

Conference Paper

Study of the Temperature Behavior in the Flow of Combustion Gases of a Gasoline Engine in its Exhaust System Using the PTEC-593 Driving Cycle

Estudio del comportamiento de la temperatura en el flujo de los gases combustionados de un motor a gasolina en su sistema de escape mediante el ciclo de conducción PTEC-593.

J Anchatuña*, J Pancha, and R Moreno

Escuela Ingeniería Automotriz, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba Ecuador

IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA RED
ECUATORIANA DE
UNIVERSIDADES Y
ESCUELAS POLITÉCNICAS Y
IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA TECNOLOGÍA
EMPRENDIMIENTO E
INNOVACIÓN
SECTEI-ESPOCH 2022

Corresponding Author: J
Anchatuña; email: Jeffer-
son.anchatunia@epoch.
edu.ec

Published: 9 November 2023

Production and Hosting by
Knowledge E

© J Anchatuña et al. This
article is distributed under the
terms of the [Creative
Commons Attribution
License](#), which permits
unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and
source are credited.

Abstract

This study aims to analyze the temperature behavior along the exhaust system based on the PTEC-593 conduction cycle using thermocouples. A bibliographic review has been carried out to understand the temperature distribution throughout the system; therefore, four points were chosen for the study the exhaust manifold, before the catalyst, then the catalyst, and the end of the exhaust pipe. Thus, the vehicle exhaust system is coupled with type K thermocouples and modified to include a three-way catalyst and a new system with SAE J403 1008 steel pipe of 2 1/2 inches in diameter. The tests during the driving cycle were carried out in the city of Latacunga at an altitude of 2800 meters and an average temperature of 12°C. Other tests involved idling at different times of the day, and the last one was on the route of “the chasqui,” so the vehicle is in several possible scenarios. As a result, the exhaust manifold temperature was higher than 417°C, the initial system temperature after the catalyst was 310°C, the exhaust pipe end temperature was lower than 160°C, and the idling temperature did not exceed 230°C. It was concluded that the best place to place a TEG is after the catalyst because at this time we do not affect the wrong readings of the lambda probe, which would lead to fuel consumption and high emissions of polluting gases.

Keywords: *thermal energy, exhaust temperatura, exhaust manifolds, catalysts, driving cycle, energy efficiency.*

Resumen

El propósito de este estudio es analizar el comportamiento de la temperatura a lo largo del sistema de escape basado en el ciclo de conducción PTEC-593 utilizando termocuplas. Para ello se ha realizado una revisión bibliográfica donde se puede entender la distribución de temperatura a lo largo del sistema, por tanto se escogieron 4 puntos para el estudio: el colector de escape, antes del catalizador, después el catalizador y el final del tubo de escape. Así, al sistema de escape del vehículo se acoplo termocuplas tipo K, y se modificado para incluir un catalizador de tres vías y un nuevo sistema con tubería de acero SAE J403 1008 de 2 1/2 pulgadas de diámetro. Las pruebas durante el ciclo de conducción se realizaron en la ciudad de Latacunga a una altura de 2800 msnm y un clima promedio de 12°C, otras pruebas en ralentí a diferentes horas del día y en la última fue en la ruta de “el chasqui”,

 OPEN ACCESS



por lo que el vehículo se encuentra en varios escenarios posibles. Como resultado, la temperatura del colector de escape fue superior a 417 °C, la temperatura inicial del sistema después del catalizador fue de 310 °C, la temperatura al final del tubo de escape fue inferior a 160 °C y la temperatura de ralentí no superó los 230 °C. Se concluyó que el mejor lugar para colocar un TEG es después del catalizador, debido a que en este momento no afectamos las lecturas erróneas de la sonda lambda, que conllevaría a un consumo de combustible y alta emisión de gases contaminantes.

Palabras Clave: <ENERGÍA TÉRMICA>, <TEMPERATURA DE ESCAPE>, <MÚLTIPLES DE ESCAPE>, <CATALIZADORES>, <CICLO DE CONDUCCIÓN>, <EFICIENCIA ENERGETICA>.

1. Introducción

En el Ecuador no existe una ley que al 100% delimite las modificaciones que se pueden realizar a un motor de combustión interna es por ello que la modificación más común que encontramos generalizada sobre sistema de escape sin tomar en cuenta los parámetros que exige el fabricante y en cuanto la contaminación ambiental ni energía que esté puede llegar a disipar pues este último al no aparecer tan importante ha pasado por desapercibido por lo que no existen investigaciones de las cuales se puedan sacar conclusiones de cuánta energía se disipa en el sistema de escape pues esta misma llega a generar una pérdida y por ende un calor cedido al sistema de un 32%.

Los fabricantes de vehículos diseñan colectores de escape que pueden soportar hasta 1100 °C dependiendo del material del cual está fabricado, en cuanto a los tubos de escape se puede tratar una infinidad de temas siendo el primordial la temperatura disipada en ellos, de igual manera otro tema que va a la par es la altura a la cual funciona estos motores de combustión interna pues la mayoría no está diseñado para trabajar sobre los 2700 MSNM he aquí un problema que se ve en el Ecuador, pues por la geografía de nuestro país podemos conducir vehículos sobre los 2750 MSNM y si a esto le sumamos manejarlos en hora pico en donde el tráfico llega a ser muy alto nos encontramos con la combinación perfecta de contaminación y pérdidas caloríficas en el vehículo.

La Fórmula 1 es de laboratorio de la zona automotriz un ejemplo de ello son los famosos MGUH, los cuales son sistemas de recuperación de energía en base al calor desprendido por los sistemas de escape, es así como los grandes ensambladores de vehículos están implementando esta tecnología a las nuevas flotas un ejemplo de ello es BMW quién a partir de su recuperador de energía pretende reutilizar al menos del 25% de esta misma.

Pero uno de los grandes problemas que tenemos es no saber dónde ubicar correctamente este sistema de recuperación pues son muy diferentes los sistemas de escape de un Fórmula 1 a los de un vehículo de fabricación en masa, es porque en necesario en nos basaremos en definir el mejor punto de recuperación de energía mediante pruebas dinámicas en un vehículo de fabricación en masa que circula por sobre los 2700 metros sobre el nivel del mar.

2. Marco teórico

2.1. Sistema de escape

El sistema de escape es un conjunto de componentes que intervienen en la evacuación de los gases producidos por la combustión del motor hacia la atmósfera. El sistema de escape del motor de recambio posee dos funciones, se encarga de evitar o reducir la contrapresión de escape, evacuar los gases de combustión por el motor y también de reducir el ruido generado causado por el proceso que genera ondas de presión en el flujo de aire por ende el diseño de estos sistemas debe ser cauteloso.

Se sabe que incluso el motor de combustión interna más sofisticado solo puede convertir un máximo del 35-40% de la energía del combustible en energía mecánica. Es decir, inmediatamente después de salir de la cámara de combustión del motor, la temperatura de los gases de escape puede oscilar entre 800 °C y 900 °C.

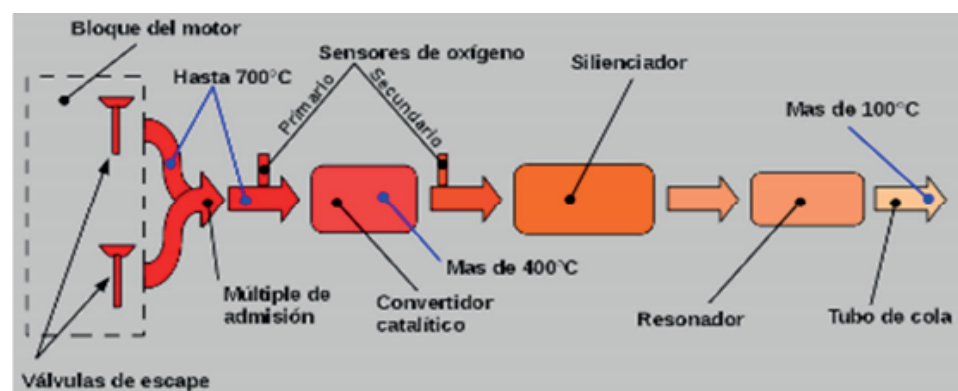


Figura 1

Sistema de escape de un MCI. Fuente: (1)

Es así como el sistema de escape se conforma por:

COLECTOR DE ESCAPE: el cual se conforma por una red de tuberías las cuales se encargan de recibir los gases generados por la combustión y se encargan de

dirigir a estos gases a la atmosfera, deben cumplir con normas de resistencias de altas temperaturas, corrosión, etc.

TUBERÍA: es la conexión entre el múltiple o colector de escape, catalizador y el final del sistema de escape.

CATALIZADOR: es el encargado en transformar los gases (CO,HC y NOx) en gases menos nocivos para el ambiente y que cumpla con las normas de emisiones EURO, cabe recalcar que para que esta desintegración de gases sea efectiva se la debe realizar sobre los 750°C (2),pero depende del vehículo ,pues un vehículo en condiciones normales empieza a descomponer los gases a 300°C.

SILENCIADOR: es el encargado en reducir los sonidos realizados por los gases al ser dirigidos al ambiente, limita la salida de estos y por ende también se lo elimina cuando se trata de “mejorar” el sistema de escape , en este punto encontramos temperaturas que rondan de entre 56°C y 96°C.

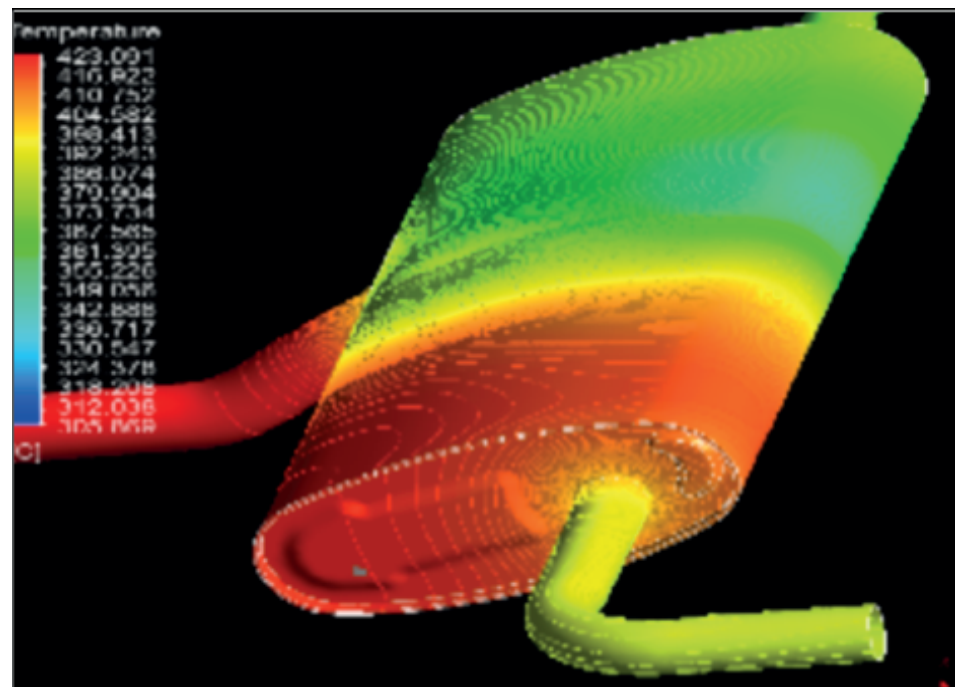


Figura 2

Disipación del calor en un silenciador. Fuente: (3).

2.2. Header

La función primordial es eliminar la contrapresión que se genera en el colector, así pues, esto se logra implementando un tubo de escape a cada cilindro y no uno solo para todos, como es la disposición original.



La alta temperatura del colector de escape hace que pierda calor de forma apreciable hacia al ambiente, tanto por convección, como por radiación, salvo que se aíse térmicamente el múltiple de escape, labor un tanto inconveniente por la escasa duración de los materiales a temperaturas altas, que pueden llegar a los 1.000 °C en motores rápidos de gasolina. (4)

2.3. Ciclo de conducción

Es un conjunto de datos de tiempo y velocidad registrados relacionados entre sí.

Para nuestro estudio ocuparemos el ciclo de conducción PTEC-593, diseñado por docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el cual habla de vehículos que circulan sobre los 2500MSNM y bajo circunstancias reales de manejo: un a velocidad moderada de entre 40 y 50 km/h y una velocidad tope de 90km/h en una vía perimetral.

2.4. Recuperación de energía

El calor presente tanto en el producto como en el subproducto del proceso se denomina calor residual, el cual eleva su temperatura por encima de la temperatura adecuada para la descarga o el almacenamiento. Este se lo puede utilizar para dos propósitos a la vez:

Recuperación y disipación de calor para su reutilización en otros dispositivos o dentro del mismo dispositivo.

Reducir la temperatura del vertido líquido y por tanto reducir la contaminación térmica.

Estas investigaciones se han intensificado a lo largo de los años.

2.4.1. RANKINE

Un sistema de ciclo Rankine utiliza un generador de vapor ubicado en una tubería de salida para vaporizar agua bajo presión. Cuando se calienta el gas de escape, el líquido se convierte en vapor, luego, este impulsa el expansor, la turbina o el pistón de un motor Rankine. El expansor se puede conectar directamente al cigüeñal de un motor térmico a un generador para producir electricidad.

Los estudios han demostrado que utilizar el ciclo Rankine para recuperar el calor de estos gases es más eficiente que otros sistemas, como los sistemas turbo complejos,

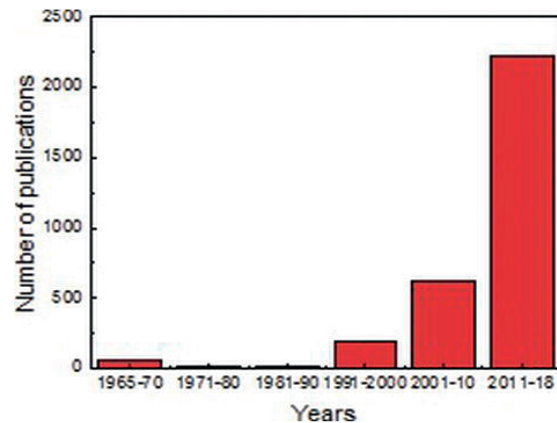


Figura 3

Número de publicaciones a lo largo de los años. Fuente: (5).

que utilizan una turbina conectada directamente al cigüeñal en función de la energía recuperada de los gases de escape.(6)

2.4.2. TEG

La otra tecnología, es el generador termoeléctrico (efecto Seebeck, Peltier, Thomson) también es una posibilidad de recuperar el calor del tubo de escape

Los gases de escape son una de las mejores maneras de recolectar energía por este medio pues (7) logra alcanzar los 427 grados kelvin en su estudio y así solo ser superado por la temperatura generada por el líquido refrigerante, cabe recalcar que, si aquí usamos esta investigación en un vehículo, no va a dar frutos, pues el anticongelante del vehículo no debe superar los 100 grados centígrados.

2.5. Ciclo de conducción

Un ciclo de conducción es una curva de velocidad, trazado en un gráfico de velocidad y tiempo, representa un estilo de conducción típico en la ciudad o carretera, teniendo en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, las características de la carretera, las características climáticas y geográficas (la altitud, la más importante de ellas) y las características del conductor.

En la actualidad los ciclos de conducción que se modelan en los laboratorios se asemejan tanto a la realidad en cuanto a los datos de emisiones de gases y consumo de combustible, pero siempre hay un inconveniente que puede conducir a resultados y conclusiones erráticos, pues tal como lo dice (8), los ciclos de conducción generados



pueden mitigar ciertos aspectos del riesgo en comparación con los datos de tráfico reales.

2.5.1. Ciclo PTEC-593

Es así como (9) crea este ciclo para ciudades de la zona andina del Ecuador donde dicho ciclo estima dos fases de circulación dentro de una ciudad a velocidades moderadas (40 y 50 km/h) y una fase final de carretera con una disminución de aceleraciones y velocidades de punta (hasta 90 km/h).

3. METODOLOGÍA

Además de las preguntas planteadas y los objetivos a alcanzar en este estudio, se puede señalar que este estudio es descriptivo, también es de naturaleza cuasiexperimental y se utiliza un enfoque cuantitativo

Los datos obtenidos en la presente investigación se realizaron bajo el ciclo de conducción PTEC-593 en la ciudad de Latacunga, ubicada a 2860MSNM, siendo así tres pruebas:

Prueba en relanti (durante 1 hora el vehículo se mantiene en relanti en 3 ocasiones; mañana, medio día, tarde)

Prueba en ruta (se escogió el sector del chasqui, el cual inicia a 2800MNSM y finaliza a 3000MSNM)

Prueba en ciudad, Latacunga que se encuentra a 2850MSNM y cuneta con un clima promedio de 12°C (recorriendo 20 km y con una velocidad promedio de 48km/h), en diferentes horas del día y diferentes días de la semana; cabe recalcar que este recorrido transcurre varias avenidas de la ciudad incluyen muchos desniveles en la calzada , contando también con un tráfico muy pesado.

Además de eso se contó con termocuplas tipo K ,pues soportan temperaturas de hasta 1200°C y tienen un cable aislado que ayuda a interrumpir las señales que no son necesarias, estas nos informan de la temperatura generada por los gases de escape, estos se colocaron en sectores específicos del tubo de escape.

1. Colector de escape (Ca).
2. Antes del catalizador (AC).
3. Después del catalizador (DC).
4. Final del tubo de escape (FE).



Para controlar todos los sensores y que estos trabajen en conjunto se creó una placa madre, la cual se conecta a una aplicación creada en Android, la cual nos informa de la temperatura en tiempo real o un margen de error de 3% y un intervalo entre mediciones de 6 segundos.



Figura 4

Interfaz de medición de temperatura. Realizado por: Elaboración propia.

Donde:

1. Temperatura 1: Indicador del sensor número 1, variable "CA"
2. Temperatura 2: Indicador del sensor número 2, variable "Ca"
3. Temperatura 3: Indicador del sensor número 3, variable "DC"
4. Temperatura 4: Indicador del sensor número 4, variable "FE"

Para la placa de componentes que nos ayudaron a transformar la temperatura en datos que se puedan extraer se usaron los siguientes componentes:

Arduino Bluetooth

8 borneras

o 4 borneras macho de 5 pines

o 4 borneras hembra de 5 pines

4 capacitor

o 2 capacitores de 220 μ F

o 2 capacitores de 1nF

1 placa de baquelita de 43mm X 70 mm

4 resistencias

o 2 de $10\text{k}\Omega$

o 1 de $220\ \Omega$

o 1 de $10\ \text{k}\Omega$

2 diodos

o 1N4007

o Led color verde

2 circuitos integrados

o 7805

o ATMEGA328P

2 socket de 2 terminales

o 1 socket de 2 terminales hembra

o 1 socket de 2 terminales macho

Se diseñó el diagrama electrónico en un programa de simulación electrónica, donde se simulo la corriente generada.

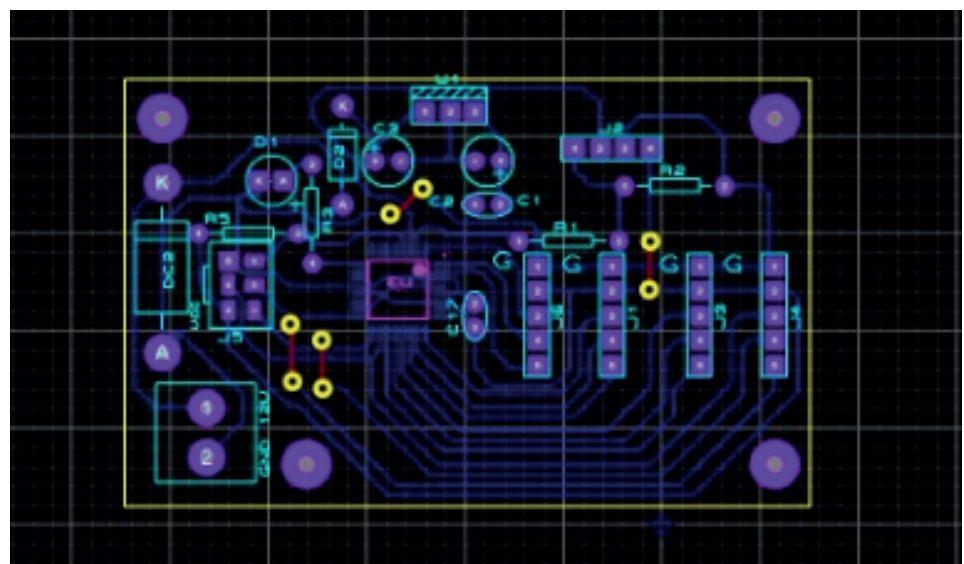


Figura 5

Diseño de la placa para su impresión.

Realizado por: Elaboración propia.

Para facilitar el análisis de los datos se clasifico las temocuplas con variables.



Cabe recalcar que nuestro estudio se realizó con dos sistemas de escape, el original del vehículo y con un header el cual fue diseñado con una tubería de 2 ½” pulgadas de diámetro y tubería negra AISI 190.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación se clasificaron de acuerdo con las variables planteadas

A continuación, se describen detalladamente todos los resultados del análisis estadístico y se fijan algunos aspectos del desempeño de la temperatura de los gases de escape, cabe recalcar que este no es un análisis que muestre porcentajes, pues el propósito de nuestra investigación es definir la temperatura que mayor frecuencia y en qué condiciones.

Por lo tanto, usamos: media, mediana, pico y rango para definir nuestro análisis; además del análisis ANOVA, utilizamos una prueba de comparación múltiple de medias, en nuestro caso LSD (menor diferencia), el nivel de confianza es del 95%. tal como lo hace (10) en su investigación, pues usamos el método de Tukey.

4.1. Colector de escape (Ca)

En este punto se registraron las mayores temperaturas independientemente del tipo de colector que dispongamos, siendo así las temperaturas más altas encontradas en la prueba realizada en ruta, ya que bajo el ciclo de conducción no se llegaron a las mismas temperaturas y es así como llegamos a la misma conclusión de (11), pues dice que “ es poco probable que un vehículo en condiciones normales , alcance temperaturas tan altas”, sin contar que dicha investigación cuenta con diferentes factores de prueba.

Se sabe que incluso los motores de combustión interna (ICE) más avanzados solo pueden convertir hasta un 35-40% de la energía del combustible en energía mecánica, después de salir de la cámara de combustión del motor, la temperatura de los gases de escape oscila entre 800°C y 900°C. Como resultado, los gases de combustión tienen un alto contenido de calor, transfiriendo hasta un 33% de la energía del combustible al medio ambiente, lo que no solo desperdicia energía, sino que acelera el grave problema de las emisiones de carbono. (12)

Por otro lado, si queremos conservar más tiempo esta temperatura generada por el MCI, es necesario tener un colector de escape diseñado con materiales altamente térmicos; ya que en nuestra investigación alcanzamos 419 °C con el sistema original y 396 °C con el header.

En algunos casos, se debe evitar la pérdida de temperatura de los gases en el colector de escape, ya que esta temperatura puede ingresar al compartimiento del motor y, por lo tanto, calentar el colector de escape y el aire de admisión, lo que reduce la eficiencia del motor. (2)

Por último, en relanti nunca se logró registrar temperaturas altas como en el resto de las 2 pruebas.

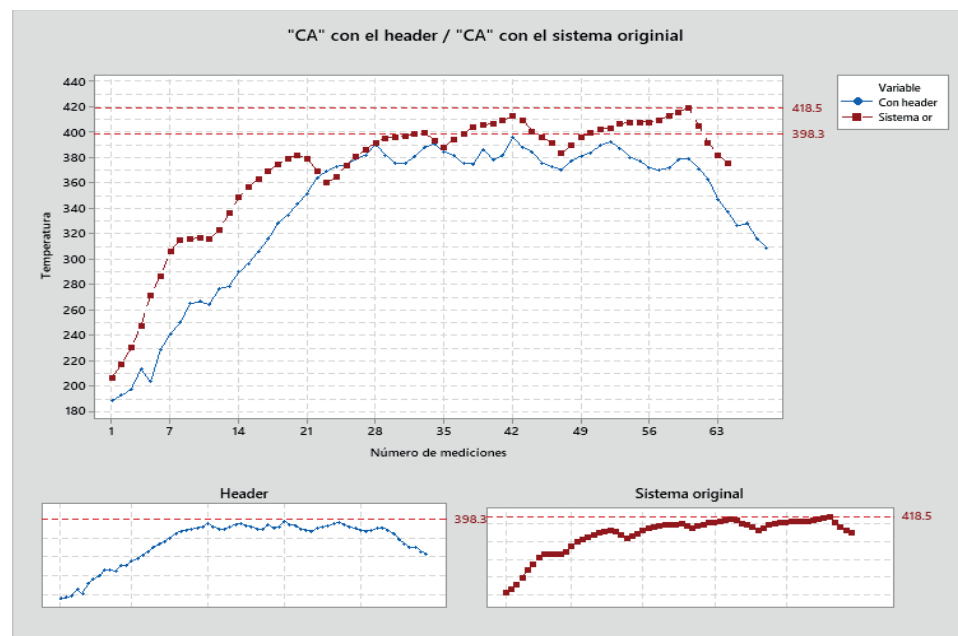


Figura 6

Sistema original VS. Header, valores más altos, variable "Ca".

Realizado por: Elaboración propia.

Nota: Las comparaciones se realizaron utilizando los datos de una prueba, pero el número de mediciones heterogéneas fue diferente para las dos variantes del estudio y, además, podemos decir que la forma de los datos gráficos tiene un patrón de "indicador de control".

4.2. Antes del catalizador (AC)

En este punto coincidimos con (13), el catalizador debe funcionar, de lo contrario las temperaturas son muy bajas, lo cual observamos en todas las pruebas realizadas indistintamente del sistema de escape utilizado y más bien observamos el aumento progresivo de la temperatura, hasta que el vehículo logre estar en "lazo cerrado".

En cuanto al análisis estadístico podemos mencionar que, la temperatura en la prueba en ruta y con el sistema original llega a ser solo un 18% mayor a la temperatura registrada con el header.

Para la demostración de resultados se seleccionó la prueba en relanti ,pues en la mayoría de los laboratorios cuentan con motores estacionarios, como (14), en su investigación junto a un Motor Cummins obtienen 15 grados centígrados a 825RPM.

En la investigación realizada por (5), se discute acerca de la temperatura que llega a registrarse antes del catalizador , pues esta disminuye , tal cual se observó en nuestra investigación esto también puede venir ligado de la posición en la cual se encuentra el catalizador y de la distancia que deben recorrer los gases combustionados.

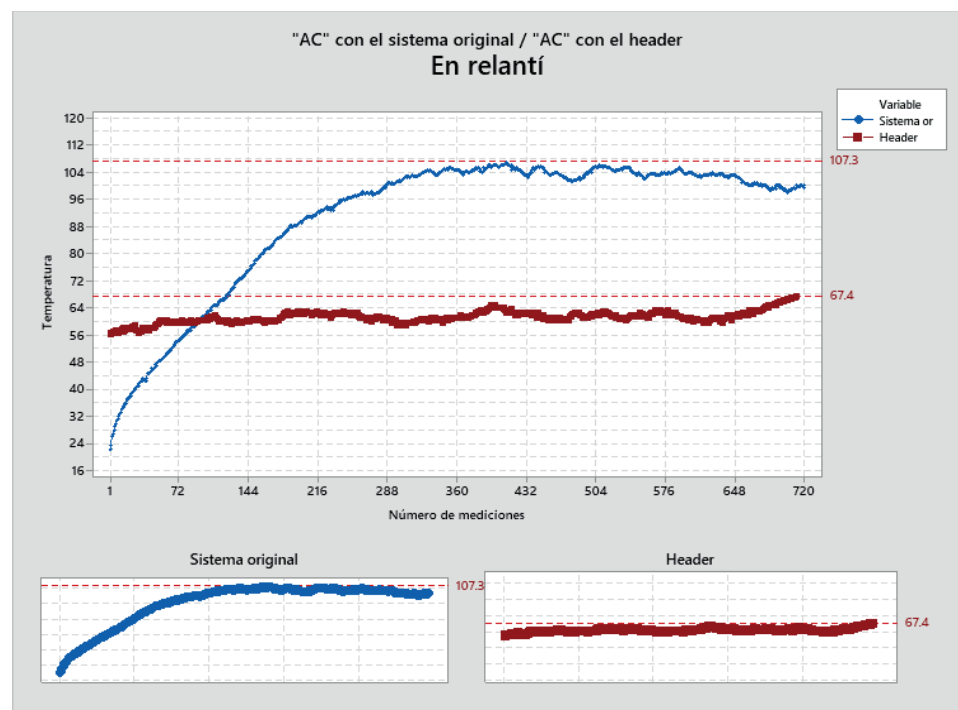


Figura 7

Valores más altos de la variable "CA", en relanti.

Realizado por: Elaboración propia.

Nota: Hay un indicador indicativo en el gráfico que empieza con la medida número 300, ya que, aunque el sistema inicial tiende a aumentar la temperatura rápidamente al principio, esta tendencia no se alcanza en la cabecera, que se mantiene entre 50 °C y 70 °C.



4.3. Después del catalizador (DC)

Luego de analizar los resultados de las pruebas realizadas, observamos que los gases disminuyen en un 14%, relativamente en comparación con los gases que ingresan al catalizador, sin mencionar que el catalizador llega a funcionar en 325 °C.

Por otro lado, discordamos de algunos autores, luego de una investigación literaria, pues la mayoría centra sus investigaciones en el catalizador, mas no en sus alrededores y así desvían sus estudios a la mezcla que se obtiene en la combustión y (15) nos dice que: “Las temperaturas de combustión son máximas entorno al estequiométrico, y al oxígeno es tana más abundante, cuanto más pobre es la mezcla”.

Aquí se podría analizar otro punto como lo es el estado del sensor de oxígeno e inclusive del catalizador ,pues si la sonda lambda se encuentra deteriorada ,esta no va a mandar la información correcta a la ECU y va a inyectar más combustible ,por ende vamos a tener mas contaminación lo que va a hacer que el catalizador no funcione en sus parámetros correctos y así pues obtengamos un proceso de catálisis incorrecto y hacer que la temperatura se centre en el catalizador y no después de él, es así como (16) en su investigación concluye que los catalizadores depende del combustible y cada 100 000km deben ser sustituidos.

Finalmente, las mayores temperaturas fueron obtenidas con el sistema original y en la prueba realizada en ruta, pero si lo que requerimos es recuperar energía, una vez más el vehículo no debe estar en relanti, pero si se quiere retener más tiempo la temperatura si nos sirve, pues aquí la temperatura llega a ser constante, aquí concordamos con (17), pues en realidad para que un MCI limite sus emisiones contaminantes ,debe mantener constante su temperatura después del catalizador.

Realizado por: Elaboración propia.

Nota: Este gráfico comparativo no sigue ningún modelo porque sus valores son muy atípicos entre ellos, no tienen un punto de inicio o final común, por otro lado, como podemos ver la cantidad de mediciones que genera el vehículo, la temperatura es mayor cuando está en movimiento porque veremos altas temperaturas durante un corto tiempo.

4.4. Final del escape (FE)

Esa es el último punto de estudio, en el cual, en todas la pruebas obtuvimos temperaturas bajas, en comparación con el resto de los puntos de estudio y concordamos con (18), pues en su investigación expone datos similares, pues mientras más nos alejamos del inicio del calor, este va a disminuir y así, con una distancia de 200 pulgadas a

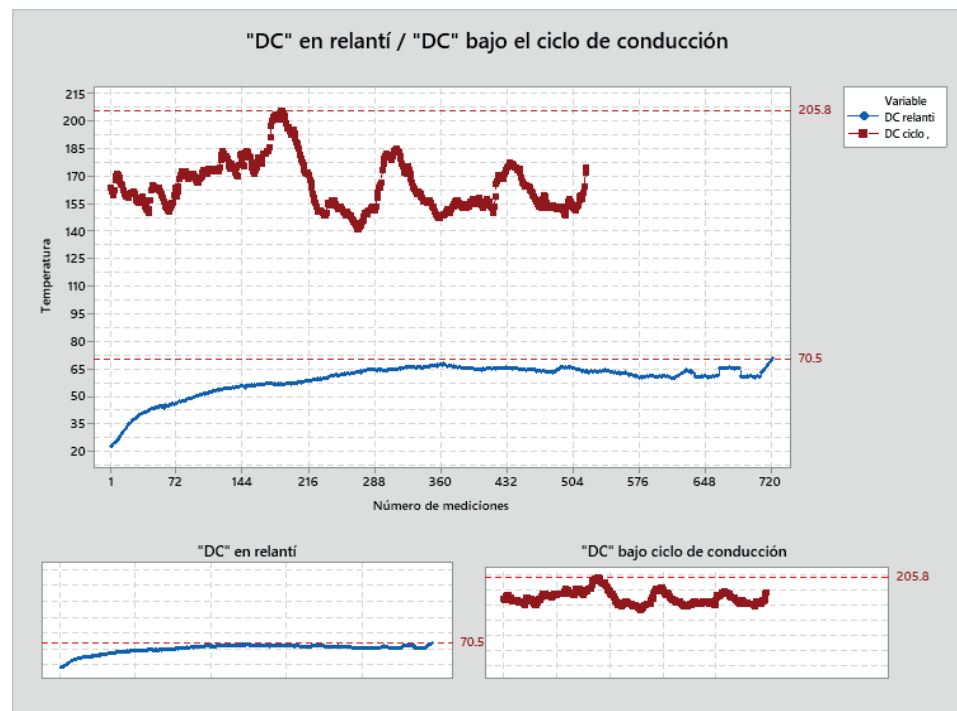


Figura 8

Ciclo de conducción VS. Relantí, variable "DC".

2000rpm llega a registrar 200°C., tomando en cuenta el cilindraje del motor usado en nuestro estudio y la carga a la que fue sometido nuestro MCI, así pues llegamos a registrar 165°C con 2500 rpm y debido a la altura que se expuso el MCI se registraron 10°C. en relantí a las 8:15 am.

Este sería un pésimo lugar para un recuperador de energía, independientemente del sistema de recuperación que se quiera usar.

A esto podemos sumarle que la disposición del final del tubo de escape depende del vehículo, pues en camiones en el Ecuador, tienen una disposición vertical la cual hace aun mas extensa esta distancia y que los gases lleguen con menos temperatura. Por otro lado, aquí se cumple con lo que nos menciona (19), pues efectivamente el aire es el peor conductor del calor, mientras que el metal si lo es.

Aquí podemos hacer hincapié en la altura a la que fue realizada nuestra investigación, pues a mayor altura menos poder de retención de calor encontraremos, además de esto vemos como la altura no influye en cuanto a la emisión de gases, este es otro punto por el cual encontramos temperaturas bajas en este sitio, pues (20), nos dice que las revoluciones por minuto son el factor más influyente en la emanación de CO y HC; conforme se incrementan las revoluciones, el porcentaje de CO es mayor y la cantidad de HC se reducen.

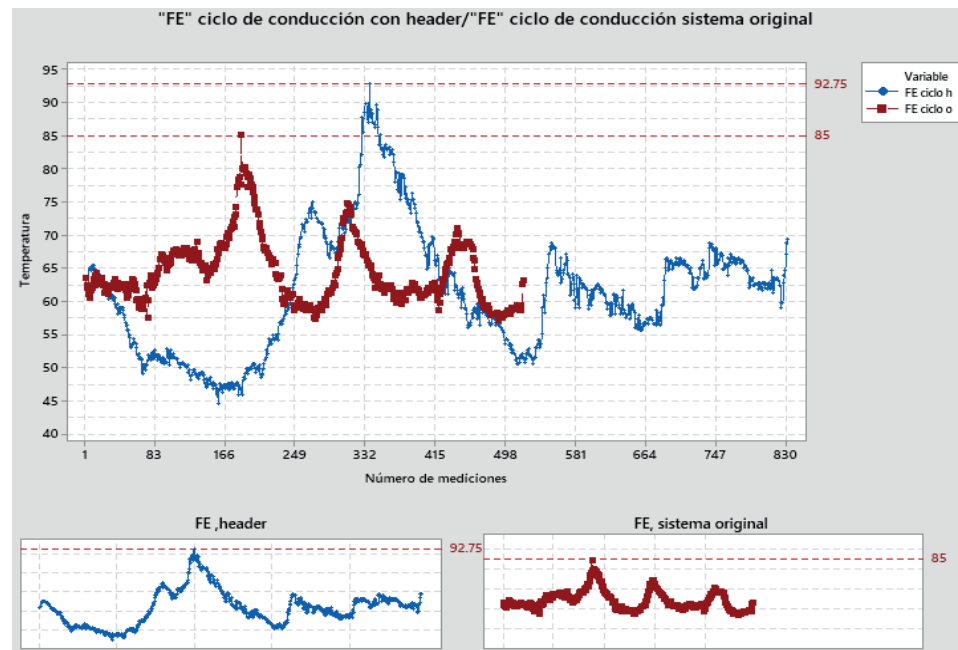


Figura 9

Pruebas bajo el ciclo de conducción, con el sistema original y el header.

Realizado por: Elaboración propia.

Nota: En esta comparación, la temperatura detectada en la punta del tubo de escape tiene un patrón de movimiento paralelo en la mayoría de sus trayectorias, lo que sugiere que podemos tener temperaturas similares en el 40% de los datos durante la misma prueba.

5. CONCLUSIONES

Después de la investigación literaria realizada, muchos de los recuperadores de energía, sean esos TEG o AETEG son diseñados en tal punto que soporten altas temperaturas provocadas por los gases de escape, en condiciones normales de conducción (vehículo a 3000rpm) y en la mayoría de las investigaciones se hacen con motores turboalimentados.

El cómo se encuentre situado el catalizador influye de una manera muy grande, pues si el catalizador se encuentra a una distancia muy corta del múltiple de escape, estos pueden generar más turbulencia en el colector de escape y por ende más presión al catalizador, lo que hará que esta zona retenga más temperatura, se ha visto casos de vehículos tales como: Spark, Hyundai, Volkswagen, etc. Que tienen su catalizador precedido del colector de escape.



En consecuencia, de esto ,especialmente en la marca Volkswagen , se genera una pérdida de calor muy grande , a tal punto de que esta ingresa al habitáculo , mientras que en el modelo AVEO de Chevrolet , este calor es tanto que llega a degradar en un 40% más rápido la batería a diferencia de otras marcas de vehículos .

Bien , en nuestro estudio el catalizador se encontró en la parte baja del vehículo a una distancia de 1 metro desde el colector de escape , lo cual hace que el catalizador tienda a no retener tanto calor y no sobre pasar de los 318 grados centígrados.

Otro punto importante ,en cuanto a la generación de calor , es el colector de escape , de igual manera , la ubicación de este es muy importante , pues si le sumamos que, en el Ecuador, la tendencia de no disponer de un termostato en el vehículo ha venido al alza , vamos a encontrar que el vehículo trabaje en frío y si ponemos este ejemplo en la prueba en ruta en sentido Norte- Sur , vamos a encontrar temperaturas que no superen los 150 grados centígrados. Tomamos el ejemplo de SUZUKI que son con su motor J20 , dispone de su colector de escape en el lado posterior izquierdo y cubierto por un protector de calor el cual ayuda a retener el calor en el colector.

El final del tubo de escape es el peor lugar para recuperar energía ,pues nunca se llegó a registrar temperaturas superiores a los 175 grados centígrados, además de que, por disposiciones de algunos vehículos , es el lugar donde más golpes se llega a tener y si disponemos de un TEG en ese lugar , su reposición va a ser muy costosa.

La temperatura en cualquier punto del sistema de escape no depende de la velocidad a la que circula el vehículo (por la posición del colector de escape), sino de las fuerzas a las que se ve sometido, ya que incluso a velocidades superiores a los 100 km /h, la temperatura que genera el vehículo a 85 km/h no se alcanza los 4000 rpm promedio necesarias para escalar la carretera E35

También se puede decir que las mejores condiciones para un generador de calor son el colector de escape original, seguido de un convertidor catalítico en la parte trasera del motor, y que este sea mayor de 1400 CC, mientras que tener un header no ayuda mucho a la generación de calor , pues al ser este fabricado artesanalmente no cuenta con el análisis CFD necesario para tomar en cuenta la turbulencia de los gases.

Finalmente, el mejor lugar para colocar el generador de calor y que no interfiera en el funcionamiento de la sonda lambda, para que no haya un consumo excesivo de combustible y un mayor grado de contaminación ambiental, es detrás del catalizador, y hay suficiente espacio para colocar en este lugar.



References

- [1] Fernández Junca J. Análisis de aprovechamiento de calores residuales de los gases de escape del motor térmico mediante efecto Seebeck en una unión Cu-Al [Internet]. 2014. Available from: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/23357>
- [2] Carrera Lovato M. Identificación de par motor y potencia en un motor de encendido provocado en función del sistema de escape [Internet]. 2019. Available from: https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTN_c2342eda74adb700915bd395e11bd697
- [3] Montúfar Paz P, Moreno Pallares RR, Choto Chariguaman LS, Buenaño Moyano LF, Escobar Guachambala MA. “Análisis Del Comportamiento Acústico Y Optimización Del Material Del Escape De Automóviles Livianos Equipados Con Turbo Compresor Mediante Herramientas De Dinámica De Fluidos Computacionales.” *Ciencia Digital* [Internet]. 2018;2(3):550–568. Available from: https://www.mendeley.com/catalogue/a537a952-1cbf-3b49-9a26-110c55cfb0a6/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B9dd194f1-cf6c-452e-89dd-d3cc72ff074f%7D
- [4] Lecuona A, Legrand M. “Temperatura de los gases de escape en motores turboalimentados.” IX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA TERMODINÁMICA – [Internet]. 2015;4(January):430–437. Available from: https://www.researchgate.net/publication/291658335_Temperatura_de_los_gases_de_escape_en_motores_turboalimentados%0D
- [5] Balseca Sampedro OF, Ponce Ponce CA, Silva Castelo WA, Lopez Ortiz SA. “Proceso termodinámico que permite transformar calor residual de automóviles en energía eléctrica.” *Dominio de las Ciencias* [Internet]. 2020;6(2477–8818):425–447. Available from: <https://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1292>
- [6] Punov P, Milkov N, Danel Q, Perilhon C, Podevin P, Evtimov T. “Optimization of automotive Rankine cycle waste heat recovery under various engine operating condition.” *AIP Conf Proc* [Internet]. 2017;1814:1–10. Available from: <https://aip.scitation.org/toc/apc/1814/1>
- [7] Picco S, Villegas L, Tonelli F, Merlo M, Rigau J, Diaz D, et al. “Automotive waste heat recovery by thermoelectric generator technology.” *Intech* [Internet]. 2016;9(tourism):13. Available from: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- [8] González-Oropeza R. Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del



- auto transporte. Ingeniería Investigación y Tecnología [Internet]. 2005;6(3):147–162. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v6n3/1405-7743-iit-6-03-147.pdf>
- [9] Montúfar Paz P, Abad Padilla C, Quinga MI, Razo Cifuentes AV. “Análisis de los factores de emisión dinámicos para el vehículo Toyota Hi Lux con motor de Ciclo Otto S.I para altitudes superiores a los 2500 metros.” *Ciencia Digital*. 2019;3(2):602–619.
- [10] Rocha Hoyos JC, Llanes Cedeño EA, Celi Ortega SF, Peralta Zurita DC. “Effect of the addition of biodiesel on the performance and opacity of a diesel engine.” *Informacion Tecnologica* [Internet]. 2019;30(3):137–146. Available from: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3897/1/0718-0764ROCHAJUAN2019-06-16.pdf>
- [11] Massaguer A, Massaguer E, Comamala M, Pujol T, Montoro L, Cardenas MD, et al. “Transient behavior under a normalized driving cycle of an automotive thermoelectric generator.” *Appl Energy* [Internet]. 2017;206(September):1282–1296. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.015>
- [12] Huang K, Yan Y, Li B, Li Y, Li K, Li J. “A novel design of thermoelectric generator for automotive waste heat recovery.” *Automotive Innovation* [Internet]. 2018 Jan 1;1(1):54–61. Available from: https://www.mendeley.com/catalogue/f20fc06d-1d83-3883-8f1c-c987950e321e/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bc61406c3-23da-33dc-9452-6eb4c006dc21%7D
- [13] Bai S, Lu H, Wu T, Yin X, Shi X, Chen L. “Numerical and experimental analysis for exhaust heat exchangers in automobile thermoelectric generators.” *Case Studies in Thermal Engineering* [Internet]. 2014;4:99–112. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csite.2014.07.003>
- [14] Aguiñaga Ramírez E, P. HO, Martinez Martinez S, Sanchez Cruz F, Urbalejo De la Rosa D. “Análisis numérico de la geometría de un intercambiador de calor para su acoplamiento en un sistema de generación termoeléctrica para los gases de escape de un motor de combustión interna mediante CFD.” *CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* [Internet]. 2018;24:39–47. Available from: http://somim.org.mx/memorias/memorias2018/articulos/A4_187.pdf
- [15] Rocha Hoyos J, Zambrano VD. Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos [Internet]. 2016. Available from: https://www.researchgate.net/publication/308994095_Analisis_del_funcionamiento_del_motor_de_encendido_provocado_debido_a_la_presencia_de_aditivos
- [16] Valencia Lopez WDavid. Medición Y Comparación De Los Índices De Deterioro De Dos Catalizadores Operados Con Mezclas De Etanol-Gasolina



- [Internet]. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA; 2015. Available from: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/02946fac-ecb1-40ed-8826-d1b39d2e31b4/content>
- [17] Younkings M, Chen S, Wilcutts M. Lean burn internal combustion engine exhaust gas temperature control [Internet]. Vol. 2. 2019. Available from: <https://patentimages.storage.googleapis.com/5e/be/a5/eea4251730687a/US10494971.pdf>
- [18] Aladayleh W, Alahmer A. "Recovery of exhaust waste heat for ICE using the beta type stirling engine." *Journal of Energy* [Internet]. 2015;2015(February):1–8. Available from: https://www.researchgate.net/publication/271643836_Recovery_of_Exhaust_Waste_Heat_for_ICE_Using_the_Beta_Type_Stirling_Engine
- [19] Kreith F, Manglik R, Mark B. PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Septima. Vol. 15. Mexico, D.F: CENGAGE Learning; 2016. 23 p.
- [20] Arroyo ES, González AFC, Navarrete RPI, Obando JLM. Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado. *Ingeniería y Desarrollo*. 2020;38(1):148.