



Diseño y construcción de un banco de pruebas para la validación de impulsores de bombas de agua fabricados por FDM de vehículos automotrices.

Realizado por:

Luis Andrés Navarrete Cadena

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK

Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Director de proyecto:

M.Sc. Jaime Vinicio Molina Osejos

Marzo - 2023

Declaración Juramentada

Yo, Navarrete Cadena Luis Andrés, con cédula de identidad 1725486987, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

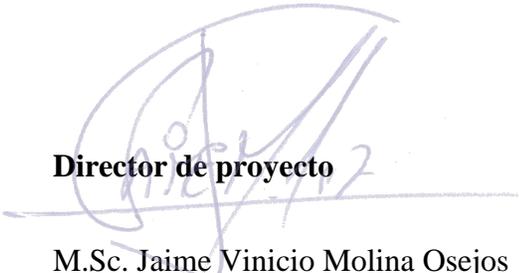
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Navarrete Cadena', written over a horizontal line.

Nombre: Navarrete Cadena Luis Andrés

C.I. 1725486987

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Director de proyecto

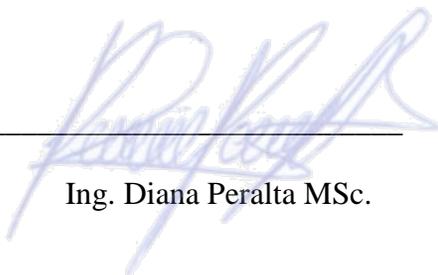
M.Sc. Jaime Vinicio Molina Osejos

LOS PROFESORES INFORMANTES:

Ing. Diana Belén Peralta Zurita MSc.

Ing. Diego Fernando Bustamante Villagómez MSc

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. Diana Peralta MSc.



Ing. Diego Bustamante MSc.

Quito, 21 de marzo de 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Luis Andrés Navarrete Cadena

C.I. 1725486987

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a Dios por siempre guiarme por el camino correcto y alcanzar con mi propósito.

También quiero dedicar a mis padres Luis Navarrete y Rebeca Cadena ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su cariño y paciencia ante todas las adversidades, a mis hermanas por sus palabras y compañía infinita y toda mi familia que me han apoyado y en especial a mis personas más queridas ya que no están físicamente con nosotros siempre me cuidan y me guían.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, a mis padres mis hermanas y familia por el sacrificio que hacen cada día para darme la oportunidad de estudiar y culminar con mi carrera el apoyo brindado constantemente durante toda mi vida. Mis hermanas y mi familia por las palabras de aliento a culminar mis estudios.

A mi director de proyecto MSc. Jaime Vinicio Molina Osejos por compartir y brindar su conocimiento en todo tiempo de desarrollo de este presente trabajo.

Por último, dedico esta tesis a mis profesores por cada una de sus enseñanzas y guías para culminar con éxito este título.

Resumen

En el presente trabajo centra el diseño y construcción de un banco de pruebas para la validación de impulsores de bombas de agua fabricados por manufactura aditiva FDM, el banco valida su comportamiento, funcionalidad y rendimiento de los impulsores. En la investigación se aplica una metodología de practico- experimental, por lo cual se obtiene un banco de pruebas hidrostático para dar funcionamiento a los impulsores con tipo de material PETG, Fibra de Carbono y ABS dando como resultado que el material Petg, Fibra de carbono trabajaron a temperatura ambiente y a temperatura de funcionamiento de régimen de motor con una temperatura inicial de 30°C llegando a un proceso elástico a plástico, con una temperatura máxima de 70°C a una revolución constante por minuto a 4.382rpm, llegando a tener una presión inicial de 4psi finalizando con una presión de 0psi, mientras el material ABS fue el de mejor desempeño aplicado a temperatura ambiente y régimen de temperatura de funcionamiento de motor alcanzo un máximo de temperatura de 80°C y manteniendo una presión inicial a 4psi, finalizando con la misma presión sin decaer, se concluye que los diferentes tipos de impulsores tienen la capacidad de dar funcionamiento a la bomba de agua, no obstante la integridad física de un impulsor dependerá del material que se haya construido.

Palabras Clave:

Bomba de Agua, Manufactura aditiva FDM, Material ABS, PETG, Fibra de Carbono, Material Fundido.

Abstract

This paper focuses on the design and construction of a test bench for the validation of water pump impellers manufactured by FDM additive manufacturing, the bench validates their behavior, functionality and performance of the impellers. In the investigation, a practical-experimental methodology is applied, for which a hydrostatic test bench is obtained to operate the impellers with the type of material PETG, Carbon Fiber and ABS, resulting in the material Petg, Carbon Fiber They worked at room temperature and at engine operating temperature with an initial temperature of 30°C reaching a plastic-elastic process, with a maximum temperature of 70°C at a constant revolution per minute at 4,382rpm, reaching an initial pressure of 4psi. ending with a pressure of 0psi, while the ABS material was the one with the best performance applied at room temperature and engine operating temperature regime, reaching a maximum temperature of 80°C and maintaining an initial pressure at 4psi, ending with the same pressure without decay, it is concluded that the different types of impellers have the capacity to operate the water pump, however The physical integrity of an impeller will depend on the material that has been constructed.

Keywords:

Water Pump, FDM Additive Manufacturing, ABS Material, PETG, Carbon Fiber, Cast Material.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Declaración Juramentada	2
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Resumen	8
Abstract	9
ÍNDICE DE CONTENIDO	10
Introducción	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	20
Justificación	21
Objetivos	21
Objetivo General	21
Objetivos Específicos.	21
Estudio del arte	22
Motores de combustión interna	22
Sistema de refrigeración	25
Refrigeración por aire	25
Refrigeración directa por aire	25
Refrigeración forzada por aire	26
Refrigeración por líquido	27
Circulación por termosifón	27
Circulación forzada por bomba	28
Refrigeración mixta (líquido y aire)	28
Circuito de refrigeración mixta y sus componentes	30
Radiador	30
Bomba de agua	31
Electro ventilador	32
Termostato	32
Vaso de expansión	33
Impulsores de bombas de agua	35
Estructura de los impulsores de bombas	35
Polea	35
Eje armado	36

	11
Cuerpo de bomba	36
Cierre dinámico	37
Turbina	37
Materiales de un impulsor de bomba de agua	38
CAD	38
Proceso CAD / CAM	40
Software para emplear sistemas CAD/CAM	41
Modelado por Deposición Fundida FD	42
Estructura y funcionamiento de un FDM	43
Propiedades mecánicas de cada material a emplear	43
Metodología	45
Tipo de investigación	45
Flujograma de procesos	45
Determinación de componentes	46
Desarmado de bomba de agua	47
Identificación y toma de medidas del impulsor	48
Dibujo en Software CAD	49
Dibujo del prototipo en Solid Works	49
Selección de materiales e impresión de impulsores	50
Materiales y características principales	50
Proceso de manufactura aditiva FMD	51
Configuración de la máquina para la impresión	52
Calidad	53
Paredes	53
Capa superior e inferior	53
Relleno	54
Material	54
Velocidad	55
Refrigeración	55
Detalles generales del proceso de impresión	65
Protocolo de pruebas	67
Banco de pruebas	67
Selección de bomba eléctrica y materiales	68
Diseño del banco de pruebas	68

	12
Validación de los impulsores	75
Resultados	75
Obtención de resultados particulares a temperatura ambiente	76
Resultados generales del banco de pruebas a temperatura ambiente	77
Obtención de resultados particulares a temperaturas de 40°C, 60°C, 70°C y 80°C	77
Resultados generales del banco de pruebas a temperaturas de 40°C, 60°C, 70°C y 80°C	87
Tabla presupuestaria	88
Discusión de Resultado	88
Conclusiones	90
Recomendaciones	92
Bibliografía	94
Anexos	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Vehículos más comercializados en la provincia de Pichincha periodo 2018	19
Tabla 2 Materiales y propiedades mecanicas, impresión por proceso FMD	44
Tabla 3 Propiedades generales del filamento	51
Tabla 4 Parametros de calidad	53
Tabla 5. Parametros de capas superior e inferior	54
Tabla 6. Parametros de relleno	54
Tabla 7 Material correspondiente a temperatura de fundicion del plastico	54
Tabla 8 Velocidades de impresión por cada tipo de relleno	55
Tabla 9 Refrigeracion con diferentes porcentajes de material	55
Tabla 10 Variables de impresión del material fibra de carbono al 30%	56
Tabla 11 Variables de impresión del material ABS al 30%	57
Tabla 12 Variables de impresión del material PETG al 30%	58
Tabla 13 Variables de impresión del material PETG al 50%	59
Tabla 14 Variables de impresión fibra de carbono al 50%	60
Tabla 15 Variables de impresión del material ABS al 50%	61
Tabla 16 Variables de impresión del material PETG al 70%	62
Tabla 17 Variables de impresión del material Fibra de Carbono al 70%	63
Tabla 18 Variables de impresión del material ABS al 70%	64
Tabla 19 Resultados del factor de esfuerzos y seguridad de los materiales al 30%,50%,70%	65
Tabla 20 Materiales del banco de pruebas	69
Tabla 21 Resultados particulares de cada impulsor en el banco de pruebas	77

Tabla 22 Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores	78
Tabla 23 Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 30% en el banco de pruebas	80
Tabla 24 Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores antes y después de su funcionamiento.	81
Tabla 25 Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 50% en el banco de pruebas	83
Tabla 26 Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores antes y después de su funcionamiento.	84
Tabla 27 Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 70% en el banco de pruebas	86
Tabla 28 Costo de producción de un impulsor de bomba de agua a base de filamento ABS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de la distribución de energía de un motor	25
Figura 2	Sistema de refrigeración directa por aire	27
Figura 3	Sistema de refrigeración forzada por aire	28
Figura 4	Sistema de refrigeración impulsada por bomba de agua	29
Figura 5	Sistema de refrigeración mixta	30
Figura 6	Radiador	32
Figura 7	Bomba de agua	32
Figura 8	Electro ventilador	33
Figura 9	Termostato y su funcionamiento	34
Figura 10	Vaso de expansión	35
Figura 11	Estructura de una bomba de agua	39
Figura 12	Sistema didáctico del CAD / CAM	42
Figura 13	Esquema de modelado por deposición fundida	43
Figura 14	Etapas y pasos para la validación del impulsor	47
Figura 15	Bomba de agua Chevrolet Spark Gt	47
Figura 16	Extractor de rodamientos	48
Figura 17	Desacople del impulsor de bomba de agua	48
Figura 18	Extracción del impulsor de la bomba de agua	49
Figura 19	Toma de medidas del impulsor de bomba de agua	49
Figura 20	Vista lateral del impulsor a 180° en Solid Works	50
Figura 21	Vista periférica del impulsor a 45° en Solid Works	50
Figura 22	Artillery Sidewinder X1	52

	16
Figura 23 Interfaz del programa “CURA”	53
Figura 24 Configuración para la impresión del impulsor a base de fibra de carbono al 30%	56
Figura 25 Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 30%	57
Figura 26 Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 30 %	58
Figura 27 Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 50 %	59
Figura 28 Configuración para la impresión del impulsor a base de fibra de carbono al 50%	60
Figura 29 Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 50%	61
Figura 30 Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 70%	62
Figura 31 Configuración para la impresión del impulsor a base de Fibra de carbono al 70 %	63
Figura 32 Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 70 %	64
Figura 33 Impresión del impulsor de bomba de agua con filamento PETG	65
Figura 34 Impulsor PETG(impulsor gris)	66
Figura 35 Impulsor ABS(impulsor rojo)	66
Figura 36 Impulsor fibra de carbono(impulsor negro)	66
Figura 37 Instalación de impulsor	67
Figura 38 Motor eléctrico EBERLE, Modelo 746NB	68
Figura 39 Motor eléctrico conectado a la bomba de agua	71
Figura 40 Manómetro de presión y llave de paso metálica de ½ pulgada metálica	72
Figura 41 Instalación de radiador de calefacción al sistema hidráulico cerrado	73
Figura 42 Acople de ventilador 12cm x 12cm	73
Figura 43 Fijación de tanguete de agua metálico a cocineta eléctrica de 1000W	74
Figura 44 Salida del líquido y realimentación de la bomba de agua	75
Figura 45 Banco de pruebas	76

ÍNDICE DE ECUACION

Ecuación 1 Relación de Transmisión	69
--	----

Introducción

Los sistemas de refrigeración modernos empleado en los vehículos de combustión interna cumplen con el propósito fundamental el cual se centra en controlar y mantener una óptima temperatura para que el motor funcione sin sufrir daños por sobrecalentamiento, el impulsor de bomba de agua es considerado el corazón del sistema de refrigeración.

Antecedentes

Los actuales avances tecnológicos, han permitido el desarrollado de herramientas y equipos que son capaces de producir y elaborar una amplia variedad de componentes, en este punto la fabricación de equipos automotrices deja de ser labor exclusiva de las industrias, ya que varias personas con una correcta formación técnica tienen la capacidad de elaborar por cuenta propia una gran variedad de elementos mecánicos. Jaramillo (2019) expresa que el modelado por deposición fundida, de sus siglas en inglés FDM, es un tipo de una técnica de impresión 3D que permite desarrollar cualquier tipo de componentes, siempre y cuando este previamente diseñado en un software CAD.

Para determinar el tipo de bomba de agua se realizó un análisis de los vehículos más comercializados en la provincia de Pichincha. Sobre este tema Posso (2020), realizó un estudio en donde estableció los cinco vehículos más comercializados en el periodo 2018, estos se pueden evidenciar en la tabla 1 mostrada a continuación:

Tabla 1*Vehículos más comercializados en la provincia de Pichincha periodo 2018*

Marca	Modelo	N° de unidades vendidas
Chevrolet	Sail	2.988
Chevrolet	Aveo 1.5L STD	2.718
Kia	Río 4P Sedan	2.062
Kia	Sportage R 2.0L GSL MT AC	1.482
Chevrolet	Spark GT	1.223

Nota: Vehículos más comercializados en la provincia de Pichincha en el periodo 2018, extraído de (Posso, 2020, pág. 55)

Si bien el modelo de Chevrolet Sail es el que lidera el mercado local, resulta de vital importancia lo mencionado por García (2022), el cual señala que el modelo Spark Gt ha dejado de formar parte de la línea de producción de la marca Chevrolet, es por esta razón que se ha considerado a este vehículo de mayor interés para el presente estudio, puesto que su discontinuación provocara una reducción en la elaboración de sus repuestos y por ende una mayor dificultad para adquirirlos.

El presente proyecto tiene como principal finalidad diseñar y construir de un banco de pruebas para la validación de impulsores de bombas de agua fabricados por FDM de vehículos automotrices, para lograrlo se extraerá de la bomba de agua el impulsor original y se tomaran medidas para poder replicarlo, se procede a instalar el impulsor elaborado por impresión 3D y así finalmente, rearmar todo el componente. Para poder corroborar su correcto desempeño, se va a montar todo el sistema para dar funcionamiento a la bomba de agua y al banco de pruebas, el cual consta de un motor eléctrico, que será el encargado de simular el torque del motor de un vehículo y de un sistema hidráulico cerrado, que tomará el lugar del sistema de refrigeración.

Planteamiento del problema

Los impulsores de bombas de agua dentro del sistema de refrigeración, permiten que el motor se encuentre en un rango de temperaturas aceptables entre los 75° y los 90°C evitando daños por recalentamiento. Siendo este un componente esencial en el desempeño del vehículo, es necesario considerar que su integridad física se ve afectada debido a la naturaleza de sus funciones.

Este componente al ser metálico está constantemente expuesto al líquido refrigerante lo que provoca una inevitable corrosión y oxidación, debido a que el impulsor esta generalmente constituido por latón, esta reacción química perjudica al sistema de refrigeración debido al desgaste natural de las aspas, con el tiempo esta contaminación química afecta al refrigerante provocando el deterioro de las gomas ocasionando fugas y de manera general, se provoca una reducción en el bombeo de este fluido dentro del sistema.

La problemática es la falta de opciones que tienen los propietarios de vehículos al momento de presentar daños en el impulsor de bomba de agua, muchos optan por la compra de toda una bomba de agua en concesionarios o la importación directa a los fabricantes del auto desde el extranjero, ambas acciones provocan de manera directa afectaciones económicas y su vez se fomenta una actitud consumista dentro de la ciudadanía, por tal motivo surge la necesidad de brindar una solución óptima a este dilema.

Justificación

El presente proyecto, surge de la necesidad de validar el comportamiento y la funcionalidad del impulsor de bomba de agua elaborado por medio del Modelado por Deposición Fundida, esto permitirá conocer si el elemento puede desenvolverse de la misma manera que uno original. Para lograrlo, este prototipo debe ser diagnosticado y puesto a prueba para determinar si es factible su futura implementación dentro del sistema de refrigeración de un motor, se debe considerar los costos de producción que tiene este componente en relación al precio en el mercado actual, de igual manera se debe conseguir un impulsor que tenga una vida útil aceptable y lo principal es que cumpla con la tarea de controlar la temperatura interna del motor.

Al realizar un impulsor de bomba de agua por medio de la tecnología de impresión 3D y al validar su funcionamiento en un banco de pruebas, se brinda un pequeño aporte al desarrollo de una nueva matriz productiva, la apertura de nuevas fuentes de trabajo y por ende al crecimiento tecnológico del país. La información recabada sin duda aportara de manera positiva futuros estudios en base al desarrollo de componentes mecánicos por medio del proceso FDM.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un banco de pruebas hidrostático para la validación del comportamiento, funcionalidad y rendimiento de los impulsores de bomba de agua automotriz elaborados por la deposición de material fundido.

Objetivos Específicos.

- Diseñar los diferentes tipos de impulsores de bombas de agua mediante modelado CAD.

- Construir diferentes tipos de impulsores a base de FDM mediante la impresión 3D para ser implementados en las bombas de agua de vehículos
- Implementar un análisis de banco de pruebas para ensayar la hidrostática de los impulsores fabricados a base de FDM
- Comparar las dimensiones y la geometría del impulsor de agua obtenido a través del modelado CAD y el resultado final de la impresión 3D.

Estudio del arte

Motores de combustión interna

Como preámbulo del presente apartado resulta importante destacar la importancia que tiene un sistema de refrigeración dentro de un motor, sobre esto Gavilema (2014) expone que debido a que la temperatura es uno de los principales factores a considerar dentro del funcionamiento de la mayor parte de los fenómenos físicos, se entiende que el aumento de la temperatura en los materiales se genera producto de algún tipo de fricción.

Córdova (2013), por su parte indica que el motor de combustión interna está compuesto con una gran cantidad de elementos que para su funcionamiento general fricción entre sí, este tipo de máquinas energéticas son las encargadas de producir potencia motriz, esto gracias a que aprovecha la energía química procedente del combustible, misma que por medio de efectos de ignición el combustible y el carburante existente en el aire se genera un proceso cíclico de expansión y compresión de sus componentes.

En base a lo expuesto en el apartado anterior, se puede entender que el motor funciona por medio de la conversión de energía química y térmica en energía mecánica, la cual es de suma importancia debido a sus propiedades elementales que permiten llevar a cabo distintas labores y usos debido a su capacidad de producir un trabajo.

En el trabajo de Miranda (2020), se indica que el motor de combustión interna tiene una larga trayectoria y relevancia dentro del desarrollo social y económico de las sociedades actuales, esto es evidente ya que a partir de su primera aparición en el año 1876 hasta la actualidad ha tenido cerca de 150 años de constante evolución y transformación. El motivo ha sido siempre el optimizar recursos para obtener mayores beneficios, el motor de combustión interna, sin duda alguna, ha representado una herramienta de gran ayuda al desarrollo de varios sectores productivos, destacando el servicio de transporte y trabajo pesado debido a su potencia.

A nivel mundial la producción de este tipo de motores ha empleado una gran cantidad de recursos, tanto físicos como intelectuales, todo con la intención de obtener el mejor desempeño y funcionamiento dentro de las distintas áreas y labores para las cuales están destinadas. Ante estas declaraciones hay que establecer que para un correcto funcionamiento existe una gran cantidad de consideraciones de a fin de evitar pérdidas económicas, problemas ambientales a causa de emisiones de compuestos tóxicos, consumo de combustible, pérdida de eficiencia y vida útil del motor, entre otros.

Sobre el tema Gálvez y Paucar (2020), señalan que la temperatura forma parte de uno de los principales problemas que puede tener un motor, se sabe que dentro de la cámara de combustión es fácil superar los 1000°C , muchos de los materiales que se encuentran inmersos en esta temperatura son susceptibles a aleaciones debido a su composición estructural, por tal motivo resulta de vital importancia mantener estos elementos correctamente refrigerados.

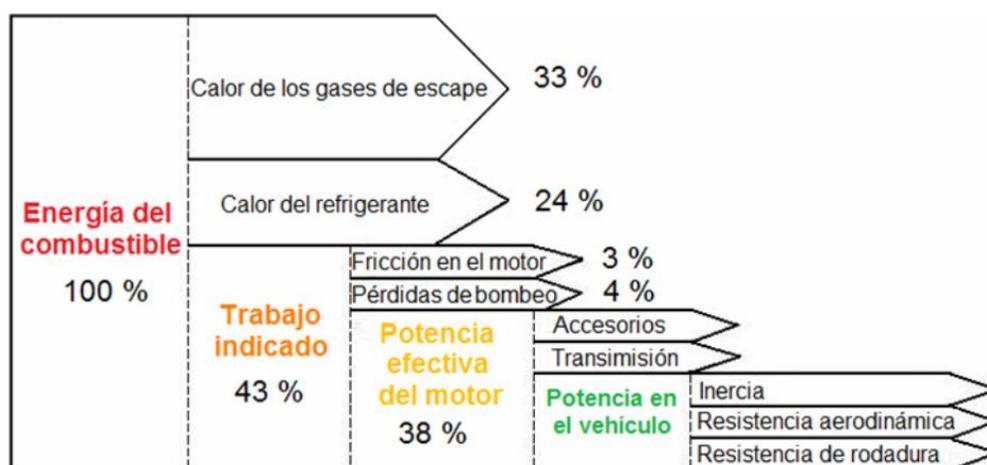
El desempeño de un motor depende del aprovechamiento de la energía que este proporcione, en el proceso de combustión interna se desprende una gran cantidad de energía, pero bajo la consideración de Gavilema (2014), se afirma que aproximadamente el 30% de esta energía es aprovechada por el motor y el resto es disipada al exterior a través del calor.

El papel que desempeña un refrigerante es de gran importancia debido a que ayuda al desarrollo de una mejor potencia y eficiencia en el motor, ante esto Morales y Hernández (2014) indican que la maquina debe estar en una temperatura entre los 82° y los 113° C, considerando también que el porcentaje de eficiencia energética y las temperaturas variaran dependiendo de los tipos de motores y las labores para las cuales están destinados.

En figura 1, Romero (2009) expone el esquema general de la distribución de la energía proporcionada por el motor en su proceso de combustión interna.

Figura 1

Esquema de la distribución de energía de un motor



Nota: En la figura se evidencia la distribución de energía de un motor, extraído de (Romero, 2009, pág. 6)

Como se puede apreciar en la figura 1, el proceso de combustión el combustible es la base para la producción de la energía, tras las reacciones químicas dentro de la cámara de combustión se desprende en gran medida calor y menos del 38% de esta energía está destinada al desempeño del propio vehículo, esto es debido a que toda la energía brindada por el motor se desprende en el funcionamiento de los distintos accesorios implementados en el vehículo, el trabajo desempeñado por la transición.

Por medio del análisis se evidencia que alrededor de un 3% de la energía es emitida por el motor se desprenden en la fricción propia de su funcionamiento, así como también, en las actividades de bombeo propias de la actividad de combustión. Lo más importante a destacar es que el mayor porcentaje, cerca del 57% de la energía producida, se disipa en forma de calor por medio de los gases de escape y por acción del refrigerante tendiendo un 33% y un 24% respectivamente.

Sistema de refrigeración

Como se ha podido apreciar en el anterior punto, el refrigerante tiene la responsabilidad de controlar un cuarto de la energía producida por el motor, de no contar con este elemento se pone en riesgo la integridad física de los componentes internos que forman parte de equipo, por lo cual es de gran relevancia comprender su estructura y como este controla el exceso de calor.

Bajo el criterio de Gavilema (2014), los sistemas empleados para la refrigeración de los motores a nivel mundial, son los siguientes:

Refrigeración por aire

Pazmiño (2014), define que en este proceso se realizar una evacuación de manera directa del calor del motor a la atmósfera a través del aire que lo circunda. Para mejorar la conductibilidad térmica, este tipo de motores se fabrican de aleación ligera y disponen sobre la carcasa exterior de unas aletas que permiten aumentar la superficie radiante de calor. La longitud de estas aletas es proporcional a la temperatura alcanzada en las diferentes zonas del cilindro, siendo, por tanto, de mayor longitud las que están más próximas a la cámara de combustión.

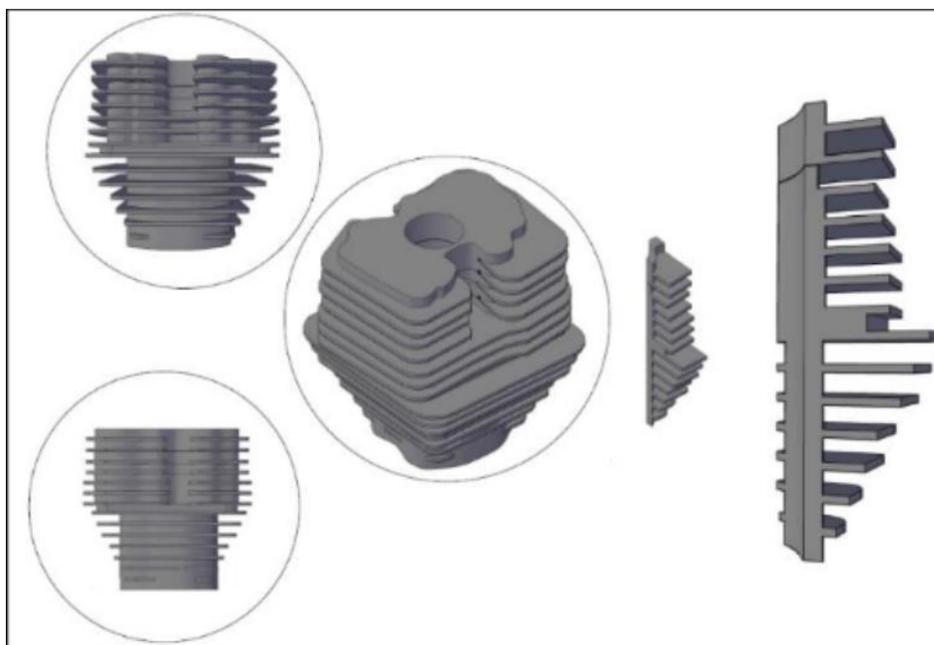
Refrigeración directa por aire

El funcionamiento de este sistema es relativamente simple ya que son la base de los utilizados en las motocicletas, debido a que el motor va completamente al aire, es posible que se realice la refrigeración del motor ya que el aire hace un impacto directo sobre las aletas durante la

marcha del vehículo, siendo por tal motivo más eficaz la refrigeración cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento. En la figura 2 se puede apreciar de mejor manera lo que es un sistema de refrigeración directa por aire.

Figura 2

Sistema de refrigeración directa por aire

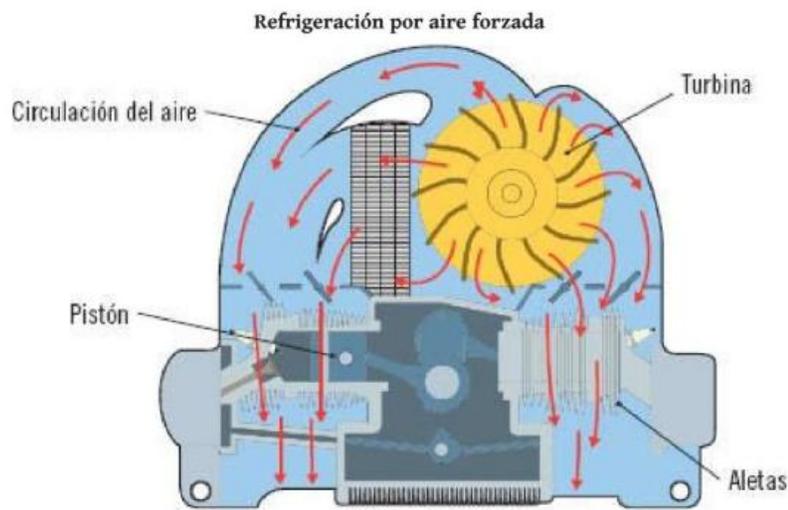


Nota: En la figura se evidencia la refrigeración directa por aire, extraído de (Ballena & Chucuya, 2017, pág. 382)

Refrigeración forzada por aire

Este método de refrigeración es utilizado en vehículos que llevan el motor encerrado en la carrocería y por tal motivo conlleva un menor contacto con el aire durante su desplazamiento. El actual sistema funciona por medio de un potente ventilador que funciona por medio del propio motor, el cual crea una fuerte corriente de aire que es canalizada convenientemente hacia los cilindros para obtener una eficaz refrigeración aun cuando el vehículo se desplace lentamente. Para un mejor entendimiento en la figura 3 se puede apreciar lo señalado en este apartado.

Figura 3
Sistema de refrigeración forzada por aire



Nota: En la figura se evidencia la refrigeración forzada por aire de un motor, extraído de: (Ordóñez, 2012)

Refrigeración por líquido

Según Gavilema (2014), el actual sistema consiste en un circuito de agua o mezcla de agua refrigerante, el cual tienen un contacto directo con las paredes de las camisas y cámaras de combustión del motor, las cuales tienen la función de absorber el calor radiado y lo transporta a un depósito refrigerante donde el líquido se enfría y vuelve al circuito para cumplir nuevamente su misión refrigerante, el circuito que sigue este líquido refrigerante se establece en el interior del bloque y culata, para lograr este propósito varias de las piezas se fabrican huecas, de forma que el líquido refrigerante circule sin ningún problema dentro de las camisas y cámaras de combustión del motor.

Circulación por termosifón

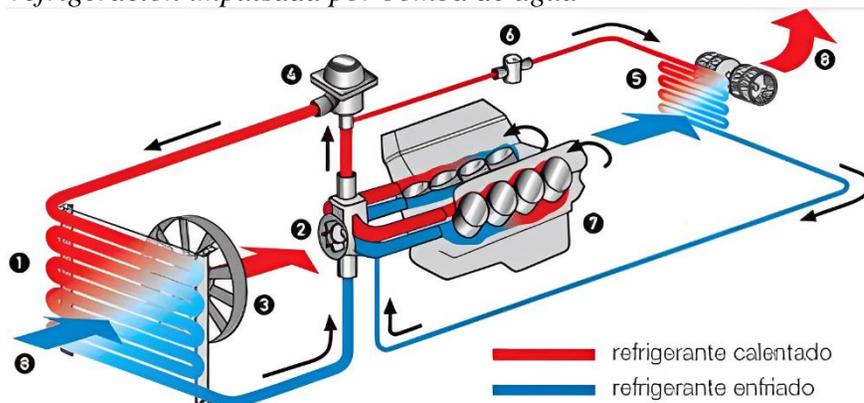
Este sistema de enfriamiento basa en la aplicación de un líquido que circula por la diferencia de densidad que experimenta los conductos a causa de las variaciones de la temperatura de los materiales que tienen en contacto con el líquido, este sistema necesita una gran cantidad de agua y una diferencia importante de temperaturas.

Circulación forzada por bomba

Para lograr una refrigeración más eficaz con menor volumen de agua es necesario que este líquido este constantemente circulando el motor esto debido a las grandes revoluciones que alcanzan hoy día las maquinas. Pariendo de esta premisa este sistema opta por la implementación de una evacuación más rápida de calor, lo cual se consigue forzando la circulación del agua por el interior de los mismos a partir de la implementación de una bomba impulsadora de agua. A continuación, se puede visualizar la figura 4 donde se evidencia la circulación forzada por bomba de agua.

Figura 4

Sistema de refrigeración impulsada por bomba de agua



- | | | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| ❶ Radiador de refrigerante | ❸ Termostato | ❷ Motor |
| ❹ Bomba de refrigerante | ❺ Intercambiador de calor | ❹ Corriente de aire |
| ❻ Ventilador del radiador | ❻ Válvula de calefacción | |

Nota: En la figura se evidencia el sistema de refrigeración por bomba de agua, extraído de (Palos, 2020, pág. 8)

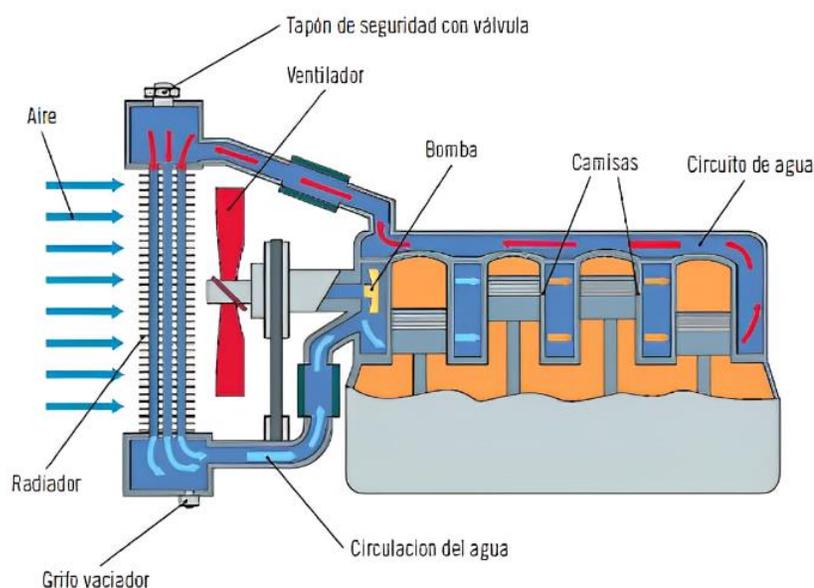
Refrigeración mixta (líquido y aire)

El ultimo sistema de refrigeración, presenta una mezcla entre los anteriores sistemas en primer lugar se asegura la circulación del líquido en adecuados conductos alrededor de las paredes de los cilindros y en la culata del motor. En los vehículos el sistema de refrigeración adoptado es

el de recuperación total del líquido refrigerante, por lo que es necesario establecer una circulación cerrada e introducir en el circuito un radiador donde el líquido pueda también refrigerarse con el aire. Por lo tanto, el líquido es un medio de transporte del calor de la pequeña superficie exterior de los cilindros a la gran superficie interior del radiador donde el calor se transmite al aire ya que tiene contacto directo con el líquido.

Esto puede ser evidenciado en la figura 5:

Figura 5
Sistema de refrigeración mixta



Nota: En la figura se evidencia el sistema de refrigeración mixta de un motor, extraído de (Ordóñez, 2012)

Como se puede evidenciar en la figura antes presentada, el líquido refrigerante entra por cada uno de los conductos internos del motor, el calor que se presenta en las paredes es transmitido por contacto al líquido refrigerante, El este líquido debe recorrer cada una de las secciones del motor y llegar a las cámaras de refrigeración instalados en el radiador. Por acción propia de este elemento el líquido puede disipar el exceso de calor al exterior y reingresar al sistema a repetir el ciclo antes descrito.

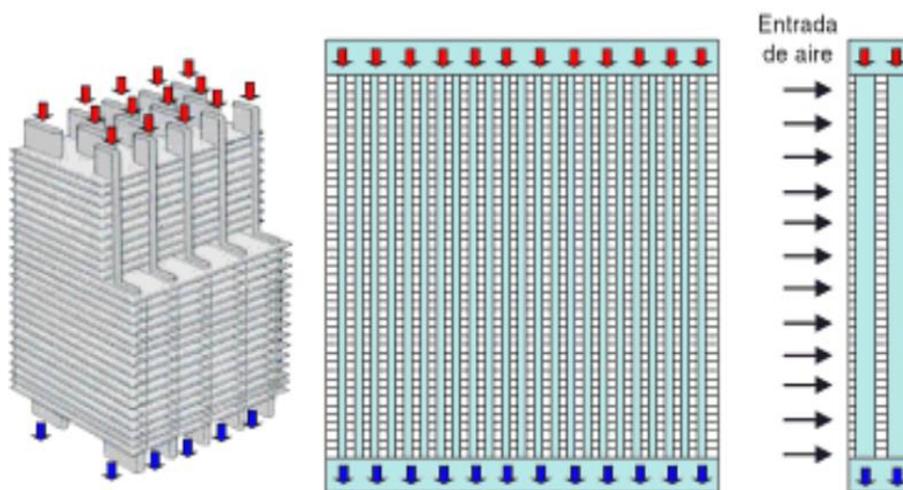
Circuito de refrigeración mixta y sus componentes

En la figura 5 expuesta en el apartado anterior se dio a conocer un bosquejo general de un sistema de refrigeración mixta, como siguiente punto se procederá a exponer los principales elementos que integran al circuito de refrigeración y sus respectivas funciones:

Radiador

El radiador se encuentra situado en la parte frontal del vehículo, su función principal es la de enfriar el líquido por medio del aire que circula a través del mismo. Está compuesto por múltiples canales y láminas metálicas que permiten tener una mayor superficie de contacto con el fluido, el cual se encuentra a altas temperaturas debido a que proviene de los distintos canales internos del motor caliente, producto de este contacto se puede ejecutar un intercambio térmico y enfriar el líquido refrigerante tal y como se presenta en la siguiente figura (Vallejo, 2016).

Figura 6
Radiador



Nota: En la figura se representa un gráfico general de un radiador, extraído de (Castro, 2015, pág. 20)

Bomba de agua

La bomba de agua es un instrumento mecánico el cual es accionado por medio del propio motor, el motor es accionado y por medio de la banda o correa se transmite la energía directamente desde el cigüeñal, esta es la encargada de controlar la temperatura del motor ya que permite que el líquido refrigerante fluya por todo el sistema de enfriamiento (Vallejo, 2016). En la figura 7 se visualiza la bomba de agua de manera general.

Figura 7

Bomba de agua

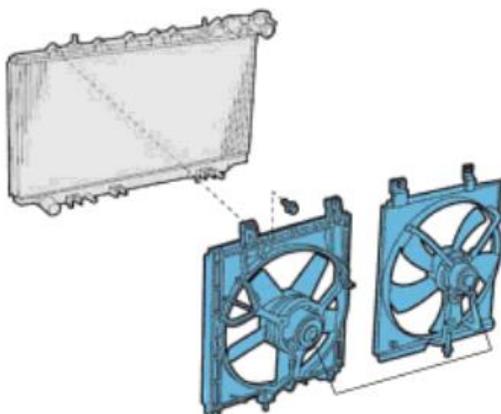


Nota: En la figura se evidencia la una bomba de agua del sistema de refrigeración de un motor, extraído de: (Ordóñez, 2012)

Electro ventilador

Con el fin de aprovechar de mejor manera el aire que fluye a través del radiador se incorpora un ventilador, este realiza sus funciones por medio del trabajo realizado por el propio motor, habitualmente suele ser accionado por un motor eléctrico es por tal motivo su nombre electro ventilador. Para poder regular su velocidad este debe ser conectado junto con un termo contacto el cual determinara las revoluciones que este ventilador otorgue en función de los requerimientos de la propia máquina (Vallejo, 2016). En la figura 8 se presenta un electro ventilador y su posición respecto al radiador.

Figura 8
Electro ventilador



Nota: En la figura se presenta el electro ventilador de un motor, extraído de (Castro, 2015, pág. 21)

Termostato

El termostato es aquel elemento que complementa el sistema de refrigeración, en conjunto con los elementos antes mencionados el termostato cumple la función de cerrar o abrir el paso del líquido refrigerante proveniente del radiador. EL motivo de su utilización en este sistema radica en la importancia de mantener un rango de temperaturas en el funcionamiento del motor. Vallejo (2016) indica que un vehículo al estar parado mucho tiempo su temperatura baja, el líquido refrigerante se opone al calentamiento idóneo del motor lo cual provoca un gran inconveniente.

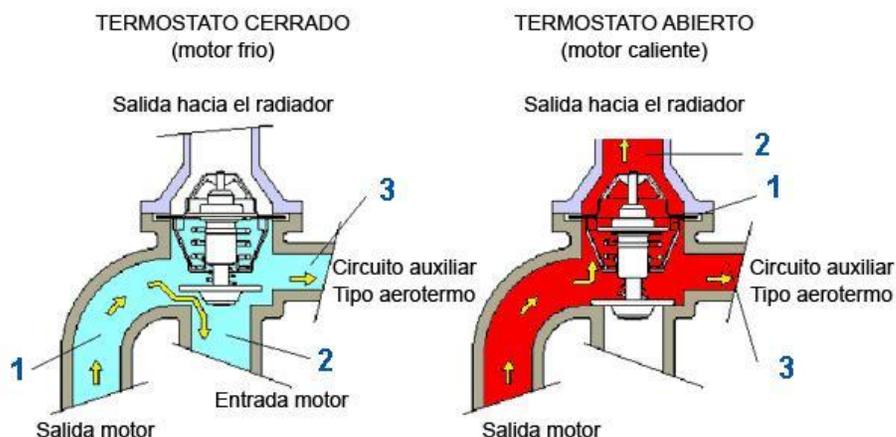
Los principales problemas que se generan debido a este factor, son el aumento de rozamientos y desgaste de los componentes internos de la máquina, debido a las bajas temperaturas se producen complicaciones en la condensación de combustible ocasionando que excesos del mismo caigan sobre el aceite del cárter, acción que con el pasar del tiempo genera grandes daños debido al deterioro del lubricante.

Entendida la importancia de un parámetro que restrinja el calentamiento del motor al ser accionado, el termostato evita que el líquido refrigerante circule dentro del sistema cuando su temperatura es inferior a los 85°C, conforme la temperatura aumenta dicho valor, la válvula se abre permitiendo que el fluido circule dentro del motor de manera progresiva.

En la figura 9 se expone de manera general el funcionamiento de un termostato en función de la temperatura interna del motor.

Figura 9

Termostato y su funcionamiento



Nota: En la figura se evidencia el termostato y su funcionamiento, extraído de (RODES, 2015)

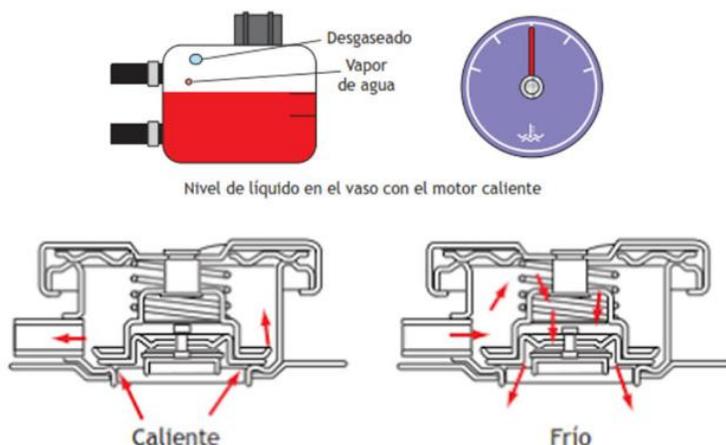
Vaso de expansión

El vaso de expansión cumple una función muy importante en el sistema de refrigeración, el motor al empezar a aumentar su temperatura provoca que el líquido refrigerante también lo haga. Producto de este factor físico se provoca que el volumen del fluido aumente, para poder atender esta problemática se implementa un desagüe que permita atender este exceso.

El motor de combustión interna que pierde refrigerante está condicionado a reducir su rendimiento, esta pérdida debe recuperarse cuando la máquina esté fría. Para solucionarlo se creó el vaso de expansión, instrumento que en bajas temperaturas hace que un tapón hermético se cierre evitando el aumento del volumen, por otra parte, al calentarse el líquido refrigerante provoca que incremente el nivel del vaso aumentando la presión del circuito. Producto de este fenómeno se varía el punto de ebullición del refrigerante pasando de los 100°C hasta los 130°C.

En la figura 10 se presenta de manera didáctica el funcionamiento básico de un vaso de expansión dentro del sistema de refrigeración.

Figura 10
Vaso de expansión



Nota: En la figura se evidencia el vaso de expansión de un motor, extraído de (Auto Fácil, 2020)

Queda claro que todos y cada uno de los componentes del sistema de refrigeración cumplen una importante labor para poder mantener una temperatura ideal en el motor de un vehículo. Pero dentro del desarrollo del actual proyecto de investigación y en función de los objetivos planteados se da mayor relevancia a la bomba de agua. Es evidente que su función dentro de este sistema es impulsar al líquido refrigerante y ayuda a que el proceso de enfriamiento sea más rápido y eficiente, en el siguiente punto se abordara a mayor detalle este elemento y las partes que lo conforman.

Impulsores de bombas de agua

Conocido cual es el proceso de refrigeración de un vehículo, se entiende la importancia que tiene la implementación de un equipo que otorgue al líquido refrigerante la capacidad de ingresar y salir de manera ágil y rápida, los denominados impulsores de bombas de agua son aquellos implementos que se enfocan en atender esta problemática debido a la naturaleza de su estructura.

Gavilema (2014) expresa que este dispositivo funciona promedio de una bomba que aspira el agua refrigerada de la parte baja del radiador y la impulsa al interior del bloque a través de los

huecos que rodean las camisas y cámaras de combustión, el refrigerante sale por la parte superior de la culata y se dirige otra vez al radiador por su parte alta, donde es enfriada nuevamente a su paso por los paneles de refrigeración.

El autor también señala que esta circulación forzada, permite al agua mantenerse en el circuito a una temperatura de 85 a 95°C, con una diferencia entre la entrada y la salida de 8 a 10 °C, controlada por medio de una válvula de paso que mantiene la temperatura ideal de funcionamiento sin grandes cambios bruscos en el interior de los cilindros, que podría dar lugar a dilataciones y contracciones de los materiales.

Estructura de los impulsores de bombas

Dentro de la estructura de una bomba que impulsa la bomba de agua están presentes varias piezas pequeñas, pero las que más se destacan por la relevancia en el funcionamiento impulsar el líquido refrigerante destacamos las siguientes:

Polea

La polea es la encargada de transferir el movimiento proveniente de la correa de transmisión, esta recibe de manera directa la tracción generada por el motor y actúa como un medio de unión entre los dos, de esta manera se transmite el torque que produce el motor. Debido a que la polea está diseñada a recibir toda la fuerza de tensión proveniente de la correa de transmisión es necesario que este elaborada de materiales resistentes para soportar la presión y fuerza de la máquina.

Los principales materiales por los cuales este elemento suele ser construido son generalmente el acero, otra alternativa es la de emplear aleaciones de hierro fundido. Los materiales pueden variar según el fabricante, pero el propósito siempre es crear un componente que sea resistente y a su vez ligero.

Eje armado

El eje armado es el encargado de recibir la fuerza de torque proveniente de la polea y actúa como puente transmisor al siguiente componente que es la turbina. Al igual que su antecesor elemento, la calidad y durabilidad de toda la bomba de agua dependerá de los materiales con los cuales este esté diseñado, El eje armado consta de un conjunto de bolas de metal denominadas como rodamientos, los cuales giran y se retuercen entorno a un rodillo para poder desarrollar su trabajo, debido a su diseño es posible tener una mayor durabilidad y un trabajo menos brusco.

Cuerpo de bomba

La función del cuerpo de bomba es la de contener el líquido refrigerante, este es un compartimento indispensable para el desarrollo de la función de bombear el líquido, esta recepta el líquido referente proveniente del radiador o el sistema de refrigeración de vehículo y a su vez sirve como base para la adherencia de toda la bomba en la estructura del motor del auto.

El cuerpo será el encargado de contener el líquido refrigerante, debe estar elaborado por materiales resistentes que permitan soportar la alta presión propia del interior del sistema. Los principales elementos con los cuales suelen ser elaborados están el aluminio liviano, el hierro fundido, entre otros.

Cierre dinámico

Esta parte del sistema está destinado a proteger el eje armado, debido a que este está constituido por un conjunto de esferas metálicas existe un alto riesgo de corrosión. En términos simples la principal función es la de evitar que llegue líquido dentro del eje armado, de esta manera se prolonga la funcionalidad de todo el equipo, evita la contaminación del fluido y permite cerrar la bomba de manera hermética, esto permite que se genere la presión necesaria para la correcta refrigeración del motor.

Turbina

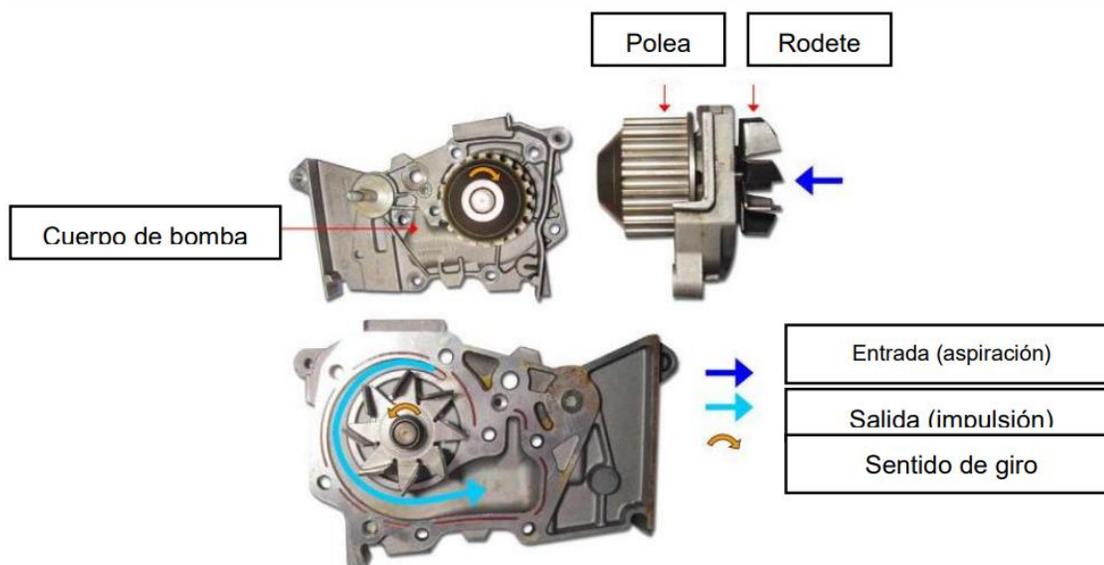
Como último, pero no menos importante se encuentra la turbina de la bomba de agua, es también conocida como rotor o rodete y su papel dentro de la estructura interna de la bomba es la de aumentar la presión por medio de la fuerza centrífuga que se genera dentro de la cámara cerrada o cuerpo. Este elemento es considerado como el corazón del sistema de refrigeración debido a que si esta falla se pone en riesgo la integridad de todo el sistema y provoca graves daños al mismo motor por sobrecalentamiento.

El trabajo que realiza la turbina es receptor el líquido en una cámara circular, el giro acelerado de las aletas provoca que el fluido refrigerante busque salir con un mayor impulso dentro del motor, la mayoría de las turbinas son fabricadas por metal, hierro fundido y plástico inyectado, estos materiales deben ser resistentes a la corrosión y oxido.

A continuación, se muestra la figura 11, en ella se presenta la bomba de agua y sus partes más importantes según la consideración de (Castro, 2015).

Figura 11

Estructura de una bomba de agua



Nota: En la figura se evidencia la estructura de una bomba de agua, extraído de (Castro, 2015, pág. 18)

Materiales de un impulsor de bomba de agua

Los materiales que más se emplean para el diseño y construcción de un impulsor bomba de agua del sistema de refrigeración según la empresa DOLZ (2021) son generalmente metales fuertes que pueden soportar la presión del agua producida en el interior de la bomba, entre los que destacan elementos como el aluminio liviano, hierro fundido, así como también de varios elementos que son resistentes a la corrosión y oxidación del líquido refrigerante como el cobre, el bronce y el latón. Se destaca que este tipo de materiales son empleados según el criterio de los fabricantes en consideración a modelos, marcas y precios.

CAD

El diseño asistido por computadoras o por sus siglas en inglés (computer aided design), esta es una rama que estudia y analiza la aplicación de un conjunto de técnicas informáticas con la finalidad de obtener un correcto desarrollo y optimización de herramientas destinadas a un proceso productivo.

Ente este tema Nieto (2016), menciona que el uso de esta herramienta computacional ofrece una gran asistencia a los profesionales que requieren una pre visualización de sus modelos diseñando antes de ser llevados a la realidad, los ingenieros, arquitectos y diseñadores son unas de los profesionales que más requieren de las virtudes que estos softwares ofrecen. Se puede entender la gran relevancia que tiene este tipo de herramientas dentro del campo de la ingeniería, varios profesionales dependen de este tipo de programas computacionales para poder ensamblar de forma virtual algún elemento o componente en específico, esto brinda una gran ayuda al momento de presentar sus propuestas, producir un producto o entender cómo será su funcionamiento dentro de un determinado sistema.

El uso y crecimiento de la herramienta CAD ha tomado varios años dentro del mercado internacional, citando el trabajo realizado por Sánchez (2005), en el año 1963 surgió Sketchpad el cual se caracterizaba por ser un osciloscopio de rayos catódicos inducidos por computador, los dibujos en 2D se presentaban en pantalla y podían ser modificados por medio de un recurso denominado “pluma de luz” este sistema era muy sofisticado, requería de personas expertas en programación y diseño, demandaban ordenadores especiales y además que por su alto precio no todas las empresas podían cubrir el costo que esta herramienta representaba.

Desde su origen hasta la actualidad han transcurrido casi siete décadas, el tiempo permitió que este tipo programas evolucionaran junto con los avances tecnológicos de la era computacional, volviéndose de esta manera más dinámicos, interactivos y también accesibles al público.

A continuación, se presentan las ventajas que Alcívar y Cayambe (2016) mencionan sobre el uso de la herramienta CAD:

- Reduce costos relacionados con el diseño y modelado de los equipos y elementos dentro del software.
- Aumenta la adaptabilidad que tienen los productos a las nuevas necesidades y requerimientos del mercado contemporáneo.
- Por medio del diseño asistido por computadora es posible determinar la viabilidad que tendrán los componentes antes de ser puestos en producción.
- Permite mejorar en gran medida los detalles finales de los elementos diseñados
- El uso de los sistemas CAD de manera directa e indirecta, permiten maximizar el uso de equipos de manufactura
- Permite la mejora de distintas áreas de la matriz productiva de una entidad, tales como los sectores de producción, control y diseño.

Proceso CAD / CAM

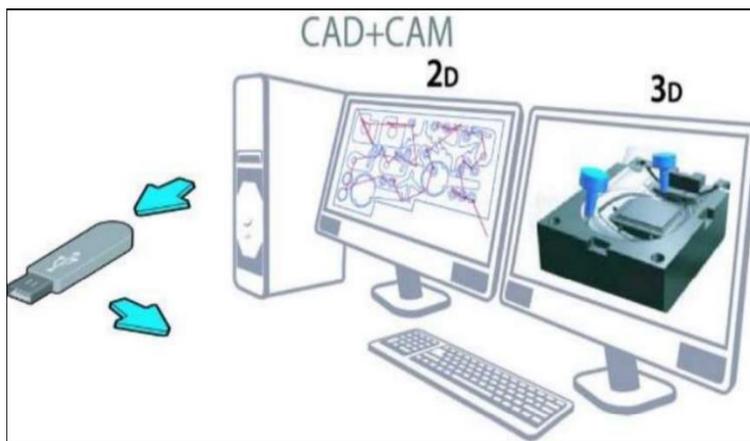
Como se ha presentado anteriormente el sistema CAD permite diseñar, piezas, objetos elementos por medio del dibujo y modelado de sólidos por medio de un ordenador, pero este diseño debe ser complementado por un sistema que permita traer a la realidad ese diseño creado virtualmente. En este punto entra el CAM que por sus siglas y traducido al español significa “Manufactura asistida por computadora”.

Para Pineda y Sambache (2021) el CAM toma el diseño y por medio de este se genera una ruta o vía para poder ejecutar de manera exitosa la fabricación de este elemento trazado en el CAD, estas indicaciones deben ser transmitidas de forma directa a la maquinaria especializada en su construcción o también conocido como equipo de manufactura, de esta manera se brinda una mejor calidad al producto, se reduce tiempo de diseño y costos de producción.

En la figura 12 se visualiza un esquema que expresa de forma didáctica el proceso de diseño de un componente el cual pasa de un plano 2D a una representación virtual de un sólido en 3D y por la ayuda del CAM se genera el lenguaje de programación que va a ser receptado por el equipo de manufactura a través de un dispositivo externo.

Figura 12

Sistema didáctico del CAD / CAM



Nota: En la figura se expresa el sistema didáctico del CAD/CAM, extraído de (Valverde, 2019, pág. 12)

Software para emplear sistemas CAD/CAM

El diseño asistido por computadora es el que permite elaborar, alternar, analizar, así como también el documentar las representaciones graficas en 2 o 3 dimensiones de los elementos de interés. Este tipo de programas permite optimizar tiempos, ya que por medio del diseño computacional es posible la creación de un sinnúmero de elementos requiriendo una menor cantidad de esfuerzo, todo a fin de atender las diferentes necesidades del diseñador (SIEMENS, 2021).

Los Software para sistemas CAD/CAM más conocidos y empleados en la actualidad:

- SolidWorks
- SolidCAM
- Ansys
- Inventor CAM

Si bien se han mencionado varias opciones de software para sistemas CAD/CAM, en el desarrollo del actual trabajo se ha visto más llamativa la utilización del programa SolidWorks, a continuación, se menciona a mayor detalle las generalidades de este software de diseño asistido por computadora.

Modelado por Deposición Fundida FDM

Para Valverde (2019), el modelado por deposición fundida es un proceso de fabricación que permite el modelado de una gran variedad de prototipos y la producción de componentes a pequeña escala. Esta es una técnica progresiva y secuencial, la cual se trabaja mediante el depósito del material en una placa por medios de capas sucesivas.

Figura 13

Esquema de modelado por deposición fundida



Nota: En la figura se evidencia el esquema del modelado por deposición fundida, extraído de (Valverde, 2019, pág. 14)

Estructura y funcionamiento de un FDM

Para poder elaborar un objeto se emplea una técnica aditiva, un filamento es desprendido en forma de hilos por una boquilla, en la cual se encuentran los materiales con los cuales va a ser elaborado el elemento, que, por lo general, suelen ser de plástico o algunos tipos de metales. La boquilla alcanza una temperatura que permita la fundición de los materiales que se encuentre en ella, debido a este factor físico se desprende en forma de hilos estos elementos en la placa base, para dar forma a los elementos este componente posee la capacidad de moverse a través de tres ejes controlados de manera electrónica.

La boquilla por donde se desprende el material fundido se mueve mediante motores paso a paso, denominados como servomotores, pese a que el proceso de elaboración está fundamentado en materiales en estado líquido, estos se solidifican de manera rápida, lo cual permite que estas impresoras 3D sean de gran ayuda al momento de elaborar piezas capa por capa. A continuación, se muestra un esquema del modelado por deposición fundida.

Propiedades mecánicas de cada material a emplear

En el proceso de impresión 3D existe una gran variedad de materiales que pueden ser implementados para la creación de elementos específicos, la elección de los mismos depende del criterio del fabricante, puesto que según el tipo de filamento se puede obtener un componente resistente al calor, a impactos, componentes químicos, rigidez, entre otros.

A continuación, en la tabla 1 se presenta las propiedades mecánicas de cada material a emplear en la fabricación de la pieza.

Tabla 2

Materiales y propiedades mecánicas, impresión por proceso FDM

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	APLICACIONES
ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaz y duradero • Resistente a impactos y al calor • Necesita una plataforma caliente para imprimirse • Necesita ventilación 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipos funcionales
PETG (tereftalato de polietileno glicol izado)	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible con temperaturas de impresión más bajas para una producción más rápida • Resistentes a la humedad y a los productos químicos • Alta transparencia • Puede ser apto para la alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones impermeables • Componentes de fijación mediante presilla
Fibra de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Rígidos, fuertes o extremadamente resistentes • Compatibilidad limitada a algunas impresoras 3D FDM industriales caras 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipos funcionales • Guías, fijaciones y herramientas

Nota: Listado detallado de los materiales más implementados en el proceso FDM, extraído de (FormLabs, 2022)

Metodología

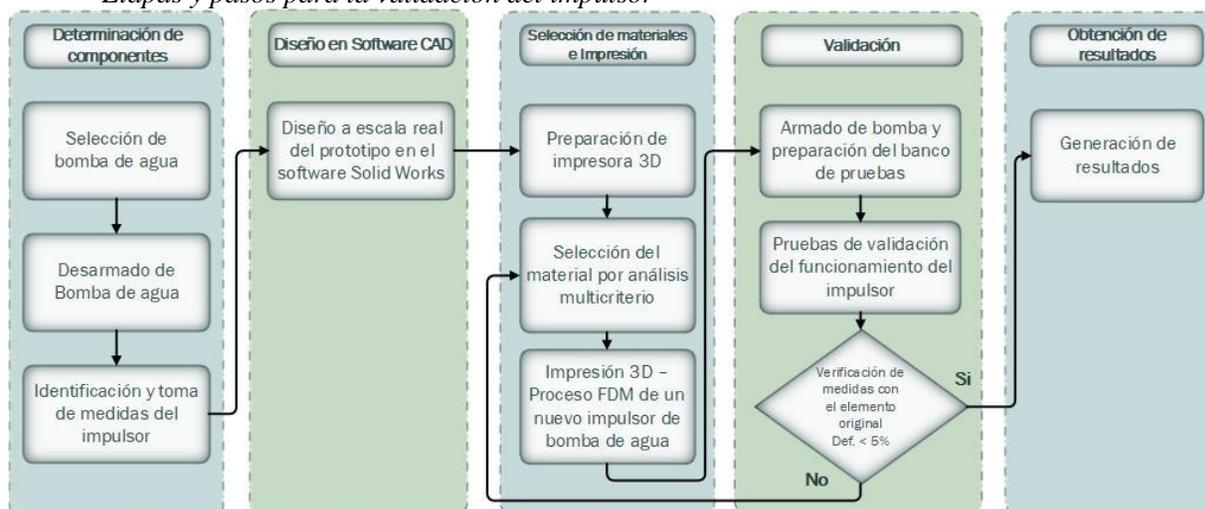
Tipo de investigación

Por la naturaleza de la investigación se considera al actual proyecto de tipo experimental puro debido a que en el desarrollo se aplica el análisis específico, el cual se utiliza en la selección de un material idóneo para la fabricación de un impulsor de bomba de agua por medio del proceso de manufactura aditiva FDM.

Este tipo de investigación se caracteriza por la manipulación de las variables de estudio, por un lado, la variable independiente correspondería a los diferentes impulsores de bomba de agua desarrollado por medio de la técnica de impresión 3D y la variable dependiente corresponde a la validación de la funcionalidad de cada impulsor luego de analizar parámetros técnicos de la inserción de este componente en el banco de pruebas.

Flujograma de procesos

En el proceso de validación del impulsor de bomba de agua se partirá de las operaciones de impresión 3D, donde se considera la formulación de 5 etapas, cada cual con sus respectivos pasos tal y como se evidencia en la figura 14 presentada a continuación.

Figura 14*Etapas y pasos para la validación del impulsor*

Nota: En la presente figura se expresan las fases y los pasos elaborados para el desarrollo del proyecto

Determinación de componentes

En función a lo estipulado anteriormente, se seleccionó la bomba de agua GM original, Modelo: ACDELCO serie: 96416294. Esta bomba de agua pertenece al sistema de refrigeración de una auto marca Chevrolet, modelo Spark Gt y puede visualizarse en la figura 15 mostrada a continuación

Figura 15*Bomba de agua Chevrolet Spark Gt*

Nota: En la presente figura se visualiza la bomba de agua de un Chevrolet Spark Gt

Desarmado de bomba de agua

Para realizar el desarmado de la bomba de agua presentada en la figura anterior, se requirió de la utilización de herramientas especializadas para no forzar y perjudicar la integridad del componente. En la figura 16 se puede evidenciar la separación de las piezas que integran la bomba de agua del sistema de refrigeración mediante el uso de un extractor de rodamientos, este último queda plasmado en la figura 17 presentada a continuación.

Figura 16

Extractor de rodamientos



Nota: En la figura se evidencia el set de piezas que conforman al extractor de rodamientos,

Figura 17

Desacople del impulsor de bomba de agua



Nota: En la imagen se evidencia el uso del extractor de rodamientos para la extracción del impulsor de bomba de agua

Identificación y toma de medidas del impulsor

Finalizado el punto anterior se separa únicamente al impulsor de la bomba de agua, tal y como se puede visualizar en la figura 18.

Figura 18

Extracción del impulsor de la bomba de agua



Nota: En la figura se muestra el cuerpo de la bomba de agua y el impulsor seccionado

Para proceder con el proyecto se realizó la toma de medidas del impulsor de bomba de agua mediante un calibrador, también conocido como “Pie de Rey”.

En la figura 19 se aprecia la toma de medidas esenciales para el diseño CAD.

Figura 19

Toma de medidas del impulsor de bomba de agua



Nota: En la imagen el impulsor este sobrepuesto en la bomba de agua para facilitar la toma de datos

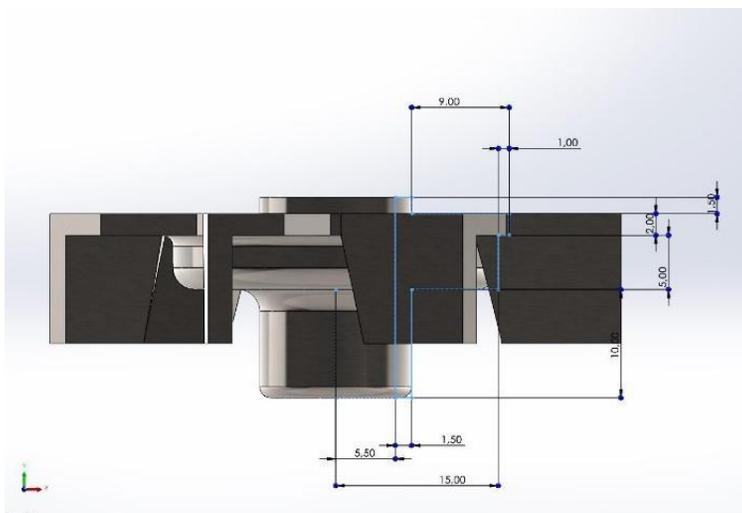
Dibujo en Software CAD

Dibujo del prototipo en Solid Works

En el programa Solid Works se desarrolló el modelado CAD con base a las medidas obtenidas del impulsor original de la figura 20, a continuación, se detallan una serie de figuras que permiten comprender a mejor detalle la estructura del componente.

Figura 20

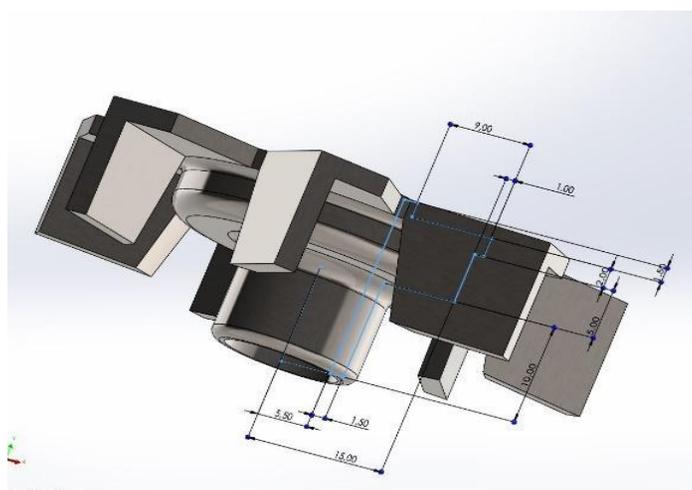
Vista lateral del impulsor a 180° en Solid Works



Nota: En la figura se detallan las medidas exactas del impulsor

Figura 21

Vista periférica del impulsor a 45° en Solid Works



Nota: En la figura se detallan las medidas exactas del impulsor

Selección de materiales e impresión de impulsores

Materiales y características principales

En esta fase del proceso de elaboración se han considerado tres tipos de materiales, mismos que fueron seleccionados de la Tabla 2. Los criterios que se consideraron para su elaboración están en base a sus características y las aplicaciones que estos componentes tienen una vez impresos tales como:

- Facilidad de impresión
- Rigidez, fuerza y resistencia
- Temperatura de impresión baja

Considerando estos factores atribuidos a las propiedades físicas de los filamentos, se ha optado por la implementación del PETG, ABS y la Fibra de Carbono para la elaboración de tres impulsores de bomba de agua.

A continuación, se detallan cada uno de los elementos seleccionados:

Para poder ampliar las opciones de éxito del actual proyecto se han planteado tres tipos de materiales, por tal motivo se procede a la realización de tres impulsores con las mismas medidas que el original, pero variando la naturaleza de su composición estructural. Los tres materiales seleccionados ofrecen un mismo nivel de funcionalidad, su principal característica del filamento PETG es la flexibilidad que se le otorga gran parte se debe a la forma que adhiere a cada capa, el filamento de fibra de carbono es un material cuya característica es a la humedad y grasas son extensibles y elásticos es un material bastante utilizado para partes mecánicas y por último el filamento ABS es un material para la construcción de piezas funcionales o prototipos debido a su resistencia alta de impactos y temperaturas entre 20°C y 80°C.

Tabla 3
Propiedades generales del filamento

Producto	Fibra de Carbono	ABS	PETG
Temp. Impresión	210-235°C	230-270°C	220-250°C
Temp. Plataforma	Pegamento no requerido si 70-80°C	Pegamento no requerido si 80-120°C	Pegamento requerido si no se calienta, Pegamento no requerido si 70-80°C
Tolerancia	±0.02mm	±0.02mm	±0.02mm
Diámetro	1.75mm,2.85mm,3.00m m	1.75mm,2.85mm,3.00m m	1.75mm,2.85mm,3.00m m
Certificado	Reach	Reach	Reach

Nota: Propiedades generales del filamento, extraído de (Sunlu, 2022)

Proceso de manufactura aditiva FDM

Para ejecutar el proceso de impresión 3D de los diferentes impulsores de bombas de agua se empleará la Artillery Sidewinder X1. Para su funcionamiento esta requiere un archivo en formato “. gcode”, donde se ha desarrollado el objeto en tres dimensiones y con formato “.stl”, debe pasar por un programa denominado “CURA” el cual permite configurar los parámetros de impresión y elabore el prototipo diseñado en 3D.

A continuación, la figura 22 presenta una imagen representativa de la impresora 3D utilizada en el proceso de elaboración de los prototipos.

Figura 22
Artillery Sidewinder X1

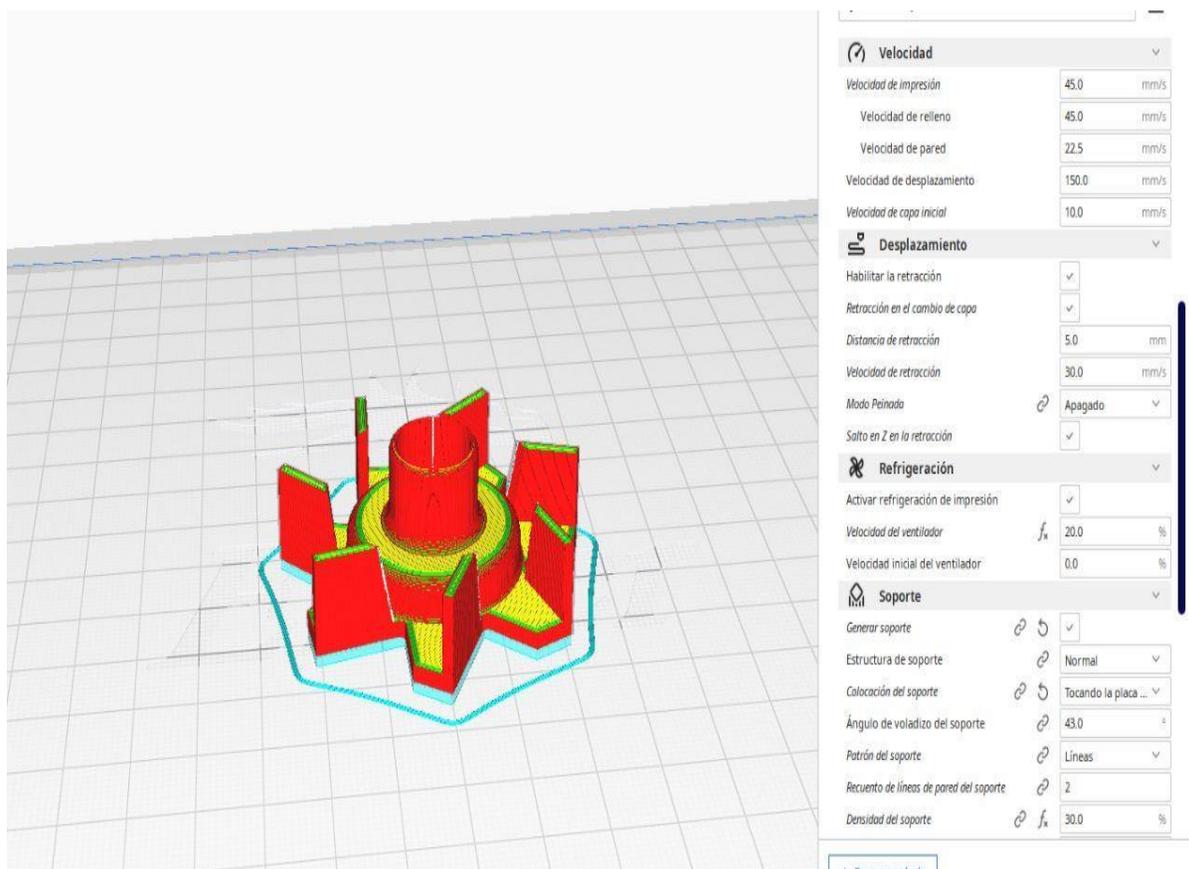


Nota: En la imagen se visualiza la impresora 3D, extraído de (Artillery, 2022)

Configuración de la máquina para la impresión

Para conocer generalidades propias del proceso FDM en la impresión de los impulsores se presenta la figura 23, en la misma se aprecia la interfaz gráfica del programa “CURA”, el cual requiere de la delimitación de aquellas configuraciones necesarias como una densidad de relleno de 30%,50%,70%, con un patrón de relleno en triángulo, el material está definido a una temperatura de impresión al 30% de 240°C igual al de 50% mientras al 70% a 245°C, con una velocidad de impresión de 35mm/s a 40mm/s, dependerá el tipo de relleno y culminado con la velocidad de refrigeración al 10% a 20%.

Figura 23
Interfaz del programa “CURA”



Nota: En la figura se presenta detalles del proceso de impresión 3D, uno de los más destacados es la velocidad de impresión.

Previo a la explicación de los parámetros y las configuraciones aplicadas para el proceso de impresión de cada uno de los impulsores impresos, resulta imperante la explicación de los principales apartados que influyen en la fabricación de las mencionadas piezas.

Calidad. - La calidad hace referencia a la altura de capa a la cual puede ser impreso una pieza, estos valores deben variar de acuerdo al ancho de la boquilla, ya que no será la misma altura de capa en una boquilla 0,2 con una boquilla 0,4.

Para la fabricación de este prototipo se utiliza una boquilla 0,4 con un ancho de línea de 0,3, mientras que la altura de capa será de 0.16, este valor sería el mínimo que puede colocarse en el apartado de calidad, donde los valores pueden ser desde 0,16 a 0,3 siendo este último el más ancho.

Tabla 4
Parámetros de calidad

Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
0.4	0.3	0.16

Nota: En la tabla se describe los valores puestos en el apartado de calidad

Paredes. - Las paredes permiten a una pieza hacerlas resistentes y dependerá mucho de la necesidad de la pieza, se parte desde 1 pared como mínimo mientras se va incrementando según sea conveniente.

Capa Superior e Inferior. - Las capas tanto superiores como inferiores son necesarias para generar una mejor apariencia estética, con un valor de 0.64mm de esta manera se evita también la fragilidad de la pieza, cabe recalcar que sobre la cara inferior se asentará el relleno y las capas superiores e inferiores tendrán un valor de 3, sellarán el relleno dándole el acabado al componente impreso.

Tabla 5
Parámetros de capas superior e inferior

Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
0.64 mm	0.64 mm	3

Nota: En la tabla se describe los valores puestos en el apartado de capas superior e inferior

Relleno. - El relleno es importante dentro de la fabricación de una pieza, ya que de este apartado dependerá que la pieza sea más resistente, y de acuerdo a las necesidades del proyecto se configura el patrón de relleno en triangulo y para la densidad de relleno se inició con valores de 30%,50%,70%, la densidad de 0% (esto sería una pieza hueca) hasta un 100% de relleno que sería una pieza maciza.

Tabla 6
Parámetros de relleno

Densidad de relleno	Patrón de relleno
30.0%	Triangulo
50.0%	Triangulo
70.0%	Triangulo

Nota: En la tabla se describe los valores puestos en el apartado de relleno

Material. – El material corresponde a la temperatura que se deba fundir el plástico, este debe variar de acuerdo al material, puede tener temperaturas bajas y altas partiendo desde 70°C hasta 250°C.

Tabla 7
Material correspondiente a temperaturas de fundición del plástico

Material	30%	50%	70%
Temperatura de impresión	240°C	240°C	245°C

Temperatura de la placa de impresión	75°C	75°C	100°C
Flujo	100°C	100°C	100°C

Nota: En la tabla se describe los valores puestos en el apartado de material.

Velocidad. - Las velocidades dentro del apartado de la impresión son importantes ya que de este apartado depende que el material se funda adecuadamente, se aplicó una velocidad de impresión con cada tipo de relleno y una velocidad de relleno con una velocidad de pared que se muestra a continuación.

Tabla 8
Velocidades de impresión por cada tipo de relleno

Velocidad	30%	50%	70%
Velocidad de impresión	40 mm/s	40 mm/s	35mm/s
Velocidad de relleno	40mm/s	40mm/s	35mm/s
Velocidad de pared	220mm/s	220mm/s	17.5mm/s

Nota: En la tabla se muestra la velocidad de impresión con cada tipo de relleno

Refrigeración. - La refrigeración dentro del apartado de la impresión 3D, es tan importante como la velocidad del ventilador y velocidad inicial del ventilador ya que existen materiales que requieren de diferentes porcentajes que se aplicó que se detallan a continuación.

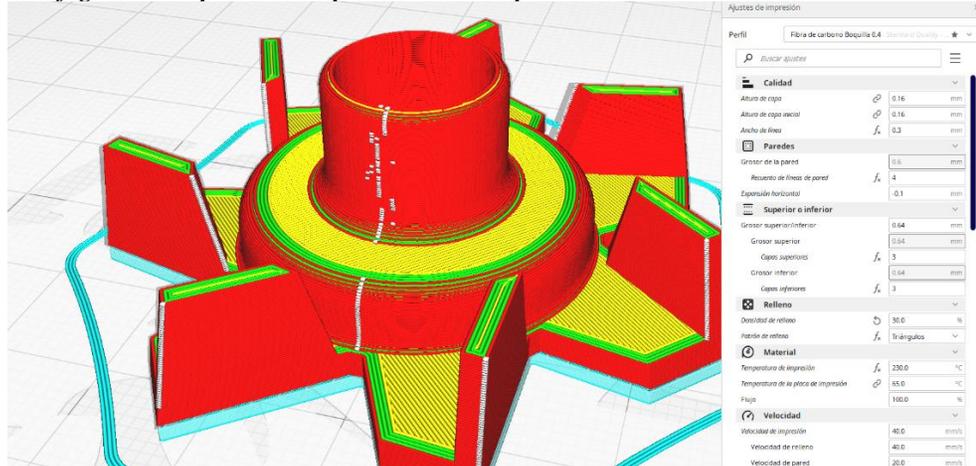
Tabla 9
Refrigeración con diferentes porcentajes de material

	PETG	Fibra de Carbono	ABS
Velocidad	30%,50%,70%	30%,50%,70%	30%,50%,70%
Velocidad del ventilador	20%	10%	0%
Velocidad inicial del ventilador	0%	0%	0%

Nota: En la tabla se presenta los porcentajes de velocidad inicial del ventilador

Figura 24

Configuración para la impresión del impulsor a base de Fibra de carbono al 30 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de fibra de carbono con un 30% de concentración.

Tabla 10

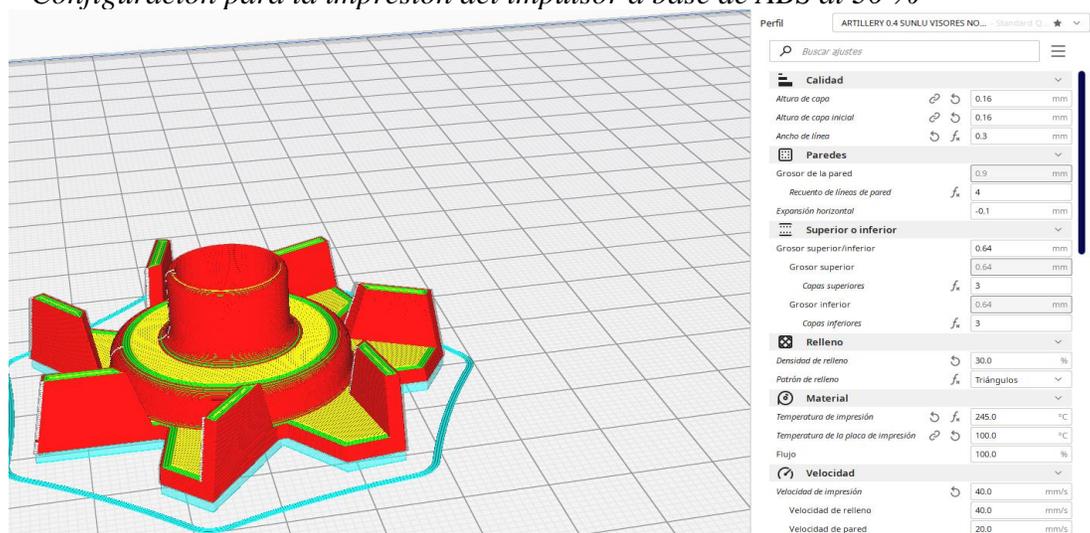
Variables de impresión del material Fibra de Carbono al 30%

Fibra de carbono al 30.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	30.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	230.0°C	65.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	10.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de fibra de carbono con un 30% de concentración.

Figura 25

Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 30 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 30% de concentración

Tabla 11

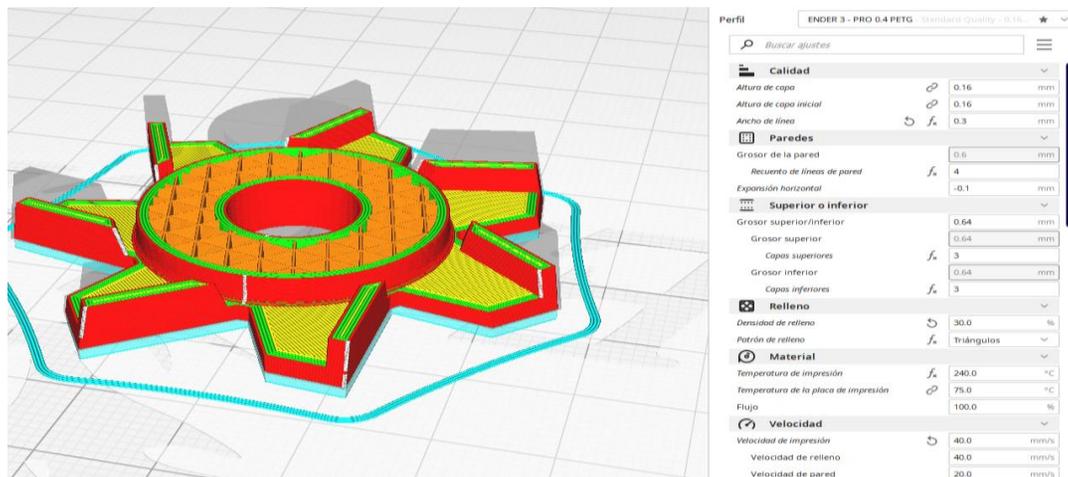
Variables de impresión del material ABS al 30%

ABS al 30.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	30.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	245.0°C	100.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	0.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 30% de concentración.

Figura 26

Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 30 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 30% de concentración

Tabla 12

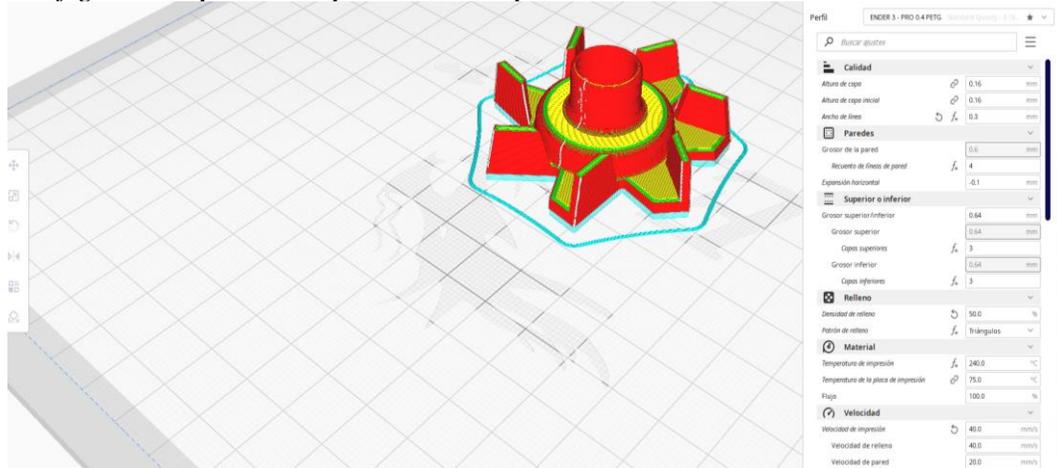
Variables de impresión del material PETG al 30%

PETG al 30.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	30.0%	Triángulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	240.0°C	75.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	20.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 30% de concentración.

Figura 27

Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 50 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 50% de concentración.

Tabla 13

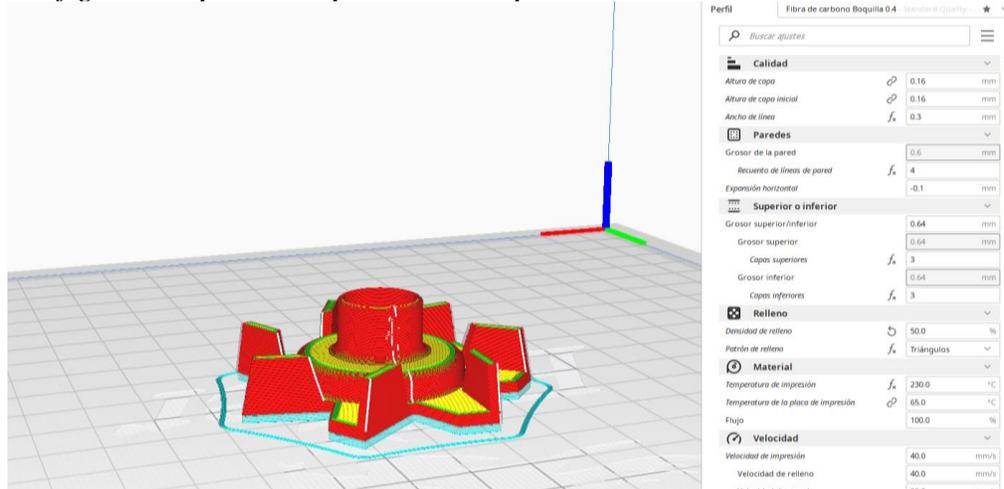
Variables de impresión del material PETG al 50%

PETG al 50.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	50.0%	Triángulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	240.0°C	75.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	20.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 50% de concentración.

Figura 28

Configuración para la impresión del impulsor a base de Fibra de carbono al 50 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de fibra de carbono con un 50% de concentración

Tabla 14

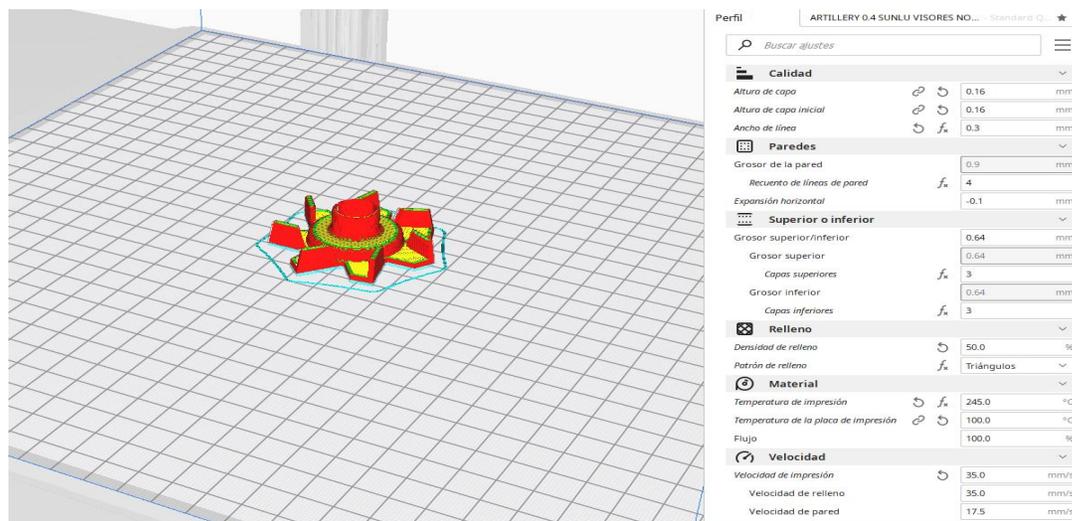
Variables de impresión del material Fibra de Carbono al 50%

Fibra de carbono al 50.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	50.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	230.0°C	65.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	10.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de Fibra de Carbono con un 50% de concentración.

Figura 29

Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 50 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 50% de concentración.

Tabla 15

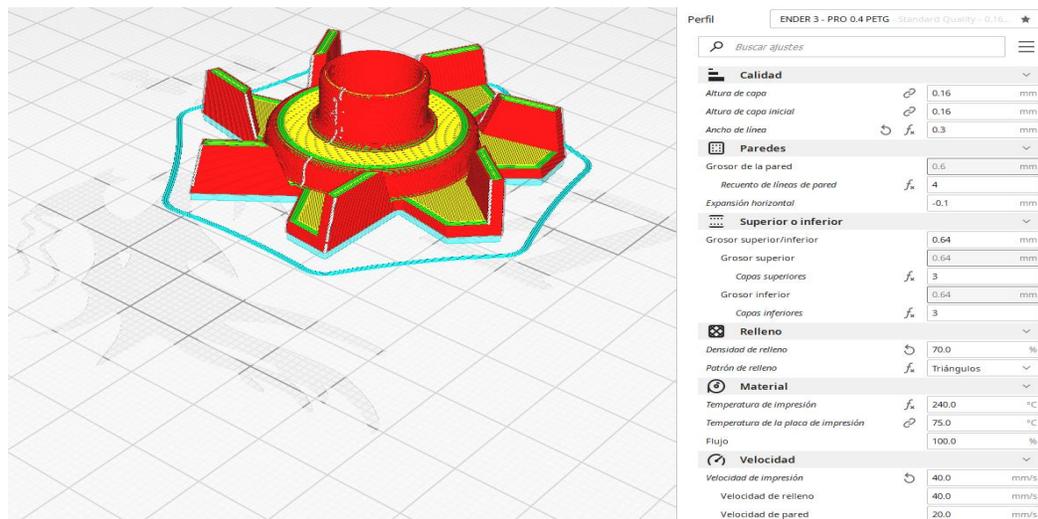
Variables de impresión del material ABS al 50%

ABS al 50.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	50.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	245.0°C	100.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	35.0mm/s	25.0mm/s	17.5 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	0.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 50% de concentración

Figura 30

Configuración para la impresión del impulsor a base de PETG al 70 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 70% de concentración.

Tabla 16

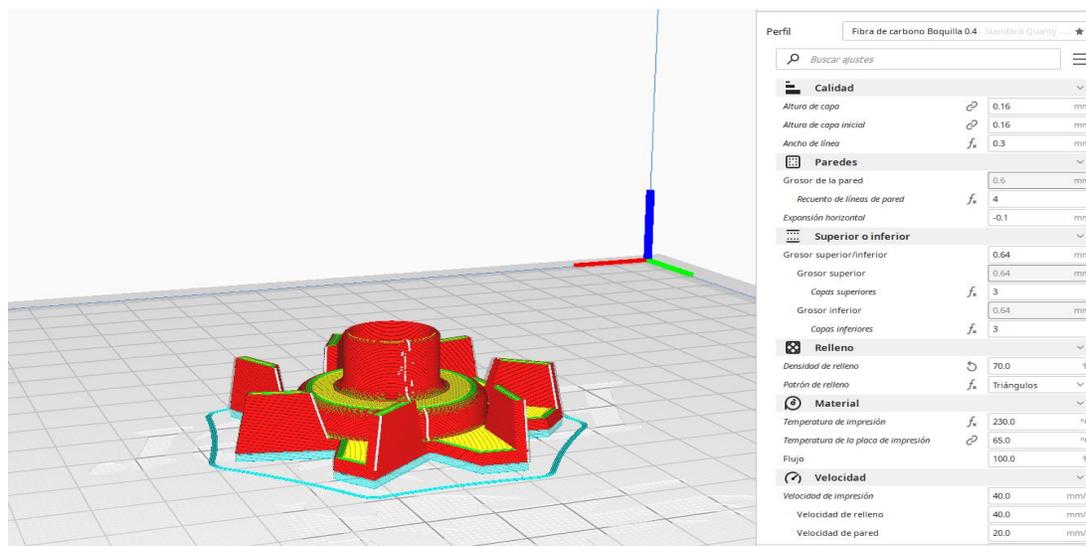
Variables de impresión del material PETG al 70%

PETG al 70.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	70.0%	Triángulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	240.0°C	75.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	20.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de PETG con un 70% de concentración

Figura 31

Configuración para la impresión del impulsor a base de Fibra de carbono al 70 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de Fibra de carbono con un 70% de concentración.

Tabla 17

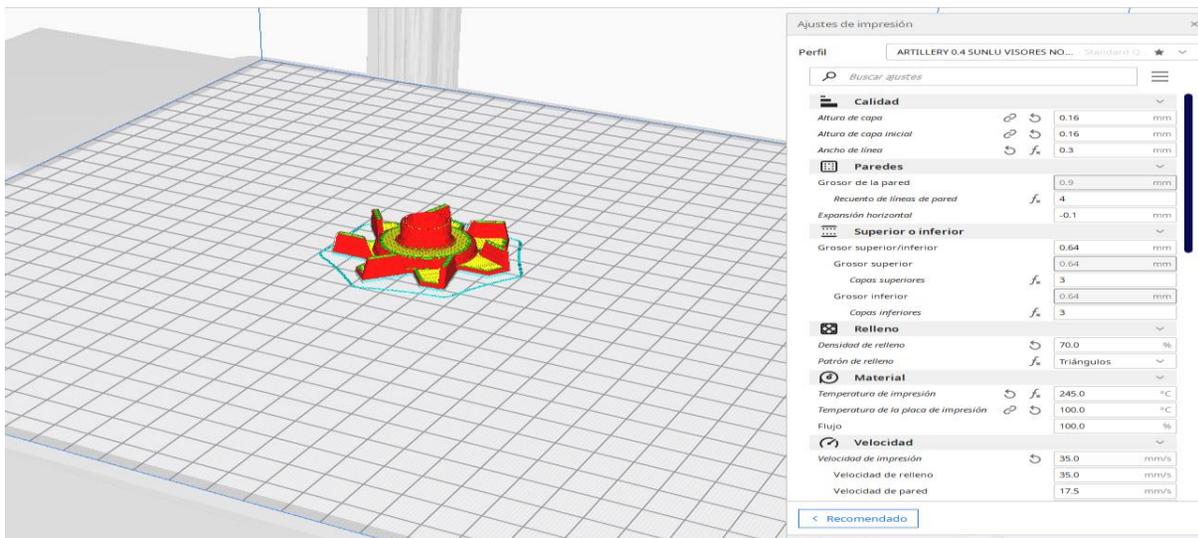
Variables de impresión del material Fibra de Carbono al 70%

Fibra de carbono al 70.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	70.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	230.0°C	65.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	40.0mm/s	40.0mm/s	20.0 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	10.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de Fibra de Carbono con un 70% de concentración

Figura 32

Configuración para la impresión del impulsor a base de ABS al 70 %



Nota: En la figura se presentan las configuraciones en proceso de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 70% de concentración

Tabla 18

Variables de impresión del material ABS al 70%

ABS al 70.0%			
Calidad	Boquilla	Ancho de línea	Altura de capa
	0.4	0.3	0.16
Capa Superior e Inferior	Grosor Superior	Grosor Inferior	Capa inferior
	0.64 mm	0.64 mm	3
Relleno	Densidad de relleno	Patrón de relleno	
	70.0%	Triangulo	
Material	Temperatura de impresión	Temperatura de la placa de impresión	Flujo
	245.0°C	100.0°C	100.0%
Velocidad	Velocidad de impresión	Velocidad de relleno	Velocidad de pared
	35.0mm/s	35.0mm/s	17.5 mm/s
Refrigeración	Velocidad del ventilador	Velocidad inicial del ventilador	
	0.0%	0.0%	

Nota: En la tabla se presentan las configuraciones de impresión 3D del impulsor a base de ABS con un 70% de concentración

Contemplando las cualidades generales sobre el proceso de impresión, se procede a la presentación de las diferentes interfaces del programa “CURA” y sus respectivas configuraciones según el filamento empleado para la impresión de los impulsores de bombas de agua.

Detalles generales del proceso de impresión

Para resumir los todos datos proporcionados en el apartado anterior, se exponen a continuación un resumen de los principales parámetros para el proceso de impresión de cada uno de los impulsores

Tabla 19

Resultados del factor de esfuerzos y seguridad de los materiales al 30%,50%,70%

Parámetro	Valor(30%)	Valor (50%)	Valor(70%)
Temperatura de impresión	250°C	240°C	240°C
Temperatura de cama	80°C	75°C	75°C
Altura de capa	0.16mm	0.16mm	0.16mm
Velocidad de impresión	40.0 mm/s	40.0 mm/s	40.0 mm/s
Patrón de relleno	Triangulo	Triangulo	Triangulo
Densidad de relleno	30.0%	50.0%	70.0%
Tiempo de impresión	49 min	49 min	49 min
Material empleado	8 gr	8 gr	8 gr

Nota: En la tabla se detallan las características principales que presentaron los impulsores.

En la figura 33 se puede constatar el proceso de fabricación del impulsor de bomba de agua elaborado en la Artillery Sidewinder X1, este proceso tiene una duración promedio de 5 horas de trabajo para la impresora 3D lo que da a entender que, en el desarrollo de los impulsores se ha tomado un tiempo total estimado de 45 horas.

Figura 33

Impresión del impulsor de bomba de agua con filamento PETG



Nota: En la figura se presenta la placa de la impresora y la base del impulsor impreso.

Conociendo la esencia del proceso, se presentan tres impulsores elaborados mediante el proceso de manufactura por deposición fundida. De Petg (impulsor gris), ABS (impulsor rojo) Fibra de Carbono (impulsor negro).

Figura 34

Impulsor PETG(impulsor gris)



Nota: En la figura se plasma el impulsor de material PETG (impulsor gris)

Figura 35

Impulsor ABS(impulsor rojo)



Nota: En la figura se plasma el impulsor de material ABS (impulsor rojo)

Figura 36

Impulsor Fibra de Carbono(impulsor negro)

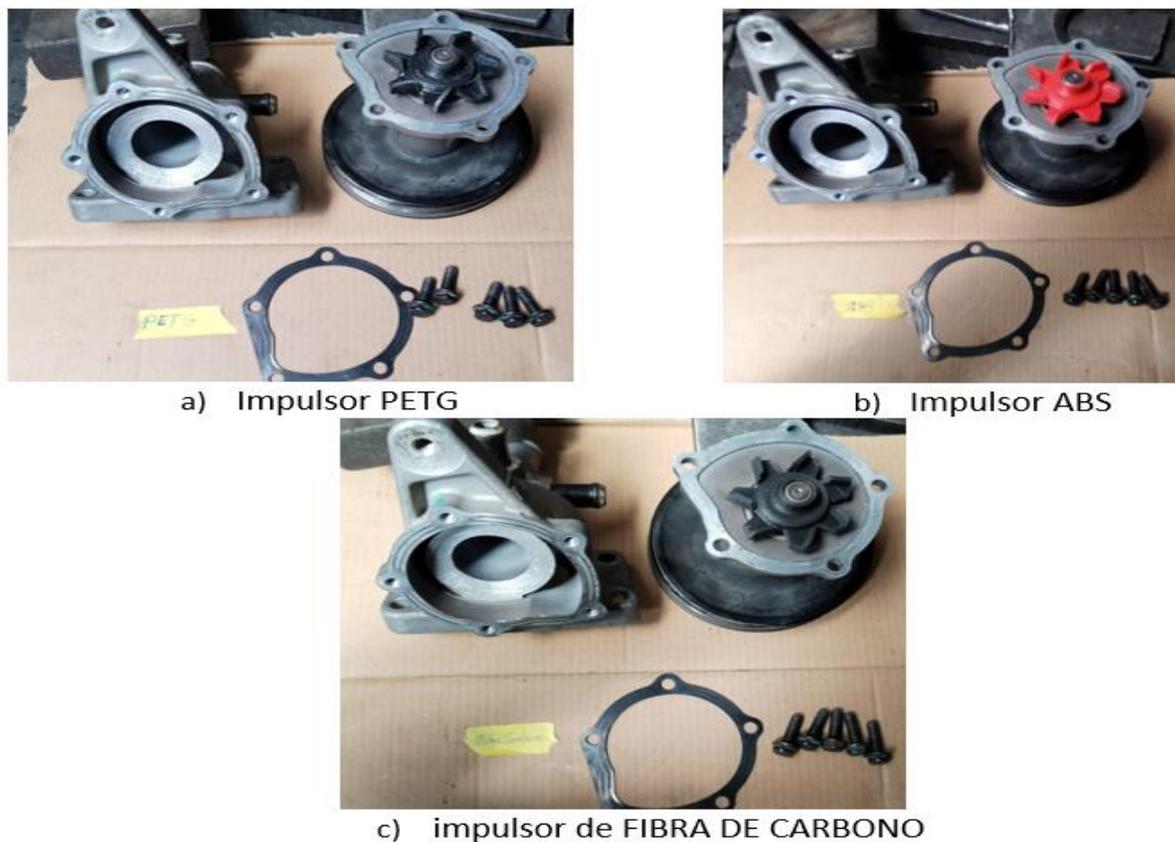


Nota: En la figura se plasma el impulsor de material Fibra de Carbono (impulsor negro)

Para la finalización de esta fase se presentan cada uno de los impulsores elaborados instalados en la bomba de agua, la intención de este paso es corroborar que todos los componentes embonan de manera correcta y están listos para ser sometidos a un test de validación.

Figura 37

Instalación de impulsor



Nota: En la imagen los impulsores elaborados instalados en la bomba de agua

Protocolo de pruebas

Banco de pruebas

Para comprobar el correcto desempeño de los distintos prototipos del impulsor de bomba elaborados en la anterior fase, se procede a la construcción de un banco de pruebas mismo que está constituido por un motor eléctrico, el cual simulará las revoluciones por minuto (RPM) propias del

motor de un vehículo, con la ayuda de una banda se podrá transmitir el trabajo realizado por la bomba eléctrica a la bomba de agua.

Selección de bomba eléctrica y materiales

En el proceso de selección de una bomba eléctrica, se han considerado la adquisición de un motor de inducción monofásico, que permita un voltaje nominal de 110 a 220v, un valor de similar o superior a los ¼ Hp y que sus revoluciones por minuto superen los 1500rpm. En consideración a estos factores se ha seleccionado la Bomba eléctrica monofásica EBERLE Modelo: 746NB misma que esta presentada en la siguiente figura.

Figura 38

Motor eléctrico EBERLE, Modelo 746NB



Nota: En la imagen se evidencian las especificaciones técnicas del propio fabricante del motor eléctrico, extraído de (Navarrete, 2022)

A continuación, se presenta la Tabla 20, en donde se detallan los materiales que han sido utilizados para la construcción del banco de pruebas

Tabla 20
Materiales del banco de pruebas

CANTIDAD	MATERIAL	DETALLE
1	Banda transportadora	Tipo A, marca Dongil Tipo A-33
3	Acople	Rosca ½ a ½ Pulgada
1	Codo metálico	½ Pulgada
1	T metálica	½ Pulgada
4	Abrazadera	Metálica 20mm
1	Manómetro de presión	MARCA Paolo con acople 1/2
1	Llave de paso	½ Pulgada
6	Abrazaderas	½ Pulgada
1	Radiador	Calefacción de auto, Chevrolet Spark Gt
1	Ventilador	12*12
1	Cocineta	1000W
1	Manómetro	M. de temperatura con serpentina de cobre
1	Tanque Metálico	Capacidad de 10Litros
1	Switch	40 Amps de 2 contactos
2	Manguera	2 mtrs, Manguera de calefacción
1	Mesa de trabajo	Metálica, 100X60cm

Nota: En la tabla se plasman los principales elementos que integran el banco de pruebas.

Diseño del banco de pruebas

1. Calculo para el acople de transición del torque de la bomba eléctrica a la bomba de agua.

Para atender este dilema se consideró lo estipulado por Martínez (2019), el cual define que el motor de un Chevrolet Spark Gt, encuentra la mejor respuesta y desempeño al fluctuar entre las 3000 y las 6000rpm. De esta manera se busca conseguir que el impulsor de bomba de agua trabaje en un rango similar al expuesto.

Como preámbulo, es necesario calcular si el actual rodamiento de la bomba eléctrica, al ser conectado mediante una banda transportadora, llega a producir el torque esperado en la bomba de agua en el rango delimitado en el párrafo anterior. A continuación, se procede a la presentación de los cálculos matemáticos referente a las revoluciones por minuto producidas por la bomba de agua.

$$D1 * N1 = D2 * N2$$

Ecuación 1 Relación de Transmisión

Donde:

D1: Diámetro inicial

D2: Diámetro final

N1: Revoluciones iniciales

N2: Revoluciones final

Motor electrico D1 = 190mm

Motor electrico N1 = 1730 rpm

Polea bomba de agua D2 = 75 mm

$$D1 * N1 = D2 * N2$$

$$190mm * 1730rpm = 75mm * N2$$

$$\frac{190mm * 1730rpm}{75mm}$$

$$N2 = 4.382rpm$$

Se resuelve que las revoluciones obtenidas por la bomba de agua en el banco de pruebas son las esperadas para la correcta validación de los impulsores obtenidos mediante el proceso FMD.

2. Enlace de la polea de la bomba de agua con el motor eléctrico por medio de la banda transportadora.

Figura 39

Motor eléctrico conectado a la bomba de agua



Nota: En la figura se aprecia el motor eléctrico conectada promedio de una banda para trasmitir el torque a la bomba de agua

3. Acople de tubería metálica a la bomba de agua



4. Instalación de un manómetro de presión y llave de paso

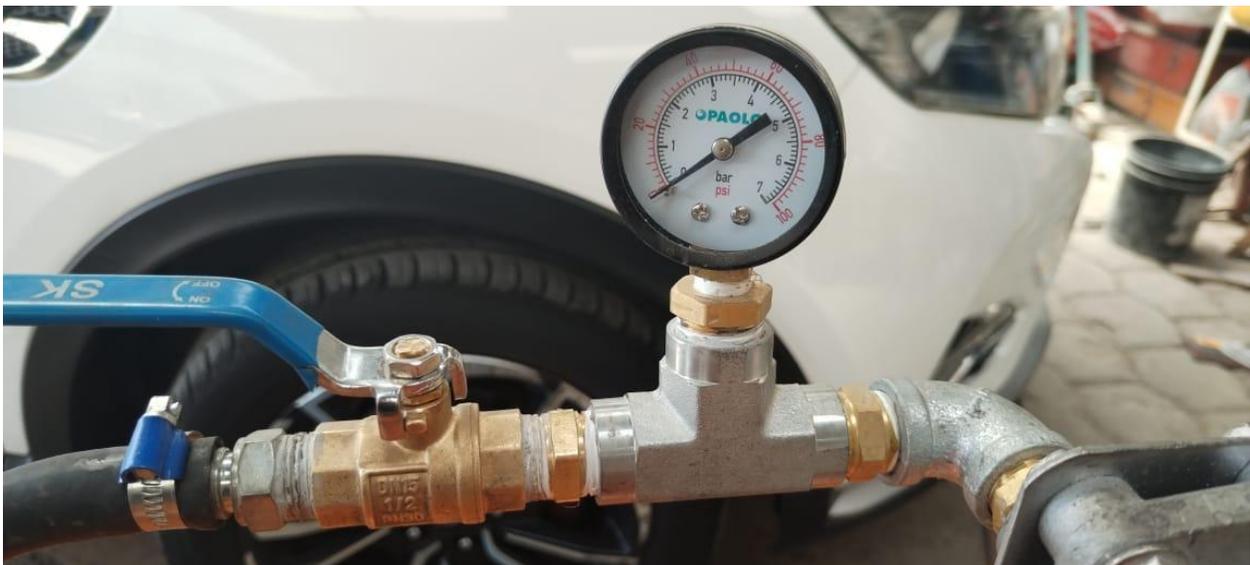
Figura 40

Manómetro de presión y llave de paso metálica de ½ pulgada metálica



Nota: La implementación de manómetro y la llave de paso, permitirán conocer la presión ejercida por la bomba cuando el sistema está abierto o cerrado,

Unión de manguera de calefacción



5. Instalación de radiador de calefacción

Figura 41

Instalación de radiador de calefacción al sistema hidráulico cerrado



Nota: Para poder controlar la temperatura del líquido que circula en la que el banco de pruebas, la implementación de un radiador permite bajar la temperatura del líquido que sale de la bomba de agua.

6. Colocación de mangueras de ½ pulgada en los bornes colocados en la bomba

Figura 42

Acople de ventilador 12cm x 12cm



Nota: El radiador, para funcionar de manera óptima, debe recibir un flujo de aire por tal razón se instaló en la parte posterior del mismo un electro ventilador para permitir una correcta Refrigeración.



7. Instalación de tanque de agua metálico de 10 litros a cocineta eléctrica

Figura 43

Fijación de tanque de agua metálico a cocineta eléctrica de 1000W



Nota: Para poder subir la temperatura del sistema el tanque metálico debe estar en contacto directo con la cocineta y para evitar cualquier movimiento inesperado este es ajustado en conjunto con la cocineta a la mesa metálica del banco de pruebas.

8. Implementación de un manómetro de temperatura de temperatura



9. Salida de tanque y realimentación de bomba de agua

Figura 44

Salida del líquido y realimentación de la bomba de agua



Nota: El tanque de agua tiene una salida directa a la bomba de agua la cual recibe este líquido y lo vuelve a impulsar al sistema repitiendo el ciclo de manera continua.

Finalizado esta serie de pasos, el banco de pruebas es puesto en funcionamiento con todos y cada uno de los impulsores impresos, los resultados son analizados en el siguiente apartado.

A continuación, se finaliza con la etapa de construcción del banco de pruebas presentando una imagen completa del sistema hidráulico cerrado tal como se evidencia en la figura 45.

Figura 45
Banco de pruebas



Nota: Este banco de pruebas servirá para dar validación a los distintos impulsores elaborados en el presente proyecto

Validación de los impulsores

Para poder validar el desempeño que puede llegar a tener los impulsores elaborados por medio del proceso FDM se procede a remplazar cada uno de ellos en la bomba de agua. El proceso de validación se ejecuta en consideración de la temperatura, en primer lugar, cada uno de los impulsores trabajaran a una temperatura ambiente y temperatura de régimen de funcionamiento de motor y los criterios a analizar son:

- Concentración del material
- Fisuras
- Desgaste

Resultados

Resultados generales del banco de pruebas a temperatura ambiente

Conociendo los resultados es posible afirmar que la gran mayoría de los filamentos están en la capacidad de permitir el normal funcionamiento de la bomba de agua dentro de un banco de pruebas debido a que el desgaste que cada uno de los impulsores tuvieron fue inferior al 2%.

Obtención de resultados particulares a temperatura ambiente

Cada uno de los distintos impulsores dieron funcionamiento de manera general al sistema hidráulico durante dos horas con 15 minutos, al finalizar el test se procedió a corroborar que las piezas no tengan ningún tipo de alteraciones físicas, como desgastes, deformaciones o daños mayores como agrietamientos o roturas.

En la tabla 21, se detallan los resultados obtenidos para cada uno de los impulsores valorados en las pruebas durante un tiempo de funcionamiento de 15 minutos por cada uno.

Tabla 21

Resultados particulares de cada impulsor en el banco de pruebas

Impulsor	Concentración	Fisuras	Desgaste	Aprobado	Rechazado
FIBRA DE CARBONO	30%	NO	< 2%	SI	
	50%	NO	< 1%	SI	
	70%	NO	< 1%	SI	
	100%	NO	< 1%	SI	
PETG	30%	NO	< 2%	SI	
	50%	NO	< 2%	SI	
	70%	NO	< 1%	SI	
	100%	NO	< 1%	SI	
ABS	30%	SI	----		SI
	50%	NO	< 2%	SI	
	70%	NO	< 2%	SI	
	100%	NO	< 1%	SI	

Nota: En la tabla se detalla cada uno de los resultados particulares de los diferentes impulsores implementados en el banco de pruebas

Obtención de resultados particulares a temperaturas de 40°C, 60°C, 70°C y 80°C

Para corroborar la validación de los impulsores se han seccionado 4 rangos de temperaturas, debido a lo estipulado en el estudio del arte, un motor de combustión interna trabaja

en un rango de temperaturas de entre los 80°C es por esta razón que cada uno de los componentes impresos deben trabajar con una temperatura similar a la antes mencionada.

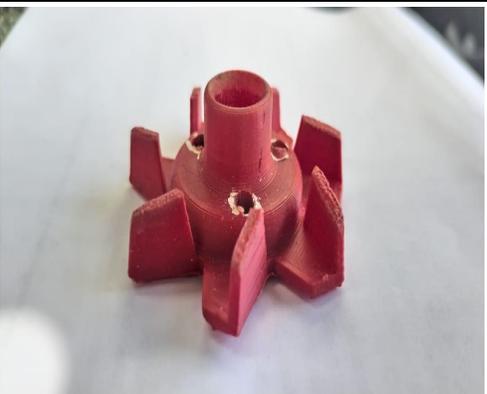
El desarrollo del actual punto se presentará en tres partes, debido a que los impulsores están divididos según el porcentaje de concentración del material con el cual fueron impresos, siguiendo esta premisa se obtienen los siguientes apartados.

- Resultados particulares de los impulsores con un 30% de concentración
- Resultados particulares de los impulsores con un 50% de concentración
- Resultados particulares de los impulsores con un 70% de concentración

A continuación, en la tabla 22 se presenta de manera general las imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores al 30% de relleno, ABS (rojo), petg (gris), fibra de carbono(negro)

Tabla 22

Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores

Impulsores al 30% antes de poner en funcionamiento	Impulsores 30% después de funcionamiento
	



La presente validación de los diferentes tipos de impulsores tiene como principal motivo analizar su comportamiento de funcionamiento en una bomba de agua real, aplicando los diferentes tipos de materiales en deposición fundida, se realiza un banco de pruebas que se somete a temperatura ambiente y temperatura real de funcionamiento normal de motor, en la cual se obtiene los distintos resultados que se muestran en la tabla 23.

Tabla 23

Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 30% en el banco de pruebas

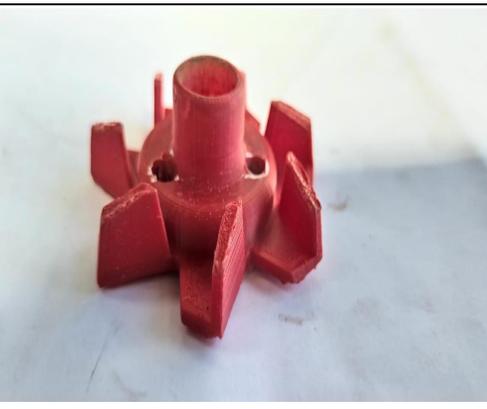
Materia l al 30%	Temperatura 40°C	Temperatura 60°C	Temperatura 70°C	Temperatura 80°C	Válvula abierta						Válvula cerrada	
					Presión inicial		Presión media		Presión final		psi	bar
					psi	bar	psi	bar	psi	bar		
Fibra de carbono	Funciona correctamente	Torcedura parcial de las aspas	Torcedura total de las aspas	X	4.0	0.27	2.0	0.137	0	0	4.0	0.27
PETG	Funciona correctamente	Torcedura parcial de las aspas	Torcedura parcial de las aspas	X	4.0	0.27	2.0	0.137	0	0	4.0	0.27
ABS	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente	4.0	0.27	4.0	0.27	4.0	0.27	10	0.689

Nota: Los detalles de la tabla resaltan los resultados particulares de los diferentes impulsores con una concentración del material a un 30%.

A continuación, se presenta de manera general las imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores al 50% de relleno, ABS (rojo), petg (gris), fibra de carbono(negro)

Tabla 24

Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores antes y después de su funcionamiento

Impulsores al 50% antes de poner en funcionamiento	Impulsores 50% después de funcionamiento
	
	



En la tabla 25. Se presentan los resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 50% en el banco de pruebas, sometido a diferentes temperaturas, partiendo desde 30°C a 80°C, con válvula abierta y cerradas

Tabla 25

Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 50% en el banco de pruebas

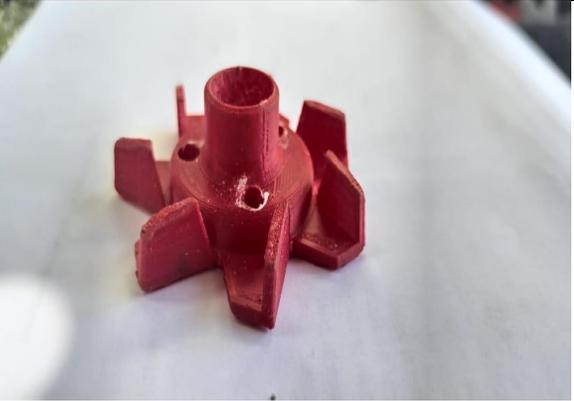
Materia l al 50%	Temperatura 40°C	Temperatura 60°C	Temperatura 70°C	Temperatura 80°C	Válvula abierta						Válvula cerrada	
					Presión inicial		Presión media		Presión final		psi	bar
					psi	bar	psi	bar	psi	bar		
Fibra de carbono	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Torcedura total de las aspas	X	4.0	0.27	2.0	0.137	0	0	4.0	0.27
PETG	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Torcedura parcial de las aspas	Torcedura parcial de las aspas	4.0	0.27	2.0	0.137	0	0	4.0	0.27
ABS	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente	4.0	0.27	4.0	0.27	4.0	0.27	10	0.689

Nota: Los detalles de la tabla resaltan los resultados particulares de los diferentes impulsores con una concentración del material a un 50%.

A continuación, se presenta de manera general las imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores al 70% de relleno, ABS (rojo), petg (gris), fibra de carbono(negro)

Tabla 26

Imágenes que evidencian los resultados obtenidos de la validación de los distintos impulsores antes y después de su funcionamiento

Impulsores al 70% antes de poner en funcionamiento	Impulsores 70% después de funcionamiento
	
	



En la tabla 27. Se presentan los resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 70% en el banco de pruebas, sometido a diferentes temperaturas, partiendo desde 30°C a 80°C, con válvula abierta y cerradas

Tabla 27

Resultados particulares de cada impulsor con una concentración de material a un 70% en el banco de pruebas

Materia l al 70%	Temperatur a	Temperatur a	Temperatur a	Temperatur a	Válvula abierta						Válvula cerrada	
	40°C	60°C	70°C	80°C	Presión inicial		Presión media		Presión final		psi	bar
					psi	bar	psi	bar	psi	bar		
Fibra de carbono	Funciona correctament e	Funciona correctament e	Torcedura parcial de las aspas	Torcedura total de las aspas	4. 0	0.2 7	2. 0	0.13 7	0	0	4. 0	0.27
PETG	Funciona correctament e	Funciona correctament e	Torcedura parcial de las aspas	Torcedura parcial de las aspas	4. 0	0.2 7	2. 0	0.13 7	0	0	4	0.27
ABS	Funciona correctament e	Funciona correctament e	Funciona correctament e	Funciona correctament e	4. 0	0.2 7	4. 0	0.27	4. 0	0.2 7	10	0.68 9

Nota: Los detalles de la tabla resaltan los resultados particulares de los diferentes impulsores con una concentración del material a un 70%.

Resultados generales del banco de pruebas a temperaturas de 40°C, 60°C, 70°C y 80°C

Por otra parte, el material PETG, tuvo un mejor desempeño que el de la fibra de carbono, pero no obstante no se puede considerar a esta materia como una opción viable al desarrollo de piezas automotrices funcionales. Ya que este al igual que el antes mencionado al trabajar con un líquido a una temperatura superior a los 70°C sufrió alteraciones importantes como la torcedura de sus aspas.

Para el desarrollo de este apartado y al padecer este inconveniente con este tipo de materiales los cuales sufrían deformaciones en su estructura, fue necesario el rediseño del banco de pruebas. Los impulsores al no soportar el incremento de temperatura no podían adherirse correctamente a la bomba de agua, no podían transmitir las mismas revoluciones y por esta razón la presión ejercida por la bomba disminuía. Muchos de los impulsores requirieron de la implementación de un acople en la parte superior de los mismos para que no giren libremente y de esta manera no perder la presión en el sistema hidráulico.

En función a los resultados positivos de la presente evaluación y validación de los impulsores, se reconoce la destacada función que tuvieron los impulsores desarrollados con materiales ABS, puesto que este material sin importar la concentración, en todas y cada una de las pruebas presento un mejor desempeño que los demás componentes.

Los impulsores realizados por medio del proceso FDM, cuya composición sea basada en filamentos ABS tienen un gran potencial para el desempeño de actividades relacionadas con sistemas de refrigeración de motores de combustión interna, en base a lo expuesto referente a este material se procede a realizar un análisis presupuestario de los gastos que ha conllevado la elaboración de un impulsor a base de filamentos ABS, el principal propósito, es la realización de

una comparativa entre las ventajas y desventajas que tiene la impresión de un impulsor de bomba de agua con ABS y a su vez definir si este puede llegar a ser una opción viable ante la compra de una nueva bomba de agua en el mercado nacional.

Tabla presupuestaria

Tabla 28

Costo de producción de un impulsor de bomba de agua a base de filamento ABS

Costo de material	Costo de impresión	Mano de obra	Costo de producción final
10\$	5\$	20\$	35\$

Nota: En la tabla se evidencia que el costo promedio de producción de un impulsor de bomba de agua por medio de fibra ABS para la bomba de agua de un Chevrolet Spark Gt ronda los 35\$.

Según lo estipulado en la tabla anterior, es posible comprender que el desarrollo de un impulsor de bomba de agua tiene un precio de 35\$ por impulsor y al basarse sobre lo publicado por Mansuera (2022), mismo que en su portal establece que una bomba de agua para un Chevrolet Spark Gt tiene un precio comercial de 51,87\$ lo que representa un ahorro significativo para los usuarios de este tipo de vehículos.

Discusion de Resultado

Los impulsores de bombas de agua elaborados con material ABS mediante el proceso FDM cuentan con un gran potencial para ser implementados en la industria automotriz local, por medio de la validación de los mismos en un banco de pruebas se pudo concretar que este proceso es factible y funcional cuando se cuenta con sin porcentaje su porcentaje de relleno.

La sustitución de este tipo de componentes requiere de un estudio y análisis previo, en el actual proyecto de investigación se evidencio que los impulsores de bomba de agua elaborados con Fibra de carbono, PETG y ABS tienen la capacidad de ser reinsertados en el cuerpo de la

bomba de agua y cumplir con su funcionamiento de manera normal siempre y cuando este trabaje a una temperatura ambiente.

El impulsor a base de filamentos ABS tiene la principal falencia de ser frágil si no se lo imprime con un porcentaje mayor al 30%, en el proceso de validación este componente sufrió una importante fisura al momento de ser instalado en la bomba de agua. Sobre lo mencionado es trascendental considerar que este tipo de componentes puede servir para piezas menos exigentes, pero dentro del actual proyecto no es aplicable su fabricación a un porcentaje menor al del 30% ya que es propenso a presentar fallos tanto para la bomba de agua como el sistema hidráulico.

La fibra de carbono es el material que tiene un mayor desempeño presente en el banco de pruebas a una temperatura ambiente, su porcentaje de desgaste fue inferior a los demás componentes validados, pero al trabajar a una temperatura superior a los 70°C este fue el que tuvo el más bajo desempeño. A diferencia de lo que comúnmente se cree de la fibra de carbono este material no es óptimo para trabajar con fluidos a altas temperaturas, se le reconoce que su porcentaje de desgaste en un sistema hidráulico a temperatura ambiente puede desempeñarse con gran superioridad a materiales como el PETG y el ABS.

Los resultados del actual proyecto de investigación apuntan al gran potencial en el desarrollo de impulsores a base de ABS implementando procedimientos de manufactura aditiva, tras la ejecución del banco de pruebas fue posible concluir que el mencionado material presenta un desgaste inferior al 1%, debido su ligereza, resistencia y sobre todo su tolerancia a fluidos a altas temperaturas permiten que cumpla con sus funciones de manera normal y sin llegar a corroerse o deformarse. Las principales ventajas de la producción de este impulsor es su relativo bajo costo en comparación a la compra de toda una bomba de agua en el mercado ecuatoriano

actual, sin embargo, pese a que teóricamente resulta conveniente aun es necesario la ejecución más pruebas de validación dentro de un sistema de refrigeración real.

Conclusiones

Finalizando la actual investigación y en base a los resultados obtenidos es posible concluir que los impulsores de bombas de agua elaborados mediante el proceso de manufactura aditiva, FDM, tienen la capacidad de dar un funcionamiento normal a la bomba de agua implementada en un sistema hidráulico cerrado a temperatura ambiente. No obstante, la integridad física de un impulsor al trabajar de manera constante dependerá del material con el cual se haya construido.

La fibra de carbono es el material que mejor desempeño presentó en el banco de pruebas a temperatura ambiente, sus variaciones de desgaste en relación a la pieza original son relativamente bajas. El porcentaje de variación se reduce cuando su concentración interna de fibra de carbono es mayor, es decir si la concentración es de 30%, su desgaste es inferior al 2%, mientras que si tiene el 100% de concentración, su desgaste es menor al 1%, pero en cuestión de rendimiento se puede establecer que es poco fiable ya que su difícil adquisición, evita por el momento, idealizar su producción a gran escala, sin embargo, se concluye que este material es ideal para labores de gran exigencia a temperaturas poco exigentes.

El impulsor elaborado por ABS es el único que presentó problemas al realizar las pruebas de validación a temperatura ambiente, de las 4 piezas puestas en validación la que presentó fallos fue aquella que tenía una composición del 30% de ABS, se puede aseverar que una pieza automovilística que está pensada para labores de gran exigencia no pueden ser elaboradas con bajos índices de concentración de ABS, si bien los demás impulsores permitieron el funcionamiento del sistema hidráulico, la fragilidad de la pieza al ser instalada genera incertidumbre y poca fiabilidad.

Por otra parte, la implementación del PETG en el desarrollo de un impulsor de bomba de agua, no fue el adecuado, ya que en el actual proyecto se evidenció que el impulsor elaborado en función de este material, no es el correcto al trabajar a temperatura ambiente y no funciona al ser sometido a temperaturas superiores a los 70°C-este material no es el idóneo para el desempeño para actividades relacionadas con sistemas hidráulicos.

Los impulsores de bomba de agua constituidos por Fibra de carbono, PETG y ABS son capaces de desenvolverse de la misma manera que un impulsor original en condiciones ambientales normales, pero es importante mencionar que este estudio solo se realizó en un sistema hidráulico cuya presión interna no superó los 4 PSI, lo cual es un factor fundamental a considerar la implementación de este tipo de elementos en un sistema real, por lo que se requiere estudios sobre el comportamiento de impulsores a base de material ABS a diferentes presiones.

La validación de los impulsores al ser sometidos a una temperatura similar o superior a los 70°C, varios de los resultados difieren a los antes mencionados, pese los que se detalló referente a las bondades de la fibra de carbono, el impulsor elaborado con este material es el que presentó mayores complicaciones y alteraciones en su estructura geométrica. Al llegar a la temperatura antes indicada, el impulsor sufría torceduras parciales en las aspas y al llegar a los 80°C su deformación fue completa. Por lo tanto, se descarta la utilidad de la fibra de carbono en piezas o componentes para la bomba de agua del sistema de refrigeración de un vehículo.

El resultado más favorable de la presente investigación está relacionada a la elaboración de impulsores de bomba de agua con fibra ABS, este material permitió que el banco de pruebas trabajara de manera normal y sin alteración a su estructura geométrica, pese a la temperatura en la que haya sido sometido. Se concluye que para la producción de piezas y componentes automotrices aún hace falta muchos estudios en los que se pueda simular de forma más adecuada el

comportamiento de un motor de combustión interna, sin embargo, el actual trabajo investigativo aporta con la delimitación del ABS, como un material capaz de trabajar normalmente en un banco de pruebas, a una presión constante de cuatro bares y soportando temperaturas de hasta 80°C

Recomendaciones

El banco de pruebas elaborado para la validación de los impulsores de bombas de agua consta de un motor eléctrico que tiene una frecuencia constante de 60Hz y 1780rpm. Si bien su implementación permitió que la bomba de agua pueda funcionar dentro del sistema, este no llega a simular de manera correcta el trabajo realizado por un motor, por lo cual, se recomienda que se implemente un sistema de automatización que permita controlar y variar las revoluciones de la bomba eléctrica para de esta manera simular de mejor manera el comportamiento del motor un vehículo.

Una de las principales características que tiene el sistema de refrigeración de un vehículo es la capacidad de controlar la temperatura interna de un motor a fin de evitar daños por sobrecalentamiento, en el actual proyecto cada uno de los impulsores trabajaron en una temperatura constante de 40°C, 60°C, 70°C y 80°C por tal motivo se recomienda el desarrollo de estudios enfocados en analizar el comportamiento de este tipo de componentes al estar trabajando a bajas y altas temperaturas de manera variable.

Debido a que varios de los impulsores al ser sometidos a temperaturas superiores al 70°C pasan de un punto elástico a plástico, afectando su estructura y geometría, se recomienda la implementación de un material más resistente en la base de las aspas, mismas que son las partes donde los impulsores tienden a deformarse con facilidad.

Sobre el mencionado problema existe una alternativa que requiere del rediseño de la estructura física del impulsor de bomba de agua, se recomienda que en futuras investigaciones se ejecuten estudios referentes a la implementación de nervios internos en las áreas donde el impulsor tiende a deformarse a fin de otorgar mayor resistencia en las hélices sin importar el material con el cual sean impresos.

El material ABS al ser la que mejor desempeño presentó en el actual proyecto, requiere de mayores investigaciones que permitan demostrar que el uso de piezas por medio de procesos de FDM son viables al momento de reemplazar piezas originales, por lo que se recomienda realizar pruebas que midan el comportamiento de los impulsores a base de fibra ABS a diferentes revoluciones, a presiones similares a las de un motor de combustión interna, como también los efectos que puede llegar a presentar al ser expuestos a reacciones químicas producto del óxido de la bomba de agua.

Bibliografía

- Alcívar, F., & Cayambe, J. (31 de 10 de 2016). Simulación y modelación de una matriz a inyección plástica, para la producción de asas de sujeción tipo puente sr 1534 aplicando la tecnología cnc y software de diseño cad-cam. *Ingeniero Industrial*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5860/1/85T00410.pdf#page=40&zoom=100,197,684>
- Arcos, A., & Chiguano, K. (21 de 08 de 2021). Diseño e implementación de un brazo grúa de una tonelada en el taller de proelevación s.a. *Ingenieros en Electromecánica*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado el 12 de 12 de 2022, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8136/1/PI-001759.pdf>
- Artillery. (05 de 12 de 2022). *Artillery sidewinder x1*. Obtenido de Características: <https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x1/>
- Auto Fácil. (10 de 05 de 2020). *Vaso de expansión*. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de ¿Qué es el vaso de expansión y qué tapones incorpora?: <https://www.autofacil.es/tecnica/vaso-expansion-tapones-incorpora/195239.html>
- Baena, G. (2017). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Tercera ed.). San Juan Tlihuaca, México: GRUPO EDITORIAL PATRIA. Recuperado el 14 de 10 de 2022, de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

- Ballena, E., & Chucuya, R. (29 de 09 de 2017). Evaluación numérica del campo de temperatura en las aletas de un sistema de enfriamiento por aire de un motor monocilindro, mediante volúmenes finitos. *INGnosis*, 3(2), 376-389. doi:10.18050/ingnosis.v3i2.1564
- Cabrera, F., & Tigre, E. (07 de 12 de 2016). Diseño y construcción de los sistemas de refrigeración de un vehículo formula sae eléctrico. *Ingeniero Mecánico Automotriz*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13257/1/UPS-CT006846.pdf>
- Castro, O. (11 de 03 de 2015). Rediseño de un sistema de enfriamiento automotriz. *Ingeniero Mecánico*. Ciudad de México, Estado de México, México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Azcapotzalco. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19906/Castro%20Arreola%20Osvaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdova, E. (17 de 08 de 2013). Estudio de un motor de combustión interna para determinar sus parámetros de funcionamiento y su factibilidad de aplicación en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica. *Ingeniero Mecánico*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4338/1/Tesis%20I.%20M.%20170%20-%20C%3%B3rdova%20Morales%20Edison%20Iv%C3%A1n.pdf>
- Dolz. (31 de 03 de 2021). *Descubriendo los principales componentes de la bomba de agua*. Obtenido de Yes we have: <https://www.idolz.com/2021/03/31/descubriendo-los-principales-componentes-de-la-bomba-de-agua/#:~:text=Los%20cuerpos%20de%20las%20bombas,sistema%20de%20refrigeraci%C3%B3n%20del%20autom%C3%B3vil>.

- FormLabs. (19 de 06 de 2022). *Guía de materiales de impresión 3D*. Recuperado el 03 de 01 de 2023, de Tipos, aplicaciones y propiedades: <https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/>
- Gálvez, A., & Paucar, D. (17 de 06 de 2020). Análisis de la influencia del sobrecalentamiento del motor de combustión interna en la degradación del aceite lubricante. *Ingeniero Mecánico Automotriz*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18762/1/UPS-CT008773.pdf>
- García, G. (03 de 02 de 2022). *Motor pasión*. Recuperado el 03 de 01 de 2023, de El Chevrolet Spark anuncia el fin de su producción:
<https://www.motorpasion.com.mx/industria/chevrolet-spark-fin-produccion#:~:text=La%20firma%20estadounidense%20anunci%C3%B3%20esta,Canad%C3%A1%20Vietnam%20o%20Estados%20Unidos.>
- Gavilema, H. (06 de 02 de 2014). Estudio teórico y experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina a diferente concentración de aguafrigerante. *Ingeniero Automotriz*. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4027/1/65T00148.pdf>
- González, R., Cabrera, N., Mendoza, H., & Arzate, R. (06 de 2020). Métodos de Investigación: Experimentales y Cualitativos Rubén González Vera²², Norma Leticia Cab. *Alternativas psicología*(44), 108-120. Recuperado el 05 de 01 de 2022, de <https://www.alternativas.me/attachments/article/230/8%20-%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf>

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2016). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Última edición ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill .
Recuperado el 14 de 10 de 2022, de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2017). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F., México: McGRAW-HILL . Recuperado el 6 de 12 de 2022, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, A. (16 de 10 de 2020). Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna. *Ingeniero Mecánico*. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18358/6/HerreraAndres_2021_DiseñoSistemaRefrigeracion.pdf
- Jaramillo, L. (17 de 03 de 2019). Diseño de una impresora 3d de bajo costo para la escuela de diseño de la pucesi. *Licenciado en Diseño de Productos y Control de Procesos*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de <https://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/444/1/2.Tesis%20Luis%20Antonio%20Jaramillo.%20pdf.pdf>
- Mansuera. (18 de 12 de 2022). *Repuestos Mansuera*. Obtenido de Bomba agua chevrolet spark lq4: https://www.mansuera.com/dc-96666219-bomba-agua?utm_term=&utm_campaign=ShoppingVentas&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=5493356374&hsa_cam=12755151000&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQiA-oqd

- Mansuera. (28 de 12 de 2022). *Repuestos Mansuera*. Recuperado el 28 de 01 de 2023, de BOMBA AGUA SPARK GT: <https://www.mansuera.com/bomba-agua-spark-gt-1-2m400>
- Martínez, G. (28 de 03 de 2019). *Coche y consesionario* . Obtenido de Pruebas del Chevrolet Spark Gt.
- Maza, V. (15 de 06 de 2021). Modelado y construcción a escala de torno convencional impreso en 3D para fines académicos. *Ingeniero Mecánico - Eléctrico*. Piura, Piura, Perú: Universidad de Piura. Recuperado el 12 de 12 de 2022, de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5121/IME_2110.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miranda, K. (03 de 08 de 2020). Análisis de pérdidas energéticas en un motor de combustión interna a gasolina (mech) de 1600 cm³ en un vehículo de uso particular para determinar su rendimiento térmico. *Ingeniero Mecánico*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31427/1/Tesis%20I.%20M.%20599%20-%20Miranda%20Pilatu%C3%B1a%20Kevin%20Alexander.pdf>
- Morales, M., & Hernández, A. (18 de 05 de 2014). Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. *Publicacion Técnica*. Sanfandila, México: Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Nieto, M. (23 de 12 de 2016). Manejo del software revit y su incidencia en el modelado de información para la construcción de edificaciones en la ciudad de ambato, provincia de Tungurahua. *Ingeniero Civil*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de

- Ambato. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24786/1/Tesis%201096%20-%20Nieto%20Salas%20Marcelo%20David.pdf>
- Ordóñez, M. (2012). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos*. Antequera, Málaga, España: Ic Editorial. doi:978-84-15670-06-3
- Palos, J. (26 de 07 de 2020). Diseño de un radiador tipo panel de abeja para una moto de competición. *Ingeniería Mecánica*. Alcoy , Alicante, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de
<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/155284/Palos%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20radiador%20tipo%20panel%20de%20abeja%20para%20una%20moto%20de%20competici%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pazmiño, E. (19 de 06 de 2014). Estudio del manejo de la información del parque automotor de la universidad técnica de ambato, para establecer la fiabilidad. *Ingeniero Mecánico*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8307/1/Tesis%20I.%20M.%20221%20-%20Pazmi%C3%B1o%20Navarrete%20Edwin%20Eduardo.pdf>
- Pineda, R., & Sambache, A. (27 de 10 de 2021). Diseño y construcción de una matriz para fabricación de mascarillas mediante termoformado usando software cad/cam y tecnología cnc. *Ingeniero Mecánico*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21959/1/CD%2011454.pdf>

- Posso, A. (20 de 08 de 2020). Emisión de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito. *Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar. Recuperado el 03 de 01 de 2023, de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7972/1/T3453-MCCNA-Posso-Emission.pdf>
- Quilumba, B. (27 de 09 de 2020). Simulación de un dosificador de chocolate. *Tecnólogo en Electromecánica*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 29 de 12 de 2022, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21207/1/CD%2010727.pdf>
- Ramírez, E. (25 de 04 de 2012). Estudio de bombas centrífugas y su factibilidad de aplicación en la facultad de ingeniería mecánica con la finalidad de obtener parámetros técnicos con variación de caudal. *Ingeniero Mecánico*. Ambato, Cuenca, Ecuador: Universidad Técnica De Ambato. Recuperado el 19 de 11 de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2155/1/Tesis%20I.%20M.%20145%20-%20Ram%c3%adrez%20Pozo%20Edison%20Alejandro.pdf>
- RODES. (24 de 07 de 2015). *Sencillo de principio a fin*. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de El termostato del coche ¿qué es y cuáles son sus características?: <https://www.rodes.com/mecanica/termostato-coche-que-es-y-caracteristicas/>
- Romero, C. (26 de 05 de 2009). Contribución al conocimiento del comportamiento térmico y la gestión térmica de los motores de combustión interna alternativos. *Doctor*. Valencia, Valenciana, España: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/4923/tesisUPV3034.pdf>

- Sanchez, A. (06 de 08 de 2005). Estudio de un sistema CAD para diseño textil y propuesta de colección de diseños para tejidos tipo Jacquard. *Maestría en Ciencias en Ingeniería Textil*. Ciudad de México, México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/1089/689_2005_ESIQIE_MAESTRIA_sanchez_rice_alma.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SIEMENS. (06 de 2021). *Diseño asistido por ordenador (CAD)*. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de Software de CAD: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>
- Silva, E. (14 de 11 de 2022). Propuesta de material alternativo para impulsor de la bomba de agua del vehículo Chevrolet Sail 2016. *Magister / Ingeniero en Diseño Mecánico*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Internacional SEK. Recuperado el 6 de 12 de 2022, de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4889/1/Silva%20Gavilanez%20Erika%20Natali%20.pdf>
- Sunlu. (18 de 05 de 2022). *Printer Filament*. Obtenido de <https://www.sunlu.com/>
- Superintendencia de compañía. (14 de 5 de 2021). <https://appscvsconsultas.supercias.gob.ec>. Obtenido de <https://appscvsconsultas.supercias.gob.ec/consultaCompanias/societario/busquedaCompanias.jsf>
- Vallejo, C. (29 de 06 de 2016). Análisis del desempeño de varios tipos de refrigerantes utilizados en los motores de combustión interna ciclo otto, y su incidencia en la eficiencia del motor de un vehículo liviano. *Ingeniero Automotriz*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad

Tecnológica Equinoccial. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14092/1/65637_1.pdf

Valverde, J. (29 de 06 de 2019). Desarrollo de metodologías enfocadas a aplicaciones de ingeniería inversa para reproducir objetos mediante escaneado 3d, sistemas cad/cam y prototipado rápido. *Magíster en Diseño y Simulación*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 20 de 11 de 2022, de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20357/1/CD%209829.pdf>

Anexos

Anexo A

Fibra de Carbono al 70 %



Deformación de aspas, rotura de las aspas, deformación total a 75°C, pérdida de presión

Anexo B

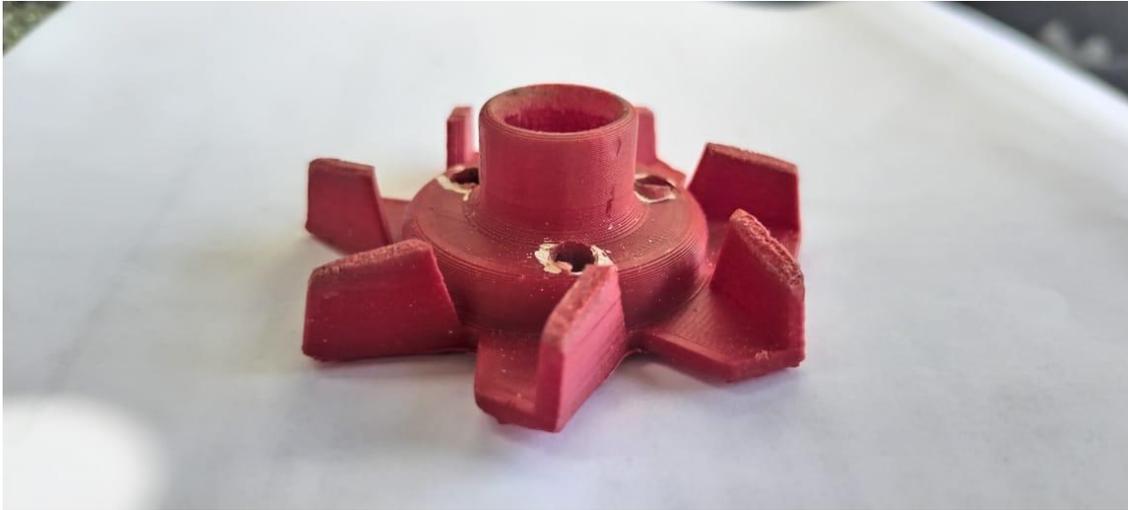
PETG al 70%



Deformación parcial de las aspas a 75°C, material se expande y se pandea hacia el interior

Anexo C

ABS al 70%



No existe deformación, no hay pérdida de presión y soporta la temperatura hasta los 80°C

Anexo D

PETG al 30%



Rotura, deformación parcial del impulsor y se pandea.

Anexo D

Fibra de carbono al 30%



Deformación total de las aspas y de todo el impulsor (pandea), temperatura máxima 70°C



A mayor tiempo de uso y temperatura llega a romperse las aspas del impulsor

Anexo D

ABS al 30%



Rotura de 1una aspa por instalación



Correcto funcionamiento a una temperatura máxima de 85°C

Anexo E

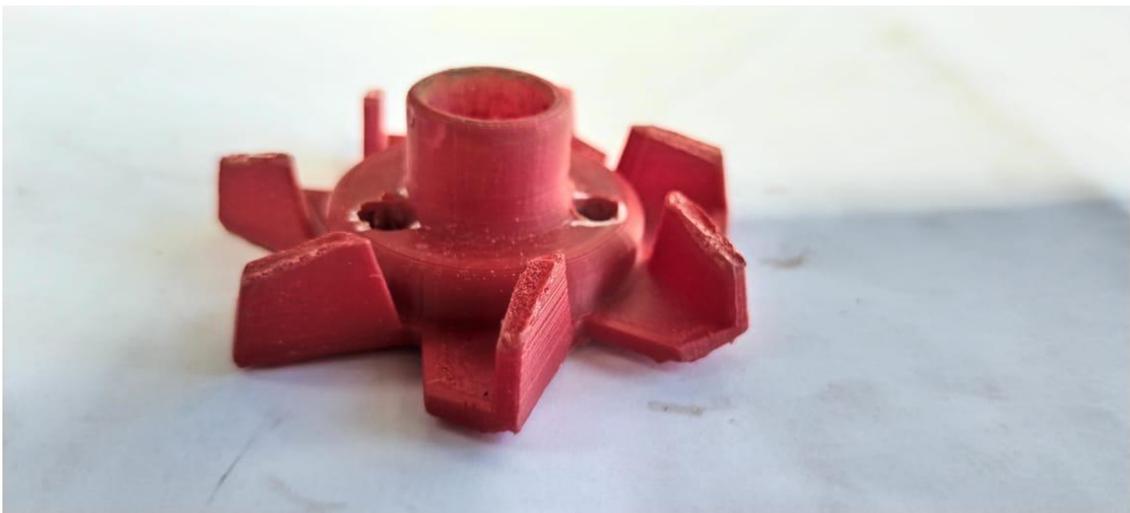
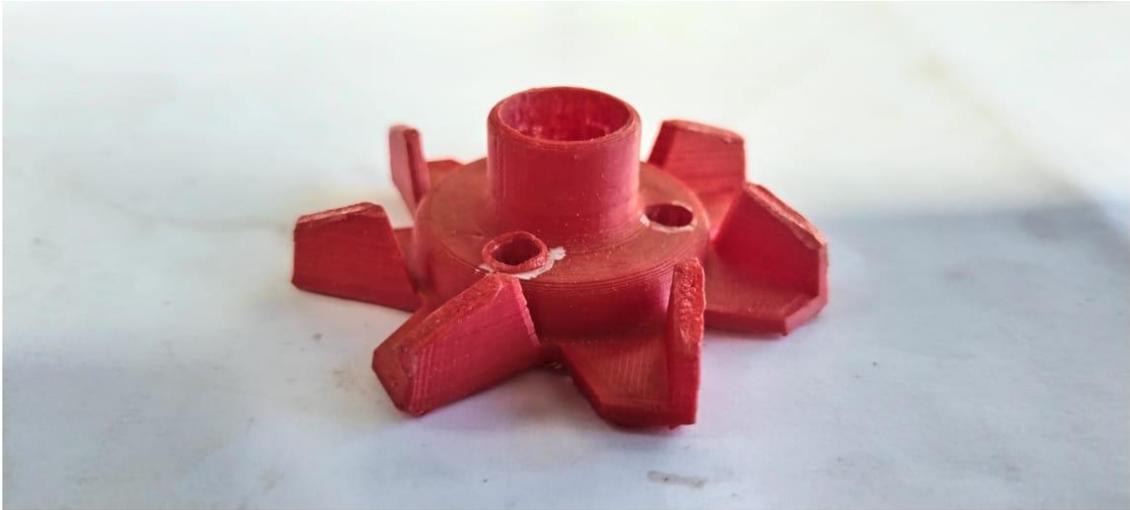
Fibra de carbono al 50%



Deformación y rotura total de las aspas y de todo el impulsor a 80°C

Anexo F

ABS al 50%



Funcionamiento normal del impulsor, no existe deformación a 85°C

Anexo G

PETG al 50%

Deformación parcial el impulsor se pandeo



Deformación total, pandeo del impulsor

