



ING. AUTOMOTRIZ

**Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero
en Mecánica Automotriz**

Autor: Miguel Chacón Caballero

Tutor: Ing. Juan José Castro Mediavilla

**Diseño y Construcción de un Sistema de Escape con Header
para la Reducción de Gases Contaminantes de un Vehículo
Toyota Corona MarkII Año 1971**

Certificación de Autoría

Yo, Miguel Armando Chacón Caballero, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Miguel Armando Chacón Caballero

CI: 0926339904

Aprobación del Tutor

Yo, Juan José Castro Mediavilla certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Juan José Castro Mediavilla, MsC

Director del Proyecto

Dedicatoria

Dedico ese proyecto a mis padres quienes han sido parte fundamental para terminar la carrera que tanto he anhelado, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

Agradecimiento

Agradezco mis padres, que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar sin tirar la toalla.

Agradezco a la universidad, por acogerme para poder desarrollarme como profesional, a los docentes por inculcarme sus conocimientos y apoyarme durante el desarrollo de trabajo obtención del título de Ingeniero.

Agradezco a mi tutor, Ing. Juan José Castro Mediavilla quien me ha guiado en el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos muchas gracias.

Índice General

Certificación de Autoría.....	ii
Aprobación del Tutor.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice General.....	vi
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	xvii
Capítulo I	1
Antecedentes.....	1
1.1. Tema de Investigación.....	1
1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema	1
1.2.1. Planteamiento de problema	1
1.2.2. Formulación del Problema	2
1.2.3. Sistematización del Problema	2
1.3. Objetivos de la Investigación	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación y Delimitación de la Investigación.....	3
1.4.1. Justificación Teórica	3
1.4.2. Justificación Metodológica	3
1.4.3. Justificación Práctica.....	3
1.4.4. Delimitación Temporal	3
1.4.5. Delimitación Geográfica.....	3

1.4.6. Delimitación del Contenido	4
Capítulo II	5
Marco Teórico o de Referencia	5
2.1. Marco Teórico	5
2.2. Sistema de Escape de un Auto.....	6
2.3. Partes del Sistema de Escape.....	7
2.3.1. El Colector de Escape.....	8
2.3.2. El Convertidor Catalítico	8
2.3.3. Función de un Convertidor Catalítico	9
2.3.4. El Silenciador.....	9
2.3.5. Tipos de Silenciadores.....	10
2.3.6. El Tubo de Escape.....	12
2.3.7. Funciones del Sistema de Escape.....	12
2.4. Headers o Modificación de Sistema de Escape	13
2.5. Contaminantes de un Vehículo Automotor.	16
2.5.1. Cálculo del Caudal de Gases de Escape.....	17
2.6. Extracción o Reducción de Gases de Escapes.....	19
2.6.1. Métodos de Reducción de Gases.....	19
2.7. Mecánica de Fluidos.....	20
2.7.1. Propiedades de los Fluidos.	21
2.8. Motor de Combustión Interna	22
2.8.1. Significado de Motor de Combustión Interna	22
2.8.2. Elementos de un Motor de Combustión Interna	22
2.8.3. Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna.....	23
2.9. Gases Producto de la Combustión Interna.....	24
2.9.1. Gases Contaminantes.....	24
2.9.2. Hidrocarburos no Combustionados (HC)	25

2.9.3. Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	25
2.9.4. Monóxido de Carbono	25
2.9.5. Partículas Sólidas	26
Capítulo III	27
Diseño y Construcción de un Sistema de Escape con Header para la Reducción de Gases Contaminantes	27
3.1. Inspección Preliminar del Sistema de Escape	27
3.2. Prueba en el Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original.....	27
3.3. Diseño del Sistema de Escape Original en Solidworks y Simulaciones	31
3.4. Desmontaje de partes del sistema de escape original	33
3.5. Adaptación de partes del sistema de escape header.	35
3.5.1. Empaques.....	35
3.5.2. Header.....	36
3.5.3. Catalizador	36
3.5.4. Tubo de Escape.....	37
3.5.5. Soportes de gomas	37
3.5.6. Silenciador.....	38
3.5.7. Silenciador 2	38
3.6. Diseño del Sistema de Escape Header con Catalizador nuevo en Solidworks y Simulaciones.....	39
3.7. Prueba en el Analizador de Gases con el sistema de escape nuevo	42
Capítulo IV	44
Análisis de Resultados.....	44
4.1. Cálculo de Fluido Interno de los Gases del Tubo de Escape Estándar Toyota Corona MarkII año 1971.	44
4.1.1. Ecuación Estática de los Fluidos	44
4.1.2. Fluido Incomprensible.....	46
4.2. Gases Reducibles de los Vehículos	47

4.2.1. Caudal de Gases	48
4.3. Ecuaciones para Fabricar Headers.....	49
4.3.1. Envergadura Colector Principal	51
4.3.2. Envergadura Colectora Secundario	51
4.3.3. Resultados Arrojos por la Fórmula.....	52
4.4. Grafica de Fluidos en el Programa Solid Works	53
Conclusiones.....	59
Recomendaciones	61
Bibliografía.....	62

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Toyota Corona Mark II</i>	5
Figura 2	<i>Silenciador y Tubos</i>	7
Figura 3	<i>Colector de Escape</i>	8
Figura 4	<i>Convertidor Catalítico</i>	9
Figura 5	<i>Silenciador</i>	10
Figura 6	<i>Silenciador Zig-Zag</i>	10
Figura 7	<i>Tubo perforado</i>	11
Figura 8	<i>Tipos de Silenciadores</i>	11
Figura 9	<i>Tubo de escape</i>	12
Figura 10	<i>Headers</i>	13
Figura 11	<i>Múltiple de escape Tipo Hea</i>	14
Figura 12	<i>Expulsión de Gases de un motor de combustión interna</i>	15
Figura 13	<i>Obtención del flujo de gases de escape</i>	19
Figura 14	<i>Funcionamiento de un motor de combustión interna</i>	24
Figura 15	<i>Inspección del sistema de escape</i>	27
Figura 16	<i>Prueba en el Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original</i>	28
Figura 17	<i>Analizador de Gases Stargas98</i>	28
Figura 18	<i>Arranque del Vehículo</i>	29
Figura 19	<i>Zona Lambda mide los Gases del Sistema de Escape Original</i>	29
Figura 20	<i>Prueba del Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original Revoluciones Bajas</i>	30
Figura 21	<i>Prueba del Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original- Revoluciones Altas</i>	30
Figura 22	<i>Múltiple de Escape Original de Toyota Mark II</i>	31

Figura 23	<i>Tubo de Escape Original Completo con el Silenciador</i>	32
Figura 24	<i>Sistema de Escape Completo Original</i>	32
Figura 25	<i>Simulación del Sistema de Escape Original Completo</i>	33
Figura 26	<i>Múltiple de Escape junto con el Sistema de Admisión</i>	33
Figura 27	<i>Sistema de Tubo de Escape del Vehículo Toyota Mark II</i>	34
Figura 28	<i>Partes Desmontadas del Sistema de Escape</i>	34
Figura 29	<i>Empaques</i>	35
Figura 30	<i>Múltiple del escape y admisión</i>	36
Figura 31	<i>Header</i>	36
Figura 32	<i>Catalizador</i>	37
Figura 33	<i>Tubo de escape</i>	37
Figura 34	<i>Soportes de gomas</i>	38
Figura 35	<i>Silenciador</i>	38
Figura 36	<i>Silenciador 2</i>	39
Figura 37	<i>Sistema de header nuevo</i>	39
Figura 38	<i>Catalizador</i>	40
Figura 39	<i>Tubo de escape y los 2 silenciadores</i>	40
Figura 40	<i>Sistema de escape nuevo ya terminado</i>	41
Figura 41	<i>Simulación del sistema de escape nuevo</i>	41
Figura 42	<i>Segundo ingreso de la Toyota Mark II</i>	42
Figura 43	<i>Análisis de los Gases Contaminantes en Marcha Mínima</i>	42
Figura 44	<i>Análisis de los Gases Contaminantes en Marcha Mínima</i>	43
Figura 45	<i>Fluidos en el Silenciador</i>	53
Figura 46	<i>Imagen Sistema de Escape Completo Original</i>	54
Figura 47	<i>Imagen de Escape Completo Original</i>	54

Figura 48	<i>Imagen de Escape Completo Original</i>	55
Figura 49	<i>Imagen de Escape Completo Original</i>	56
Figura 50	<i>Catalizador</i>	56
Figura 51	<i>Silenciador 1</i>	56
Figura 52	<i>Sistema de Escape Nuevo</i>	57
Figura 53	<i>Sistema de Escape Nuevo</i>	57

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Corona MarkII pickup</i>	6
Tabla 2 <i>Gases de escape</i>	47
Tabla 3 <i>Longitud del recolector</i>	50
Tabla 4 <i>Resultados arrojados por la fórmula</i>	52

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Equilibrio estático	44
Ecuación 2 Fuerza sobre elemento prismático	45
Ecuación 3 Fuerza sobre parte superior.....	45
Ecuación 4 Fuerza hacia arriba.....	45
Ecuación 5 Ecuación general de la Hidroestática.....	45
Ecuación 6 Ecuaciones generales de la hidrostática en forma diferencial	46
Ecuación 7 Superficie libre y un punto de profundidad h.....	46
Ecuación 8 Ecuación integral hidrostática general para fluidos incompresible	46
Ecuación 9 Caudal de Gases	48
Ecuación 10 Ecuaciones para fabricar Header	49
Ecuación 11 Diámetro del colector.....	50
Ecuación 12 Longitud del colector	50
Ecuación 13 Envergadura Colector Primario	51
Ecuación 14 Envergadura Colector Secundario	51

Resumen

En el presente proyecto se establecen los diferentes procesos para llegar a obtener un diseño óptimo en el sistema de escape header con catalizador para evitar gases contaminantes en la Toyota Corona MarkII año 1971 1500 cc. El estudio indica que, todo motor térmico de combustión por medio de gasolina genera humos que llega directamente en la atmósfera. Este humo está compuesto por CO₂ (Dióxido de Carbono), el principal causante del efecto invernadero en nuestro planeta y de que las ciudades sean poco respirables y así sucede con los demás gases contaminantes. Para lograr el objetivo de este proyecto fue involucrada una pick up Toyota Corona MarkII año 1971 cc1500. Es importante mencionar que es un vehículo que tiene sus décadas y por lo tanto produce mayor la contaminación de gases los cuales no eran controlados en la antigüedad afectando en el medio ambiente, en la actualidad existe más control en las emisiones de gases contaminantes. Por lo tanto, se buscó que el vehículo Toyota Corona MarkII presentado reduzca los gases contaminantes como (CO) Monóxido de Carbono, (CO₂) Dióxido de Carbono, (HC) Hidrocarburos, a través de la afinación exacta al carburador, y sus respectivos mantenimientos preventivos (Filtros de Combustibles, Bujías, Cables de Bujía, Aceite de Motor y Filtro), para que el funcionamiento del motor sea perfecto y el comportamiento de los gases contaminantes disminuyan. Se reemplazo el sistema completo de escape original del vehículo en un estado deteriorado por sus años de originalidad, obteniendo como resultado elevados gases contaminantes. Se instaló un nuevo sistema de escape header añadiendo el catalizador, realizando simulaciones de fluido en un programa llamado Soliworks, para notar las diferencias entre el antiguo sistema de escape y el nuevo diseño, y a su vez determinación de la reducción de los gases contaminantes.

Palabras claves: Ambiente, contaminación, gases, motor, reducción.

Abstract

In the present project, the different processes are established to obtain an optimal design in the header exhaust system with catalyst to avoid polluting gases in the Toyota Corona MarkII year 1971 CC1500. The study indicates that all thermal combustion engines using gasoline generate smoke that reaches directly into the atmosphere. This smoke is composed of CO₂ (Carbon Dioxide), the main cause of the greenhouse effect on our planet and of making cities poorly breathable, and so it is with other polluting gases. In order to achieve the objective of this project, a 1971 Toyota Corona MarkII cc1500 pick up was involved. It is important to mention that it is a vehicle that has its decades and therefore produces greater pollution of gases which were not controlled in ancient times affecting the environment, currently there is more control in the emissions of polluting gases. Therefore, it was sought that the presented Toyota Corona MarkII vehicle reduces polluting gases such as (CO) Carbon Monoxide, (CO₂) Carbon Dioxide, (HC) Hydrocarbons, through the exact tuning of the carburetor, and their respective preventive maintenance (Fuel Filters, Spark Plugs, Spark Plug Cables, Engine Oil and Filter), so that the engine functions perfectly and the behavior of polluting gases decreases. The vehicle's complete original exhaust system was replaced as it was in a deteriorated state due to its years of originality, resulting in high polluting gases. A new header exhaust system was installed by adding the catalyst, performing fluid simulations in a program called Soliworks, to note the differences between the old exhaust system and the new design, and in turn determining the reduction of polluting gases.

Keywords: environment, pollution, gases, engine, reduction.

Introducción

El proyecto planteado se basa en el diseño y construcción de un sistema de escape con header para la reducción de gases contaminantes de un vehículo Toyota corona MarkII año 1971, mediante la implementación de un catalizador de cuatro filas, se realizaron análisis de los gases empleado el escape original del vehículo en un analizador de gases Stargas One 898 lo cual sirve como dato inicial para poder efectuar la comparación de los gases contaminantes del vehículo donde se obtuvieron resultados de CO (10.276), CO₂ (4.58), HC (1691), dado estos resultados se procedió a instalar el catalizador de cuatro filas para luego realizar un nuevo análisis de gases en el cual se obtuvo resultado positivos de CO (0.378), CO₂ (11.43), HC en revoluciones bajas y altas, debido a esto se cumplido el objetivo de la investigación que es la reducción de gases contaminantes al ambiente.

Los gases contaminantes que se evidencian en este proyecto son por el uso de un sistema de escape antiguo, como los hidrocarburos no combustionados que son venenosos y pueden irritar la piel, ojos y hasta el tracto respiratorio; los óxidos de nitrógeno son los causantes de la lluvia acida; el monóxido de carbono produce la transformación irreversible de hemoglobina en la sangre, por causa de estos gases también se generan enfermedades pulmonares y cáncer.

Las simulaciones del recorrido de los flujos para constatar los gases emitidos fueron realizadas en el programa Soliwords 2021 aplicadas tanto en el escape nuevo como al usado para establecer cual contamina más el ambiente. El escape viejo o usado generaba mayor cantidad de CO, CO₂ y HC los cuales son gases contaminantes, presentando porcentajes elevados, pero al implementar el escape nuevo se pudo evidenciar que el flujo de aire que recorre el sistema presentó reducción, es decir, disminuyeron las emisiones de estos gases contaminantes.

Cabe recalcar que para colocar las partes nuevas y evitar fugas de aire en el sistema de escape se realizaron ajustes empleando empaques, soportes de goma, dos silenciadores, header, catalizador, tubo de escape.

Capítulo I

Antecedentes

1.1. Tema de Investigación

Diseño y construcción de un sistema de escape con header para la reducción de gases contaminantes de un vehículo Toyota Corona MarkII año 1971.

1.2. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. *Planteamiento de Problema.*

La contaminación ambiental es uno de los problemas más importantes que afectan no solo a Ecuador sino a todo el mundo. La falta de concienciación, la escasa planificación de las autoridades, y el sobrecrecimiento del parque automotor sin ningún tipo de organización, han contribuido a los ya elevados niveles de emisiones contaminantes a favor del calentamiento global, y la contaminación que se emite a diario.

Considerando la reducción de estos niveles de contaminación, la industria automotriz se ha planteado la creación de una serie de dispositivos que contribuirían de forma positiva a la reducción de los niveles de gases que afectan a la capa de ozono y contribuyen al calentamiento global, de esta forma la industria también pretende reducir los efectos adversos a la salud que este tipo de contaminación acarrea.

Entre estos dispositivos para ajustar las emisiones de los vehículos, se han desarrollado convertidores catalíticos que pueden reducir las emisiones de los vehículos y los valores de gases tóxicos producidos durante el proceso de combustión en el motor en proporciones adecuadas.

Por ello, el presente trabajo se ha planteado la implementación de un Header en un Toyota Corona MarkII para determinar el óptimo funcionamiento de un catalizador, y así y comprobar que la incorporación de un convertidor catalítico al sistema de escape de los vehículos, contribuyen a la reducción de las emisiones vehiculares.

1.2.2. *Formulación del Problema*

¿La implementación de un Header con catalizador en un vehículo contribuirá a la reducción de los gases de monóxido de carbono?

1.2.3. *Sistematización del Problema*

- ¿Cuáles son los fundamentos teóricos que determinan el empleo de dispositivos para determinar el comportamiento y evacuación de los gases contaminantes del motor?
- ¿Qué diferencia hay entre el sistema de escape tradicional de un vehículo Toyota Corona MarkII a un sistema de escape Header con catalizador?
- ¿Cómo reducir los gases de monóxido de carbono en el sistema de escape con los del vehículo Toyota Corona MarkII?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. *Objetivo General*

Determinar las emisiones de monóxido de carbono mediante la implementación de un Header añadiéndole el convertidor catalítico en el escape de Toyota Corona MarkII

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Analizar los fundamentos teóricos sobre el empleo de dispositivos para determinar el comportamiento y evacuación de los gases contaminantes del motor.
- Rediseñar el escape original para hacer los cálculos de fluidos y análisis de los gases de escape para comparar con el nuevo diseño e implementación de header en el escape del vehículo Toyota Corona MarkII.
- Realizar el diseño y la construcción del nuevo escape con los cálculos de fluidos y el análisis de gases del vehículo Toyota Corona MarkII

1.4. Justificación y Delimitación de la Investigación

1.4.1. *Justificación Teórica*

La fundamentación teórica del trabajo se basa en investigación de temas relacionados al sistema, con el apoyo de teorías existentes que sustenten la praxis en la implementación de un Header con catalizador en el escape de un Toyota Corona MarkII para reducir las emisiones de monóxido de carbono, con ello se ofrece a los lectores del estudio conocimiento sobre conceptos y términos ligados al tema abordado. Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre los dispositivos desarrollados para reducir las emisiones de gases contaminantes, ya que la investigación contribuiría a solventar problemas relacionados al aumento del parque automotor en este lugar.

1.4.2. *Justificación Metodológica*

La implementación de un Header con catalizador en el escape de un Toyota Corona MarkII para reducir las emisiones de monóxido de carbono, llevada a cabo a través de procesos lógicos y estructurados, así como su indagación a través de diversos métodos científicos, se ha visto comprobada por algunas investigaciones similares, de esta forma se muestra su confiabilidad y validez para diversos trabajos similares a este.

1.4.3. *Justificación Práctica*

El presente trabajo de investigación es realizado debido a que existe la necesidad de reducir las emisiones de Monóxido de Carbono en la ciudad de Guayaquil.

1.4.4. *Delimitación Temporal*

Este trabajo investigativo tiene una delimitación temporal de 12 meses

1.4.5. *Delimitación Geográfica*

La presente investigación será llevada a cabo en la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas en Ecuador.

1.4.6. *Delimitación del Contenido*

La información detallada en el presenta trabajo investigativo, se encuentra conformada con fundamentos en diversas documentaciones que contienen información acerca del tema en cuestión.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1. Marco Teórico

En la Figura 1 se muestra que el Toyopet Corona MarkII debutó en septiembre de 1968 como un nuevo modelo ubicado entre las líneas Crown y Corona. Aunque el MarkII estaba dirigido principalmente a los propietarios existentes del Corona que estaban interesados en actualizar sus autos, la línea también incluía vehículos de uso comercial como furgonetas y camionetas.

Figura 1

Toyota Corona Mark II



Fuente: (Toyota motor corporation, 2012).

Si bien hoy en día se encuentran pocas camionetas construidas sobre una plataforma sedán en el mercado nacional, fueron bastante frecuentes entre las décadas de 1960 y 1980. La camioneta Mark II venía en dos modelos: un modelo de cabina simple que tenía una fila de asientos con capacidad para dos personas y 500 kg de carga, y un modelo de doble cabina con dos filas de asientos con capacidad para cinco personas y 300 kg. kg de carga. El motor era una unidad de 1.5 litros (2R) y la transmisión era manual de 3 velocidades con una palanca de cambios en la columna.

Los diversos significados de "Mark" son los mismos que en inglés (objetivo, grado, fama). Se puede interpretar que "Corona Mark II" significa que el automóvil es tanto "el modelo de segunda generación" como "una versión mejorada" del Corona.

En la Tabla 1 se muestra las especificaciones del pick up Corona MarkII.

Tabla 1.

Corona MarkII pickup

	Grade	Single Pickup	Double Pickup
Model type & weight	Model type	RT66	RT66P
	Curb mass(kg)	935	965
Dimensions	Length (mm)	4320	4320
	Width (mm)	1605	1605
	Height (mm)	1435	1440
	Wheelbase (mm)	2510	2510
Engine	Engine code	2R	2R
	Engine type	In-line4-cylinder, OHV	In-line4-cylinder, OHV
	Displacement (cm ³)	1490	1490
	Max. Output KW(PS)/r.p.m.	-/77/5200	-/77/5200

Nota. Especificación del pick up Corona Mark II (Toyota motor corporation, 2012).

2.2. Sistema de Escape de un Auto

El sistema de escape es uno de los sistemas más importantes en un automóvil, ya que realiza dos funciones que son esenciales para el buen funcionamiento del vehículo y la seguridad de los pasajeros: eliminar los gases tóxicos de la combustión del automóvil y reducir las emisiones de gases nocivos, sustancias a la atmósfera, el ruido generado cuando estos gases escapan.

El principal gas que puede eliminar el sistema de escape es el monóxido de carbono (CO), que es bastante tóxico y cuya acumulación en la cabina puede provocar problemas de salud como dolores de cabeza, náuseas, desmayos y, en el peor de los casos, la muerte.

A primera vista, parece que este sistema comienza y termina con un dispositivo de evacuación que vemos fuera del coche. Sin embargo, el sistema consta no solo de esta parte, sino también de un conjunto de elementos, que se describen en detalle a continuación.

2.3. Partes del Sistema de Escape

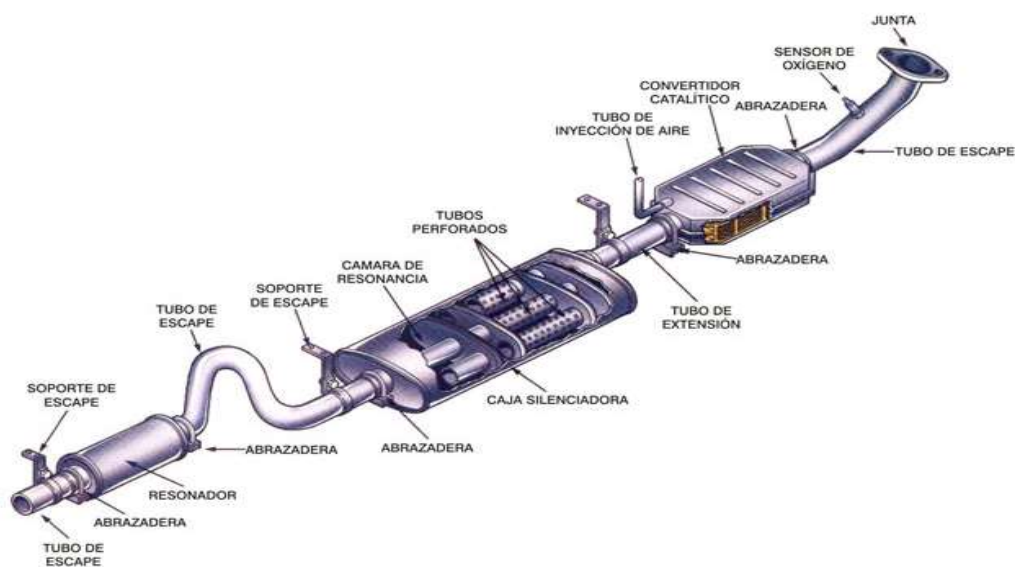
El sistema de escape se divide en dos partes: la primera es la parte que va acoplada al múltiple de escape del motor y la segunda corresponde a todas las partes luego del silenciador (Toyocostanoticia, 2014).

Además, las partes que lo conforman son las siguientes:

- Silenciador.
- Colector de escape.
- Convertidor Catalítico.
- Tubo de escape.
- Múltiple de escape.

Figura 2

Silenciador y Tubos



Nota. Silenciador y sus partes generales. Tomado de (Vásquez, 2018).

2.3.1. El Colector de Escape

Un colector de escape, consiste en un grupo de tubos que recogen los gases de la salida de varios cilindros del motor y dirigen estos gases producidos en el motor a través de un sistema de tubos de escape para eliminarlos permanentemente. Empujado por el tubo de escape. Esta es la parte inicial del sistema de escape y reduce el desgaste de las piezas del motor y mejora la eficiencia general como se puede visualizar en la Figura 3.

Figura 3

Colector de Escape



Nota. Tubos que recogen gases de la salida de varios cilindros del motor. Tomado de (Keyes, 2017).

2.3.2. El Convertidor Catalítico

Como se puede observar en la Figura 4 un convertidor catalítico es esencialmente un cilindro largo que se conecta al sistema de escape justo después del colector para reducir la cantidad de elementos tóxicos en los gases de escape producidos por el motor. Por lo general, se llena con pequeños gránulos de cerámica o una estructura de malla compleja cubierta con una sustancia metálica que interactúa con los contaminantes para reducir aún más las emisiones que se liberan al aire (Keyes, 2017).

Figura 4

Convertidor Catalítico



Nota. Cilindro largo que se conecta al sistema de escape. Tomado de (Keyes, 2017)

2.3.3. *Función de un Convertidor Catalítico*

Se instala en el tubo de escape, y su función especial es limpiar los gases de escape generados por la combustión del motor de la mayor cantidad de sustancias nocivas para el medio ambiente. Este dispositivo convierte el monóxido de carbono (CO), el combustible no quemado (HCx) y los óxidos de nitrógeno (NOx) en dióxido de carbono (CO₂), agua y nitrógeno, sustancias mucho más beneficiosas para nuestro planeta.

Este fenómeno se debe a la acción catalítica de los metales semipreciosos: paladio, rodio y platino contenidos en el interior de este dispositivo. El catalizador tiene una larga vida útil siempre que no utilice gasolina con plomo, lo que hace que pierda su calidad.

2.3.4. *El Silenciador*

Los gases restantes continúan subiendo por el tubo de escape y pasan a través de una cámara llamada "silenciador", que regula el ruido proveniente del motor y regula la salida de los gases justo antes de salir por el tubo de escape. Un beneficio adicional de un silenciador es que ayuda a mantener una presión de equilibrio en el sistema, mejorando aún más la eficiencia del motor y protegiendo el catalizador de los cambios de temperatura que pueden causar daños como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5

Silenciador



Nota. Regula ruido proveniente del motor y la salida de gases. Tomado de (Keyes, 2017).

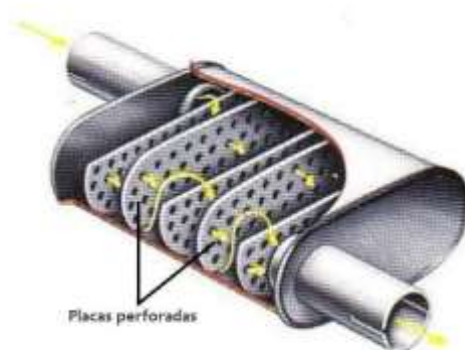
2.3.5. Tipos de Silenciadores

A continuación, se detalla el diseño de algunos tipos de silenciadores de vehículos, debido a que según sus tipos se estudia la manera con la que la desaceleración de la velocidad ejercida del movimiento de los gases baje o aumente como se puede ver en la

Figura 6: Zigzag: en este sistema, el interior del cilindro está limitado por varios compartimentos, que forman placas que impiden el flujo de gases, reduciendo su intensidad.

Figura 6

Silenciador Zig-Zag



Nota. El cilindro está limitado por varios compartimientos. Tomado de (El Tiempo, 2016).

- **Tubo Perforado:** En este sistema, los tubos de admisión y escape están desplazados entre sí y corren dentro del silenciador debido a los pequeños espacios libres. Los gases cruzan lentamente allí para poder salir por el lado opuesto de donde entraron como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7

Tubo Perforado



Nota. Los tubos de admisión y arranque están desplazados entre sí. Tomado de (El Tiempo, 2016)

- **Paso Directo:** tiene un tubo que atraviesa el silenciador de punta a punta, pero hay agujeros en una parte oculta dentro de la carrocería, hay lana de vidrio, que se encarga de absorber el ruido y la resonancia de los gases. La desventaja de este sistema es que retiene la humedad en el interior, lo que promueve la corrosión ver Figura 8.

Figura 8

Tipos de Silenciadores



Nota. El silenciador de paso directo posee un tubo que atraviesa de punta a punta. Tomado de (El Tiempo, 2016).

2.3.6. *El Tubo de Escape*

En la Figura 9 se aprecia el tubo de escape que está ubicado en la parte trasera del vehículo y es la última parte del sistema de tubos de escape; es el responsable de liberar los gases restantes. Este tubo generalmente se ubica hacia abajo para alejar los gases del vehículo y garantizar que los contaminantes no suban y entren en las partes habitables del vehículo, además su función principal es la de no permitir la acumulación de gases en el motor, incluso cumple con proteger a los usuarios evitando que los compuestos pasen el habitáculo, pero la mayor probabilidad de que ocurra un problema es debido a que existen la posibilidad de que gracias al paso de los gases se reduzca la eficiencia de estos motores a la hora del funcionamiento del motor.

Figura 9

Tubo de Escape



Nota. Responsable de liberar los gases restantes. Tomado de (Keyes, 2017).

2.3.7. *Funciones del Sistema de Escape*

Entre las funciones que cumple el sistema de escape, tenemos lo siguiente:

- Recolecta los gases combustionados de los cilindros, después de pasar por las válvulas de escape, y se encarga de desviarlos hacia la parte trasera del coche, evitando que estos humos tóxicos entren en la cabina e incluso provoquen la muerte de los pasajeros.

- Reduce significativamente el ruido generado por la rápida descompresión de los gases después de salir del motor, permitiendo un sonido menos desagradable y dañino para los oídos.
- Ajustar el caudal másico de los gases que salen del motor en sucesivos pulsos puede incluso mejorar su potencia si se ha sincronizado correctamente y si se ha calculado bien la longitud del tubo o tubos.

Cuando el sistema de escape no tiene perfecta estanqueidad, no realiza su función de forma óptima, aun cuando se deba realizar un análisis de gases, el proceso no se puede realizar, ya que las lecturas y medidas cambian, esto se amplifica en vehículos equipados con un sistema electrónico de inyección de combustible equipado con sonda de oxígeno (Sonda lambda). En un automóvil, la función principal es atenuar el ruido producido por la descompresión repentina de los gases de escape al salir del motor.

2.4. Headers o Modificación de Sistema de Escape

Los cabezales son uno de esos accesorios "fáciles" de instalar que ayudarán en gran medida a mejorar el rendimiento del motor (Figura 10). Su objetivo principal es eliminar la carga del motor y expulsar los gases de los cilindros para que de esta manera se establezca la liberación correcta de los compuestos tóxicos que afecten a la seguridad del usuario.

Figura 10

Headers



Nota. Mejoran el rendimiento del motor. Tomado de (Blanco, 2018).

Los colectores generalmente se instalan en vehículos en un intento de aumentar la potencia de los motores, son tubos de escape separados que permiten que los gases de escape escapen rápidamente del motor (Figura 11).

Los colectores de escape tradicionales están ligeramente limitados y crean poca contrapresión en el motor, lo que reduce la potencia del motor y aumenta el consumo de combustible. Por otro lado, los colectores (Figura 12) suelen tener diseños de tuberías especiales que permiten que los gases de escape salgan del motor más rápido y en mayores cantidades. Esto conduce a una disminución de la contrapresión del motor y un aumento de la potencia del motor y un aumento del rendimiento de la gasolina.

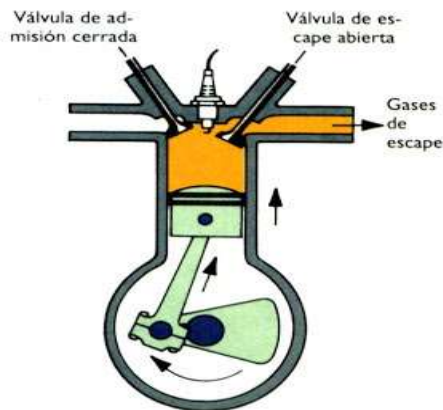
Figura 11

Múltiple de Escape Tipo Headers



Nota. Durante el proceso de escape, una forma en que el motor pierde potencia es a través de la contrapresión del escape, la válvula de escape se abre al comienzo del tiempo de escape y luego el pistón empuja los gases fuera del cilindro, (Blanco, 2018).

Si hay alguna resistencia adicional que el pistón tiene que empujar para evacuar los gases, la potencia se pierde en este punto, por lo que los motores modernos usan dos válvulas en lugar de una, mejorando así el flujo al hacer un "agujero" donde el recorrido del escape es mayor.

Figura 12*Expulsión de Gases de un Motor de Combustión interna*

Nota. En un motor normal, tan pronto como los gases salen del cilindro (Figura 13), entran en el llamado colector de escape.

El colector puede ser una fuente importante de contrapresión porque los gases de un cilindro pueden crear presión del colector que actúa sobre el cilindro desde un lado que usa el mismo tubo, creando una reacción en cadena que afecta a otros cilindros (Blanco, 2018).

La idea detrás del colector o Headers es eliminar la contrapresión de la cabecera, en lugar de un tubo para todos los cilindros, cada cilindro tiene su propio tubo de escape, estos se combinan en un tubo más grande llamado colector. Cada tubo debe ser de las mismas dimensiones y longitud, ya que son iguales, esto asegura que el gas en cada cilindro se mueva con suficiente espacio y de manera uniforme hacia el colector principal para evitar crear contrapresión en los cilindros, que es la mejor opción para la protección, ajuste y seguridad de la misma pieza. cuando tienen el mismo fabricante.

Los colectores, que se instalan en lugar de los colectores de escape, simplemente se insertan directamente en los conductos de escape del motor, que son aberturas a través de las cuales el motor del vehículo elimina los gases de escape. Estos componentes tienen áreas planas en los extremos que están directamente alineadas para atornillar a la parte trasera. Después de pasar por los colectores, los gases de escape se dirigen al resto del sistema de escape del vehículo. Normalmente, los gases de escape, después de pasar por los colectores, pasan por el

convertidor catalítico, donde se vuelven a quemar para reducir la cantidad de contaminantes. Luego pasan a través de un silenciador para reducir el ruido, de modo que finalmente puedan escapar a la atmósfera.

Las ventajas de utilizar un Tubo de Escape tipo Header son:

- Aumenta y Estabiliza la expulsión de los gases de escape del motor.
- Generar el menor esfuerzo y trabajo del motor al momento de expulsar los gases.
- Generar la menor turbulencia, movimiento y contrapresión en los gases de escape.
- Mejorar el ingreso de la nueva mezcla hacia el motor, de una forma más limpia. Se podría decir, debido a que parte de los gases intentan entrar de nuevo al cilindro.
- Aumentar la potencia y durabilidad del motor durante la aceleración sin aumento de consumo de combustible.
- No hacer ruido si viene acompañado de un buen silenciador.

2.5. Contaminantes de un Vehículo Automotor.

Los motores queman combustible durante su funcionamiento, lo que provoca la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Estos gases están compuestos por diferentes proporciones de gases que tienen efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. La composición de los gases emitidos por el escape del motor

En cuestión de minutos, las emisiones de escape de un motor frío pueden alcanzar los niveles límite ambientales en espacios cerrados. La exposición repetida a altos niveles de gases de escape altamente peligroso, incluso cancerígeno, puede provocar problemas de salud a largo plazo.

Por lo tanto, siempre que haya que poner en marcha vehículos con motores de combustión interna en espacios reducidos, por ejemplo, en talleres de mantenimiento, deben

utilizarse sistemas de escape locales eficaces para garantizar la seguridad de los empleados y el buen estado del equipo.

La eliminación de los gases de escape de los talleres de mantenimiento de vehículos mejorará la seguridad de los empleados, reducirá el mantenimiento de las instalaciones y disminuirá el riesgo de daños en los equipos electrónicos sensibles (Estrada, 2015).

2.5.1. Cálculo del Caudal de Gases de Escape

Un factor muy importante en este tipo de cálculo es determinar el tamaño correcto del volumen de escape del motor. Cada extractor está diseñado para un solo flujo de escape. La idoneidad de cualquier equipo debe tener en cuenta el caudal generado por el motor y la capacidad del extractor.

Los fabricantes de motores suelen proporcionar información técnica sobre el flujo de aire generado por ese motor en Pies Cúbicos por Minuto (CFM). Si no se dispone de un caudal exacto, se puede utilizar una regla empírica, es decir, caballos de fuerza \times que da un valor aproximado del caudal.

Para calcular los CFM específicos de un motor de cuatro tiempos, multiplique las pulgadas cúbicas de desplazamiento por la velocidad máxima del motor (a la que se obtienen el par y la potencia máximos).

La eficiencia volumétrica es un factor determinado por ciertas condiciones y/o especificaciones del motor, tales como: la eficiencia de la turbo-compresión, los sistemas de inyección electrónica de combustible y las variaciones en la apertura de las válvulas.

El rendimiento volumétrico de un motor de gasolina suele ser de 0,70 a 0,80, pero un buen control electrónico puede aumentar este valor hasta más de 2,0. Un motor diésel (de dos o cuatro tiempos) tiene un rendimiento volumétrico de 0,90. Un motor de turbina aumenta el rendimiento volumétrico de 1,50 a 3,00 (Fonseca, 2018).

Una turbina aumenta el rendimiento volumétrico entre 1,50 y 3,00. En los casos en que no se conoce el valor, se recomienda utilizar un valor de 3,00. Para simplificar el cálculo, es fácil utilizar la calculadora desarrollada por Widman International SRL, que tiene en cuenta los siguientes datos: desplazamiento, velocidad y eficiencia volumétrica para el cálculo de los CFM.

Ejemplo de una aplicación para estimar el flujo de gas de un coche Mazda3 de 1600cc.

- Seleccione la medida que desea utilizar: centímetros cúbicos (ejemplo: 1400).
- Introduzca el número de revoluciones máximo (cm^3) que desea utilizar para el cálculo (por ejemplo, 6000, que es el número de revoluciones por minuto al que este tipo de motor entrega su máxima potencia, en el caso de las pruebas dinamométricas en las que se comprobará el motor durante su funcionamiento).
- Seleccione el tipo de motor entre las cuatro opciones o seleccione "Introducir un valor específico" y anote el valor conocido (por ejemplo, 0,8). Cuando se selecciona el tipo de motor, se utilizará el valor más grande.
- Obtenemos la respuesta en CFM y l/min. Para ello, se tienen en cuenta las características de los gases de escape.
- Temperatura de los gases de escape: 900/950°C.
- Presión de los gases de escape: 2 bar.
- Caudal (en función de los cm^3 . y el rpm, en nuestro caso de prueba 1600 cm^3 a 6000 cm^3).

Una vez determinado el caudal de gas, podemos elegir cualquier sistema que cubra ese volumen de gas o más. Por ejemplo, si nuestro motor requiere 400CFM, podemos elegir un sistema de extracción diseñado para 400CFM, 500CFM, 600CFM, 800CFM para evitar que sea demasiado grande, que no debe superar los 2, o podemos elegir un sistema diseñado para extraer un caudal menor.

Para validar los datos de flujo obtenidos, se realizó una comparación con los resultados de un estudio de referencia, en el que los flujos de escape de los diferentes vehículos se determinaron utilizando otros métodos de medición.

Por ejemplo, la medición del flujo se llevó a cabo mediante una prueba de adquisición de 1 KHz, donde se muestra la forma de onda completa del flujo resultante de la apertura y el cierre continuos de la válvula de escape del motor al ralentí. A 4000 rpm, el movimiento de los gases de escape es de aproximadamente 6000l/min (211,88 CFM) (Grima, 2017).

2.6. Extracción o Reducción de Gases de Escapes

Esta norma técnica ha sido elaborada de acuerdo con la Ley de Gestión Ambiental y el Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Ley de Gestión Ambiental, que son obligatorios y aplicables en todo el país, y está sujeta a ellos.

2.6.1. Métodos de Reducción de Gases

El diseño de los sistemas de extracción de gases de escape para los talleres de reparación de automóviles se basa en el número de usuarios (simultáneos o no) y el tamaño del taller. Con los datos sobre el tamaño del taller, el número de usuarios, la capacidad de extracción, el caudal necesario y el cálculo de la velocidad de los gases de escape, es posible calcular las características técnicas de los extractores necesarios para extraer y descargar los gases de escape generados por la combustión de los motores en el taller (Lamilla, 2018).

Figura 13

Obtención del Flujo de Gases de Escape

Cálculo del Flujo de Aire para el Motor de Combustión Interna			
Cilindrada	Centímetros Cúbicos	<input type="text" value="1500"/>	
Revoluciones por Minuto (rpm)	Digitar la Máxima Anticipada	<input type="text" value="6000"/>	
Eficiencia Volumétrica	Motor a Gasolina sin Turbo	<input type="text" value="0"/>	0.8
Resultados	CFM (Pies Cúbicos por Minuto)		136
	Litros por Minuto de aire requerido a la máxima velocidad		3,840
Nota: El cálculo está basado en el consumo máximo de un motor a gasolina turbo. Ciertos controles electrónicos pueden subir este valor de aire hasta 2.4			
<input type="button" value="Calcular"/>			

Nota. Sistema de extracción de gases de escape para talleres de reparación de automóviles.

Tomado de (Lamilla, 2018).

Una vez determinado el caudal de gas, podemos elegir cualquier sistema que cubra ese volumen de gas o más (Figura 13). Por ejemplo, si nuestro motor requiere 400CFM, podemos elegir un sistema de bombeo diseñado para 400CFM, 500CFM, 600CFM, 800CFM para evitar que sea demasiado grande, que no debe superar los 2, o podemos elegir un sistema diseñado para bombear un caudal menor.

Para validar los datos de flujo obtenidos, se realizó una comparación con los resultados de un estudio de referencia, en el que se midió el flujo de escape en un vehículo diferente utilizando otros métodos de medición.

Por ejemplo, la medición del flujo de la prueba de adquisición de 1 KHz permite visualizar completamente la forma de onda del flujo cuando la válvula de escape del motor se abre y se cierra continuamente al ralentí.

2.7. Mecánica de Fluidos

Estudia las leyes del movimiento de los mismos y los pasos por los que interactúan con los sólidos. La mecánica de fluidos, como se interpreta es una mezcla de indagación documental y experiencia, procedente, por un lado, de los trabajos originales de los ingenieros hidráulicos, de carácter fundamentalmente empírico, y, por otro, de los trabajos de los matemáticos fundamentales que abordaron el problema desde un punto de vista analítico. Al integrar la experiencia de ambos grupos en una sola disciplina, se evita la falta de generalidad asociada a un enfoque estrictamente empírico válido sólo para cada caso concreto, al tiempo que se permite el desarrollo del análisis matemático para aprovechar al máximo la información experimental y evitar depender de simplificaciones artificiales alejadas de la realidad.

La principal propiedad de un fluido se conoce como fluidez. Cuando un fluido está sometido a un esfuerzo de cizallamiento, cambia constantemente de forma, sin importar lo débil que sea el esfuerzo de cizallamiento, es decir, es imposible que un fluido esté sometido a un esfuerzo de cizallamiento en un momento dado y no se mueva. Algunos fluidos se mueven más lentamente que otros, pero bajo un esfuerzo cortante siempre se mueven. Una medida de la facilidad con la que se mueve vendrá dada por la viscosidad, de la que hablaremos más adelante, y que está relacionada con la acción de la fricción. En los sólidos, sin embargo, existe una variación fija para cada valor de cizalla aplicada γ . De hecho, algunos sólidos pueden presentar ambos comportamientos en cierta medida, cuando la tensión aplicada es inferior a un determinado valor.

2.7.1. Propiedades de los Fluidos.

Para calcular los fluidos, se necesitan varias propiedades, como la densidad, que se define como la masa por unidad de volumen. Su unidad en el sistema internacional es [kg/m³]. Además, necesitamos el peso específico, que se define como el peso por unidad de volumen. Su unidad en el sistema internacional es [N/m³]. Por otro lado, necesitamos un volumen específico, que se define como el volumen ocupado por unidad de masa. Para los fluidos homogéneos, se define como $v = V/m = 1/\rho$.

Por lo tanto, la presión se requiere como el valor absoluto de la fuerza por unidad de superficie a través de un área pequeña en ese punto, que en el sistema internacional se mide en pascales (1 Pa = 1 N/m²). La compresibilidad también es necesaria para expresar la disminución relativa del volumen por unidad de aumento de la presión. Su unidad es la inversa de la presión, en el sistema S.I. [m²/N].

Por último, el extremo de expansión, que es el coeficiente de expansión de volumen, expresa el aumento relativo de volumen producido por un aumento de temperatura, siendo V

el volumen inicial del líquido. Sus unidades son el inverso de los grados [K-1] o [°C-1] y dependen de cómo se realice el proceso.

2.8. Motor de Combustión Interna

Es un tipo de motor térmico capaz de convertir la energía química de los combustibles en energía mecánica para darle el impulso necesario al hierro compuesto por las partes que conforman el motor, y permita el avance del vehículo, donde principalmente el mercado de esto se ve expresado en los motores a explosión que son aquellos que utilizan los derivados de petróleo para realizar el proceso de reacción química-mecánica.

2.8.1. Significado de Motor de Combustión Interna

Un motor de combustión interna es un tipo de motor que obtiene energía mecánica de la energía química de un combustible. El proceso de combustión en este tipo de motores tiene lugar dentro de los propios cilindros.

2.8.2. Elementos de un Motor de Combustión Interna

Este tipo de motor es muy utilizado en el mundo del automovilismo. Por tanto, es importante conocer bien los elementos que lo componen y cuáles son sus funciones. Los principales componentes de un motor de combustión interna:

- **Bloque Motor:** es la parte que proporciona la estructura y forma de todo el accionamiento. En su parte inferior hay otro elemento del motor, el cárter, que contiene aceite que lubrica todos los elementos.
- **Las Cámaras de Combustión:** más conocidas como cilindros, son piezas cerradas en un lado por donde se mueve el pistón.
- **La Parte Trasera de los Cilindros o Culata de Cilindros:** es la parte superior del motor de combustión y los cilindros están cerrados por su extremo abierto. Además, tienen válvulas y árboles de levas en su diseño, los cuales están conectados al cigüeñal

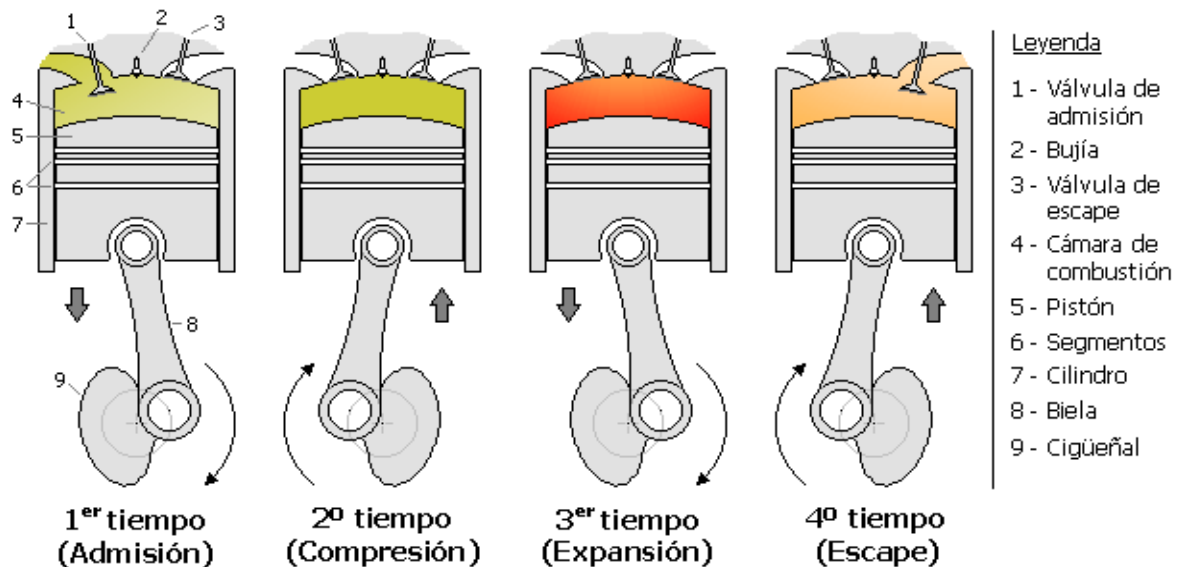
por una correa, lo que permite que las válvulas se abran y cierren cuando se mezcla el combustible, y también permite que escapen los gases. el escape.

- **Los Pistones:** encargados de modificar el volumen en el interior de los cilindros, generando un vacío para introducir la mezcla de aire y combustible y comprimiéndola después para provocar su explosión. Su movimiento es el que acaba moviendo el vehículo, por lo tanto, es una de las partes fundamentales en los motores.
- **El Cigüeñal:** es el elemento que fusiona todos los movimientos de los diferentes pistones existentes dentro del equipo, garantizando una generación de potencia constante y veraz que permita mantener seguro al equipo.

2.8.3. *Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna*

La gran mayoría de motores de combustión interna cuentan con cuatro etapas (Figura 14) o tiempos, durante su funcionamiento:

- **La admisión:** las válvulas de admisión introducen la mezcla de combustible gracias al vacío generado por los pistones, durante su recorrido mientras bajan, dando inicio al proceso de creación de la fuerza química a mecánica del motor interno.
- **La Compresión:** las válvulas se cierran y el pistón vuelve a subir, comprimiendo la mezcla de aire y de combustible, este segundo paso es lo que da inicio al suceso explosivo por parte de los químicos expuestos.
- **La Explosión:** etapa que se produce gracias a la chispa de la bujía, en motores de gasolina, o por auto detonación, en los diésels, provocando la detonación que es lo que permite la reacción mecánica dentro de este sistema de generación del movimiento.
- **El Escape:** última etapa en la que las válvulas de escape se abren y se expulsan los gases producidos tras la detonación, dando así por finalizado el proceso de creación de la fuerza química a mecánica del motor interno.

Figura 14*Funcionamiento de un Motor de Combustión Interna*

Nota. Tomado de (Korenfeld, 2013)

2.9. Gases Producto de la Combustión Interna.

De los análisis químicos sometidos a las emanaciones de los tubos de escape de los vehículos se ha determinado lo siguiente:

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son principalmente de dos tipos: inocuos y contaminantes. Los primeros se forman principalmente a partir de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno. Estos últimos, o contaminantes, están formados principalmente por monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo. (A.S., 2018).

2.9.1. Gases Contaminantes

Entre los gases contaminantes que se generan de la emanación de los gases de los vehículos automotores tenemos los siguientes:

- Monóxido de Carbono
- Hidrocarburos
- Óxidos de Nitrógeno
- Plomo

2.9.2. Hidrocarburos no Combustionados (HC)

Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, tienen diferentes efectos nocivos. El benceno, por ejemplo, es venenoso en sí mismo y la exposición a este gas irrita la piel, los ojos y el tracto respiratorio; Si el nivel es demasiado alto, provocará depresión, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El benceno es una de las muchas causas de cáncer. Su presencia está asociada con componentes no combustibles de la mezcla o con reacciones intermedias del proceso de combustión, que también son responsables de la formación de aldehídos y fenoles. La presencia simultánea de Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno, rayos ultravioletas y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímica de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

2.9.3. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa alojada en la parte interior de la nariz, sino que en combinación o mezcla con los Hidrocarburos contenidos en el smog y demás derivados, y con la humedad del aire producen Ácidos Nitrosos, que aunque al inicio no afectan en gran manera al medio visual, la vulnerabilidad de la atmósfera por estos compuesta es incalculable, debido a esto posteriormente a la producción del compuesto, este cae sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

2.9.4. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono en altas concentraciones y tiempos de exposición prolongados puede provocar la transformación irreversible de la hemoglobina en la sangre, la molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del cuerpo, en carboxihemoglobina, que es incapaz de realizar esta función. En consecuencia, una concentración de CO superior al 0,3% en volumen es fatal. La falta de oxígeno durante la combustión significa que la combustión no ocurre por completo y se produce monóxido de

carbono en lugar de dióxido de carbono. En un vehículo, la aparición de concentraciones más altas de CO en los gases de escape indica la presencia de una mezcla de alimentación rica o falta de oxígeno.

2.9.5. *Partículas Sólidas*

El plomo es el metal más peligroso en los aditivos para combustibles. Si se inhala, puede producir coágulos de sangre o coágulos de sangre con consecuencias patológicas muy graves. Está presente en la gasolina como tetraetilo de plomo y se utiliza en su producción para aumentar el índice de octano y en motores más antiguos como lubricante para asientos de válvulas. En la gasolina sin plomo, este metal se reemplaza por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octanaje.

Capítulo III

Diseño y Construcción de un Sistema de Escape con Header para la Reducción de Gases Contaminantes

3.1. Inspección Preliminar del Sistema de Escape

Una vez inspeccionado el sistema de escape original del vehículo Toyota Mark II, que a su vez no esté fisurado las partes que conlleva el sistema de escape para evitar medidas erróneas en el analizador.

El sistema de escape de Toyota Mark II año 1971 que se elige como base para el proyecto se encuentra en buenas condiciones para poder desmontar el antiguo sistema de escape con el nuevo sistema de escape Header y ver los resultados (Figura 15).

Figura 15

Inspección del Sistema de Escape



Nota. Parte del sistema de escape que se va a modificar (múltiple de escape).

3.2. Prueba en el Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original

Las primeras pruebas que se realizaron para verificar que gases contaminantes producía el vehículo, fueron en el Tecnicentro Persecuador.

Haciendo uso del analizador de gases Stargas One 898 lo que sirve como dato inicial para poder hacer la comparación de los gases contaminantes del vehículo Toyota Corona MarkII.

A continuación, se realizará el procedimiento adecuado de instalación del vehículo en el analizador de gases siguiendo los siguientes pasos:

- Primero se llevó al Tecnicentro Persecuador y es ubicado a una bahía donde se encuentra el analizador de gases.

Figura 16

Prueba en el Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original



Nota. Encendemos el equipo analizador de gases.

Figura 17

Analizador de Gases Stargas One 898



Nota. El equipo completo con su monitor Stargas One 898. Permite evaluar la cantidad de emisiones de gases que produce el vehículo.

Figura 18

Arranque del Vehículo



Nota. Luego encendemos el vehículo para obtener una temperatura de 90 grados ya que no debe estar frío para así tener resultados eficientes.

Figura 19

Zona Lambda mide los Gases del Sistema de Escape Original



Nota. Conlleva el proceso para determinar los parámetros de los gases contaminantes que produce el vehículo.

Figura 20

Prueba del Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original-Revoluciones Bajas



Nota. Dado los resultados del CO (10.276), CO₂ (4.58), HC (1691), exactos con el sistema de escape original, nos da como referencia la comparación del nuevo ensamblaje de sistema de escape header con catalizador.

Figura 21

Prueba del Analizador de Gases con el Sistema de Escape Original- Revoluciones Altas



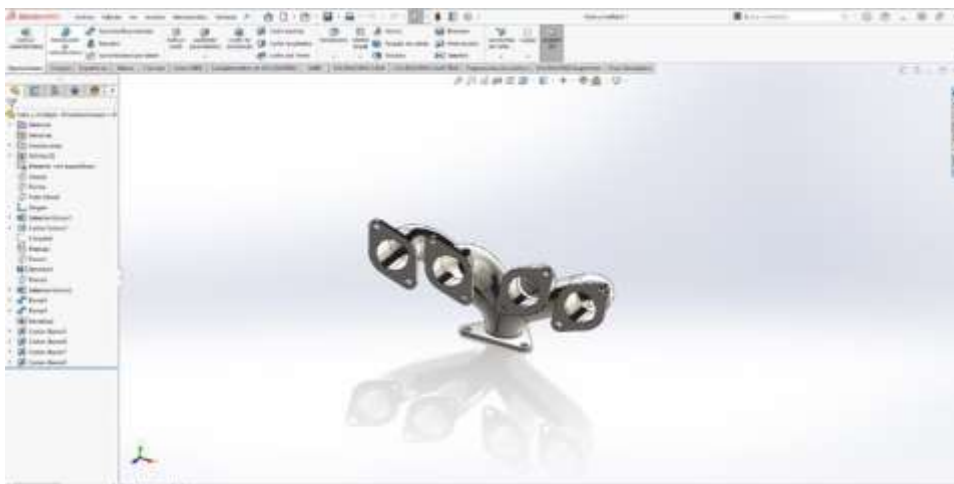
Nota. Dado los resultados en revoluciones bajas y altas del CO (2.073), CO₂ (11.13), HC (307), exactos con el sistema de escape original, nos da como referencia la comparación del nuevo ensamblaje de sistema de escape header con catalizador.

3.3. Diseño del Sistema de Escape Original en Solidworks y Simulaciones

En el diseño a modelar del sistema de escape en un software CAD se visualiza en las figuras 22, 23, 24 y 25 donde se desarrolla todo el proceso requerido para el análisis por elementos finitos en el software, importando la geometría desde un programa CAD, luego se define todas las restricciones para simular correctamente el comportamiento del flujo de gases, estableciendo una buena calidad de mallado para ingresar las condiciones de borde en el sistema. Se muestra los resultados obtenidos de la simulación y se realiza una comparación mediante gráficos de los distintos parámetros como son velocidad, temperatura y turbulencia. Se efectúa cambios en la geometría del tubo primario del sistema de escape para realizar un nuevo análisis y verificar el comportamiento del flujo en la simulación del sistema modificado, identificando un mejoramiento en la calidad de mallado y evidenciando un aumento de velocidad de flujo, y menor índice de turbulencias,

Figura 22

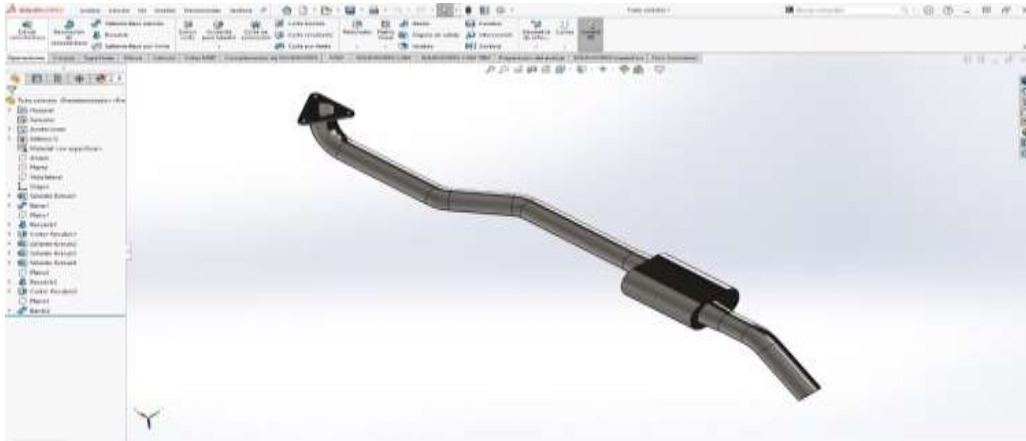
Múltiple de Escape Original de Toyota Corona MarkII



Nota. Iniciamos en diseñar con el múltiple de escape, Están diseñados para evacuar los gases del cilindro.

Figura 23

Tubo de Escape Original Completo con el Silenciador



Nota. Culminamos con el diseño de escape original de Toyota Corona MarkII

Figura 24

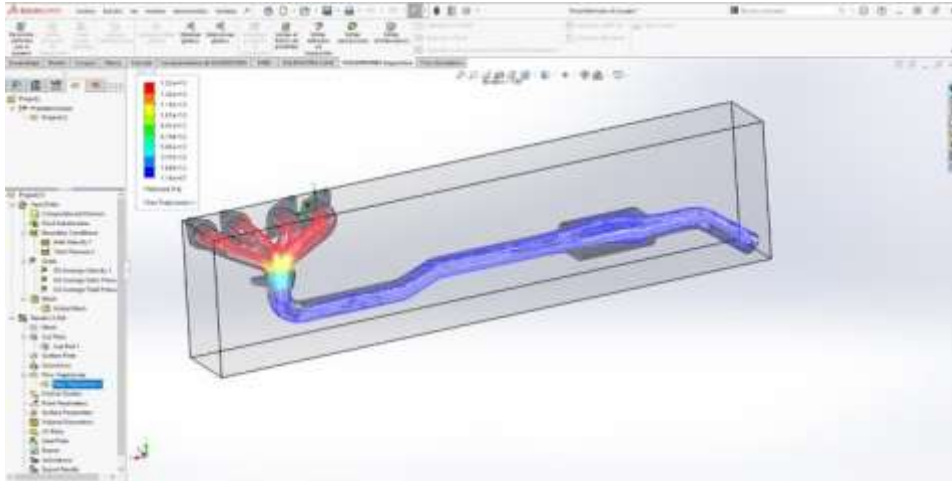
Sistema de Escape Completo-Original



Nota. Unimos las dos partes del sistema de escape, Múltiple y el tubo de escape con el silenciador

Figura 25

Simulación del Sistema de Escape Original Completo



Nota. Vemos como los gases fluyen en base de la simulación

3.4. Desmontaje de Partes del Sistema de Escape Original

Para proceder con la instalación del sistema de escape nuevo se debe verificar que elementos se quita para proceder con la adaptación (Figura 26, Figura 27, Figura 28).

Continuamos en quitar la parte del sistema de admisión junto con el múltiple de escape con dado # 12, suple mediano, rache y llave de corona #10 para retirar el carburador.

Figura 26

Múltiple de Escape junto con el Sistema de Admisión



Nota. Múltiple de escape y admisión desmontado del vehículo.

Figura 27*Sistema de Tubo de Escape del Vehículo Toyota Mark II*

Nota. Modelo del escape original del vehículo.

Figura 28*Partes Desmontadas del Sistema de Escape*

Nota. Múltiple de admisión, carburador y múltiple de escape desmontada en su sitio.

El múltiple de escape y el tubo de escape junto con el silenciador ya no trabajaran más en el vehículo y serán reemplazado por otros elementos que más adelante se conocerá y actuaran de la misma manera, pero con una reducción de gases contaminantes, como por ejemplo el catalizador.

3.5. Adaptación de Partes del Sistema de Escape Header

Para un excelente funcionamiento se deberá realizar algunos ajustes para colocar las partes nuevas en el sistema de escape y evitar fugas de aire en el sistema.

- Empaques
- Header
- Catalizador
- Tubo de escape
- Soportes de gomas
- 2 silenciadores

3.5.1. *Empaques*

El empaque múltiple de escape y admisión sellan las brechas para mantener los gases de escape fuera del sistema de emisiones y también ayudan a reducir el ruido del motor y a mejorar la eficiencia del combustible (Figura 29).

Figura 29

Empaques



Nota. Junta del escape (Tonyco Gasket Manufacturer Co., Ltd, 2022).

Figura 30

Múltiple del Escape y Admisión



Nota. Múltiple del escape y admisión

3.5.2. Header

Como se aprecia en la Figura 31, los tubos de escape individuales que ayudan a mejorar el desempeño del motor y la rápida salida de los gases.

Figura 31

Header



Nota. Colocado en su lugar el nuevo header.

3.5.3. Catalizador

Se encarga de reducir los gases nocivos del vehículo, De esta manera se disminuye las emisiones contaminantes, como se puede observar en la Figura 32.

Figura 33*Catalizador*

Nota. Catalizador de 4 filas instalado por el taller genovés

3.5.4. *Tubo de Escape*

En la figura 33 se visualiza por donde es conducida las salidas de los gases del motor

Figura 34*Tubo de escape*

Nota. Sistema de escape totalmente nuevo

3.5.5. *Soportes de gomas*

Donde es sujetado el sistema de escape completo, Reduce la altura del tubo de escape con la carrocería (Ver figura 34).

Figura 35

Soporte de gomas



Nota. Gomas resistentes para el tubo de escape

3.5.6. Silenciador

Reduce los ruidos generados por los gases de la combustión (Ver figura 35)

Figura 36

Silenciador



Nota. Vemos el primer silenciador del vehículo.

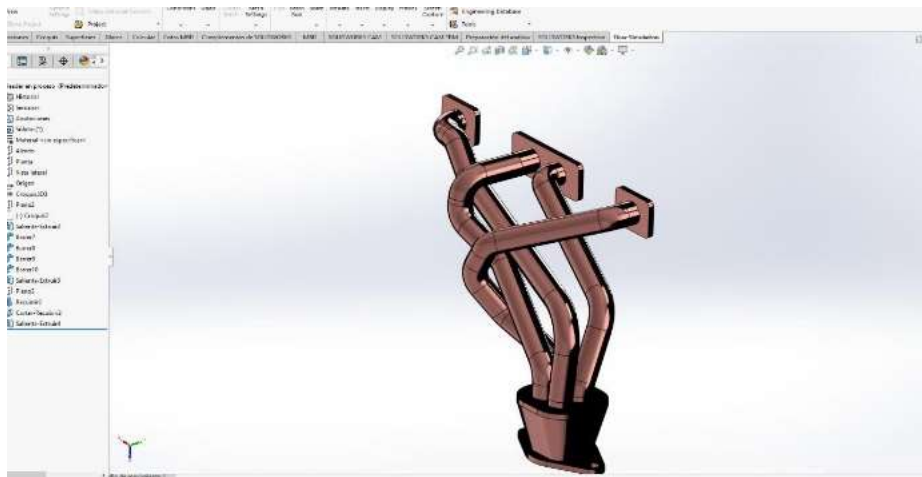
3.5.7. Silenciador 2

Va en la parte final del escape el segundo silenciador, el objetivo es que el sonido disminuya su fuerza al salir, como se puede observar en la figura 36.

Figura 37*Silenciador 2*

Nota. Silenciador 2 parte trasera que es la más común.

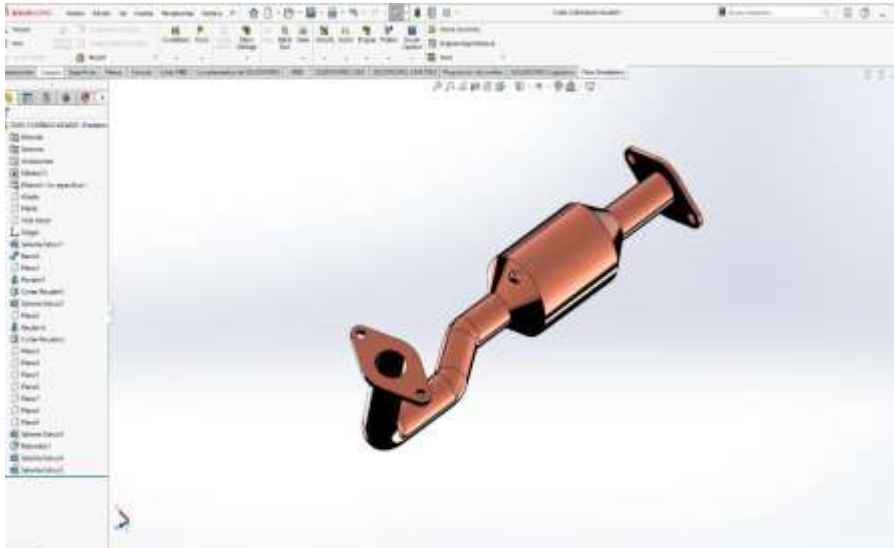
3.6. Diseño del Sistema de Escape Header con Catalizador nuevo en Solidworks y Simulaciones.

Figura 38*Sistema de Header Nuevo*

Nota. Diseño de header con sus curvaturas, Ayuda notablemente a mejorar el desempeño del motor.

Figura 39

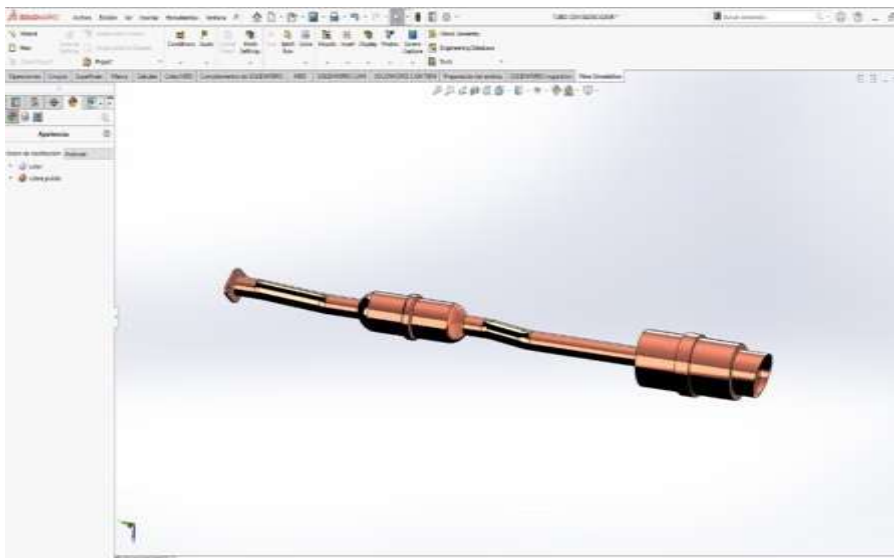
Catalizador



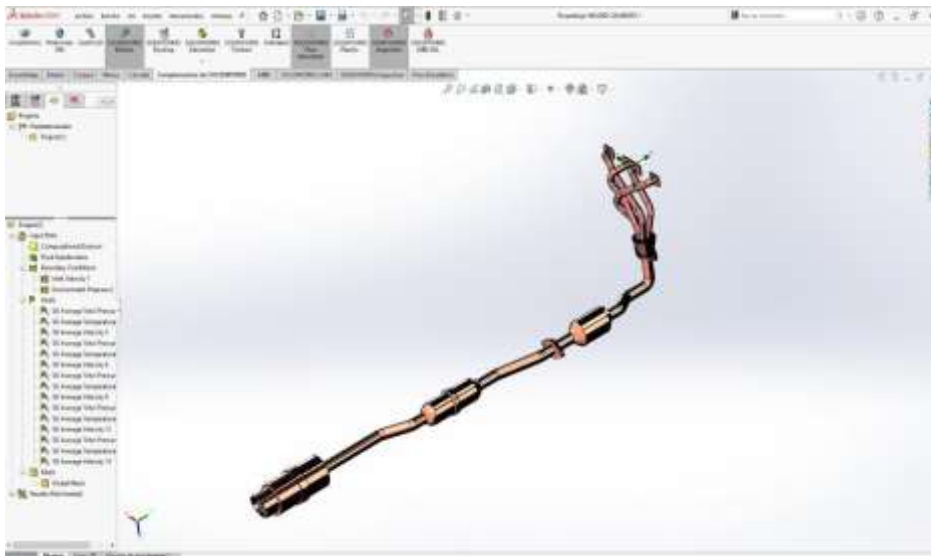
Nota. Se observa ya diseñado el catalizador, Resulta ser un elemento tan importante en los vehículos hoy en día.

Figura 40

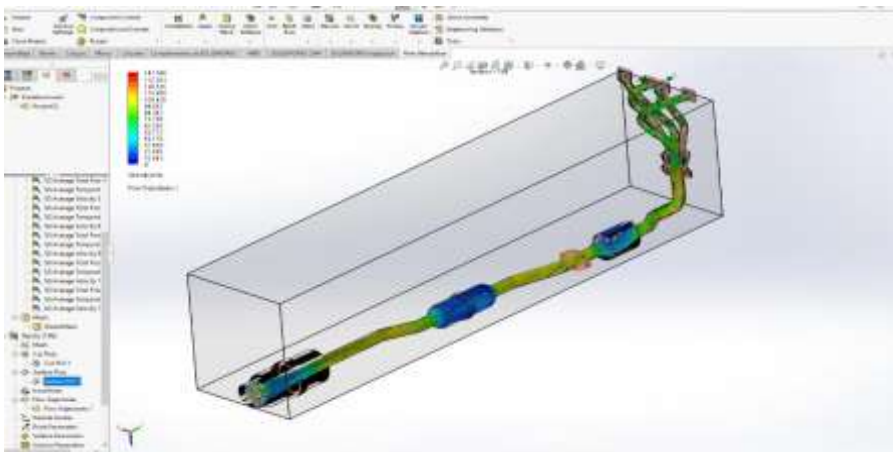
Tubo de Escape y los 2 Silenciadores



Nota. Con los dos silenciadores el ruido de los gases es bajo

Figura 41*Sistema de Escape Nuevo ya Terminado*

Nota. Una vez ya terminado se une las 3 partes del sistema de escape

Figura 42*Simulación del Sistema de Escape Nuevo*

Nota. Vemos como los gases fluyen en base de la simulación

3.7. Prueba en el Analizador de Gases con el sistema de escape nuevo

Figura 43

Segundo Ingreso de la Toyota Corona Mark II en el Tecnicentro Persecuador



- Se hace las pruebas necesarias en el pickup para determinar la reducción de los gases contaminantes.
- Con los resultados obtenidos en las figuras 22 y 45 se puede lograr en comparar entre el sistema de escape original con el nuevo sistema de escape header con catalizador que se ha adaptado.

Figura 44

Análisis de los Gases Contaminantes en Marcha Mínima



Nota. Dado los resultados de CO (2.343), CO₂ (0.25), HC (584)

Figura 45*Análisis de los Gases Contaminantes en Marcha Mínima*

Nota. Dado los resultados en revoluciones bajas y altas del CO (0.378), CO₂ (11.43), HC (163), exactos con el sistema de escape nuevo con catalizador, nos da los resultados positivos para que este proyecto finalice correcto.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1. Cálculo de Fluido Interno de los Gases del Tubo de Escape Estándar Toyota Corona MarkII año 1971.

4.1.1. Ecuación Estática de los Fluidos

En el caso más general, la presión por unidad de volumen ejercida por el fluido fuera del elemento de volumen pequeño sobre el contenido del elemento de volumen pequeño vendrá dada por el gradiente de presión ∇p .

En ausencia de otras fuerzas, como la gravedad, las presiones deben compensar el equilibrio.

En sentido estricto, se mueven a una velocidad constante respecto al marco de referencia inercial (movimiento medio).

La energía potencial o energía potencial por unidad de masa se denota por Φ . En este caso, la fuerza por unidad de masa vendrá dada por $-\nabla\Phi$, y si ρ es la densidad del fluido, la fuerza por unidad de volumen vendrá dada por $-\rho\nabla\Phi$. Suma de fuerzas Considera una situación en la que estas fuerzas adicionales pueden describirse en términos de energía potencial.

En equilibrio estático, la energía que actúa sobre el elemento de volumen debe ser cero, por lo que la ecuación es:

Ecuación 1. Equilibrio estático

$$-\nabla p - \rho\nabla\Phi = 0$$

Esta es la ecuación general de la hidrodinámica. Esta ecuación no tiene solución en el caso general. Si hay un cambio de densidad en el fluido de forma arbitraria, las fuerzas no pueden estar en equilibrio y el fluido no puede estar en equilibrio estático, lo que conduce a la convección. Esto se debe a que ∇p es un gradiente puro, y el término $\rho\nabla\Phi$ no existe en el caso

general de diferentes densidades ρ . El equilibrio estático del agua sólo es posible a una temperatura de 1,5 °C.

A continuación, veremos algunos casos en los que ρ es una constante o en los que ρ es sólo una función de p .

La ecuación hidrodinámica para $\rho = \rho(z)$ se calcula ahora la dependencia de la altura de la presión en un fluido sometido a la atracción gravitatoria. Consideraremos un pequeño elemento prismático infinitesimal de volumen dV con caras perpendiculares a los ejes de coordenadas y dimensiones dx , dy y dz y cuya base está a la altura z . La fuerza que actúa sobre la base del elemento prismático es claramente

Ecuación 2. Fuerza sobre elemento prismático

$$dF(z) = p(z)dxdy \cdot uz$$

Por otro lado, la fuerza que actúa en la parte superior se define como:

Ecuación 3. Fuerza sobre parte superior

$$dF(z + dz) = p(z + dz)dxdy(-uz) = -[p(z) + dp] dxdy \cdot uz$$

La fuerza propicia hacia arriba en sentido vertical es.

Ecuación 4. *Fuerza hacia arriba*

$$dF_p = dF(z) + dF(z - dz) = -dpdxdy \cdot uz$$

A su vez debe ser igual al peso del fluido contenido en el elemento prismático $\rho g dxdydz$, de donde se puede obtener la ecuación general de la hidrostática en forma diferencial.

Ecuación 5. *Ecuación general de la Hidroestática*

$$dp = -\rho g dz$$

El signo negativo refleja que la presión disminuye con la altura.

4.1.2. *Fluido Incompresible*

Cabe la posibilidad que, si existe una particularidad fluido incompresible, la densidad no depende de la presión y existe una superficie libre. El problema puede describirse como una función h de la profundidad relativa a la superficie libre, que aumenta a medida que z disminuye. Las ecuaciones generales de la hidrostática aparecen entonces en forma diferencial como sigue:

Ecuación 6. *Ecuaciones generales de la hidrostática en forma diferencial*

$$dp = -\rho g dz = \rho g dh$$

Esta ecuación puede integrarse fácilmente entre la superficie libre y un punto de profundidad h y escribirse como sigue:

Ecuación 7. *superficie libre y un punto de profundidad h*

$$\int_0^h dp = p - p_{atm} = \int_0^h \rho g dh = \rho gh$$

Se describe como:

$$p(h) = p_{atm} + \rho gh = p_{atm} + \gamma h$$

Y esta es la ecuación integral hidrostática general para fluidos incompresibles. Más concretamente, en dos puntos en los que el fluido está a distinta profundidad, la diferencia de presión es:

Ecuación

8. *Ecuación integral hidrostática general para fluidos incompresible*

$$p_2 - p_1 = \rho g(h_2 - h_1) = -\rho g(z_2 - z_1)$$

Estas expresiones ponen de manifiesto el importante resultado de que la presión de un fluido estacionario en uno de sus puntos depende enteramente de la profundidad a la que se encuentra ese punto, mientras que la diferencia de presión entre los dos puntos depende enteramente de la diferencia de profundidad entre los dos puntos (y, por supuesto, de la densidad del fluido).

4.2. Gases Reducibles de los Vehículos

El vehículo por medio del motor quema combustible durante su funcionamiento, lo que provoca la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Estos gases están compuestos por diferentes proporciones de gases que tienen efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente. La composición de los gases emitidos por el escape del motor

En cuestión de minutos, las emisiones de escape de un motor frío pueden alcanzar los niveles límite ambientales en espacios cerrados. La exposición repetida a altas concentraciones de gases de escape altamente peligrosos, incluso cancerígenos, puede provocar problemas de salud a largo plazo.

Por lo tanto, siempre que sea necesario arrancar un vehículo con un motor de combustión interna en un espacio confinado, como un taller de servicio, debe utilizarse un sistema de escape local eficaz para mantener la salud de los empleados y seguridad del equipo. La tabla 2 indica que la eliminación de los gases de escape de los talleres de vehículos supondrá una mejora de la seguridad laboral de sus empleados, una reducción del mantenimiento de sus instalaciones y un menor riesgo de daños en los equipos electrónicos sensibles.

Tabla 2

Gases de Escape

GASES DE ESCAPE	MOTOR A GASOLINA	MOTOR A DIESEL
Nitrógeno	71%	67%
Oxígeno	0,70%	10%
Vapor de agua	13%	11%
Dióxido de carbono	14%	12%
Monóxido de carbono	0,85%	0,04%
Óxidos de nitrógeno	0,08%	0,08%

Hidrocarburos	0,05%	0,01%
Partículas	0.02%	0,025%

Nota. Componentes químicos de los gases del escape en dos diferentes motores.

4.2.1. *Caudal de Gases*

Para calcular el caudal de los diferentes gases de escape del tubo de escape, no se tienen en cuenta algunos factores como el tipo de motor, la cilindrada, el rendimiento del motor, el número de cilindros y algunos factores que afectan a la velocidad, como la fricción, las características o el estado del gas, de la siguiente manera.

Cilindrada: 1600 cm³

Numero de cilindros: 4

Volumen por cilindro:

Ecuación 9. *Caudal de Gases*

$$V_{cilindro} = cilindrada \text{ N}^{\circ} \text{ de cilindros} = 1600\text{cm}^3 * 4 = 0.00040 \text{ m}^3$$

Hay otros factores, como la turbulencia y los factores de intercambio de calor en el tubo de escape, que hacen variar los valores, pero a efectos de este proyecto no se han tenido en cuenta estos factores y se han simplificado los cálculos. El colector está sometido a temperaturas extremas.

Por ejemplo, las temperaturas pueden variar de 20°C a 950°C y luego bajar a 20°C, la temperatura ambiente alrededor del colector. Estas fases de calentamiento y enfriamiento generan importantes tensiones y deformaciones en la estructura del colector. Las tensiones y deformaciones máximas dependerán en gran medida del material, el diseño, la temperatura y la no linealidad geométrica.

$$\text{Caudal} = \text{Volumen tiempo} = 0.0004\text{m}^3 / 60\text{hr} = 0.00040 \text{ m}^3$$

Para los cálculos se ha elegido un régimen de giro del cigüeñal de 6.000 rpm que, según los datos técnicos del motor utilizado para las pruebas, es el régimen más alto al que ha funcionado el motor en las diferentes prácticas realizadas en el taller del laboratorio.

$$6000 \text{ rpm } 1 \text{ min } \text{min } 60 \text{ s} = 6000 \text{rpm} / 60 \text{s} = 100$$

Como hay un escape cada 2 revoluciones, esto significa que cada 2 revoluciones del cigüeñal, los gases que ocupan cada volumen del cilindro escapan al exterior.

Vueltas por segundo (6000 rpm): 100.00

Por lo tanto, el gas sale 50.00 veces por segundo

Por lo tanto, el caudal volumétrico para las condiciones dadas es

$$\text{Volumen} = 0.0004 \text{ m}^3 \times 50 \text{ 1 s} = 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Lo dado es 4 veces $0,02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ ya que el motor tiene 4 cilindros. A continuación, para un motor con una cilindrada de 1.500 centímetros cúbicos, se estiman los diferentes caudales y velocidades de 1.500 a 6.000 (rpm) en función de las revoluciones del motor.

Se detalló que el promedio del flujo CFM incremento con la velocidad del motor hasta llegar a un valor de 169,51 CFM a 6000 rpm.

4.3. Ecuaciones para Fabricar Headers

Hay que tener en cuenta de antemano el diámetro del colector primario, no la longitud del mismo, que sí lo es:

Ecuación 10. *Ecuaciones para fabricar Header*

$$L_p = \frac{23725 \times (D - 0,5 \times C - 60) \times (273 + T_e) 0.5}{22 * N}$$

Esto da lugar a:

Longitud del colector primarios (mm)

D: permanencia en grados del escape

C: permanencia en grados del cruce de la leva

Te: temperatura de gases de escape (°C)

N: revoluciones del motor (rpm)

Podemos señalar que el diámetro de colector secundario, se detalla de a la manera.

Ecuación 11 *Diámetro del colector*

$$S = P * \sqrt{A - (N_c - 1)}$$

A: relación de áreas. (A = 6 para motores de 4 cilindros)

P: diámetro interior de los primarios (mm)

S: diámetro interior del secundario (mm)

La longitud que se obtiene en este recolector es:

Ecuación 12 *Longitud del colector*

$$L = \frac{9 * 10^5 * (T_e + 273)^{0.5}}{N + m}$$

Te = temperatura de gases de escape (en °C)

L = largo de bajada (mm)

N = revoluciones del motor (rpm)

n = cantidad de cilindros

Tabla 3.

Longitud del recolector

Datos	
D	248º
C	41º
	800°C
N	10000
P	31,75mm
A	6
	4
	4

4.3.1. *Envergadura Colector Principal*

En este caso, no existe ninguna fórmula para determinar el valor del diámetro del colector principal. Por lo tanto, este valor se obtiene midiendo el diámetro del tubo de escape en la culata con un calibrador.

Donde el diámetro del colector principal (p) es de 31,75 mm

Ecuación 13 *Envergadura Colector Primario*

$$Lp = \frac{23725 \times (D - 0,5 \times C - 60) \times (273 + Te)0.5}{22 * N}$$

4.3.2. *Envergadura Colectora Secundario*

Para determinar el diámetro del colector secundario en la configuración 4-2-1 del colector de escape, se realizan dos cálculos, ya que la primera conexión conecta dos pares de colectores, creando dos salidas, que se vuelven a conectar al final para formar el colector secundario.

Para la conexión de cuatro colectores a un colector, la relación de área es igual a 6. Entonces, como se van a conectar dos colectores a un colector, la relación de área debe ser igual a 3, es decir, la mitad de la configuración de cuatro a uno. Y como al final se conectan dos pares de colectores (2-1), la relación de área también es igual a 3.

Ecuación 14 *Envergadura Colector Secundario*

$$S = P * \sqrt{A - (N_c - 1)}$$

Se emplea la ecuación de A =3.

$$S = (31,75 \text{ mm}) * \sqrt{3 - (2 - 1)}$$

$$S = (31,75 \text{ mm}) * \sqrt{2}$$

$$S = 44,90 \text{ mm}$$

Se podría llegar a la conclusión de que S y P se reitera en la ecuación de A=3

$$S = (44,90 \text{ mm}) * \sqrt{3 - (2 - 1)}$$

$$S = (44,90 \text{ mm}) * \sqrt{3}$$

$$S = 63,49 \text{ mm}$$

4.3.3. Resultados Arrojadados por la Fórmula

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos al aplicar diferentes conjuntos de ecuaciones para determinar el tamaño de los elementos del colector de escape. Estos pueden ser visualizados a continuación:

Tabla 4

Resultados arrojados por la fórmula

CONFIGURACION 4-1 y 4-2-1	RESULTADO G1	RESULTADO G2	RESULTADO G3	UNIDADES
Longitud del colector primario	0,46	0,591	0,64	m
Diámetro del colector primario	1,12	1,15	1,25	plg.
Diámetro del colector				plg.
Secundario	1,47	2,10	2,50	
Longitud del colector secundario	0,535	0,61	0,737	M
	0,381	0,381	0,381	M
	0,078	0,21	0,26	M

Los valores de los diámetros de los colectores primarios y secundarios se dan en pulgadas y como las tuberías se comercializan en estas unidades, hay cierta variación en los valores de longitud de los colectores primarios y secundarios que no permite establecer una medida exacta para el diseño elegido.

Las dimensiones del colector secundario dependen de las dimensiones del colector primario, por lo que deben determinarse según la ecuación 1.32 para el ajuste del colector de escape.

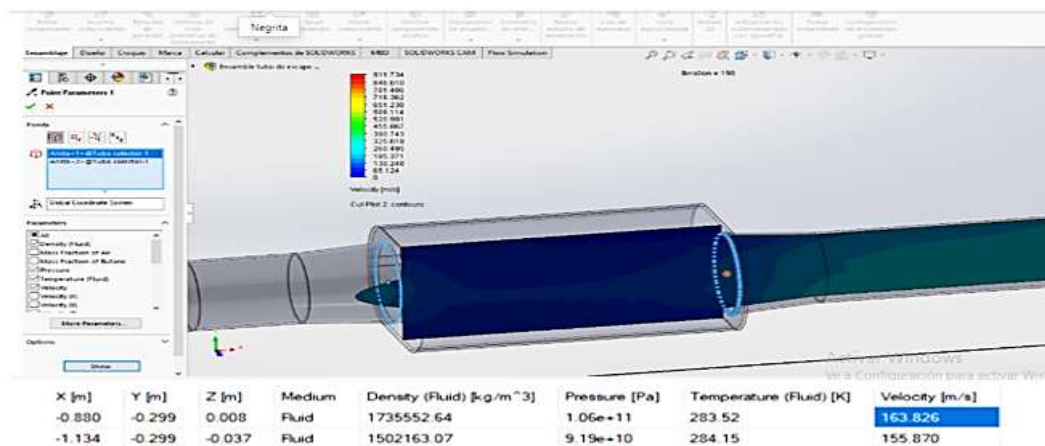
4.4. Grafica de Fluidos en el Programa Solid Works

Los colores significan la variación de flujo a distintas velocidades y presiones, en las tablas inferiores de las imágenes obtenemos los datos dados para tener una buena respuesta en sistema de escape original con el nuevo sistema de escape.

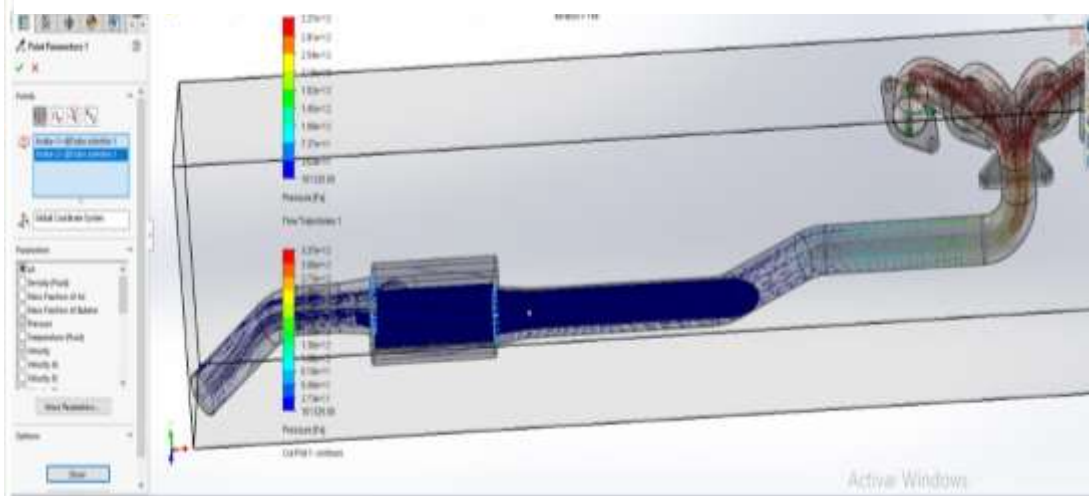
Modelo Inicial

Figura 46

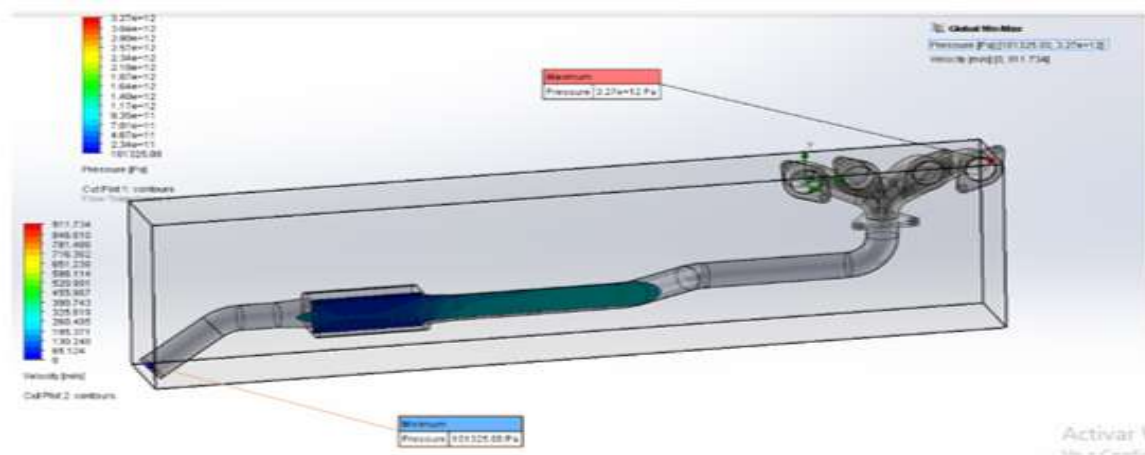
Fluidos en Silenciador



Nota. En la figura 46, se puede identificar con los colores la variación de flujo a distintas velocidades que dio como resultado una velocidad inicial de 163.836 m/s a medida que el flujo de aire pasa por el catalizador disminuyen la velocidad a 155.870m/s.

Figura 47*Imagen Sistema de Escape Completo Original*

Nota. En la figura 47, se determinaron los resultados de la presión, velocidad, volumen fracción por aire, volumen de fracción por butano. Una vez que el aire sale del motor presenta una velocidad de 163.826 m/s, un volumen de fracción de aire de 0.6674 y el volumen de fracción de butano es de 0.3326, como se puede observar en la imagen una vez ejecutada la trayectoria de los fluidos se obtuvieron valores de 155.870 de velocidad, el volumen de fracción de aire y de butano son iguales.

Figura 48*Imagen de Escape Completo Original*

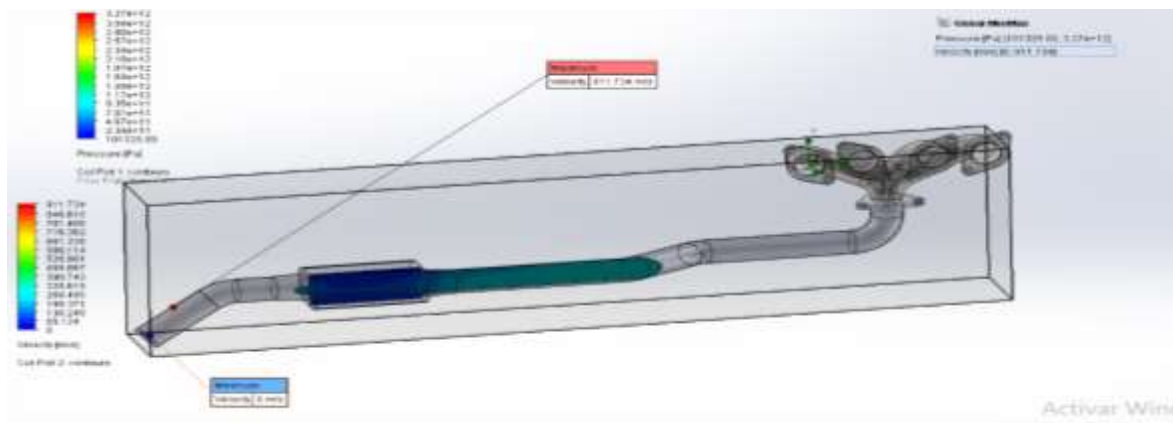
Nota. Como se observa en la figura 48, los colorees varían entre el azul y el verde por ende se

puede entender que desde la entrada del múltiple de escape se puede observar como resultado la presión

máxima 3.27×10^{12} pa y una vez transcurrida toda su trayectoria presenta una presión de la salida del escape de 101325.00 pa.

Figura 49

Imagen de Escape Completo Original



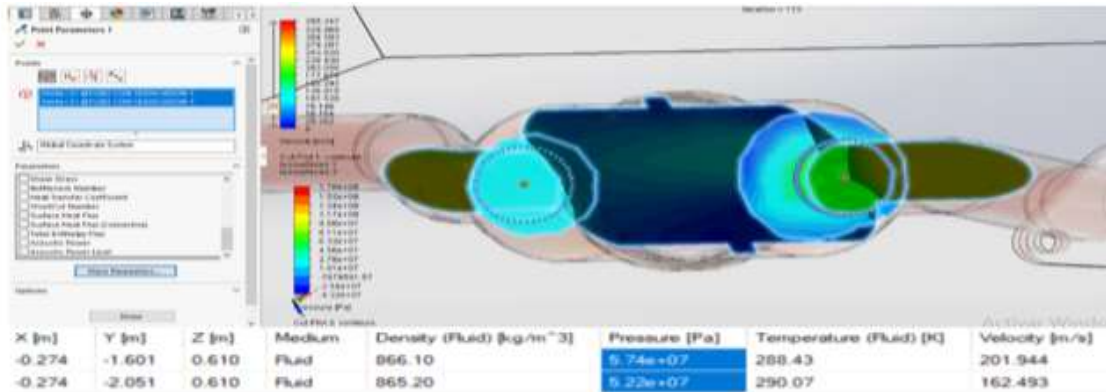
Nota. En la figura 49, en la parte casi final del escape se visualiza el comportamiento de la velocidad máxima 911.734 m/s, y en la parte final del escape la velocidad mínima 0 m/s.

Debido a que se reconoce colores entre azul y verde se puede indicar que posee un rango mínimo para las variables estudiadas.

Modelo final

Figura 50

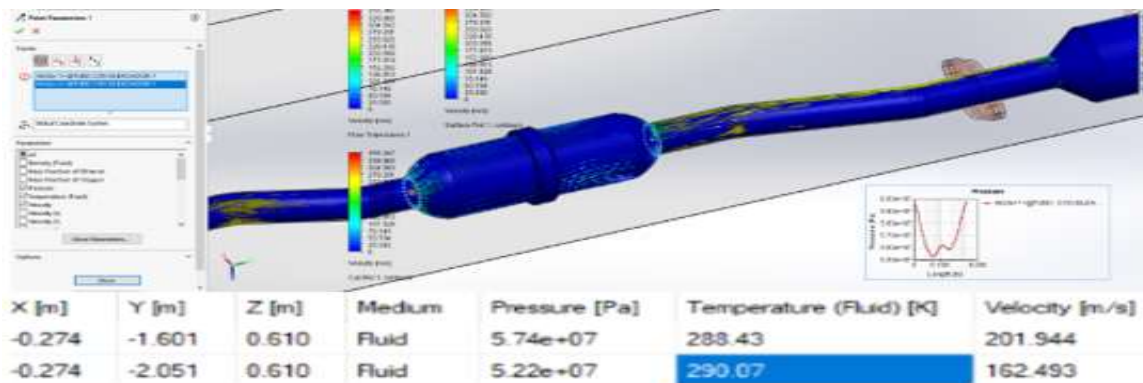
Catalizador



Nota. Como resultado se puede observar en la figura 50, la presión de flujo de gases la cual presenta valores de $5.74e+07$ hasta $5.22e+07$, por su parte la temperatura presentó una variación de 288.43 a 290.07 mientras que con respecto a la velocidad se reflejaron valores de 2201.944 m/s hasta 162.493 m/s lo cual es mínimo al anterior sistema de escape original.

Figura 51

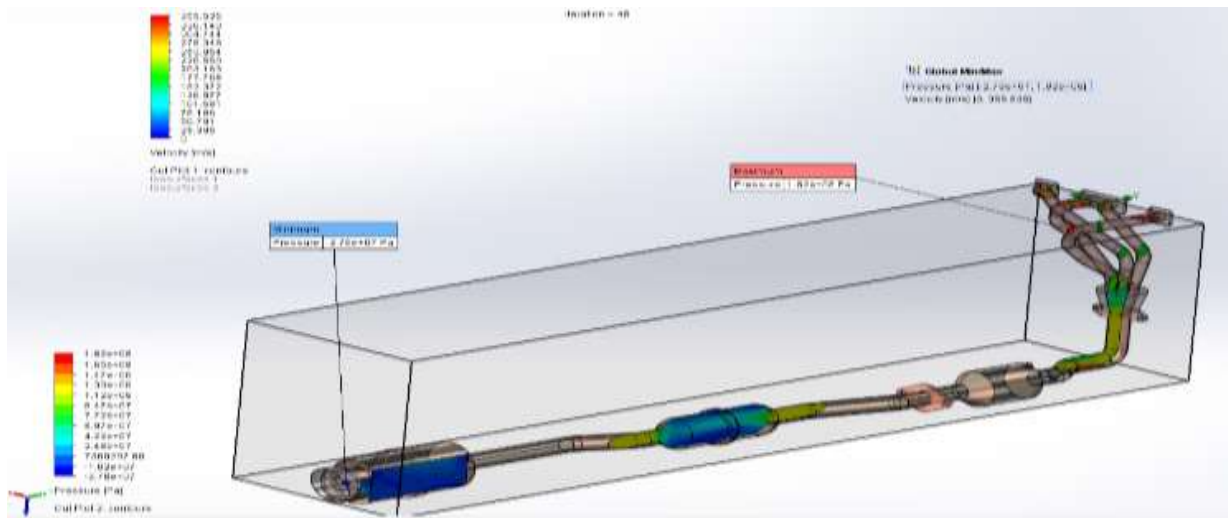
Silenciador 1



Nota. Como se puede observar en la imagen 51, el rango está dentro del color azul por esta razón el resultado de la temperatura de fluido va desde 288.43 hasta 290.07, mientras que presenta una presión de $5.74e+07$ hasta $5.22e+07$ con una velocidad inicial de 201.944 m/s y al finalizar presento una velocidad de 162.483 m/s.

Figura 52

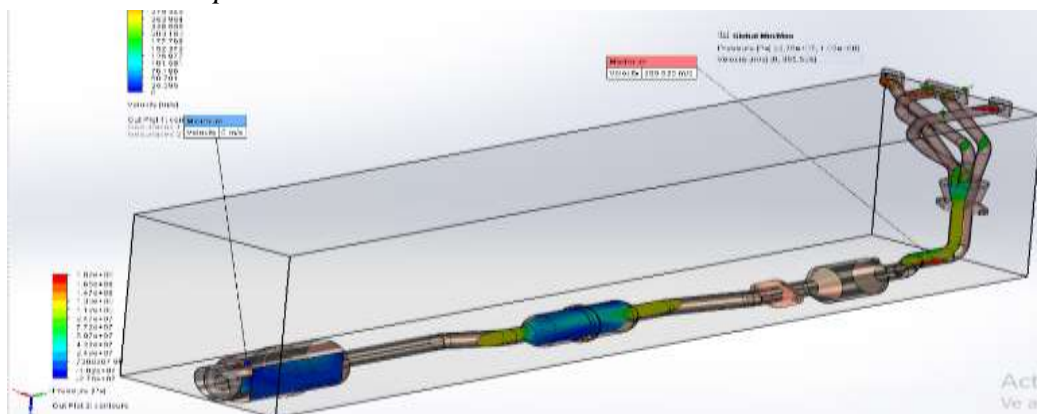
Sistema de Escape Nuevo



Nota. Desde el comienzo del Header se observa la máxima presión $1.82e+08$ pa y a medida que va pasando el flujo de aire por el catalizador y los silenciadores se puede ver como disminuye la presión y cambia a color azul para obtener como resultado mínimo final una presión de $2.76e+07$ pa.

Figura 53

Sistema de Escape Nuevo



Nota. El doble del tubo que se dirige hacia el catalizador posee una velocidad máxima de 355.535 m/s, y a medida que los fluidos siguen su trayectoria pasando por el silenciador uno presenta una velocidad de 50.791 m/s y una presión de $7.72e+07$ pa. Mientras que para finalizar debe pasar por el silenciador dos en el cual se evidencia una velocidad mínima de 0 m/s.

Conclusiones

La inspección del sistema de escape original del vehículo Toyota Mark II no debe estar fisurado para evitar medidas erróneas, se encuentra en buenas condiciones para desmontar el sistema antiguo y agregar el nuevo sistema de escape header.

Las pruebas para verificar que gases contaminantes producía el vehículo fueron realizadas en tecnicentro Persecuador utilizando un analizador de gases Stargas One 898, donde se encendió el vehículo a una temperatura de 90°C; como resultados de la prueba del analizador con el sistema original en revoluciones bajas fue de CO (10.276), CO₂ (4.58), HC (1691) y en revoluciones altas CO (2.073), CO₂ (11.13), HC (307).

Para instalar el nuevo sistema de escape Header fue necesario algunos ajustes para su correcto funcionamiento y evitar fugas de aire de esta manera se añadieron empaques para sellar las brechas y mantener los gases fuera del sistema de emisiones y así reducir el ruido; el Header mejoró el desempeño del motor; el catalizador disminuyó los gases nocivos; el tubo de escape permitió la salida de los gases del motor; por su parte el soporte de gomas redujo la altura del tubo de escape con la carrocería y los dos silenciadores disminuyeron los ruidos generados por los gases de la combustión.

Las simulaciones realizadas en el programa SolidWorks con el nuevo diseño del Sistema de Escape Header con Catalizador demostró que el diseño con curvaturas mejora el desempeño del motor, al colocar los dos silenciadores el ruido de los gases es bajo y los gases fluyen.

Los análisis realizados con el Sistema de Escape Header con catalizador adaptado demostraron que los valores de los gases contaminantes en marcha mínima fueron de CO (2.343), CO₂ (0.25), HC (584) y en marcha máxima del CO (0.378), CO₂ (11.43), HC (163) lo cual indica que si se presenta reducción de gases.

Finalmente, las simulaciones permitieron evidenciar que con el sistema de Escape Header y el uso del catalizador es muy útil porque resta los gases contaminantes para el medio ambiente y se comprobó realizando la comparación entre ambos sistemas de escape, el escape viejo y el nuevo escape y se establece un 35% de reducción con la ayuda de la afinación del carburador y óptima condición del motor.

Recomendaciones

Se recomienda cada 10 mil km darle mantenimiento al carburador (afinarlo), reemplazar los filtros de combustible, filtro del motor y un chequeo a las bujías.

Recurrir con la limpieza al catalizador cada 50 mil km con productos especiales, como los limpiadores descarbonizantes, que facilitan la eliminación de las partículas de hollín, mejorando la circulación de los gases.

Es importante cambiar el aceite del motor en su debido kilometraje juegan un papel importante en mantener el catalizador en correcto estado de funcionamiento.

Bibliografía

- A.S. (12 de 06 de 2018). A.S. Obtenido de https://www.as-sl.com/pdf/tipos_gases.pdf
- Almeida, G. (2019). *Evaluación del flujo de escape del múltiple del MCI en vehículos SUV con materiales no tradicionales.*
- Azofeifa, J., Morales, N., & Quesada, J. (2016). *Propuesta estratégica de mercadeo para mejorar la comercialización de sistemas de escape, servicios de instalación y de mantenimiento en la empresa Muflasa SA.*
- Bergman, C., Cordero, J., & Gómez, B. (2021). *Incidencia del múltiple de escape en las emisiones contaminantes.* Facultad de Mecánica Automotriz. Quito: UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4816>
- Blanco, W. (26 de Mayo de 2018). *Mecatronnix.* Obtenido de <https://mecatronnix.blogspot.com/2018/05/headers-o-modificacion-de-sistema-de.html>
- Calle, E., & Rivas, D. (2014). *Diseño y construcción del múltiple de escape para el motor Yamaha FZR600 de la formula SAE.*
- Canakci, M., Erdil, A., & Arcaklioglu, E. (2006). Rendimiento y emisiones de escape de un motor biodiesel. *Scopus*, 83/(6), 594-605. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-33644895012&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&st1=reduccion+de+gases+contaminantes&sid=75e5cad15c4ca76b9f1bf2c19509d194&sot=b&sdt=b&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28reduccion+de+gases+contaminantes%29>
- Carrera, R. (2016). *Trucaje de cabezote para competición. 2016.* Quito.

- Castro, J. (2016). Diseño y construcción de colectores de admisión de aire con tomas individuales para cada cilindro del motor de un vehículo Chevrolet corsa evolution. *INNOVA*, 1(12), 118-131. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v1.n12.2016.86>
- Castro, J., Orbea, L., Toapaxi, J., & Guano, C. (2017). Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100% eléctrico en el Ecuador. *INNOVA*, 2(4), 112-124. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n4.2017.243>
- Chimbolema, E., & Guaytoso, W. (2019). *Análisis del diseño y construcción del múltiple de admisión y escape en el torque y potencia de un motor ciclo Otto de 1100cc, mediante un software CFD y su validación experimental*. Chimborazo.
- Condo, A. (2017). *Sobredimensión de las camisas de refrigeración mediante la implementación de sleeves para la repotenciación de un motor de competencia*. Chimborazo: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Crouse, W. (2018). *Conoce tu Coche: Modificaciones a tu auto que tal vez no sabías*. México.
- Cuesta, O. (2017). Contaminación atmosférica por fuentes móviles en la calle Reina, La Habana. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(1), 78-88.
- Das, A., & Mukherjee, V. (2020). Quantum-enhanced finite-time Otto cycle. *Physical Review Research*, 033083.
- El Tiempo. (19 de Mayo de 2016). *Redacción Motor*. Obtenido de <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/jueves-mecanica-revision-sistema-escape/26309>
- Erazo, W., Quiroz, J., Salazar, B., Pallo, A., Quiroz, L., & Zambrano, V. (2017). Modelación del parámetro de identificación de diagnóstico PID's, del sensor de temperatura de refrigerante del motor ECT del sistema de control de inyección electrónica de

- combustible EFI, mediante regresión no lineal. *INNOVA Research Journal*, 2(12), 112-122. doi: <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n12.2017.308>
- Espinoza, S. (2019). *Análisis de las emisiones de los gases contaminantes de un motor combustión interna, durante el periodo de prueba, utilizando colectores de admisión metálicos y plásticos*. Facultad de Mecánica Automotriz. Quito: UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3921>
- Estrada. (2015). . Diseño e implementación del sistema para reducción y contaminación auditiva y por emisiones. *Bachelor's thesis, Universidad del Azuay*.
- Fan, H. (2022). Special issue “Sustainable Architecture and Urban Environment”. (Letter, Ed.) *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38(I). doi:<https://doi.org/10.20937/RICA.54794>
- Fonseca. (2018). Problemas asociados a la medida de emisiones máxicas instantáneas en motores de vehículos. *El Mecánico*.
- GazWiki. (7 de Septiembre de 2020). Recuperado el 16 de Septiembre de 2021, de https://gaz.wiki/wiki/es/Toyota_Mark_II
- González, C. (2020). *rototipo IoT para la medición de la polución atmosférica en la Universidad Católica de Colombia*. Colombia.
- Grima. (2017). Manual práctico del automóvil reparación, mantenimiento. *Grupo BOCH*.
- Heywood, J. B. (2018). *Internal combustion engine fundamentals*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hinojosa, D. (2014). Diseño y construcción del sistema de control de ingreso y salida de gases del motor Honda CBR 600 F4i para el prototipo formula SAE 2014. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*, 2-22.

hmong. (15 de enero de 2020). *hmong.es*. Obtenido de hmong.es:
https://hmong.es/wiki/Toyota_R_engine

Jiménez, F., López, J., Aparicio, F., & Flores, N. (2009). Technologies comparison for exhaust emissions reduction in urban buses. *Scopus*, 84(1), 33-37. Obtenido de
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77951835997&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=reduccion+de+gases+contaminantes&sid=75e5cad15c4ca76b9f1bf2c19509d194&sot=b&sdt=b&sl=47&s=TITLE-ABS-KEY%28reduccion+de+gases+contaminantes%29&relpos=2>

Keyes, B. (21 de Julio de 2017). *Puro Motores*. Obtenido de
<https://www.puromotores.com/13147437/las-partes-de-un-sistema-de-escape>

Korenfeld, M. (25 de Febrero de 2013). *Autos y Motos*. Obtenido de
https://www.taringa.net/+autos_motos/motor-de-4-tiempos_i6o49

Lamilla. (2018). Gases de escape. *El Mecanico*.

Lopatin, O. P. (2020). Phenomenology of nitrogen oxides formation in a gas-diesel engine. *Journal of Physics: Conference Series*, 042009.

López, E. (2018). *Efectos productivos por el cambio de presión atmosférica debido a la altitud y su relación con la pérdida de potencia en los motores de combustión interna ciclo Otto Mitsubishi 4G94*. Guatemala.

Medina, N., & Larios, C. (2018). *Sistema de monitoreo remoto, inalámbrico y en tiempo real de los niveles de concentración de dos contaminantes atmosféricos definidos en la Norma técnica Nicaragüense de calidad del aire. 2018*.

- Moyano, J. (2019). Diseño y análisis CFD del flujo de gases de un header en un motor de 200 cc. *Ciencia Digital*, 3(3), 119-128.
- Noroña, M. (2017). Análisis de los efectos que se producen al utilizar repuestos genéricos en el sistema de control de emisiones del Chevrolet Sail 1,4l 2012. *INNOVA*, 2(10), 92-115. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n10.2017.430>
- Ocampo, S. (2017). *Estudio de velocidad de flujometría en los gases del escape* . Quito.
- Olabi, A. G., Maizak, D., & Wilberforce, T. (2020). Review of the regulations and techniques to eliminate toxic emissions from diesel engine cars. *Science of The Total Environment*, 141249.
- Pesantes, D. (2017). *Estudio de la velocidad de flujometria y temperatura en los gases del escape*. Quito.
- Pilco, A., Rodríguez, & Henry. (2018). *Análisis de un modelo de predicción del consumo instantáneo de combustible basado en señales de los sensores del sistema de inyección para el automóvil Chevrolet Aveo Family 1.5 L*. Chimborazo.
- Poran, A., & Tartakovsky, L. (2017). Performance and emissions of a direct injection internal combustion engine devised for joint operation with a high-pressure thermochemical recuperation system. *Energy*, 214-226.
- Prieto, A. (14 de febrero de 2020). *El catalizador: Qué es, qué elementos lo componen y cómo funciona*. Obtenido de www.autonocion.com: <https://www.autonocion.com/el-catalizador-que-es-partes-componentes-y-funcionamiento/>
- Qiao, Q., Zhao, F., Liu, Z., Jiang, S., & Hao, H. (2017). Cradle-to-gate greenhouse gas emissions of battery electric and internal combustion engine vehicles in China. *Applied Energy*, 1399-1411.

- Raman, V., Tang, Q., An, Y., Shi, H., Sharma, P., Magnotti, G., & Johansson, B. (2020). Impact of spray-wall interaction on the in-cylinder spatial unburned hydrocarbon distribution of a gasoline partially premixed combustion engine. *Combustion and Flame*, 157-168.
- Reitz, R. D., Ogawa, H., Payri, R., Fansler, T., Kokjohn, S., Moriyoshi, Y., & Zhao, H. (2019). IJER editorial: the future of the internal combustion engine. *International Journal of Engine Research*.
- Rodríguez , C., Serrano, G., & Vela, P. (2018). *Estudio de los gases contaminantes modificando la relación de compresión en un vehículo*. Facultad de Mecánica Automotriz. Quito: UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2495>
- Suntaxi, A. (2019). *Análisis comparativo de las variables de temperatura, sonorización y flujo de gases en un sistema de escape diseñado para un vehículo chevrolet sail 1.4 L*. Guayaquil.
- Toyco Gasket Manufacturer Co., Ltd. (2022). *Empaque Múltiple de admisión y escape*. Obtenido de <https://es.engine-gasket-manufacturers.com/manifold-gasket.htm#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20empaques%20m%C3%BAltiple%20de,mejorar%20la%20eficiencia%20del%20combustible>.
- Toyocostanoticia. (20 de Mayo de 2014). *Sistema de escape del vehículo*. Obtenido de <http://www.toyocosta.com/blog/sistema-de-escape-del-vehiculo/>
- Toyota motor corporation. (2012). *toyota-global*. Obtenido de toyota-global: https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/vehicle_lineage/car/id60013054/index.html

- Valdiviezo, K. (2015). *Estudio técnico de implementación de un centro para la revisión de análisis de gases contaminantes en vehículos a gasolina y diesel en el gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón pasaje*. Guayaquil: UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/825>
- Vásquez, L. (2018). *Construcción de un silenciador* . Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/13772564/>
- Vizcaíno, L. (2020). *Implementación de un sistema prototipo de administración de inventario de bienes utilizando una aplicación móvil con sistema operativo Android y tecnología NFC para la Escuela Politécnica Nacional*. Quito.
- Wang, Y., & Kulatilaka, W. D. (2018). Detection of carbon monoxide (CO) in sooting hydrocarbon flames using femtosecond two-photon laser-induced fluorescence. *Applied Physics B*, 1-8.

