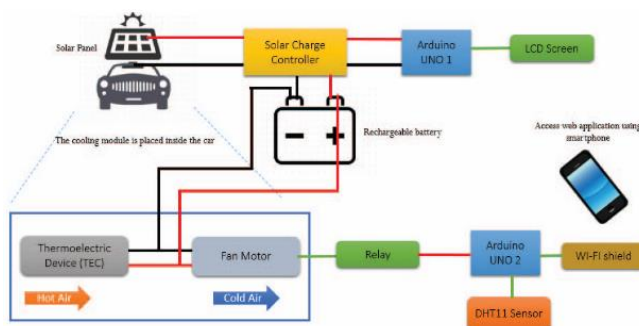


Figura 1. Sistema de enfriamiento portátil con celdas de Peltier.

Fuente: M. F. Basar 2013.

M.F. Basar [16] desarrolló un sistema de ventilación forzada portátil (Ver figura 2) que se instala en la ventana del automóvil, el dispositivo basa su funcionamiento en un sistema de ventilación que extrae el aire caliente de la cabina del automóvil y absorbe aire fresco de la parte externa del vehículo, utilizando ventiladores de bajo consumo, el aire entrante pasa por una tela rotatoria que se humedece en agua fría. El sistema energético del dispositivo se encuentra basado en una batería recargable por medio de un panel solar. La implementación del sistema permitió mantener la temperatura dentro de la cabina de un carro parqueado bajo altas temperaturas en un rango de 25 a 30 grados.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

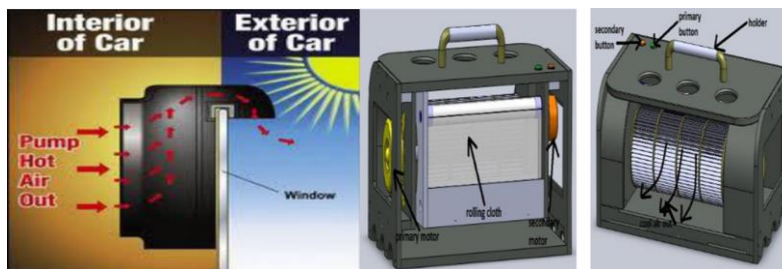


Figura 2. Sistema de ventilación forzada portable con celdas de Peltier.

Fuente: S. Shams, 2015, 2016

2.5. Condiciones Iniciales del Proyecto

Como punto de partida del proyecto se tuvo la investigación realizada en el semillero DaVinci con el título de proyecto: Desarrollo de un sistema de extracción de calor, aplicable a recintos cerrados que estén bajo el efecto directo de los rayos del sol, mediante una fuente de energía alternativa; realizado en la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomas, seccional Bucaramanga, por el grupo de investigación GRAM con código del proyecto 1943101, el cual se centró en buscar diferentes alternativas de extracción de calor en el interior de la cabina de un automóvil expuesta a radiación solar directa, para esto se plantearon 3 posibles opciones de extracción de calor que fueron: acondicionamiento de aire por sistemas de compresión a vapor (refrigeración), extracción de calor con celdas peltier y disminución de la temperatura de la por ventilación; esta última siendo el eje principal de este proyecto de grado, realizando el control de la potencia suministrada a los extractores que a su vez tienen un propósito de ahorro de energía por el uso dado solo cuando la temperatura de la cabina supere el set point y desactivándose cuando esta llegue a la temperatura ambiente; esto para evitar un cambio significativo en la sensación térmica que el usuario perciba y así mejorar su confort y evitar afecciones en su salud.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

La mayoría de los proyectos han tenido desarrollos previos, en esta sección debe quedar claro cuál fue el punto de partida. En el caso de semilleros y proyectos de investigación debe quedar claro cómo se enmarca en el proyecto presentado en el Centro de Investigación.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1. Gestión del Proyecto

El desarrollo del proyecto se realizó mediante la herramienta de administración de proyectos PMBOK ver anexo [1], en la cual se inicia con desarrollando un acta de constitución del proyecto donde se plantea la idea a desarrollar, seguida la identificación de los interesados (ver Tabla 1), para dar paso a una planificación donde, se monitorea mediante tres ítems de la guía, alcance, cronograma y costos.

Tabla 2.

Identificación de interesados

ACTOR	ROLES	AUTORIDAD	INTERÉS	CONOCIMIENTO	EXPECTATIVAS	INFLUENCIA
Pedro pablo	Tutor de semillero y director de proyecto.	Tiene un alto nivel de interés y alto poder	Desarrollo prototipo de extracción de calor, con título de proyecto de grado	Campo mecánico, termo fluidos. Gestión de proyectos.	Cumplimiento de los objetivos.	Decisión frente al diseño y recomendaciones.
Diego Páez	Codirector del proyecto.	Tiene un alto nivel de interés y alto poder	Desarrollo prototipo de extracción de calor, con título de proyecto de grado	Campo de la Electrónica, programación, desarrollo del proyecto.	Cumplimiento de los objetivos	Decisión frente al diseño y recomendaciones.
Omar peña	Tutor de semillero.	Tiene bajo nivel de poder y alto interés	Desarrollo del sistema estructural en semillero	Campo de la programación, desarrollo mecánico.	Cumplimiento de objetivos.	

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 2. (Continuación)

Jhonier zemnate	Estudiante de semillero y desarrollador del proyecto.	Posee poco poder, pero alto interés	Desarrollar y construir un sistema de extracción de calor que cumpla con las condiciones del proyecto.	Conocimientos previos en parte mecánica, electrónica, termo fluidos, control, diseño mecánico y mecatrónico.	Lograr finalizar satisfactoriamente el desarrollo del prototipo, cumpliendo con los requerimientos y poder obtener el título de ingeniero mecatrónico.	Optimización en la parte de programación del proyecto siguiendo recomendaciones de director y codirector.
Dylan quintero	Estudiante de semillero y desarrollador del proyecto.	Posee poco poder, pero alto interés	Desarrollar y construir un sistema de extracción de calor que cumpla con las condiciones del proyecto.	Conocimientos previos en parte mecánica, electrónica, termo fluidos, control, diseño mecánico y mecatrónico.	Lograr finalizar satisfactoriamente el desarrollo del prototipo, cumpliendo con los requerimientos y poder obtener el título de ingeniero mecatrónico.	Optimización en la parte de programación del proyecto siguiendo recomendaciones de director y codirector.

Alcance: conociendo los objetivos del proyecto se crea la EDT (estructura de desglose de trabajo) la cual se divide en fases, paquetes de trabajo y actividades (ver figura 3), para poder realizar seguimiento adecuado.

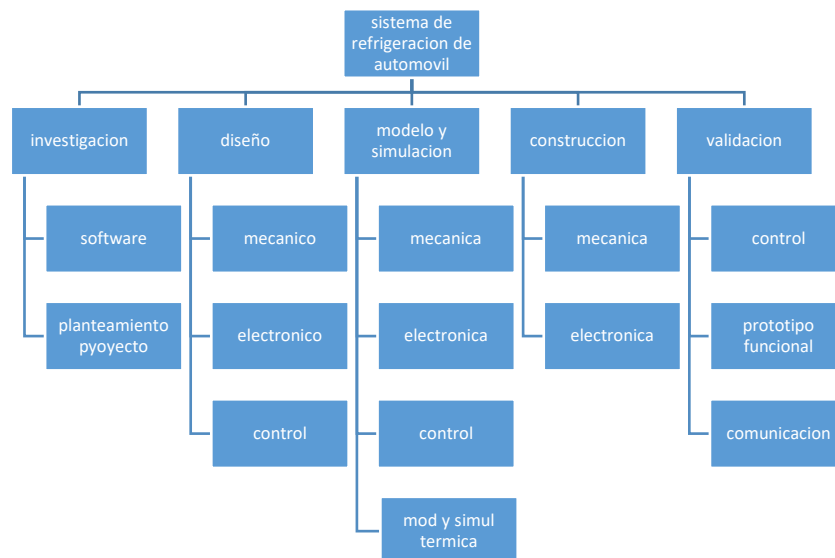


Figura 3. Estructura de desglose de trabajo EDT.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Cronograma: para la elaboración del cronograma se organizan las actividades, teniendo en cuenta la dependencia que existe en el desarrollo del proyecto y se estima la duración de cada actividad generando una ruta crítica (ver tabla 3).

Tabla 3.
Cronograma de actividades

PAQUETES DE TRABAJO	Días	RECURSO HUMANO	ENCARGADO	
			Ing. DYLAN	Ing. JHONIER
Estado del arte	3	\$ 288.000	X	X
Marco legal	2	\$ 192.000	X	
Marco teórico	2	\$ 192.000		X
Marco conceptual	2	\$ 192.000	X	
Capacitación simulación SW	4	\$ 384.000	X	X
Investigación nube	4	\$ 384.000	X	
Control(definir)	5	\$ 480.000	X	
Electrónico	3	\$ 280.000		X
Mecánico (3)	3	\$ 288.000	X	X
Software (diag. flujo)	5	\$ 480.000		X
Electrónico	3	\$ 288.000		X
Simulación térmica	8	\$ 768.000	X	X
CAD cabina	6	\$ 576.000	X	X
Software(código)	4	\$ 384.000	X	
Electrónica	2	\$ 192.000		X
Control (simulación)	5	\$ 480.000	X	
Mecánico (1)	5	\$ 480.000		X
Electrónico	4	\$ 384.000	X	
Mecánico	7	\$ 672.000		X
Adquisición datos	2	\$ 192.000	X	
Ensamblaje parte mecánica y electrónica	2	\$ 192.000	X	X
Validación de prototipo	6	\$ 576.000	X	X

Costos: en esta fase se relacionaron los costos totales del proyecto analizando costos de materiales mano de obra e imprevistos (ver tabla 4).

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 4.

Costos totales del proyecto

INFORME DE COSTO FINAL DEL PROYECTO			
	IDEAL	REAL	TOTAL
mano de obra actual	\$7.968.000	\$9.120.000	\$-1.152.000
Materiales actuales	\$351.400	\$311.000	\$+40.400
Total proyecto		\$ 9.431.000	

3.2. Descripción de etapas y tareas

Con base en la EDT planteada anteriormente se divide el proyecto en 5 fases que son: investigación, diseño, modelo y simulación, construcción, validación, cada una con paquetes de trabajo que tienen como entregables el cumplimiento o avance de los objetivos del proyecto, todos ellos se describen en la tabla 5.

Tabla 5.

Descripción de tareas y evidencias

FASES	PAQUETES DE TRABAJO	ENTREGABLE	OBJETIVO	EVIDENCIA
investigación	software	Software adecuado para simulación térmica (SolidWorks)		
	Planteamiento del anteproyecto	Anteproyecto aprobado		Apéndice E

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 5. (continuación)

Diseño	Mecánico	Prototipo (cálculos de esfuerzo, resistencia de material)	Determinar las características estáticas del dispositivo de monitoreo mediante técnicas estadísticas para la validación de los resultados obtenidos en la experimentación.	Ver sección 4.4.2
	Electrónico	Arquitectura sistema de adquisición y registro de variables ambientales.		Ver sección 4.4.1
Modelo y simulación	Mecánico	Validación mecánica, fluido del aire (SolidWorks)	Crear un sistema de ventilación teniendo en cuenta criterios mecánicos y electrónicos para funcionar en un rango de temperaturas establecido.	Ver sección 4.5.2
	Electrónico	Board, esquemático (EAGLE)		Ver Figura 19
	Térmico	Simulación temperatura interna cabina.	Simular comportamiento termodinámico del modelo de estudio mediante un software computacional, para obtener la carga térmica en la cabina del automóvil.	Ver Figura 5
Construcción	Mecánica	Impresión prototipo		Ver Figura 28
	Electrónica	Impresión tarjeta electrónica		Ver Figura 5
validación	Control	Curvas de controlador (Matlab)	Implementar un sistema de control, siguiendo las condiciones del perfil de temperatura, para garantizar las condiciones de operación del sistema de ventilación.	Ver seccion 4.5.3

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 5. (continuación)

Comunicación	Obtención de datos en tiempo real.		Ver Figura 33
Prototipo funcional	Prototipo final.	Desarrollar un dispositivo de monitoreo para la adquisición de datos en tiempo real, mediante la implementación de un sistema de medición de condiciones ambientales en el interior y exterior de la cabina del automóvil.	Ver Figura 29

Capítulo 4. Desarrollo

El extractor desarrollado es un dispositivo mecatrónico que cumple con la función de crear un flujo de aire desde el exterior a el interior de la cabina con el fin de disipar la energía térmica concentrada en el vehículo por la acción de la radiación solar y el efecto invernadero al interior de este.

Se desarrolla el primer prototipo buscando la obtención de un producto final comercial, para esto se realiza el diseño basado en la metodología QFD aplicando las fases pertinentes para el modelo en cuestión.

4.1. Fase 0. Identificación Interesados/ Clientes

Dueños de vehículos que posiblemente deban parquearlos en lugares descubiertos

Empresas comercializadoras de auto lujos.

Grupos de investigación enfocados en el área automotriz.

4.2. F1. Requisitos

La obtención de requisitos es indispensable para el diseño del prototipo pues, brinda una idea detallada de las necesidades y problemas que pretende resolver el desarrollo del producto.

Esta fase consta de tres pasos a seguir, a continuación, se detalla cada uno de ellos.

4.2.1. Paso 1. Obtención de la “voz del cliente”. La obtención de “la voz del cliente” es un proceso que tiene como finalidad obtener información general de las necesidades y posibles soluciones de estas, además pretende conocer las condiciones del entorno en el que será la disposición final del producto. Para lograr este objetivo se plantearon dos actividades de reconocimiento:

- 1) Estudio comparativo de tecnologías referentes: soluciones comerciales y soluciones académicas.
- 2) Inspección técnica de la cabina de automóvil:
 - a) Simulaciones termodinámicas y de fluidos: volumen de aire
 - b) Medición de temperatura: perfil de temperatura
 - c) Inspección física de la cabina

4.2.1.1. Estudio comparativo de tecnologías referentes. Este estudio comparativo de tecnologías referentes responde a la necesidad de establecer pautas y requisitos de diseños basados en prototipos y estudios realizados con anterioridad, tomando como referencia las

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

soluciones comerciales y académicas mostradas en el marco tecnológico y científico del presente libro (ver sección 4.2).

A partir de los dispositivos estudiados (sección 2.4) se pueden resaltar ciertas características comunes:

Tienen un tamaño reducido: el más pequeño es de 20cm x 15cm x 10cm y el más grande es de 50cm x 30cm x 20cm.

Todos los dispositivos son portables

La temperatura ambiente como un límite en la disminución por la acción de los dispositivos; en ningún caso se logró disminuir la temperatura a un nivel inferior de la temperatura ambiente.

4.2.1.2. Inspección técnica de la cabina del automóvil.

A. Simulación termodinámica de la cabina.

Para realizar simulación térmica se realizó un modelo CAD de la cabina del vehículo (figur) en el software SolidWorks.

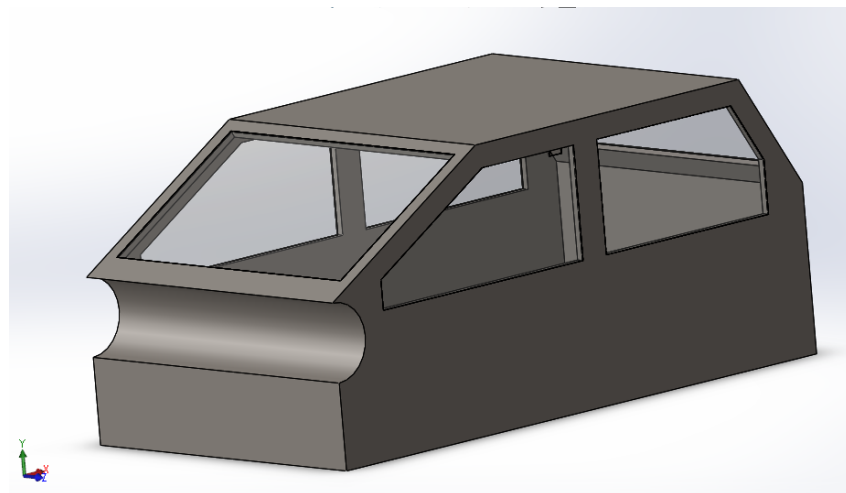


Figura 4. Modelo CAD de la cabina simplificado.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

A continuación, se establecieron los parámetros de simulación basados en trabajos realizados teóricamente por investigadores del semillero de investigación DaVinci perteneciente al grupo de investigación GRAM de la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad santo tomas, dicho estudio realizado por MSc. Handel A. Sarache. Busca determinar la carga térmica de recintos cerrados expuestos a radiación solar, enfocado al recinto cerrado de la cabina de un automóvil, para cumplir su objetivo calculó teóricamente los valores de radiación que inciden directamente en la cabina, además de determinar las propiedades térmicas de los materiales que componen la cabina por medio de investigación [17].

Aunque las cabinas de los automóviles se construyen con diferentes capas (materiales), para realizar una aproximación, en estas simulaciones se simplificó a lámina de acero A286 para la estructura del chasis, se usó vidrio para todas las ventanas del modelo cuyas características se describen en el anexo 2.

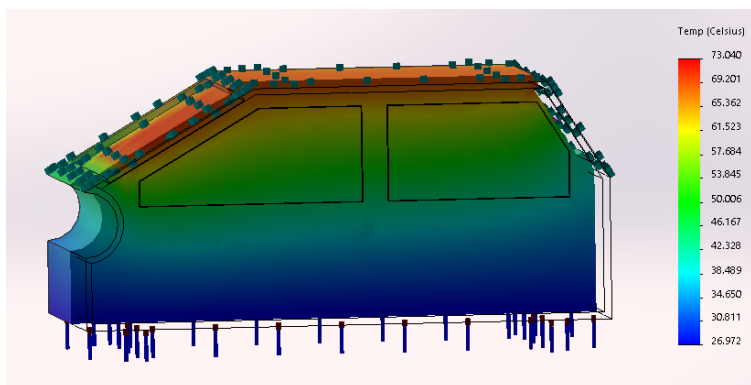


Figura 5. Simulación termodinámica de la cabina.

El propósito de la simulación fue calcular el volumen de aire y su comportamiento al interior de la cabina. Con esto se identificaron las temperaturas más dentro la cabina lo que constituye el

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

factor decisión para determinar tanto la ubicación los dispositivos de medición de temperatura como las condiciones de operación de estos sensores.

B. Perfil de temperatura- Medición

La medición de temperatura para identificar el perfil térmico se realizó en el vehículo Nissan X-trail, en el parqueadero descubierto de la Universidad Santo Tomas seccional Bucaramanga (Colombia). EL procedimiento de medición se desarrolló como sigue:

1. EL vehículo se estacionó bajo la estructura (ver figura 6) que genera condición de sombra, con el fin de generar una entrada escalón de radiación solar al sistema.
2. Las ventanas del vehículo totalmente cerradas
3. EL vehículo se ubicó con la parte frontal del carro dirigida al este, es decir, durante la mañana el sol irradiaba sobre el baúl del carro.
4. El registro de la temperatura al interna, externa y ambiente de la cabina, además del registro de la radiación solar incidente se midió en diferentes puntos del vehículo, utilizando 10 sensores distribuidos como se observa en la Figura 7 y nombrados como se muestra en la tabla 6. La ubicación de los sensores se definió de tal forma que se capturara el incremento de la temperatura causado por la radiación solar en el transcurso del día.



Figura 6. Estructura para generar escalón de radiación.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO



Figura 7. Distribución de sensores en la cabina del vehículo.

Fuente: pngimage, 2019.

Tabla 6.

Ubicación de sensores de temperatura dentro del vehículo.

Sensor de Temperatura	Ubicación dentro del Vehículo
S1	Palanca de cambios
S2	Temperatura Ambiente al sol
S3	Centro del Baúl
S4	Ventana derecha trasera
S5	Espejo retrovisor
S6	Temperatura Amb. a sombra
S7	Ventana izquierda trasera
S8	Reposa cabeza izquierdo
S9	Reposa cabeza derecho
SRS	Sensor de radiación solar

5. Los datos de medición se registraron durante 4 días, iniciando con el aislamiento del vehículo de la radiación solar en horarios de 9:00 am a 9:30 am y de 11:30 am a 12:00 pm, por medio de una cobertura opaca la cual impide la incidencia de los rayos solares directamente, contando con un lapso de tiempo de un minuto para descubrir el vehículo, permitiendo que los rayos del sol incidieran, creando una aproximación de un escalón de radiación el cual actuó durante 2 horas, en la imagen figura 8 se evidencian los niveles de radiación obtenidos en la prueba y en la figura 9 los valores de temperatura interna de la cabina.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

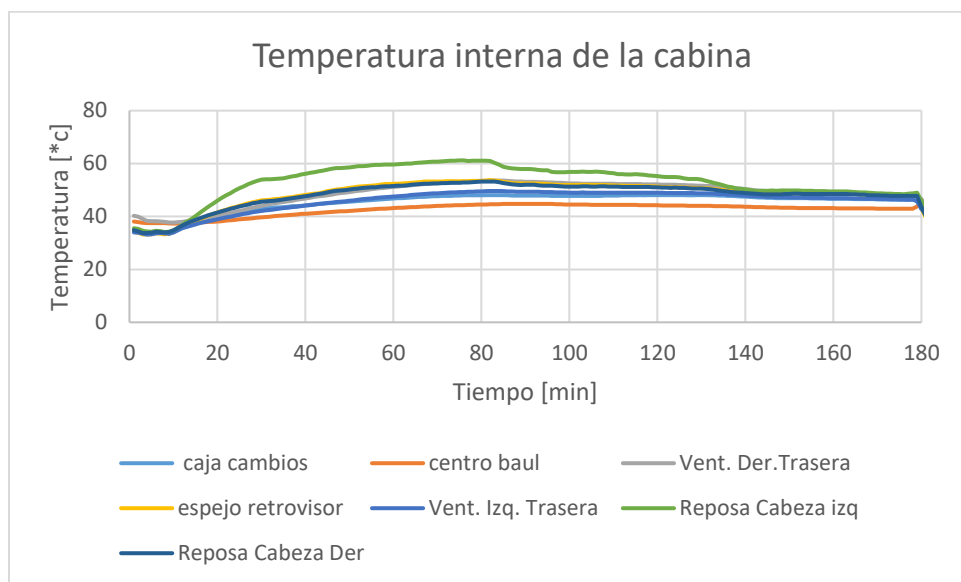


Figura 8. Temperatura interna de la cabina.

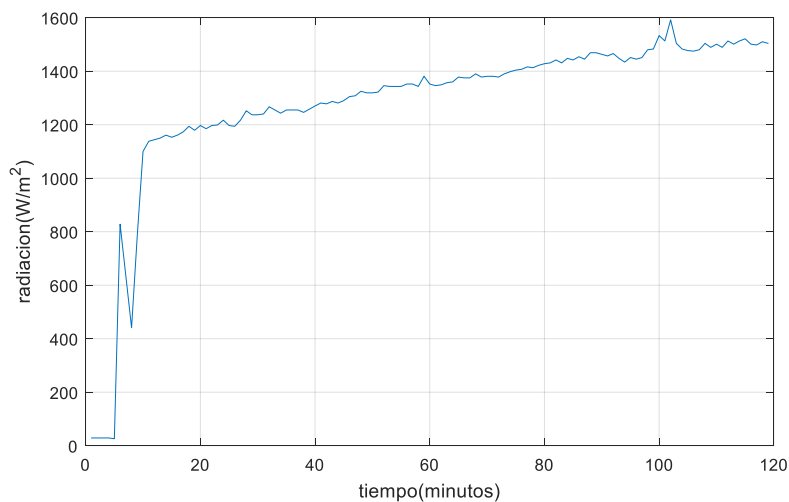


Figura 9. Datos de radiación solar durante la prueba.

Resultados del proceso de medición

Se encuentra que los valores de radiación están en el rango de 1200 a 1600 w/m², se asume que se debe a paso de las nubes que absorben parte de la radiación solar. Este comportamiento se modela a partir de la opción de reconocimiento de planta con entrada arbitraria que ofrece el software de Matlab en su herramienta PID Tuner.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

De los valores de temperatura obtenidos en el interior de la cabina, se observa que la medición del reposa cabeza tanto derecho como izquierdo posee los valores más altos de temperatura, por esta razón se calculó un promedio de los valores de temperatura y de esta manera aproximar los datos a un comportamiento uniforme en el interior de la cabina (ver figura 10).

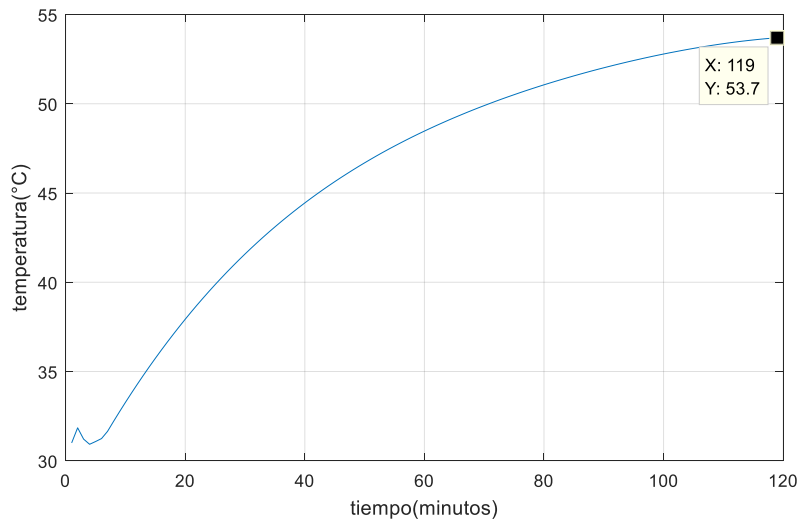


Figura 10. Datos de temperatura promedio en el interior de la cabina.

Función de transferencia- Automóvil Xtrail

Se encontró que la temperatura (salida de sistema) tiene un comportamiento similar a la respuesta escalón de un sistema de primer orden con un retardo. En la herramienta tuning se varió la constante de tiempo y ganancia de forma gráfica obteniendo una fiabilidad del 98.6% (ver figura 11).

$$G(s) \frac{K}{\tau * s + 1} * e^{-ts} = \frac{0.016351}{28.069 * s + 1} * e^{-3.51s}$$

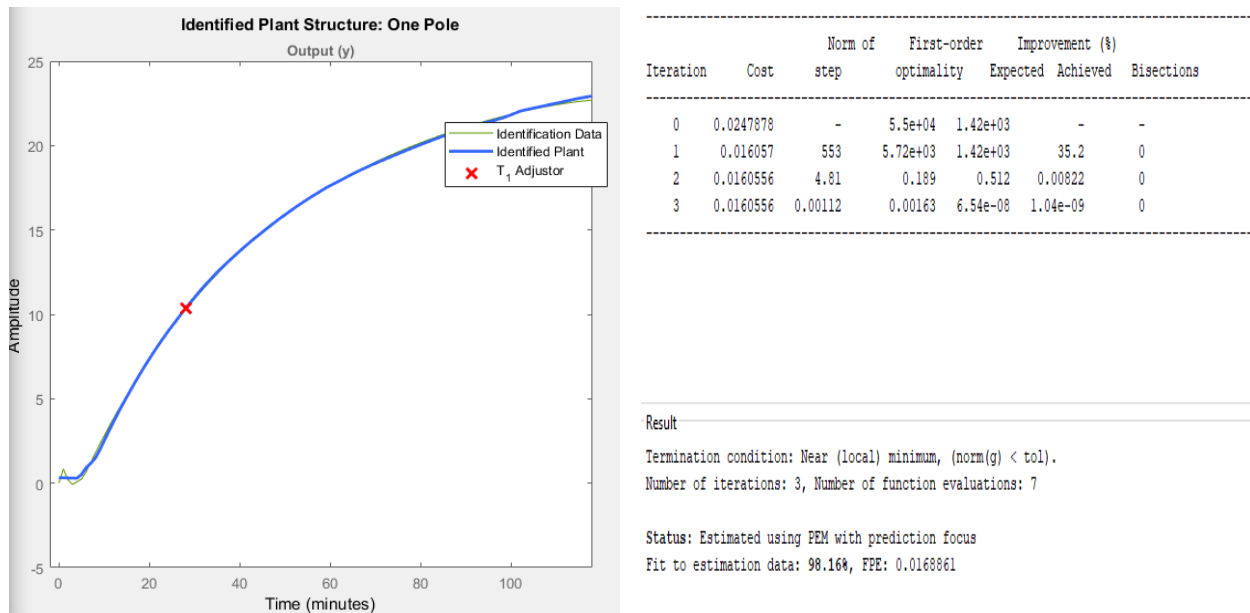
Función de transferencia- Automóvil Logan

De igual forma se procedió con los datos obtenidos para el automóvil Renault logan, lo cual dio como resultado la siguiente función de transferencia:

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

$$G(s) \frac{K}{\tau * s + 1} * e^{-ts} = \frac{0.018429}{25.314 * s + 1} * e^{-3.37s}$$

Se concluye que las funciones de transferencia, las cuales describen el comportamiento de la temperatura de los sistemas son muy parecidas, por lo tanto, se puede trabajar sobre cualquiera



de los dos automóviles.

Figura 11. Identificación de la planta

C. Inspección física de la cabina

Para el proyecto se realizó la inspección del automóvil Renault Logan destinado para las pruebas, con características físicas como se describen a continuación:

Medidas de Cabina: 2.6m x 1.5m x 1.43m (largo, ancho, alto).

Color: rojo.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Vidrios: sin polarizar.

Asientos: cuero sintético.

Medidas ventanas: 112 cm x 46.5 cm (delantera) y 90 cm x 46.5 cm (Trasera)

Además, se realiza el reconocimiento de las posibles ubicaciones en las que se establecería el dispositivo, analizando requisitos generales tanto funcionales como físicos/mecánicos, seleccionando los vidrios eléctricos como la mejor opción, sin alterar la estructura interna del vehículo.



Figura 12. Foto de la cabina delantera

4.2.2. Paso 2. Características. Tomando como base el apartado 4.2.1. (obtención de “la voz del cliente”), se pudieron determinar las características que influyen directamente en los requisitos que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar el prototipo. Entre ellas se pudieron distinguir las siguientes:

Dispositivos diseñados anteriormente suelen ser pequeños y portables.

El dispositivo tendría una mejor incursión en el mercado si se fabrica a bajo costo.

Los productos que aportan soluciones comerciales tienen buena estética.

El límite inferior de la temperatura disminuida es el valor de temperatura ambiente

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

La temperatura máxima de simulación fue de 61°C en un día soleado bajo las condiciones establecidas.

El volumen de control (volumen interno de la cabina) es de 1.24 m³.

Se encontraron distintos focos de calor en la cabina siendo las ventanas los más notables, esto hace que la temperatura de la cabina no sea uniforme.

El sistema térmico es de respuesta lenta, con tiempos de establecimientos mayores a media hora, por tanto, se puede trabajar con valores bajos de frecuencia de muestreo.

El usuario necesita tener acceso a los datos históricos de temperatura.

La batería del automóvil es de 12 v a 70 Ah. Los vidrios eléctricos son la mejor opción para ubicar el extractor, las dimensiones de la ventana son: 112cm x 46.5cm, el dispositivo debe soportar la carga estática que ejercen los vidrios sobre él.

4.2.3. Paso 3. Requisitos

Tabla 7.
Requisitos de diseño

Categoría	Tipo de requisitos	Descripción
mecánico	Material	<ul style="list-style-type: none"> El material debe permitir un proceso de fácil fabricación para prototipo rápido El material debe resistir esfuerzos de flexión, compresión y cortantes. El material debe resistir temperaturas superiores a 70°C conservado sus propiedades mecánicas.
	Estética	<ul style="list-style-type: none"> El acabado final de la superficie debe ser llamativo para el usuario. El dispositivo no debe tener cables ni conexiones expuestas. El dispositivo no debe tener pegantes improvisados.
	Tamaño	<ul style="list-style-type: none"> El prototipo debe ser portable y de fácil instalación Las dimensiones no deben exceder 1m x 0.4m x 0.3m respetando las dimensiones de la ventana. El tamaño no debe ser menor al dispositivo de mayor tamaño, en este caso los ventiladores, pero debe ser lo más compacto posible.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 7. (continuación)

	Electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • La tensión de alimentación es de 12 V DC. • El consumo de corriente no debe ser mayor a 3A. • El tamaño del circuito impreso debe ajustarse a las medidas de la estructura del dispositivo.
	Software	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben adquirir y registrar los datos de temperatura interna y externa de la cabina • El software debe permitir monitorear las variables del implicadas en tiempo real.
Funcional		<ul style="list-style-type: none"> • Se debe guardar un backup de los datos en una memoria externa
	Control	<p>Variable medida: temperatura en X puntos</p> <p>Variable manipulada: tensión de alimentación a ventiladores</p> <p>Variable controlada: temperatura en cabina</p> <p>Estrategia de control: sistema que permita el seguimiento de referencia sin error en estado estable.</p>

4.3 F2: Definición del Producto

Se determinaron los implementos que componen el dispositivo y se encontraron diferentes opciones para cada uno de estos, utilizando la técnica de selección HAP se obtuvo la mejor opción para cada dispositivo teniendo en cuenta los requisitos establecidos, que se relacionan directamente con el implemento a elegir, continuación se muestra la tabla de selección para cada componente, en la cual se ve reflejado los criterios con unos pesos dependiendo de su importancia, a cada opción se le dio una calificación de 1 a 10 dependiendo del grado de cumplimiento del requisito en cuestión, determinando en su evaluación que componente es el más adecuado.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Selección de ventiladores.





seleccion de ventilador										
imagen										
fabricante	Maker Focus		Electronix SIAEF87K20774		Prusa i3 anet (radial)		Noctua NFA12*25			
criterios de selección	peso	calificacion	evaluacion	calificacion	evaluacion	calificacion	evaluacion	calificacion	evaluacion	
costo	10%	6	0,6	6	0,6	5	0,5	2	0,2	
tamaño	20%	2	0,4	7	1,4	6	1,2	7	1,4	
corriente	15%	7	1,05	6	0,9	5	0,75	6	0,9	
volumen de aire	30%	2	0,6	6	1,8	4	1,2	6	1,8	
voltaje de operacion	20%	0	0	10	2	10	2	10	2	
vida util	5%	5	0,25	5	0,25	4	0,2	6	0,3	
total	100%	2,9		6,95		5,85		6,6		

Figura 13. Selección de ventiladores por técnica HAP.

Selección de controlador

		seleccion de material					
		esp32		plc logo		pic 18f452	
criterios de selección	peso	calificacion	evaluacion	calificacion	evaluacion	calificacion	evaluacion
tension de alimentacion 12 V	35%	10	3,5	0	0	5	1,75
modularidad	15%	8	1,2	8	1,2	3	0,45
dimensiones	10%	7	0,7	1	0,1	8	0,8
precio en el mercado	15%	8	1,2	3	0,45	7	1,05
licencias de software	15%	9	1,35	2	0,3	7	1,05
total	90%	7,95		2,05		5,1	

Figura 14. Selección de controlador por técnica HAP.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Selección de material

		selección de material											
		aluminio		fibra de vidrio		pla		madera		fibra de carbono		metal (hierro)	
critérios de selección	peso	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación	calificación	evaluación
producción	25%	5	1,25	5	1,25	7	1,75	2	0,5	2	0,5	3	0,75
resistencia esfuerzos	20%	5	1	7	1,4	7	1,4	4	0,8	7	1,4	8	1,6
conductividad termica	12%	7	0,84	8	0,96	7	0,84	4	0,48	8	0,96	2	0,24
acabado final	28%	2	0,56	4	1,12	7	1,96	5	1,4	6	1,68	2	0,56
vida util	15%	5	0,75	5	0,75	4	0,6	2	0,3	7	1,05	7	1,05
total	100%		4,4		5,48		6,55		3,48		5,59		4,2

Figura 15. Selección de material por técnica HAP.

Selección de módulos de expansión.

Realizando un estudio de los componentes adicionales para complementar el dispositivo, como módulos de tiempo real (hora toma de datos) y módulos adaptadores de tarjeta micro SD (almacenar datos tomados), se encontró que los componentes disponibles en el mercado contaban con características muy parecidas al igual que su precio, razón por la cual se optó por seleccionar el más accesible (ver figura 16).

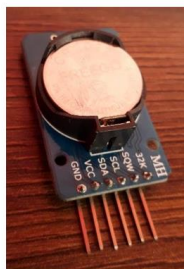
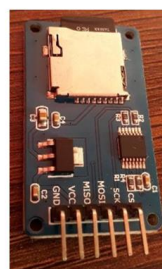
Módulo de tiempo real
Ds 3231Adaptador de tarjeta
microSD

Figura 16. Selección de módulos adicionales

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

4.4. F3: Definición de Componentes/ Subsistemas

Diagrama de caja negra general del sistema.

El sistema general del prototipo se divide en 3 subsistemas y conectados el uno con el otro como se muestra en la figura 17

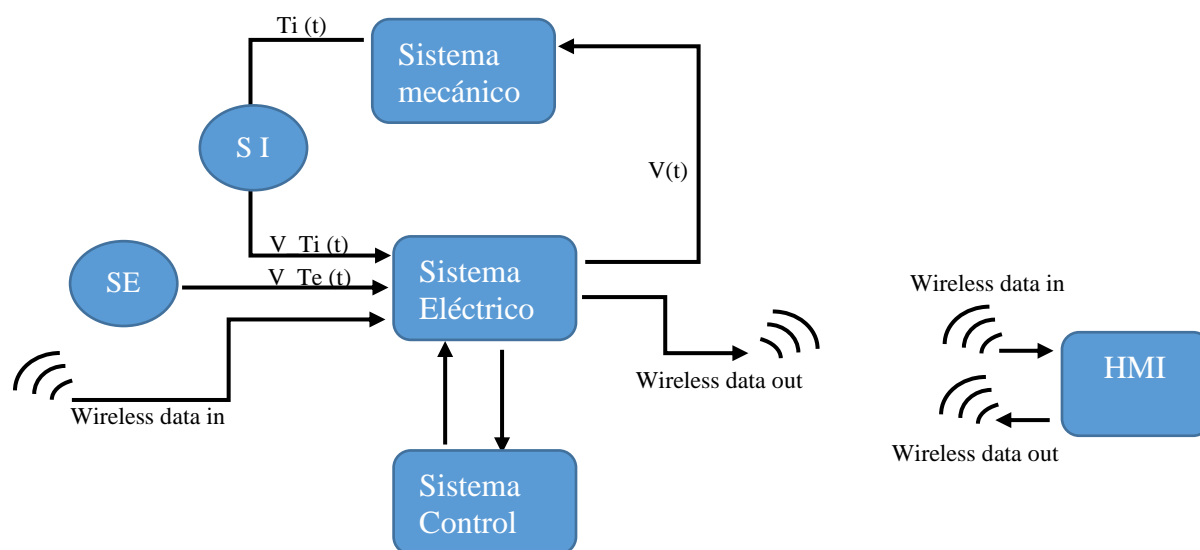


Figura 17. Diagrama de caja negra del sistema general.

Tabla 8.

Descripción de nomenclatura

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
SI	Sensor interno
SE	Sensor externo
$V_{Ti}(t)$	Voltaje de temperatura interna
$V_{Te}(t)$	Voltaje de temperatura externa
$V(t)$	Voltaje de control
T_i	Temperatura
Wireless data	Datos inalámbricos

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Descripción en diagrama de bloques del sistema eléctrico.

El sistema eléctrico posee como entradas los sensores (DS_18B20) ubicados en el interior y exterior del prototipo para realizar la toma de temperatura correspondiente y almacenarla en memoria externa por medio del módulo microSD, con un formato de hora proporcionado por el módulo de tiempo real (DS_3231), todo esto se puede monitorear en tiempo real por medio del ESP32, que tiene como características principales la comunicación inalámbrica por wifi, en un dispositivo móvil con una configuración específica.

Como salida del sistema se cuenta con una señal de control generada desde el esp32 por medio de un tren de pulsos (PWM) que van dirigidas a los actuadores, ver figura 18.

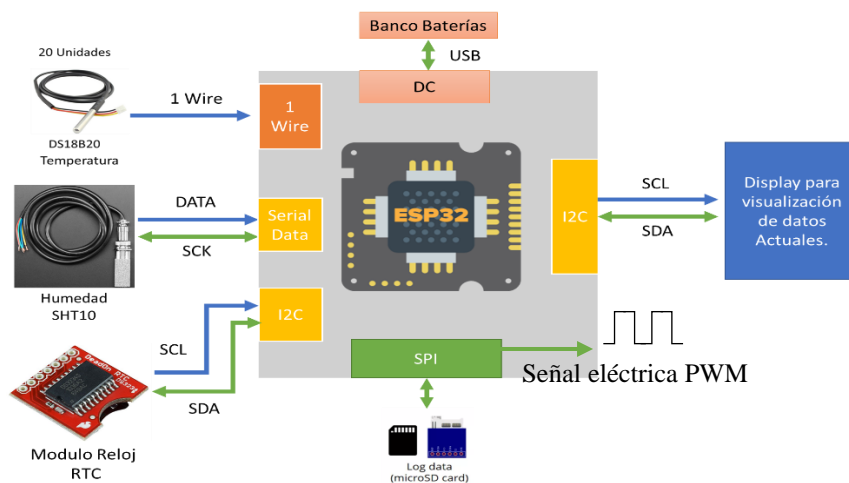


Figura 18. Diagrama de bloques del sistema eléctrico.

Descripción en diagrama de bloques del sistema mecánico.

El sistema mecánico tiene como entrada la señal de PWM proveniente del controlador esp 32, que actúa en los ventiladores del dispositivo disminuyendo la temperatura en el interior de la cabina, al extraer el calor interno de la misma.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

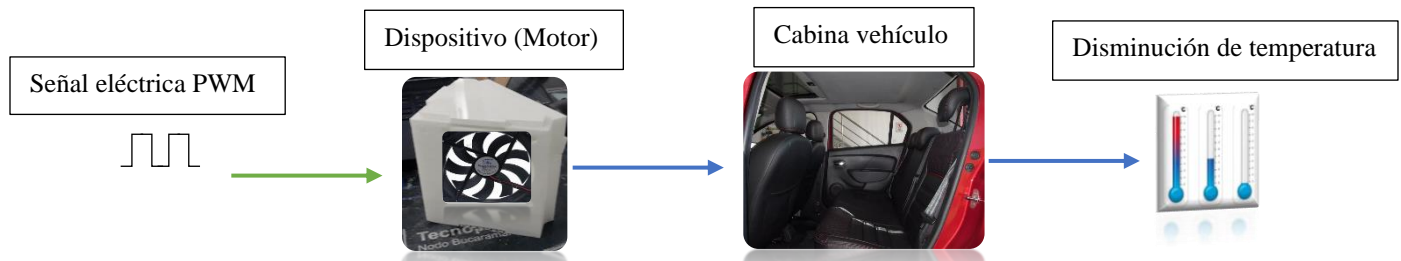


Figura 19. Diagrama de bloques del sistema mecánico.

Descripción en diagrama de bloques del sistema de control.

El sistema de control tiene como referencia la temperatura externa de la cabina, la cual se resta con la temperatura interna, en valores discretos, que luego se le entrega al controlador para realizar la acción de control correspondiente, esta actúa en la planta para disminuir la temperatura interna de la cabina, el lazo de control se puede observar en la figura 20.

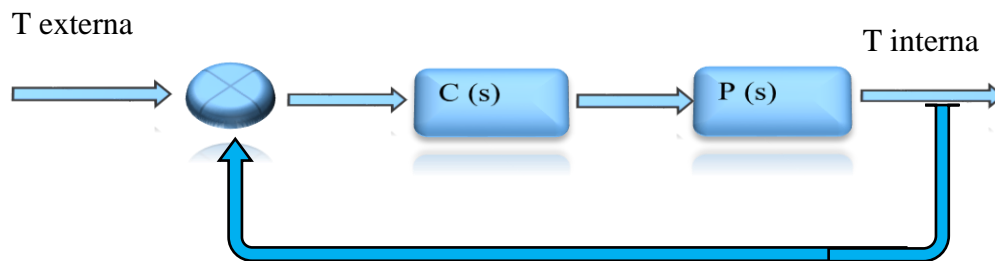


Figura 20. Diagrama de bloques del sistema de control.

4.5. Diseño – Cálculos

El diseño del proyecto se efectuó fragmentándolo en tres secciones, diseño mecánico, el cual comprende la estructura del dispositivo, diseño electrónico, que se refiere al circuito de adquisición y procesamiento de datos, y por último el diseño de software en el cual se

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

desarrollaron los programas y funciones necesarias para integrar efectivamente todos los sistemas.

4.5.1 diseño electrónico. El diseño electrónico se realizó teniendo en cuenta los distintos requisitos anterior mente ya mencionados en la sección 4.2.2 y 4.2.3, realizando estudios los cuales se describen a continuación

Consumo de corriente.

El automóvil posee una batería de 70 Ah según las especificaciones técnicas, de la cual el consumo no puede exceder más del 50% de su carga para no afectar el funcionamiento normal de este, con base a criterios de expertos, “El automóvil puede encender hasta con menos del 50% de la batería a full carga sin ningún inconveniente” [18].

En el caso menos favorable el dispositivo estará encendido por 12 horas, bajo estas condiciones se calcula que el consumo eléctrico es de 3A.

$$I = 70 \text{ A} * \text{h}$$

$$I_p = \frac{70 \text{ A} * \text{h}}{2} = 35 \text{ A} * \text{h}$$

$$I_p = \frac{70 \text{ A} * \text{h}}{12 \text{ h}} = 2.91 \cong 3 \text{ A}$$

Realizando las pruebas de consumo del dispositivo a condiciones máximas de trabajo se obtuvo una corriente máxima de 0.32 A.

Diseño de tarjeta electrónica.

Se realizó varias modificaciones al diseño de la tarjeta electrónica, teniendo en cuenta las necesidades de adquisición de temperaturas en el vehículo y los requerimientos de tamaño del dispositivo final como se muestra en la figura 21.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

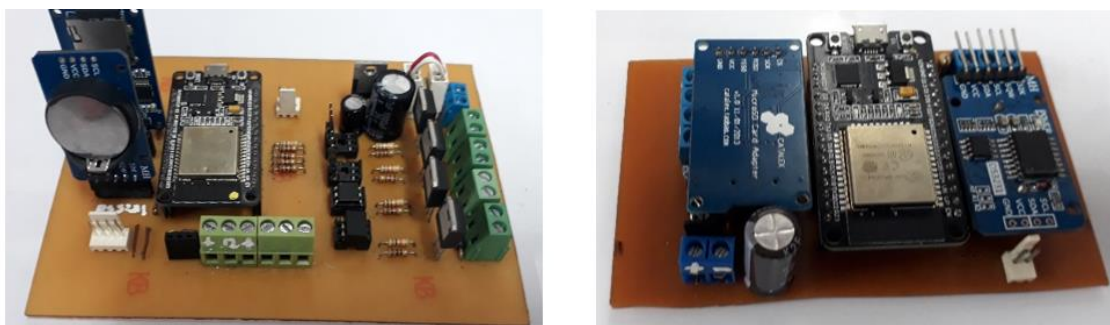


Figura 21. Modificaciones de tarjeta electrónica.

Obteniendo como resultado el siguiente circuito ver figura 22.

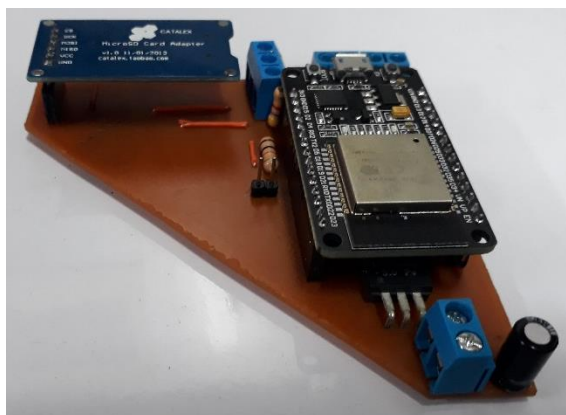
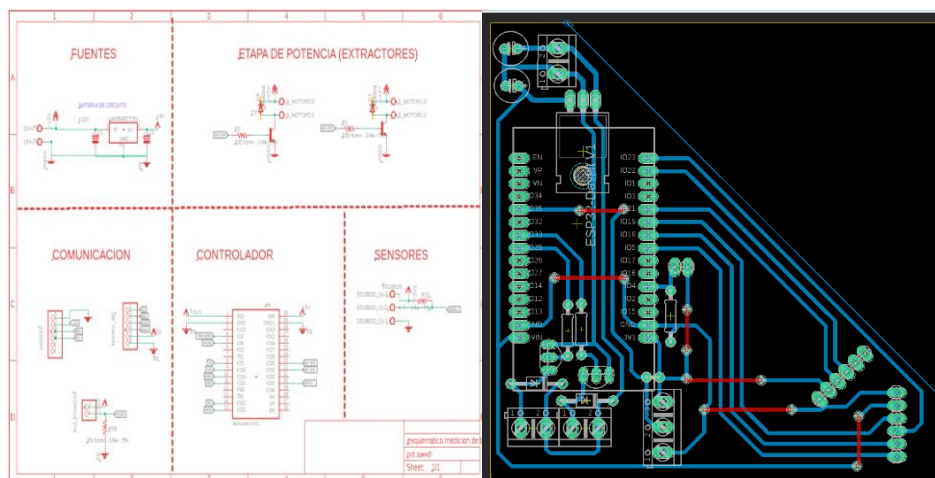
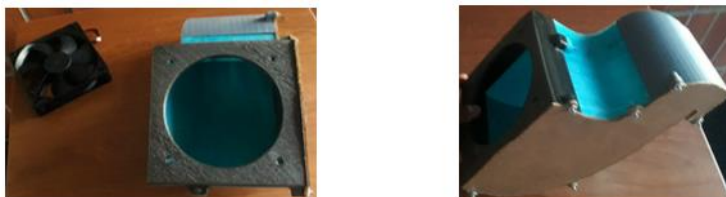


Figura 22. Modificaciones de tarjeta electrónica.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

4.5.2. Diseño mecánico.

4.5.2.1 prototipo inicial. El prototipo inicial se construyó con el fin de realizar pruebas que permitieran la modificación de los extractores en cuanto a su tamaño, además, se desarrolló con un solo extractor por ventana (figura 23) realizando pruebas con dos ventiladores de igual voltaje de alimentación, pero con características electromecánicas y tamaños diferentes ver tabla 9. se determinó la curva de extracción de calor en el interior de la cabina y observando la ganancia estática de las funciones de transferencia se procede a comparar su rendimiento como se puede evidenciar en la figura 24.



Prototipo con extractor de 12*12 cm

Figura 23. Primer prototipo de extracción de calor.

Tabla 9.

Características mecánicas de ventiladores

Características	Ventilador 1	Ventilador 2
Dimensiones [cm]	12*12*1	7*7*1.5
Voltaje de operación [V]	12	12
Corriente de operación [A]	0.21	0.18
Volumen de aire [m ³ /h]	60	47
Velocidad [rpm]	1800	2800

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

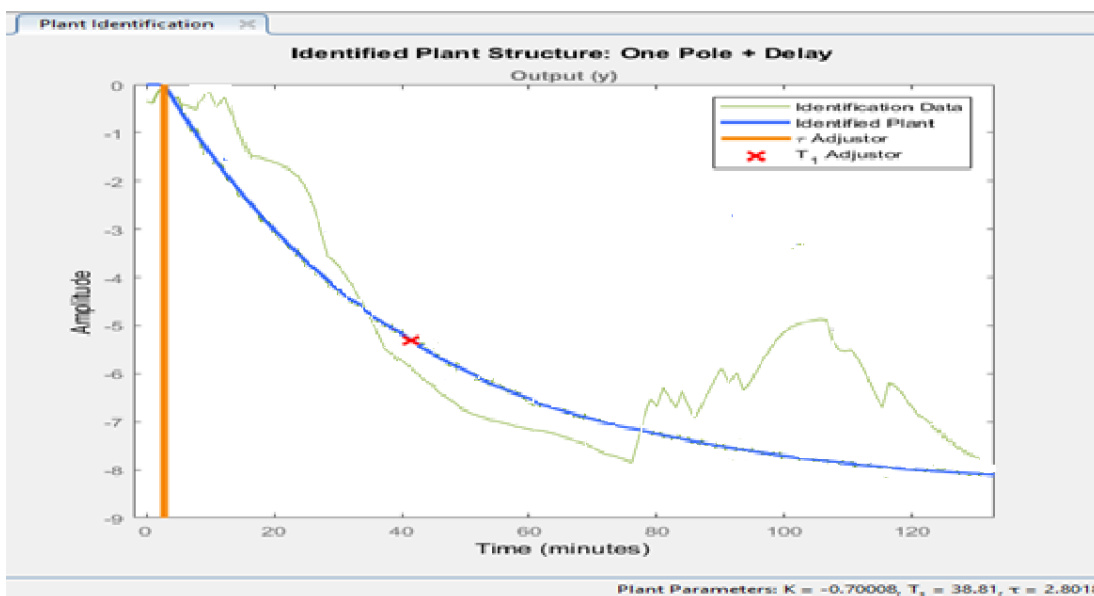
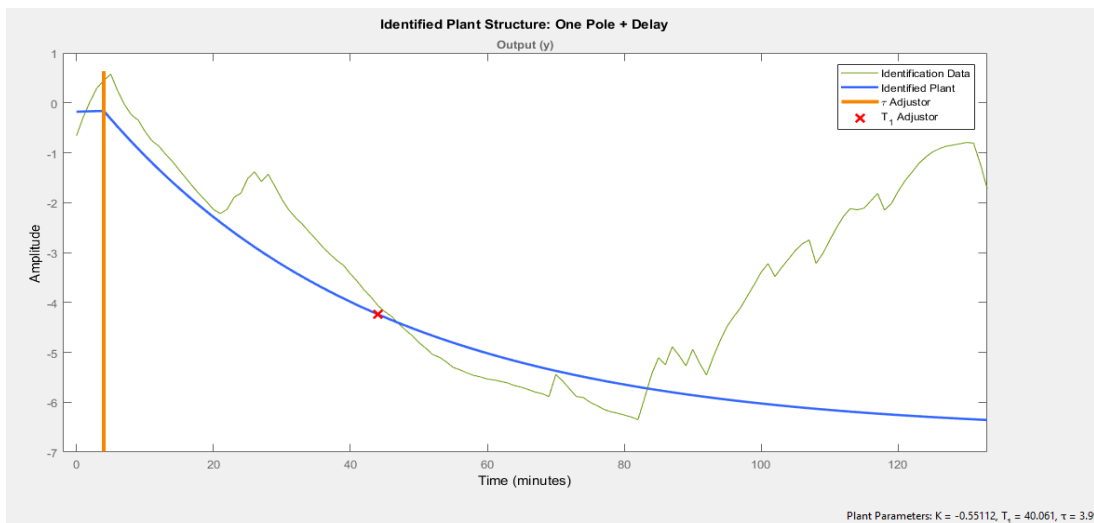


Figura 24. Curvas de calentamiento interno de la cabina con ventilador 1 y ventilador 2.

Se obtiene como resultado que el extractor con ventiladores pequeños tiene una ganancia estática $K_1 = -0,55$ y el mismo modelo funcionando con ventiladores grandes posee una ganancia estática $K_2 = -0,7$ por tal motivo se determina que la extracción de calor es muy similar entre los dos ventiladores, se selecciona el segundo por criterios de diseño al momento de cumplir los requisitos de portabilidad. Además de las gráficas se extrae el valor máximo de temperatura que se logró disminuir al interior de la cabina es de $6.5\text{ }^\circ\text{C}$ razón por la cual se determina usar 2

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

ventiladores en cada extractor con el fin de disminuir en 10 grados la temperatura interna vehículo.

Con las condiciones de 2 ventiladores se diseña la versión mejorada del prototipo, para la cual es necesario realizar estudios estructurales, los cuales son presentados a continuación.

4.5.2.2. Estudios estructurales. Se realiza el estudio de las zonas críticas del dispositivo que están sometidas a esfuerzos, por medio de observación se determina que la zona que más está sujeta a esfuerzos es el conducto por donde se intercambia en aire pues, este se encuentra sujetado por la ventana.

Para conocer la carga aplicada en esta sección del dispositivo se hizo necesario conocer el torque generado por el motor que acciona el sistema y a su vez la palanca que existe entre el motor y el brazo que mueve la ventana, la medida del brazo se determinó experimentalmente, esta fue de 6 cm. El torque del motor que acciona el sistema es de 1200 N*cm [19].

$$T_m = 1200 \text{ N*cm}$$

$$R = 6 \text{ cm}$$

$$T = F * d \quad F = \frac{1200 \text{ N*cm}}{6 \text{ cm}} = 200 \text{ N} \quad (1)$$

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

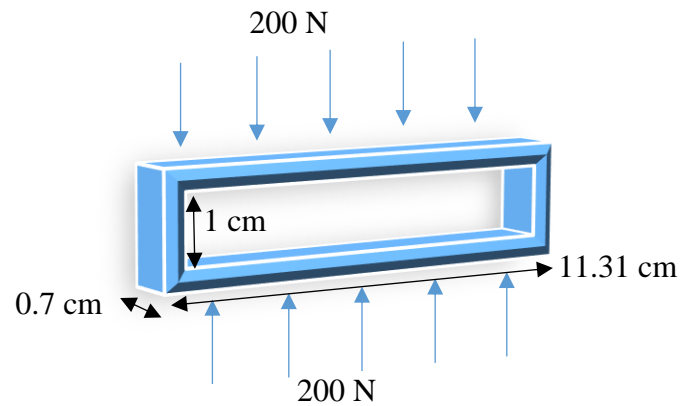


Figura 25. Cargas aplicadas a la estructura.

De la ecuación 1 podemos conocer el valor de la fuerza que ejerce la ventana sobre la estructura, la cual es una carga distribuida en el área que abarca el largo de la estructura y el ancho del vidrio de la ventana 0.007m, determinado experimentalmente (ver figura 23).

A continuación, se realiza una separación de la estructura en dos partes principales para simplificar los cálculos. Se analizan las vigas horizontales que tienen una carga distribuida y se analizan los tramos verticales que funcionan como apoyo a las vigas horizontales y están sometidos a esfuerzos de compresión.

Análisis de vigas horizontales.

Se analiza una de las dos vigas que tiene la estructura, por simetría los cálculos y esfuerzos son iguales en las dos, por tal motivo se procede a hacer el cálculo de una sola. Se realiza la identificación de cargas presentes en la viga (ver figura 26) mediante un diagrama, aplicando la ecuación (2) y (3) se encuentran los valores para las reacciones.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

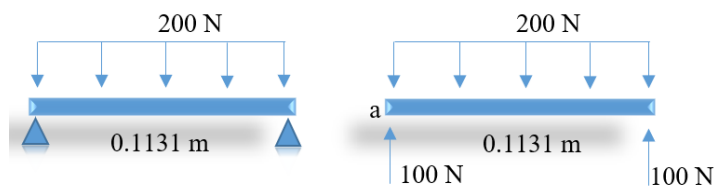


Figura 26. Diagrama de cargas.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{R1} + F_{R2} = 200N \quad (2)$$

$$\sum M_a = 0 \rightarrow F_{R1} * 0 + F_{R2} * L = 200N * \frac{L}{2} \quad (3)$$

A continuación, se plantea el diagrama de fuerzas cortantes y de momentos flectores alrededor de la viga (figura 27) con el propósito de observar el punto crítico en la viga, de lo cual se concluye que el punto donde más concentra esfuerzos de flexión es en el punto medio de esta.

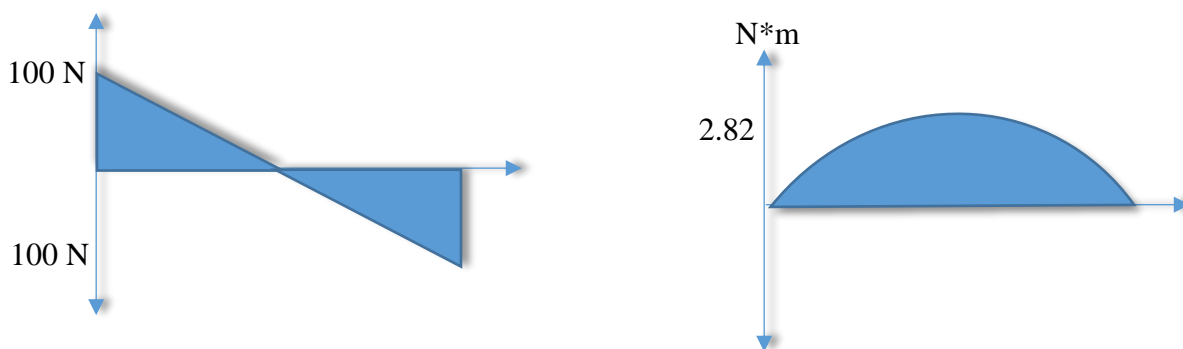


Figura 27. Diagramas de cortantes y momentos de a viga.

Con la fórmula (4) se calcula uno de los parámetros de la geometría de la viga para que el esfuerzo de tensión no supere el esfuerzo último del material (apéndice D).

$$\sigma_{max} = \frac{M * C}{I} \quad (4)$$

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Para realizar los cálculos se hace necesario conocer el momento de inercia del perfil transversal de la viga (ver figura 28), este se calcula con la ecuación (5) y se deja expresado en términos de la longitud a determinar L.

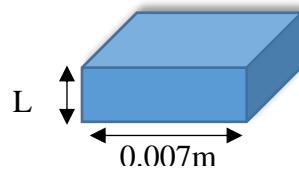


Figura 28. Perfil transversal de la viga.

$$I = \frac{a * l^3}{12} = \frac{0.007 m * L^3}{12} \quad (5)$$

Luego 5 se reemplaza en 4 donde $\sigma_{max} = 103 \text{ Mpa}$. A continuación, se procede a calcular el valor de L.

$$\sigma_{max} = \frac{2.82 n * m * L/2}{\frac{0.007 m * L^3}{12}}$$

$$103 \text{ Mpa} = \frac{2.82 n * m * L/2}{\frac{0.007 m * L^3}{12}}$$

$$L^2 = \frac{2423.5}{103 * 10^6} \quad L = 4.85 * 10^{-3} \cong 5 \text{ mm}$$

De esta forma se determina que el grosor de la viga debe ser mayor a 5mm para que el esfuerzo al que es sometido no supere el esfuerzo último del material.

Análisis de columna de apoyo

El análisis de las columnas de apoyo se centra en los esfuerzos de compresión que sufre, enfocado en el fenómeno del pandeo, buscando determinar el ancho de la columna para que la carga que soporta no produzca este fenómeno debido a su esbeltez, se plantea un diagrama con

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

las cargas que soporta la pieza (figura 29), por acción reacción las cargas que soporta son iguales en magnitud y de sentido contrario a las reacciones encontradas en la viga.

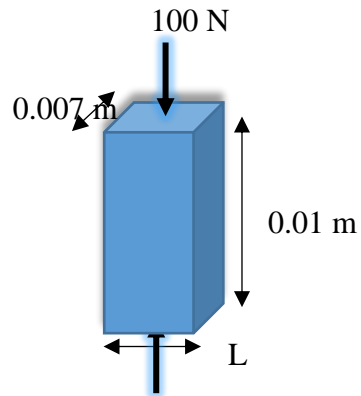


Figura 29. Diagrama de fuerzas aplicadas a la columna.

Se procede a calcular con la ecuación (6) la fuerza máxima aplicada a la viga sin que ocurra el fenómeno de pandeo

$$F_{critica} = \pi^2 \frac{E * I_{min}}{l^2} \quad (6)$$

Donde F es la fuerza crítica, E es el módulo de elasticidad del material I es la inercia mínima del perfil transversal y L es la menor dimensión de este perfil. Se encuentra que el módulo de elasticidad del material es de 2346.5 MPa (anexo 3), la inercia del perfil se calcula de igual forma que en el caso anterior con la formula (5) a continuación se reemplazan todos los valores y se despeja la longitud a determinar.

$$F_{critica} = \pi^2 \frac{2346.5 * 10^6 * \frac{0.007 m * L^3}{12}}{0.01^2}$$

$$\text{donde } F_{critica} = 100N$$

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

$$100N = \pi^2 \frac{2346.5 * 10^6 * \frac{0.007 m * L^3}{12}}{0.01^2} \quad (7)$$

Despejando la ecuación (7) se obtiene que:

$$L^3 = 11.68 * 10^{-8} \quad \rightarrow \quad L = 2.56 * 10^{-3} \cong 3 \text{ mm}$$

De esta forma se encuentra que para que no exista fenómeno de pandeo y se asegure la estabilidad de esta zona, la dimensión estudiada debe ser mayor a 3mm, considerando la dimensión de la viga estudiada en la sección anterior y para brindar una uniformidad en las dimensiones de las paredes del dispositivo se decide hacer toda la estructura con un grosor de 5mm.

4.5.2.3. Diseño construcción y pruebas del prototipo final. Basados en este criterio se diseñó la estructura mecánica del dispositivo (figura 30) que supiera las necesidades propuestas de resistencia mecánica, además teniendo en cuenta la propuesta de disminuir la temperatura en 10 °C se optó por adecuar la estructura mecánica para la cantidad de ventiladores sugerida. Para el diseño de la estructura se utilizó el software CAD SolidWorks.

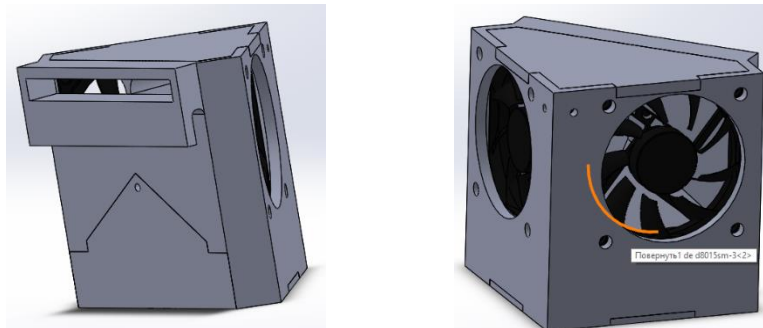


Figura 30. Diseño CAD del dispositivo.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Construcción del prototipo final

Aprovechando el modelo CAD del dispositivo, se realizó la impresión de cada una de las piezas en impresora 3D (Figura 32, 31), utilizando filamento PLA, con mallado de relleno de 50%, la impresión del dispositivo tuvo una duración de 25 horas y posteriormente se procedió al ensamblaje de todas sus piezas, obteniendo como resultado final el dispositivo mostrado en la figura 30.



Figura 32. Piezas estructurales del prototipo.

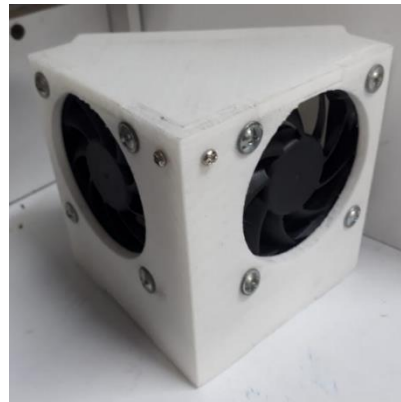


Figura 31. Prototipo ensamblado

Pruebas del prototipo final

Las pruebas se realizaron siguiendo el mismo procedimiento aplicados para el primer dispositivo, y abordados en la sección 4.2.1 Perfil de temperatura- Medición, obteniendo la siguiente curva de enfriamiento.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

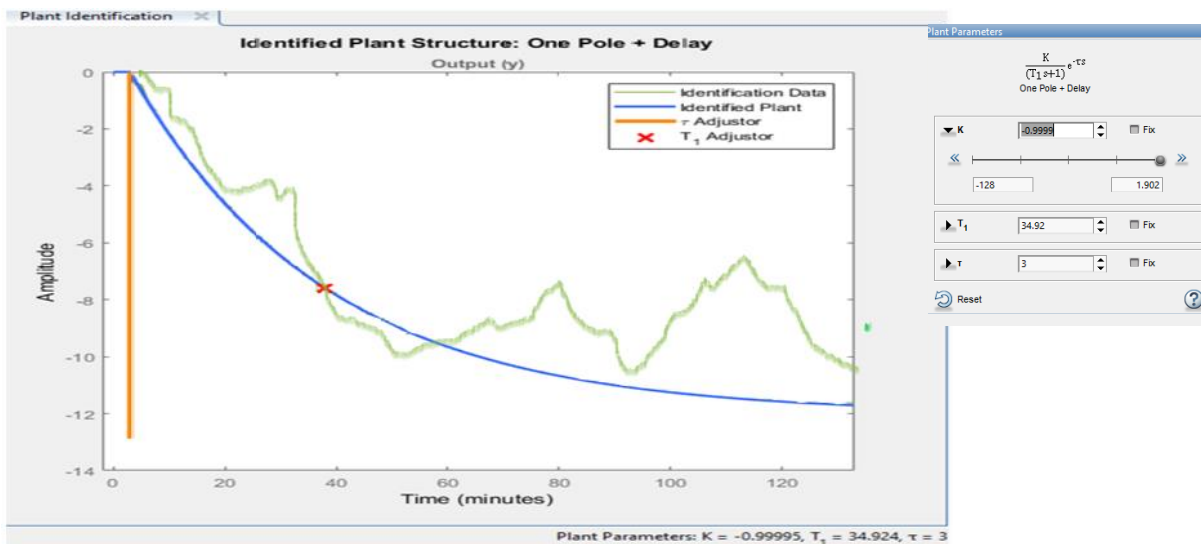


Figura 33. Dispositivo ensamblado.

De la cual se puede inferir que el dispositivo disminuya una temperatura de 11.7 en su estado estable.

4.5.3. Diseño de software. La estructura de programación del dispositivo se muestra en el siguiente diagrama de flujo ver figura 34

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

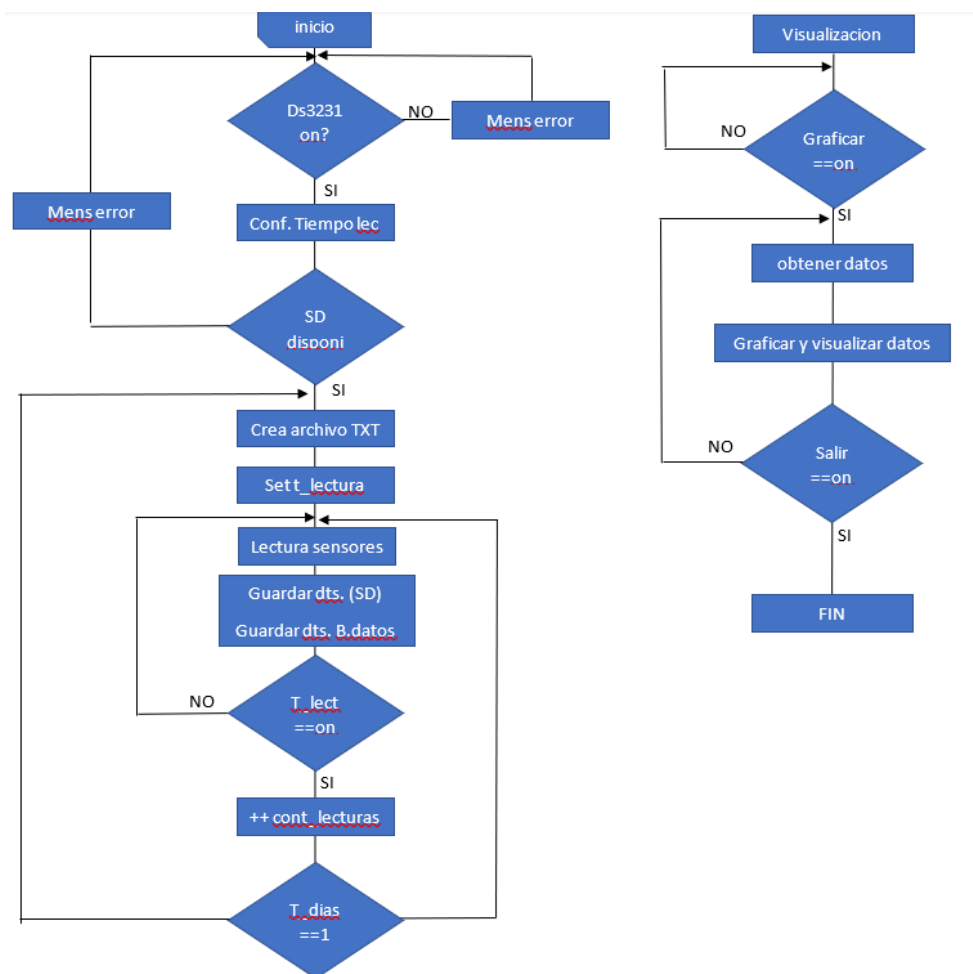


Figura 34. Programa en diagrama de flujo.

La secuencia inicia con el acceso directo a la pregunta por la conexión del módulo DS3231 (módulo de tiempo real), si se encuentra desactivado genera un mensaje de error por medio de la activación con una determinada frecuencia de un led visualizador (tabla xx35), si esta activado se configura el formato de almacenamiento de los datos de la siguiente manera

Reading ID; Date; Hour; S_T1; S_T2; S_T3; S_T4; S_T5; S_T6; S_T7; S_T8; S_T9; S_H.

Donde Reading ID = número de dato en orden de lectura.

Date = año /mes/día.

Hour = hora.

S_T = sensor de temperatura.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Luego se pregunta por la conexión del módulo de tarjeta SD, si se encuentra desactivado genera un mensaje de error por medio de la activación con una determinada frecuencia de un led visualizador (tabla 10), si está activado da paso a la creación del documento TXT para almacenar los datos, luego se realiza la toma de datos, se almacenan y se realiza la acción de control adecuada hasta que se cumpla el tiempo de muestreo de 1 minuto, para realizar la toma nuevamente. Existe interrupción de este ciclo, que lo genera la comunicación inalámbrica al momento de solicitar un dato en tiempo real, donde entra a la función de comunicación por wifi creada para tener un flujo de datos bidireccional con un servidor y poder acceder a la base de datos que almacena los datos de temperatura, interactuando mediante una interfaz como se muestra en la figura 35 desde cualquier dispositivo móvil que posea el sitio web.

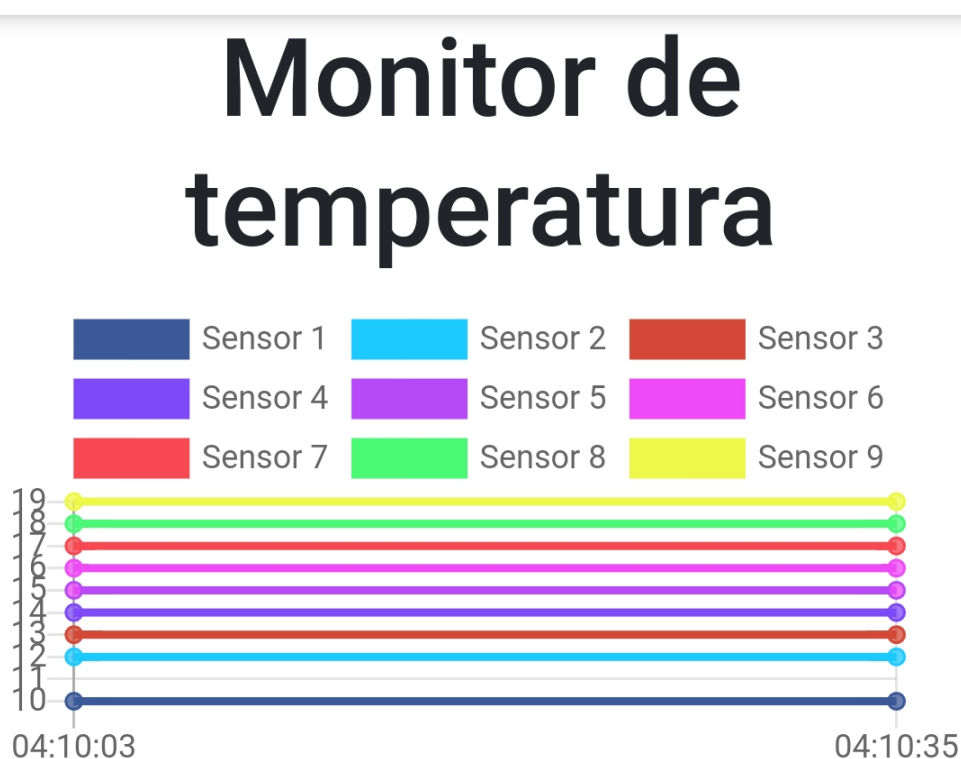


Figura 35. Visualización de temperatura.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Tabla 10.
Frecuencias para la depuración visual

FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN
2 HZ	Error al detectar SD
0.3 HZ	Error al detectar modulo DS3231
10 HZ	Toma de dato correctamente
1 HZ	Nivel de voltaje bajo

4.6. Simulaciones-pruebas- caracterización

4.6.1. Caracterización de sensores de temperatura. Para la adquisición de datos de radiación y temperatura ambiente se usó la estación meteorológica DAVIS PRO-2 la cual posee un error en el sensor de temperatura de ± 0.5 °C determinada por su ficha técnica. Para determinar el margen de error de los sensores utilizados en el prototipo (DS18B20), se realizan pruebas bajo las mismas condiciones, como: temperatura (ambiente) y posición de sensores obteniendo las siguientes mediciones ver figura 36

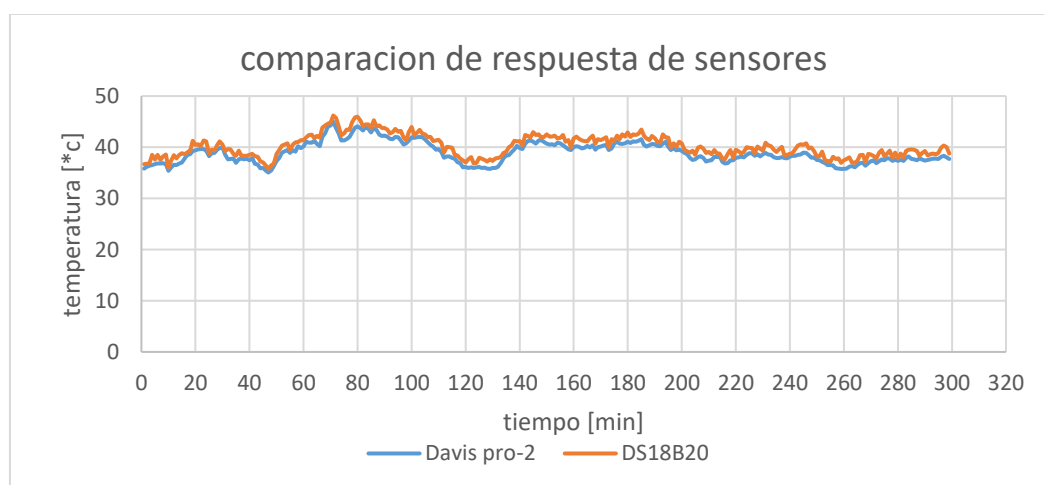


Figura 36. Calibración de sensor DS18B20.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Se calcula el error cuadrático medio ECM para determinar la exactitud del sensor de la siguiente manera.

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y1_i - y2_i)^2$$

$$ECM = \frac{1}{300} * 560.7 = 1.77 \cong 1.8^{\circ}\text{C}$$

4.6.2. Prueba de temperatura con extractores. Para el segundo experimento se instalan los dispositivos de ventilación en las ventanas delanteras del automóvil y se ponen a trabajar con un voltaje nominal equivalente al 70% del voltaje máximo de trabajo (9v), con el fin de observar cómo se comporta la temperatura interna teniendo en cuenta la acción de ventilación y la perturbación que en este caso es la radiación solar la cual se aplicó como escalón (aislar cabina de radiación solar), teniendo como procedimiento los siguientes pasos:

Obtener los datos de temperatura y radiación de la prueba.

Calcular el aporte de la radiación solar a la temperatura interna de la cabina usando el modelo térmico estimado en el apartado B de la sección 4.2.1.2.

Hallar la diferencia entre la temperatura medida y el aporte de la radiación solar a la temperatura calculada.

Se calcula la función de transferencia de los extractores teniendo como salida el aporte de estos a la temperatura de la cabina y como entrada un escalón de 9v que corresponde a la alimentación de los ventiladores al 70%.

Se obtiene la siguiente representación del sistema en diagrama de cajas ver figura 37.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

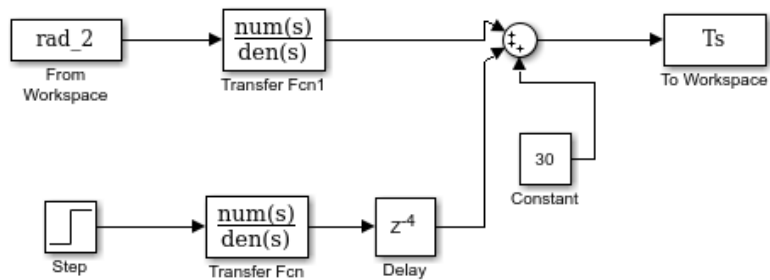


Figura 37. Diagrama del sistema con extractores.

A continuación, se muestra una gráfica comparativa de la temperatura obtenida en la experimentación y la obtenida en la simulación ver figura 38.

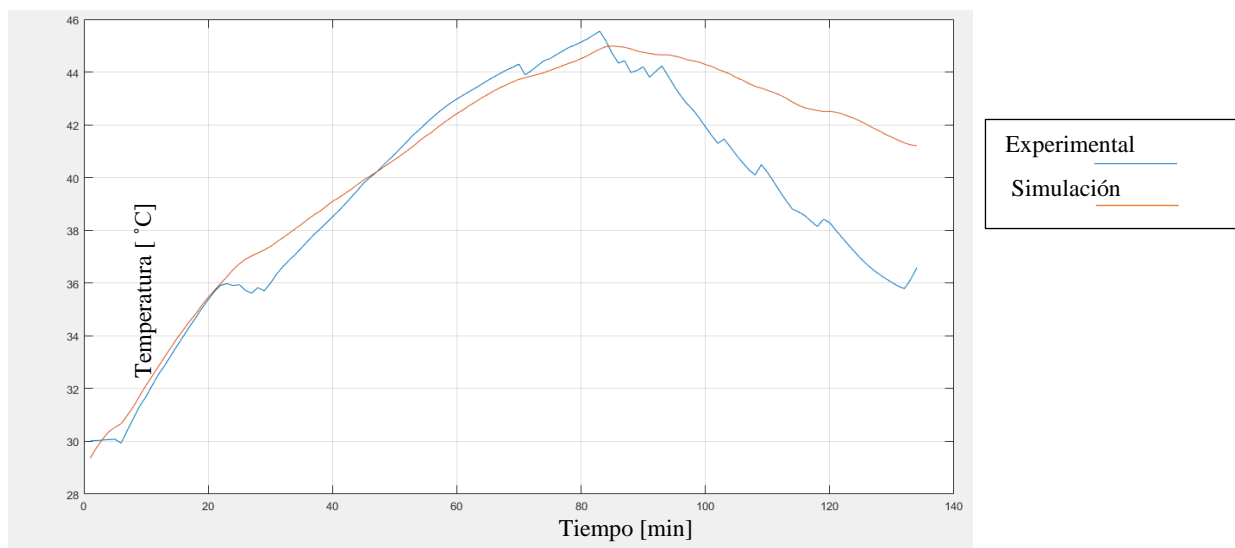


Figura 38. Gráfica comparativa temperatura experimental vs simulación

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

4.6.3. simulación de controlador. Tomando en cuenta el modelo de la planta obtenido en la prueba de campo realizada con los dispositivos de extracción funcionando descrita en la sección 4.6.2. y el efecto que ejerce la radiación en la temperatura interna de la cabina descrito en la sección 4.2.1.2. apartado B, se plantea una estrategia de control PI con retroalimentación unitaria negativa (figura 38) para seguir una referencia de temperatura establecida, se elige el control PI por su simplicidad y su integrador, el cual elimina el error en estado estacionario de la planta de primer orden. Para hallar las constantes se utiliza nuevamente la herramienta PID Tuner, la cual proporciona una interfaz gráfica e interactiva del comportamiento del sistema con el controlador deseado (figura 39).

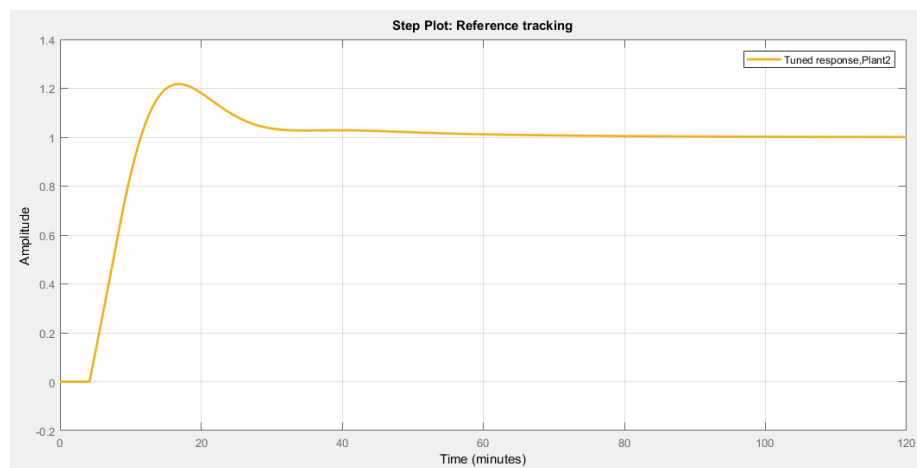
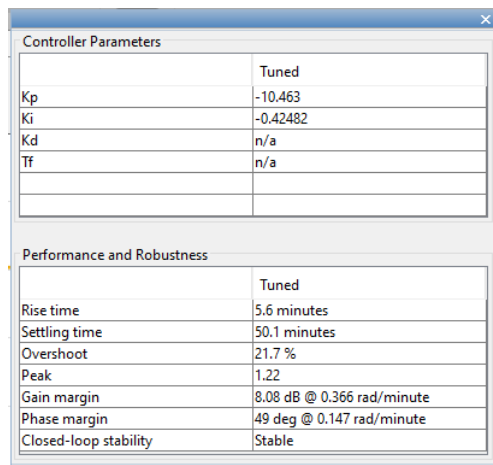


Figura 39. Respuesta al escalón unitario del sistema con controlador PI.

Una vez ajustado el comportamiento de la planta con el controlador se verifican los valores de las constantes del controlador proporcionadas por el PID Tuner (figura 40), para este caso tenemos una constante de proporcionalidad $K_p = -10.463$ y una constante $K_i = -0.42482$.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO



Controller Parameters	
	Tuned
Kp	-10.463
Ki	-0.42482
Kd	n/a
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	5.6 minutes
Settling time	50.1 minutes
Overshoot	21.7 %
Peak	1.22
Gain margin	8.08 dB @ 0.366 rad/minute
Phase margin	49 deg @ 0.147 rad/minute
Closed-loop stability	Stable

Figura 40. Parámetros del controlador

Posteriormente se procede a corroborar por medio de la simulación el comportamiento de la planta con la acción de control elegida. Para esto se implementa el diagrama (figura 41) en simulink agregando el sistema de control, además se configuran los parámetros de simulación:

Temperatura de referencia: step de 29°C

Perturbación: valores de radiación obtenidos en la prueba de campo “Rad_2”.

$K_p = -10.463$

$K_i = -0.42482$

Límite de señal de control: $\lim \text{inf} = 0\text{v}$; $\lim \text{sup} = 12\text{v}$

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

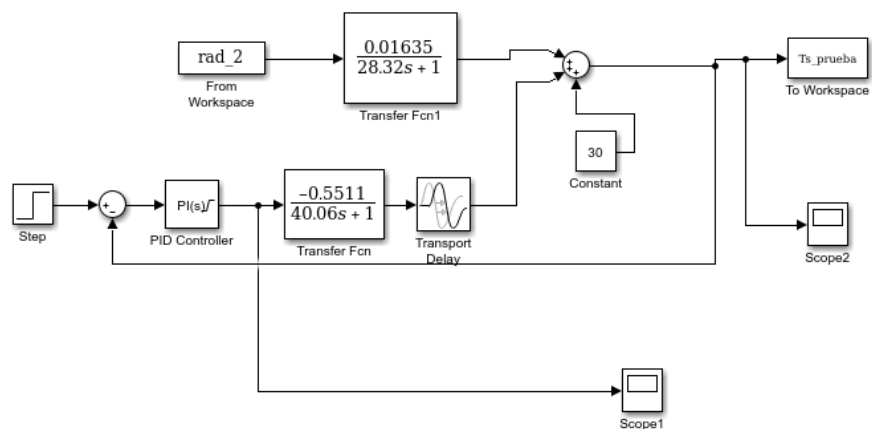


Figura 41. Sistema de planta con controlador

Los datos de temperatura de salida (Figura 42) y de la acción de control (Figura 43) se muestran graficados mediante la herramienta Scope para ser analizados.

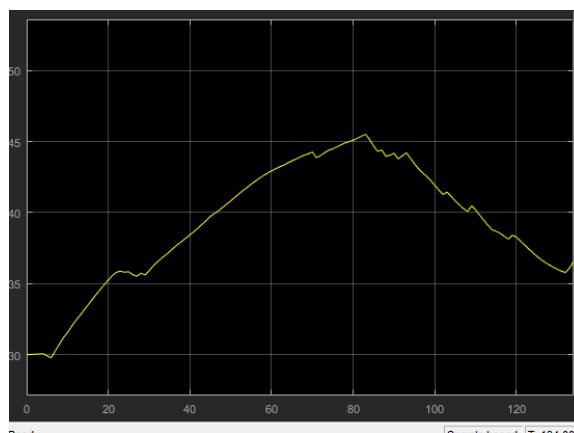


Figura 42. Temperatura de la cabina aplicando el controlador.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

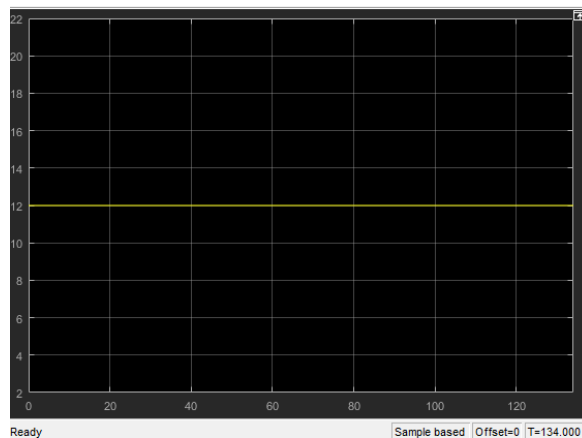


Figura 43. Temperatura de la cabina aplicando el controlador.

Se realizó una segunda simulación cambiando el valor del set point a 45°C pues la señal de control estuvo todo el tiempo en su máximo valor 12V, los resultados de esa simulación se muestran a continuación (figura 44).

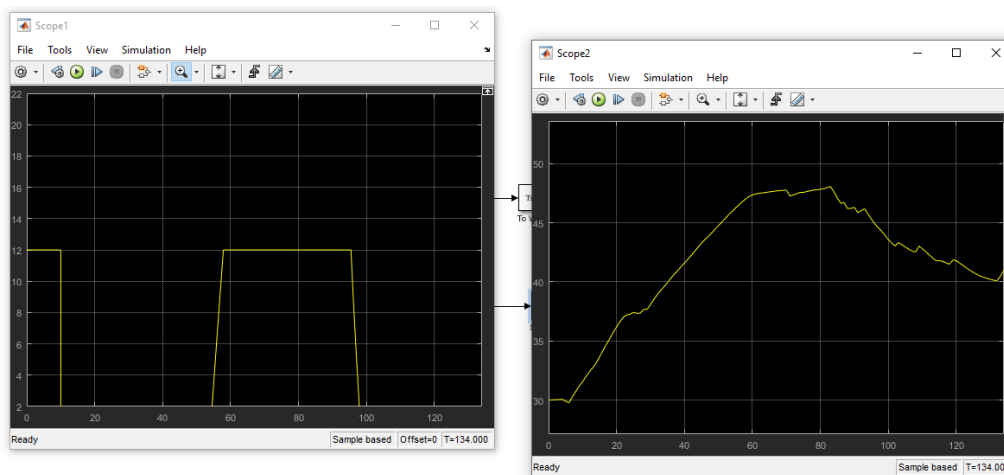


Figura 44. Acción de control (izquierda) y temperatura de salida (derecha) del sistema con SetPoint 45°C .

4.7. Resultados

Basados en las pruebas, caracterizaciones y simulaciones mencionadas en la sección anterior (4.5) procedemos al análisis de los resultados de cada una de ellas.

4.7.1. Resultados de la caracterización de sensores. Con la caracterización de sensores se obtuvo un error cuadrático medio de 1.8°C , esto nos indica el grado de precisión y confiabilidad de los instrumentos de medida que se utilizan en las pruebas, en este caso los dispositivos de medición son confiables pues un error de ese valor no es crítico para el funcionamiento del sistema.

4.7.2. Resultados de la prueba de temperatura con extractores. Con la prueba de la temperatura de la cabina con extractores se evidencia una disminución máxima de 12°C con respecto a la temperatura de salida sin los ventiladores (Figura 8), determinada por medio de la simulación con los parámetros de radiación de la prueba con extractores

Además, se observa una aproximación acertada del modelo de la planta con un grado de confiabilidad del 89%

4.7.3. Resultados de la simulación del control. El control aplicado es suficiente como seguidor de referencia, además elimina el error en estado estable de la planta de primer orden, sin embargo, la referencia o Set Point se encuentra limitado a valores dentro del rango de disminución de temperatura pues a valores menores tendrá todo el tiempo encendidos los ventiladores, y a valores mayores los tendrá todo el tiempo apagados.

5. Conclusiones

Se desarrolló un dispositivo de monitoreo en tiempo real, el cual adquiere los datos de temperatura interna y externa de la cabina y la radiación solar, los cuales son almacenados en una tarjeta microsd card y al mismo tiempo enviado a una base de datos vía wifi para su posterior análisis, esta base de datos se conecta con un servidor y una página web para la visualización en tiempo real de las variables.

Se realizaron pruebas de reconocimientos del dispositivo de monitoreo con el fin de establecer el error en la medición de las variables, se obtuvo como resultado un error medio de 1.8°C aplicando técnicas estadísticas a los datos recolectados, se concluye que el valor del error en la medición no es crítico pues una diferencia de 1.8°C en la temperatura no es muy perceptible para el cuerpo humano.

La simulación del comportamiento termodinámico de la cabina nos permitió una selección de los componentes adecuados a utilizar, además de una visión específica de las condiciones térmicas del interior de la cabina, alcanzando temperaturas internas de hasta 73°C como se evidencia en el apéndice C.

Cumpliendo el criterio de portabilidad se desarrolló un dispositivo de medidas (largo, ancho, alto) $10*10*15$ [cm], además se cumplió la meta de reducción de temperatura en 10°C debido a su capacidad de extracción de $110\text{m}^3/\text{h}$. se realizó el dispositivo con el fin de asegurar un tiempo de funcionamiento continuo de 24H utilizando el 50% de la carga energética de la batería gracias a un consumo energético de 802 mA permitiendo el correcto encendido y ejercicio de las demás funciones eléctricas del vehículo.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Mediante la simulación del sistema de control, se llegó a la conclusión que para llegar a una mejor condición de confort es preciso aumentar las prestaciones del hardware, y de esta forma tener un rango de temperatura de referencia más amplio, por tal motivo la implementación del control del dispositivo en cuestión no se hizo viable, sin embargo, se deja planteado para dispositivos con mayor capacidad de refrigeración o para trabajos futuros.

6. Recomendación

Se recomienda para futuros trabajos realizar un estudio de dinámica de fluidos con el fin de establecer la eficiencia de la geometría del dispositivo y encontrar la más óptima, además se deja planteado el controlador con el fin de realizar mejoras en el dispositivo para que tenga un rango de disminución de temperatura mayor y de esta forma la acción de control sea útil.

Referencias Bibliográficas

- [1] C. Valderrama y J.-R. Puiggali, «¿Cuáles son las apreciaciones energéticas, medioambientales y de confort de distintas generaciones presentes en un campus universitario?,» *DearQ*, vol. 13, pp. 126-139, 2013.
- [2] D. J. J. A. G. D. J. R. G. C. D. H. R. P. R., «DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CONDICIONES,» Ciudad de Mexico.
- [3] C. L. G. R. G. H. Julio Diaz Jimenes, «IMPACTO DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN LA SALUD PÚBLICA,» *Revista Española de Salud Publica*, vol. 79, nº 2, pp. 145-157, 2005.
- [4] Ohio State University Extension, «Heat Stress for Trainers and Supervisors,» 4 June 2008. [En línea]. Available: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/aex-892222>. [Último acceso: 19 february 2020].
- [5] J. Rodriguez, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVACUACIÓN DE CALOR PARA EL HBITACULO DE UN VEHICULO VOLKSWAGEN GOL 1.8cc.,» Guayaquil, 2020.
- [6] «Significados.com,» 24 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/energia/>. [Último acceso: 9 Octubre 2019].
- [7] Y. CENGEL y M. BOLES , «TERMODINAMICA Y ENERGIA,» de *TERMODINAMICA*, MEXICO D.F, MCGRAW HILL, 2012, p. 2.
- [8] Y. CENGEL y M. BOLES, «Temperatura y ley cero de la termodinámica,» de *TERMODINAMICA*, MEXICO, MC GRAW HILL, 2012, p. 17.
- [9] Y. CENGEL y M. BOLES , «PRIMERA LEY DE TERMODINAMICA,» de *TERMODINAMICA*, MEXICO D.F., MCGRAW HILL, 2012, p. 70.
- [10] D. d. Investigación, «UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TACHIRA,» Área de Tecnología Educativa, 205. [En línea]. Available: <http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/index.html>. [Último acceso: 9 OCTUBRE 2019].
- [11] D. U. Schmitt, «ENERGIA SOLAR,» Institut für Physikalische Chemie, 12 ABRIL 2018. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/termodinamica/leyes-de-la-termodinamica/tercera-ley-termodinamica>. [Último acceso: 9 OCTUBRE 2019].
- [12] «Concepto de,» [En línea]. Available: <https://concepto.de/entalpia/#ixzz61gRfKtu0>. [Último acceso: 15 enero 2020].
- [13] H. P. e. al, «A portable renewable solar energy--powered cooling system based on wireless power transfer for a veehicle cabin,» *Appl. Energy*, vol. 195, pp. 334-343,

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

2017.

- [14] C. McLaren, «Head Stress From Enclosed Vehicles: Moderates Ambient Temperatures Cause Significant Rise in Enclosed Vehicles,» *Pediatrics*, vol. 116, n° 1, pp. 109-112, 2005.
- [15] K. P. A. A. M. T. F. S. a. D. R. S. Shams, «Solar powered air cooling for idle parked cars: Architecture and implementation,» *in proceedings - 2015 11th international conference on innovation Technology*, pp. 239-243, 2015, 2016.
- [16] M. M. M. Y. F. a. N. H. a. R. M. F. Basar, «Alternative Way in Reducing Car Cabin Temperature Using Portable Car Cooling System (Car-Cool),» *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 3, n° 3, pp. 140-143, 2013.
- [17] D. R. P. H. A. M. Pedro P. Diaz, «: Desarrollo de un sistema de extracción de calor, aplicable a recintos cerrados que estén bajo el efecto directo de los rayos del sol, mediante una fuente de energía alternativa.,» Bucaramanga, 2019.
- [18] J. M. R. T., Interviewee, *Consulta Sobre Nivel de Carga de la Bateria de un Automovil*. [Entrevista]. 27 02 2020.
- [19] L. M. T. P. Edinson J. Iza Chuluisa, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE FUNCIONAMIENTO VIRTUAL Y PRUEBAS DE ASIENTOS DE POTENCIA – VIDRIOS ELÉCTRICOS,» Escuela Politecnica del Ejercito Ecuador, Latacunga-Ecuador, 2010.
- [20] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [21] A. C. Sole, Instrumentación Industrial, Mexico: Alfaomega, 2006.
- [22] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA,, November 8-12.
- [23] A. Rezi and M. Allam, «Techniques in array processing by means of transformations,» de *Control and Dynamic Systems Vol. 69*, San Diego, Academic Press, 1995, pp. 133-180.
- [24] «Agricultural Tailgate Safety Trainig».

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

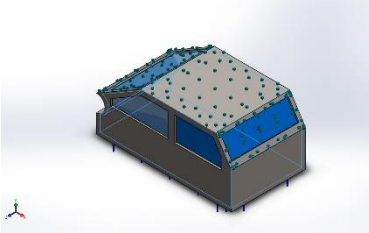
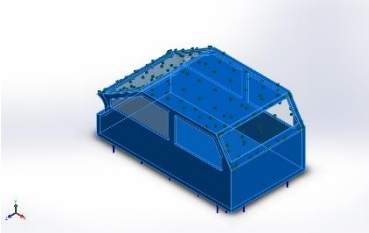
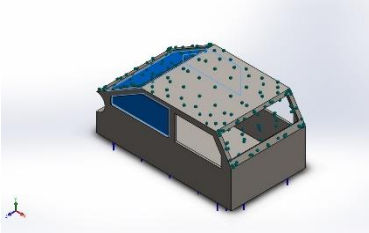
Apéndices

Apéndice A. Guía PMBOK

	Inicio	Planificación	Ejecución	Control	Cierre
Integración	Desarrollar Acta Constit.	Desarrollar Plan de Proyecto	. Dirigir Proyecto . Gestionar Conocimiento	. Controlar Trabajo . Controlar Cambios	Cerrar Proyecto
Alcance		. Planificar Alcance . Recopilar Requisitos . Definir Alcance . Crear EDT		. Validar Alcance . Controlar Alcance	
Cronograma		. Planificar Cronograma . Definir Actividades . Secuenciar Actividades . Estimar Duración Activ. . Desarrollar Cronograma		Controlar Cronograma	
Costo		. Planificar Costos . Estimar Costos . Determinar Presupuesto		Controlar Costos	
Calidad		Planificar Calidad	Gestionar Calidad	Controlar Calidad	
Recursos		. Planificar Recursos . Estimar Recursos	. Adquirir Recursos . Desarrollar Equipo . Dirigir Equipo	Controlar Recursos	
Comunicaciones		Planificar Comunicaciones	Gestionar Comunicaciones	Monitorear Comunicaciones	
Riesgos		. Planificar Riesgos . Identificar Riesgos . An. Cualitativo Riesgos . An. Cuantitat. Riesgos . Plan Respuesta Riesgos	Implementar Respuesta Riesgos	Monitorear Riesgos	
Adquisiciones		Planificar Adquisiciones	Efectuar Adquisiciones	Controlar Adquisiciones	
Interesados	Identificar Interesados	Planificar Interesados	Gestionar Interesados	Monitorear Interesados	
TOTAL	2	24	10	12	1

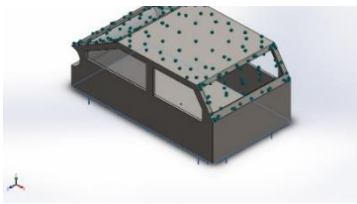
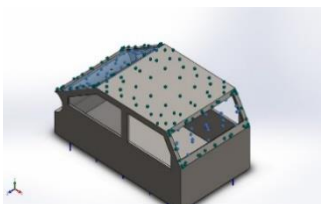
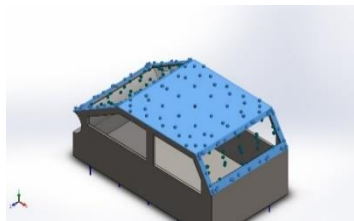
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

Apéndice B. Simulación termodinámica de la cabina.

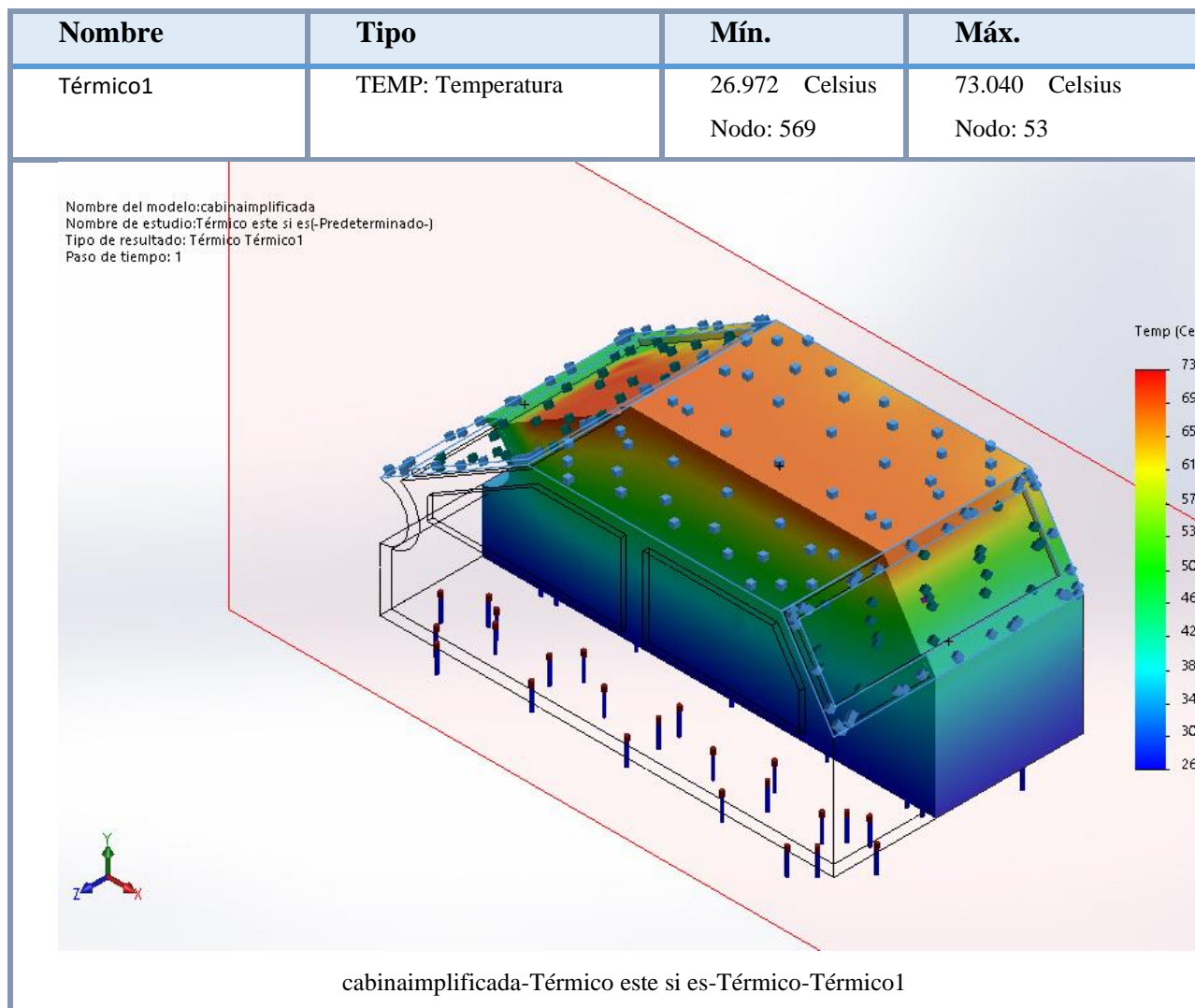
Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: Aire</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Conductividad térmica: 0.027 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 1000 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 1.1 kg/m³</p>
	<p>Nombre: A286 Súper aleación a base de hierro</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Conductividad térmica: 15.1 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 420 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 7920 kg/m³</p>
	<p>Nombre: Vidrio</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Conductividad térmica: 0.74976 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 834.61 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 2457.6 kg/m³</p>

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

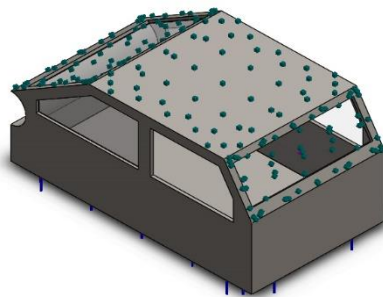
Apéndice C. Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Temperatura-1		Entidades: 1 cara(s) Temperatura: 27 Celsius
Radiación-2		Entidades: 2 cara(s) Radiación Tipo: Superficie a superficie Sistema abierto: Activar Temperatura ambiente: 70 Celsius Emisividad: 0.9
Radiación-3		Entidades: 3 cara(s) Radiación Tipo: Superficie a ambiente Temperatura ambiente: 70 Celsius Emisividad: 0.5 Factor de vista: 0.5

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO



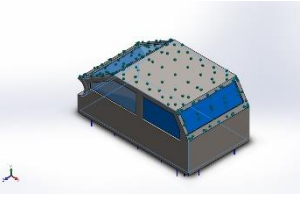
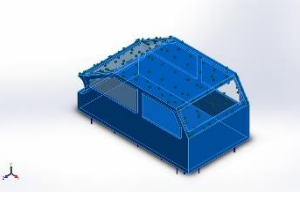
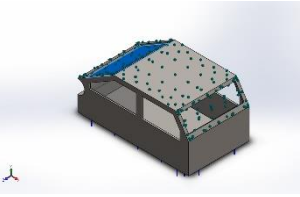
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO



Nombre del modelo: cabinaimplificada

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:13.6489 kg Volumen:12.4081 m ³ Densidad:1.1 kg/m ³ Peso:133.76 N	C:\Users\usuario\Desktop\Carro temp\Carrito\aire_intero.SLDPRT Mar 09 12:55:01 2020
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa:11079.5 kg Volumen:1.39892 m ³ Densidad:7920 kg/m ³ Peso:108579 N	C:\Users\usuario\Desktop\usta\decimo semestre\tesis\modelo cabina simplificado\carrocera.SLDPRT Feb 05 15:47:17 2020
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:41.2877 kg Volumen:0.0168 m ³ Densidad:2457.6 kg/m ³ Peso:404.619 N	C:\Users\usuario\Desktop\usta\decimo semestre\tesis\modelo cabina simplificado\parabrisas.SLDPRT Feb 06 17:44:01 2020

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:16.8986 kg Volumen:0.00687606 m³ Densidad:2457.6 kg/m³ Peso:165.606 N</p>	<p>C:\Users\usuario\Desktop\usta\decimo semestre\tesis\modelo cabina simplificado\ventana delantera.SLDPRT Mar 09 12:36:20 2020</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:16.8986 kg Volumen:0.00687606 m³ Densidad:2457.6 kg/m³ Peso:165.606 N</p>	<p>C:\Users\usuario\Desktop\usta\decimo semestre\tesis\modelo cabina simplificado\ventana delantera.SLDPRT Mar 09 12:36:20 2020</p>

Apéndice D. Ficha técnica PLA

Ficha de datos técnicos PLA		Ultimaker
Denominación química	Ácido poliláctico	
Descripción	El filamento de PLA Ultimaker ofrece una experiencia de impresión 3D sencilla gracias a su fiabilidad y buena calidad superficial. Nuestro PLA está fabricado con materiales orgánicos y renovables. Es seguro, fácil de utilizar en la impresión y se adecua a una amplia gama de aplicaciones para usuarios nuevos y experimentados.	
Características principales	El PLA ofrece una buena resistencia a la tracción y calidad superficial, facilita el trabajo a altas velocidades de impresión, simplifica el uso en entornos domésticos y de oficina y permite la creación de piezas de alta resolución. Existe una amplia gama de opciones de color disponibles.	
Aplicaciones	Herramientas domésticas, juguetes, proyectos educativos, objetos de exposición, prototipado, modelos arquitectónicos y también métodos de fundición a la cera perdida para crear piezas de metal.	
No adecuado para	Aplicaciones en contacto con alimentos e in vivo. Uso prolongado en exteriores o aplicaciones en las cuales la parte impresa está expuesta a temperaturas superiores a 50 °C.	
<u>Especificaciones del filamento</u>	<u>Valor</u>	<u>Método</u>
Diámetro	2,85 ± 0,10 mm	-
Desviación de redondez máxima	0,10 mm	-
Peso neto del filamento	350 g / 750 g	-
Longitud del filamento	-44 m / -95 m	-
<u>Información sobre el color</u>	<u>Color</u>	<u>Código de color</u>
	PLA verde	RAL 6018
	PLA negro	RAL 9005
	PLA plata metalizado	RAL 9006
	PLA blanco	RAL 9010
	PLA transparente	n.p.
	PLA naranja	RAL 2008
	PLA azul	RAL 5002
	PLA magenta	RAL 4010
	PLA rojo	RAL 3020
	PLA amarillo	RAL 1003
	PLA blanco nacarado	RAL 1013
Ficha de datos técnicos – PLA Ultimaker	Página 1	

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN AUTÓNOMO

<u>Propiedades mecánicas (*)</u>	<u>Moldeo por inyección</u>		<u>Impresión 3D</u>	
	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ens</u>
Módulo de elasticidad a la tracción	-	-	2346,5 MPa	ISO 527 (1 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la deformación	-	-	49,5 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	-	45,6 MPa	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la deformación	-	-	3,3 %	ISO 527 (50 mm/min)
Alargamiento a la rotura	-	-	5,2 %	ISO 527 (50 mm/min)
Resistencia a la flexión	-	-	103,0 MPa	ISO 178
Módulo de flexión	-	-	3150,0 MPa	ISO 178
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	-	-	5,1 kJ/m ²	ISO 180
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	-	-	-	-
Dureza	-	-	83 (Shore D)	Durómetro
<u>Propiedades térmicas</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>		
Índice de fluidez (MFR)	6,09 g/10 min		ISO 1133 (210 °C, 2,16 kg)	
Deformación térmica (HDT) a 0,455 MPa	-		-	
Deformación térmica (HDT) a 1,82 MPa	-		-	
Transición vítrea	-60 °C		ISO 11357	
Coefficiente de expansión térmica	-		-	
Temperatura de fusión	145-160 °C		ISO 11357	
Contracción térmica	-		-	
<u>Otras propiedades</u>	<u>Valor típico</u>	<u>Método de ensayo</u>		
Gravedad específica	1,24		ASTM D1505	
Clasificación de llama	-		-	
(*) Ver las notas.				
Ficha de datos técnicos — PLA Ultimaker		Página 2		

Apéndice E. Evidencia aprobación ante Proyecto.

**DIEGO RICARDO PAEZ ARDILA**

Buen día, Anexo segunda revisión del anteproyecto. Diego Ricardo Páez Ardila Docente Facultad de Ingeniería Mecatrónica Campus Bucaramanga Carrera 18 No. 9-27,

📧 lun., 17 feb. 9:58

**LUIS RODRIGO MANCILLA LOPEZ**

para Proyectos, dylanjesusquintero, mí, Pedro ▾

📧 jue., 5 mar. 10:25 (hace 7 días)



Muy buenos días

La presente es para comunicar que el anteproyecto en mención ha aplicado las correcciones necesarias y está aprobado de mi parte para la asignación de calificadores y continuación del mismo.

muchas gracias por la atención prestada.

Pd:

Adjunto el documento corregido

Ing. Luis Rodrigo Mancilla López

Docente Investigador