

Análisis del colector de admisión de un SUV híbrido con diferentes materiales mediante simulación CFD

Intake manifold analysis of a hybrid SUV with different materials using CFD simulation.

Guamán Narváez, Edwin Rolando; Luna Suárez, Nelson Humberto;
Guaña Fernández, William Vinicio; Aquino Santos, Doris Lizbeth;
Díaz Vinuesa, Jorge Darío



Edwin Rolando Guamán Narváez

eguaman@istct.edu.ec

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Nelson Humberto Luna Suárez

nluna@istb.edu.ec

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

William Vinicio Guaña Fernández

wguana@istct.edu.ec

Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

Doris Lizbeth Aquino Santos

daquino@istct.edu.ec

Tecnóloga Automotriz, Ecuador

Jorge Darío Díaz Vinuesa

jdiaz@istlnd.edu.ec

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. Esp.3, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 24 Junio 2021

Aprobación: 04 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062738005/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.142>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Resumen: Los elementos que componen los motores de combustión interna han mejorado a lo largo de los años como consecuencia de los estudios de eficiencia realizados, los colectores de admisión son elementos que permiten la entrada de la mezcla aire-combustible a los cilindros tras lo cual se comprimen en la cámara de combustión. El objetivo de esta investigación fue comprobar el colector de admisión de un vehículo SUV híbrido, con diferentes materiales como: Nylon (Poliamida), Aluminio 3.0205 (EN-AW1200) y Hierro fundido O.6010 (EN-GJL-100). El método sintético se utilizó para la recolección de datos bibliográficos que se utilizaron en la elaboración del modelo CAD. Además, este mismo método se utilizó para obtener las primeras condiciones y la ejecución de la simulación CFD. Los resultados mostraron que el material más adecuado para la fabricación de esta autoparte es el Nylon (Poliamida) con una ganancia en la velocidad de entrada de 32,408 m/s, superior a la del hierro fundido que generó una velocidad de 32,083 m/s, y mejor que el aluminio que genera una velocidad de 31,194 m/s.

Palabras clave: Simulación CFD, colector de admisión, dinámica de fluidos computacional, análisis estructural.

Abstract: The elements that make up the internal combustion engines have improved over the years as a result of efficiency studies performed, the intake manifolds are elements that allow the air-fuel mixture to enter the cylinders after which they are compressed in the combustion chamber. The purpose of this research was to check the intake manifold of a hybrid SUV, with different materials such as: Nylon (Polyamide), Aluminum 3.0205 (EN-AW1200) and Cast Iron O.6010 (EN-GJL-100). The synthetic method was used for the collection of bibliographic data that were used in the elaboration of the CAD model. In addition, this same method was used to get the first conditions and the execution of the CFD simulation. The results showed that the most suitable material for the manufacture of this auto part is Polyamide Nylon with a gain in incoming velocity of 32.408 m/s, superior to Cast Iron which generated a velocity of 32.083 m/s, and better than Aluminum which generates a speed of 31.194 m/s.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Guamán Narváez, E. R., Luna Suárez, N. H., Guaña Fernández, W. V., Aquino Santos, D. L., & Díaz Vinuesa, J. D. (2021). Análisis del colector de admisión de un SUV híbrido con diferentes materiales mediante simulación CFD. Ecuadorian Science Journal, 5(3), 27-40. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.142>

Keywords: CFD simulation, intake manifold, computational fluid dynamics, structural analysis.

INTRODUCCIÓN

En el ciclo de admisión de los motores de combustión interna se ha demostrado que el volumen del cilindro no se ocupa completamente, debido a la variación del volumen específico y a la caída de presión a lo largo del sistema de alimentación, por lo que, la eficiencia volumétrica del cilindro disminuye afectando al rendimiento del motor. El colector de admisión también se conoce como colector de admisión, ya que canaliza los gases frescos de admisión hacia las válvulas de admisión, que también son propensas a fenómenos vibratorios de gran importancia, por lo que el análisis del colector de admisión mediante simulación CFD determina la relación de flujo, la transferencia de calor y otros fenómenos asociados y que pueden ser estudiados por simulación a través de un ordenador. El objetivo del diseño y análisis del colector de admisión es mejorar el rendimiento del motor sin incurrir en las partes internas del mismo, ya que mejorando el diseño se optimizarían las variables de entrada que mejorarían la potencia y el par del motor. Es muy importante tener en cuenta que una mayor cantidad de aire ayudaría a una mayor cantidad de mezcla aire-combustible en la cámara de combustión.

Hoy en día se dispone de tecnología para fabricar componentes de un vehículo en materiales termoplásticos además de otros materiales como fibras o resinas, para mejorar las características mecánicas del motor en condiciones normales de funcionamiento. La potencia de un motor presenta variaciones tanto en bajas revoluciones 2500 rpm como en altas revoluciones 5000 rpm, la implementación de diferentes colectores de admisión con diferentes termoplásticos ha sido una innovación en la industria del automóvil. El análisis del colector de admisión permitió averiguar si la velocidad del aire de admisión es variable o no en función del material constitutivo del colector.

Colector de admisión

El colector de admisión o múltiple de admisión es el encargado de suministrar aire limpio y filtrado a las cámaras de combustión, se mide la temperatura del aire que entra en el motor, deteniendo todas las impurezas que podrían dañar el motor.



FIGURA 1
Colector de admisión para vehículo SUV híbrido
(ESAudi, 2012)

Hace varios años, la fabricación de estos componentes se realizaba en aluminio, pero la introducción de nuevos materiales ha llevado a utilizar cada vez más materiales plásticos rígidos y resistentes, lo que permite reducir el peso y ahorrar costes de producción [4].



FIGURA 2
Colector de admisión convencional 2-1
(Serrano, 2017)

Tipos de colectores de admisión

Hay dos tipos de colectores de admisión.

Colectores de admisión convencionales

Los regímenes del motor no están igualados en los colectores de admisión convencionales porque no tienen la flexibilidad de los colectores de admisión variables. Los colectores de admisión convencionales producen un par elevado a bajas revoluciones o una mayor potencia a altas revoluciones.



FIGURA 3
Colector de admisión convencional
Autores

Aspectos generales: El sistema de colector convencional utilizado en los motores de gasolina con carburador o sistema de inyección de un punto, que es esencial para mezclar la gasolina con el aire de manera uniforme.

Colectores de admisión variable

Un colector de admisión variable es un elemento que facilita la entrada de aire a los cilindros en función del régimen de giro al que esté funcionando el motor en ese preciso momento para que sea adaptable.

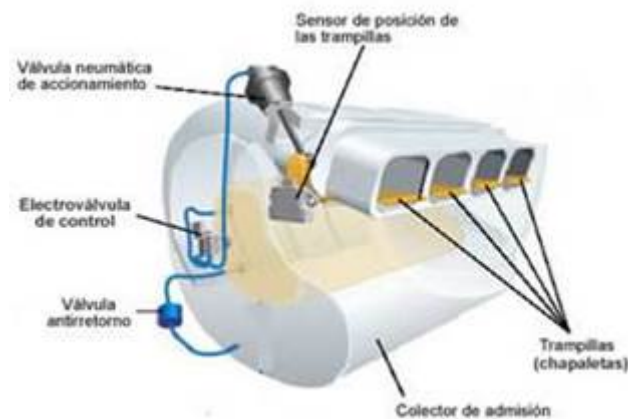


FIGURA 4
Sistema de colectores de admisión variable
(Burrero, 2018)

Características del colector de admisión

Colectores: Los colectores de admisión son extensiones de los conductos de las válvulas en los que se pueden realizar diversas modificaciones. Diámetros: El diámetro interno de los colectores de admisión de cada cilindro se corresponde con el diámetro del conducto de válvulas. Pulido interno: El pulido interno de los conductos de admisión y de los conductos de válvulas garantiza que la mezcla de aire y combustible producida

en la admisión obtenga resistencia en su desplazamiento con una reacción notable en el régimen del motor. Curvas de los conductos: Para una buena respiración las curvas de los conductos deben ser lo más suaves posibles, y la distancia que recorre tiene que ser lo más similar posible en los cilindros. Sistema de flujo: En la admisión el sistema de flujo es turbulento ya que la naturaleza no es permanente en el desarrollo del motor.

Ondas del colector de admisión

En el funcionamiento del motor, el aire ambiente es conducido por el colector de admisión hacia la cámara de combustión a través de un conducto del colector y termina en la cabeza de la válvula de admisión.

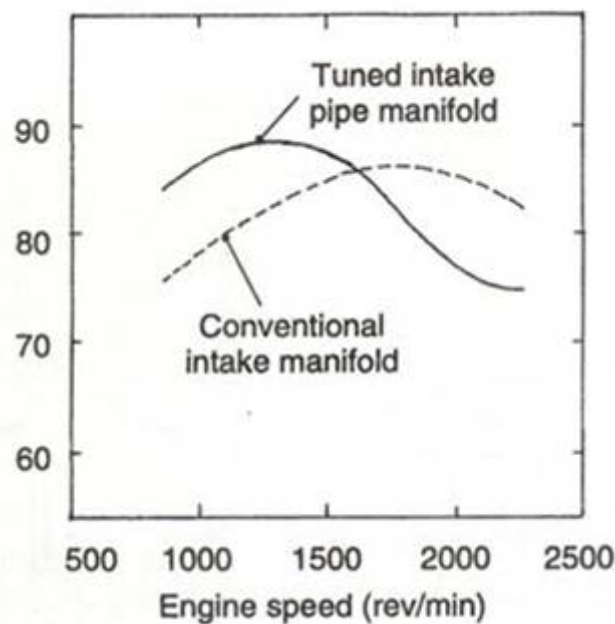


FIGURA 5
Ondulaciones del colector de admisión, presión y par.
(Solorio, 2017)

Diseño computacional

El diseño computacional son las representaciones gráficas del uso de herramientas informáticas que permiten realizar dibujos y planos, uno de los cuales puede ser cualquier software de diseño asistido por CAD, además de realizar simulaciones computacionales que muestran estudios estáticos incluyendo el análisis CFD. Las herramientas computacionales se utilizan para la creación del modelo CAD, la posibilidad de utilizar un software de estudiante permite desarrollar la investigación de una mejor manera.

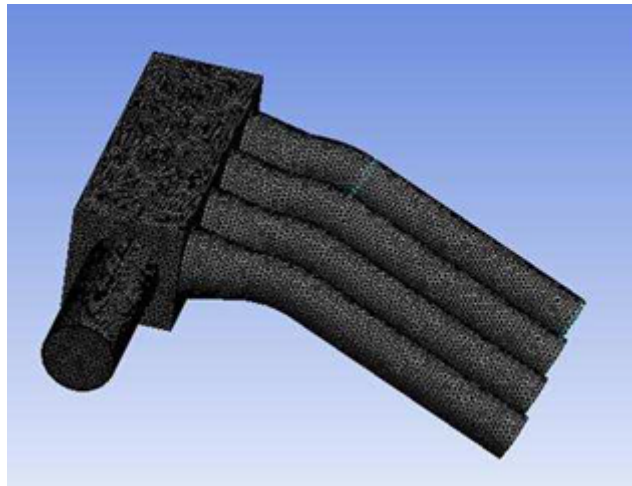


FIGURA 6
Modelado de un colector de admisión mediante el software
Autores

Analysis of the structure system by the method CFD (Computational fluid dynamics)

This tool can effectively simulate as well as heat transfer and forces of these fluids fundamental to perform a successful design. Computational Fluid Dynamics made it possible to simulate the powerful fluids operation in intuitive and easy-to-use 3D. Intake manifold simulation is based on the same mathematical criteria as traditional CFD, although the advantages are that it is faster and easier to use and does not imply giving up a robust and extra ordinarily correct solution unlike the rest.

MATERIALES Y MÉTODOS

Uno de los métodos utilizados en la recolección de datos fue el método sintético, con este método se recompiló la información para modelar la pieza y obtener los resultados en un informe resumido. La aplicación de modelado y simulación ayudó a analizar el comportamiento del fluido que entra en el colector de admisión, se observó el comportamiento del flujo, que varía según el diseño interno y el material de cada colector de admisión. El modelo CAD del colector de admisión se realizó en el programa de simulación CAD CAE Software, y también se investigaron los materiales que generalmente se utilizan esta construcción de autopartes para decidir el que puede soportar las altas temperaturas del motor y los fluidos corrosivos.



FIGURA 7
Colector de admisión SUV híbrido Vehículo híbrido.
Autores

Consideraciones iniciales

Las primeras propiedades utilizadas en la investigación para la simulación CFD del colector de admisión son las siguientes:

TABLA 1
Condiciones en las que se realizó la simulación

Propiedades	Valor	Unidad
Presión	96,2437	kPa
Revoluciones	2000	RPM

(Romero F. , 2010)

Propiedades del fluido

Las propiedades del fluido utilizadas en la investigación para la simulación CFD del colector de admisión son las siguientes:

TABLA 2
Propiedades del fluido (aire)

Propiedades	Valor	Unidad
Densidad	1,047	Kg/l
Viscosidad	0,00172586	Pa-s
Calor específico	1058,64	J/kg-k
Conductividad térmica	0.0250	W/m-k

(Romero F. , 2010)

Consideraciones del material

Los materiales utilizados para la fabricación del colector de admisión deben ser resistentes, para soportar las altas temperaturas del motor y los fluidos corrosivos. Los colectores de admisión hasta la década de los 90 se fabricaban en hierro fundido y posteriormente en aluminio, cuando se observó que la ligereza ofrecía mejores prestaciones, menor peso y menor coste. Los colectores de admisión se fabrican con plástico elástico lineal, que tiene un compuesto de nylon (poliamida 6,6) con un 35% de fibra de vidrio y estabilizadores térmicos. El peso del colector de admisión de aluminio alcanza los 7-8 kg mientras que el nylon reduce el 50% del peso anterior disipando el calor mejor que el metal de manera que el aire fluye a través de los tubos del colector de admisión permaneciendo fresco para apoyar la combustión. Por lo tanto, tenemos el hierro fundido que se muestra en la Tabla 3 a continuación.

TABLA 3
Propiedades de la fundición O.6010 (EN-GJL-100)

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	80000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	6500	N/mm ²
Densidad de masa	7250	kg/m ³
Límite de tracción	150.825984	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	100.593984	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.05e-05	/K
Conductividad térmica	58	W/(m.K)
Calor específico	460	J/(kg.K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

(SolidWorks, 2011)

Además, las propiedades del aluminio 3.0205 (EN-AW1200) también se describen y se muestran en la tabla 4:

TABLA 4
Propiedades del aluminio 3.0205 (EN-AW1200).

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	70000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.3897	N/D
Módulo cortante	27000	N/mm ²
Densidad de masa	2700	kg/m ³
Límite de tracción	75	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	25	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K
Conductividad térmica	204	W/(m.K)
Calor específico	940	J/(kg.K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

(SolidWorks, 2011)

Por último, a continuación, se describen las propiedades del nylon.

TABLA 5
Propiedades del nylon (poliamida)

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	8300	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	3200	N/mm ²
Densidad de masa	1400	kg/m ³
Límite de tracción	142.559	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	139.043	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	3e-05	/K
Conductividad térmica	0.53	W/(m·K)
Calor específico	1500	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

(SolidWorks, 2011)

Aspectos técnicos del vehículo

El vehículo didáctico Audi Q5 fue utilizado para desarrollar la presente investigación sobre el análisis del colector de admisión.

TABLA 6
Especificaciones del vehículo Audi Q5

Fabricante	Audi
Año de fabricación	2012
Modelo	Q5 Hybrid-2.0 tfsi 155 kww
Numero de cilindros	4
Cilindrada	1984 cm3
Combustible	Gasolina
Alimentación	Turbocompresor
Potencia	155 kw/ 4300-6000 rpm
Consumo	Ciudad 6.6 l/100K Carretera 7,1l/100K En combinación 6,9l/100K
Emisión de masa CO2	Ciudad 151g/Km Carretera 164 g/Km En combinación 159 g/Km

(ESAudi, 2012)

RESULTADOS

Para la obtención de para de la presente investigación del modelo CAD del colector de admisión se obtuvieron en la simulación del software CAE CAD, variando diferentes materiales para el colector.

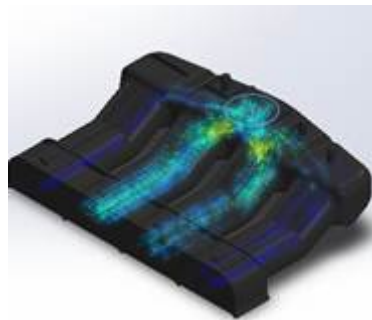


FIGURA 8
Trayectoria de la temperatura del colector de admisión del SUV híbrido
Autores

Simulación CFD en la investigación

El uso de software en la investigación genera soluciones rápidas para la adquisición de resultados altamente cercanos a la realidad, la simulación CFD genera grandes ahorros computacionales al reducir el tiempo de simulación y la entrega de resultados.

Valores obtenidos

La temperatura del aire que entra en el colector de admisión de 4 cilindros se considera en un valor medio de 25-30°C de temperatura ambiente", aplicando una temperatura de 302 (Grados Kelvin) que es igual a 28,85 °C, obteniendo los resultados de la simulación CFD con los valores de referencia del funcionamiento que se pueden ver a continuación en las siguientes figuras con los diferentes tipos de materiales:

Nylon de Poliamida

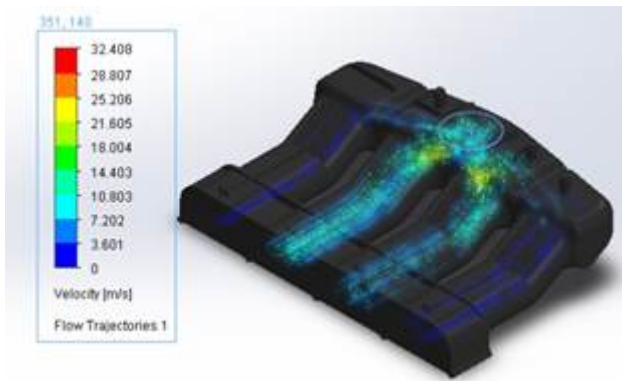


FIGURA 9
Trayectoria de la temperatura del múltiple de admisión Audi Q5 (Nylon Poliamida 6)
Autores

TABLA 7
Presión y velocidad obtenida de la simulación del múltiple de admisión con material Nylon de Polialmida

Nombre	Máxima	Unidades
Velocidad	32.408	m/s
Presión	96.2437	Pa

Autores

Aluminio 3.0205 EN-AW1200

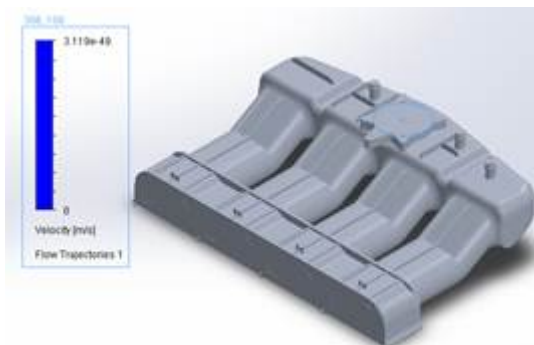


FIGURA 10

Trayectoria de la temperatura del colector de admisión del SUV híbrido (aluminio)

Autores

TABLA 8

Presión y velocidad obtenida de la simulación del múltiple de admisión con material Nylon de Polialmida

Nombre	Máxima	Unidades
Velocidad	32.408	m/s
Presión	96.2437	Pa

Autores

Hierro Fundido 0.6010 EN-GJL100

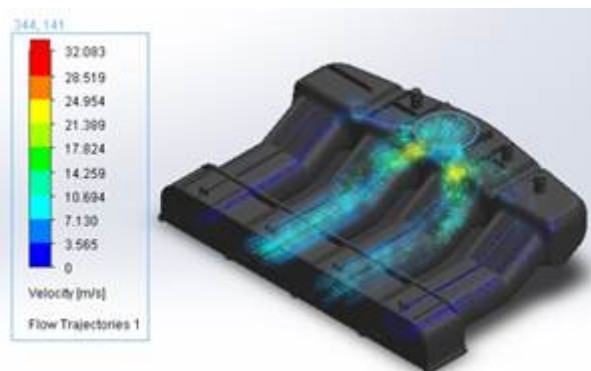


FIGURA 10

Trayectoria de la temperatura del colector de admisión del SUV híbrido (Hierro Fundido)

Autores

TABLA

Presión y velocidad obtenida de la simulación del múltiple de admisión con material Hierro Fundido

Nombre	Máxima	Unidades
Velocidad	32.408	m/s
Presión	96.2437	Pa

Discusión

El mejor material para el colector de admisión se compone de nylon (PA, Poliamida 6) con un 30% de fibra de vidrio y estabilizadores térmicos, esta combinación permite que el nylon resista perfectamente las altas temperaturas del calor del motor y los fluidos corrosivos, así como el anticongelante que también ayuda a reducir el peso del colector de admisión en un 50%, disipando mejor el calor, haciendo que el aire fluya a través de los tubos del colector, manteniéndose más frío y ayudando a una mejor combustión.

El colector de admisión es una parte fundamental del motor de un automóvil que alimenta la mezcla aire-combustible a los cilindros, hasta los años 90 los colectores de admisión eran de hierro fundido y posteriormente de aluminio cuando se demostró que un menor peso daba un mejor rendimiento, los colectores de admisión de plástico empezaron a ser sustituidos por los de hierro fundido y aluminio por ofrecer un menor peso y menor coste con un gran cambio en la mejora del rendimiento.

Existen muchos polímeros que nos ayudan en la construcción de diversos sólidos en primer lugar, un plástico es cualquier material sintético, generalmente formado por resinas artificiales, que puede ser moldeado por la acción del calor o la presión, su resistencia soporta hasta 8km por hora de ruptura con lo que absorbe gran parte de la energía con la que trabaja el automóvil, las propiedades, como la resistencia mecánica, dependen del grado de polimerización y de las fuerzas intermoleculares. Los elastómeros, que pueden estirarse hasta ocho veces su primera longitud; sus moléculas son finas y largas y, cuando se estiran, se alinean para volver a su primera forma desordenada, ya que sus fuerzas intermoleculares son bajas. Por lo tanto, el polímero adecuado para el colector de admisión tanto por su disipación, ya que no sufre corrosión, como por su menor peso, en beneficio de la velocidad, es la poliamida.

CONCLUSIONES

Los parámetros termodinámicos en efecto ayudan en la elección y diseño del colector de admisión y con ello decidimos una aproximación en los valores de potencia y par del motor. El proceso de análisis CFD es necesario ya que al ser un laboratorio virtual, no es necesario realizar una costosa prueba de adquisición de datos, ni de visualización, ya que este proceso permite acceder a todos los datos que necesitamos, siendo que es un programa que nos ayuda a la educación y visualización de errores que podemos tener en nuestro sólido, permitiendo visualizar virtual y físicamente a través de la pantalla del ordenador, lo que permite encontrar puntos críticos de análisis visualizando valores correctos, donde la geometría permite gráficos de superficies en 2D y 3D.

La aplicación de los tres materiales ayudó a decidir cuál de los materiales utilizados generaría una ganancia en la velocidad del flujo de aire de admisión, por lo que se utilizaron los siguientes materiales Nylon (Poliamida), Aluminio 3.0205 (EN-AW1200), Hierro fundido O.6010 (EN-GJL-100) y Hierro fundido (EN-GJL-100) determinando que el mejor fue el Nylon (Poliamida) que permite la reducción de su peso por lo que tiende a mejorar la velocidad de admisión en unos 32,408m/s, en comparación con el aluminio que solo genera una velocidad de 31,194 m/s y en comparación con el hierro fundido que genera una velocidad de 32,083m/s, evidenciando que el aluminio no sería un buen material para la fabricación de esta autoparte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 A. Cebula, P. Swiatek, and S. Kowalczyk, "A numerical analysis of the air flow through the IC engine intake manifold," *Prog. Comput. Fluid Dyn. An Int. J.*, vol. 19, no. 1, p. 63, 2019, doi: 10.1504/pcfd.2019.10018846.

- 2 E. Arroyo, "Optimización del múltiple de escape para un vehículo de competición con motor de combustión interna de cuatro tiempos y cuatro cilindros." 2019.
- 3 W. Palacios Quiroz, "Diseño, análisis y construcción de un múltiple de admisión para un vehículo de competencia de pista Chevrolet Forsa 1.3," Panorama, pp. 5–20, 2014.
- 4 C. Birtok-Baneasa, A. Budiul-Berghian, V. A. Socalici, and R. Bucevski, "Simulation of thermal transfer through the polyamide intake manifold," Mater. Plast., vol. 56, no. 1, pp. 191–194, 2019, doi: 10.37358/mp.19.1.5149.
- 5 A. Jeevan Sai, R. Balamurugan, C. Servant, F. Ravet, and S. A. Kumar, Applying ECFM combustion model to spark ignition engine, comparison with experimental data. 2019.
- 6 F. Sedlacek and M. Skovajsa, "Optimization of an Intake System Using CFD Numerical Simulation," Proc. Manuf. Syst., vol. 11, no. 2, pp. 71–76, 2016, [Online]. Available: http://icmas.eu/Journal_archive_files/Vol_11-Issue2_2016_PDF/71-76_Sedlacek_01.pdf.
- 7 D. K. Sahoo and R. Thiya, "Coupled CFD–FE analysis for the exhaust manifold to reduce stress of a direct injection-diesel engine," Int. J. Ambient Energy, vol. 40, no. 4, pp. 361–366, 2019, doi: 10.1080/01430750.2017.1399457.
- 8 K. Bajpai, A. Chandrakar, A. Agrawal, and S. Shekhar, "CFD Analysis of Exhaust Manifold of SI Engine and Comparison of Back Pressure using Alternative Fuels," IOSR J. Mech. Civ. Eng., vol. 14, no. 01, pp. 23–29, 2017, doi: 10.9790/1684-1401012329.
- 9 S. Y. Construcción et al., "Escuela politécnica del ejército extensión laticunga," 2013.
- 10 M. Safari, M. Ghamari, and A. Nasiritosi, "Intake manifold optimization by using 3-D CFD analysis," SAE Tech. Pap., no. 724, 2003, doi: 10.4271/2003-32-0073.
- 11 M. Morandin et al., "(12) United States Patent (10) Patent No. : (45) Date of Patent#:", Elsevier Ltd, 2017.
- 12 D. A. Caughey, "Computational fluid dynamics," Comput. Sci. Handbook, Second Ed., pp. 30-1-30–18, 2004, doi: 10.1017/cbo9780511780066.
- 13 K. Sathishkumar, R. Soundararajan, G. Dinesh, and S. Surjith, "Design and air flow analysis in intake manifold with different cross section using CFD," Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng., vol. 8, no. 4, pp. 706–711, 2019.
- 14 S. Guo, S. Huang, and M. Chi, "Optimized design of engine intake manifold based on 3D scanner of reverse engineering," Eurasip J. Image Video Process., vol. 2018, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s13640-018-0304-8.
- 15 J. Hemanandh, S. Ganesan, R. Devaraj, S. P. Venkatesan, and G. Ramprakash, "Robust design approach for intake manifold of the 1 litre turbo charger intercooler diesel engines," Int. J. Ambient Energy, vol. 41, no. 11, pp. 1214–1226, 2020, doi: 10.1080/01430750.2018.1507935.