

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Carrera

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP mediante CFD y pruebas de emisiones en ruta con el uso de técnicas de manejo apropiado y ecológicas.

Leonardo David Luna Unda

Nota del Autor

Leonardo David Luna Unda, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Julio Leguisamo, M.Sc,

Codirector: Ing. Santiago Celi, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

lluna.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Leonardo David Luna Unda, con cédula de identidad 1002876041, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Leonardo David Luna Unda

CI: 1002876041

Índice de Contenidos

Índice de Tablas	5
Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
Antecedentes.....	14
Problemática	14
Justificación	15
Objetivos.....	16
Estado del Arte	17
Método	31
Estrategia Metodológica.....	32
Problema a Investigar	33
Técnicas de conducción eficiente para ahorro de combustible	33
Vehículo de pruebas.	38
Equipos de medición	41
Prueba on board	46
Ciclo de ruta.....	47
Pruebas	56
Conexión de equipos de comprobación.....	57
Ejecución de pruebas	61

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Resultados	65
Análisis de datos	65
Análisis de la presión en válvula canister	78
Discusión de resultados	111
Conclusiones	128
Recomendaciones	130
Bibliografía.....	131
Anexos.....	143

Índice de Tablas

Tabla 1.....	38
Tabla 2.....	40
Tabla 3.....	41
Tabla 4.....	43
Tabla 5.....	44
Tabla 6.....	46
Tabla 7.....	47
Tabla 8.....	51
Tabla 9.....	52
Tabla 10.....	52
Tabla 11.....	65
Tabla 12.....	66
Tabla 13.....	67
Tabla 14.....	67
Tabla 15.....	67
Tabla 16.....	68
Tabla 17.....	68
Tabla 18.....	111
Tabla 19.....	112

Índice de Figuras

Figura 2. Esquema del sistema de control de emisiones de evaporación	21
Figura 3. Válvula EVAP	22
Figura 4. Válvula de ventilación de vapor de combustible	23
Figura 5. Canister	23
Figura 6. Válvula de ventilacion del canister	24
Figura 1 Metodología de las etapas de las pruebas	32
Figura 7. Consumo de combustible basado en aceleración de un Pontiac G5	34
Figura 8. Consumo de combustible basado en una velocidad constante	35
Figura 9. Sistema de anticipación de tráfico de Audi	36
Figura 10. Consumo de combustible basado en la zona de velocidad óptima	36
Figura 11. Consumo de combustible basado en velocidad	37
Figura 12. Consumo de combustible basado en el deslizamiento libre	37
Figura 13. Diagrama de identificación de modos de trabajo.....	39
Figura 14. Escáner Maxidas	42
Figura 15. Analizador de gases	44
Figura 16. Tanque de presión de combustible.....	45
Figura 17. Ciclo propuesto prueba dinámica	49
Figura 18. Analizador listo para iniciar medición.....	58
Figura 19. 50 Tecla ENTER.....	59
Figura 20. Equipo instalado en el portamaletas	60
Figura 21. escape se pasará al interior del vehículo para ser conectada con el analizador de gases	60
Figura 22. Ejemplo de gráfica de control de medias.....	63
Figura 23. Gráfica de control de consumo de combustible por litro.....	66

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 24. Vista isométrica de PCV válvula canister purga.	69
Figura 25. Vista de sección de PCV por donde entra la gasolina evaporada.	69
Figura 26. Vista de sección de PCV y componentes internos.....	70
Figura 27. Vista isométrica del volumen finito.....	70
Figura 28. Vista de sección del volumen finito.....	71
Figura 29. Volumen finito modificado.....	71
Figura 30. Entrada y salida del fluido.	72
Figura 31. Mallado y calidad del elemento.	72
Figura 32. Damos clic en Pressure-based, Absolute y Transient; esto como primera condición del análisis.....	73
Figura 33 seleccionamos Models, Viscous, y damos clic en k-epsilon, Realizable y Scalable Wall Functions.	73
Figura 34. seleccionamos Materials, damos clic en Create/Edit, Fluent Database y seleccionamos el Diesel-Vapor, por ultimo damos clic en Copy y luego en Close.....	74
Figura 35. Seleccionamos Cell Zone Conditions, damos clic en el componente y ubicamos el fluido de trabajo	75
Figura 36. seleccionamos Entrada y en Type escogemos Velocity-inlet, y digitamos la velocidad de entrada del flujo.	76
Figura 37. Seleccionamos Salida y en Type escogemos Pressure-outlet, y digitamos la presión de salida.....	76
Figura 38. clic en Solution Initialization, Hybrid Initialization y por último en Initialize	77
Figura 39. Una vez realizado todos los pasos en orden, damos clic en Calculate y esperamos.	77
Figura 40. Estructuración del caso 1	78
Figura 41. Estructuración del caso 2.	79

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 42. Estructuración del caso 3.	79
Figura 43. Estructuración del caso 4.	80
Figura 44. Estructuración del caso 5.	80
Figura 45. análisis de presión Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, V=4.14*10-4 m/s.	81
Figura 46. Análisis de presión de la válvula modificada caso 1	82
Figura 47. Análisis de presión Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.	83
Figura 48. Análisis de presión de la válvula modificada caso 2	84
Figura 49. Análisis de presión Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.	85
Figura 50. Análisis de presión de la válvula modificada caso 3	86
Figura 51. Análisis de presión Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.	87
Figura 52. Análisis de presión de la válvula modificada caso 4	88
Figura 53. Análisis de presión Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s	89
Figura 54. Análisis de presión de la válvula modificada caso 5	90
Figura 55. Análisis de velocidad Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, V=4.14*10-4 m/s.	91
Figura 56. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 1	92
Figura 57. Análisis de velocidad Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.	93
Figura 58. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 2	94

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 59. Análisis de la velocidad Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.....	95
Figura 60. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 3	96
Figura 61. Análisis de la velocidad Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.....	97
Figura 62. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 4	98
Figura 63. Análisis de velocidad Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.....	99
Figura 64. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 5	100
Figura 65. Análisis de la turbulencia Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, V=4.14*10 ⁻⁴ m/s.....	101
Figura 66. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 1	102
Figura 67. Análisis de la turbulencia Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.....	103
Figura 68. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 2	104
Figura 69. Análisis de turbulencia Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.....	105
Figura 70. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 3	106
Figura 71. Análisis de turbulencia Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.....	107
Figura 72. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 4	108
Figura 73. Análisis de turbulencia Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.....	109
Figura 74. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 5	110

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 75. Comparación de Análisis de presión Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.....	112
Figura 76. Comparación de análisis de presión Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, $V=0.74$ m/s.....	114
Figura 77. Comparación de análisis de presión Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, $V=0.39$ m/s.....	115
Figura 78. Comparación de análisis de presión Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, $V=2.12$ m/s.....	116
Figura 79. Comparación de análisis de presión Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, $V=1.11$ m/s.....	117
Figura 80. Comparación de análisis de velocidad Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.....	118
Figura 81. Comparación de análisis de velocidad Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, $V=0.74$ m/s.....	119
Figura 82. Comparación de análisis de la velocidad Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, $V=0.39$ m/s.....	120
Figura 83. Comparación de análisis de la velocidad Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, $V=2.12$ m/s.....	121
Figura 84. Comparación de análisis de velocidad Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, $V=1.11$ m/s.....	122
Figura 85. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.....	123
Figura 86. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, $V=0.74$ m/s.....	124

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 87. Comparación de análisis de turbulencia Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.	125
Figura 88. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.	126
Figura 89. Comparación de análisis de turbulencia Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.	127

Resumen

Este proyecto se realizó con el fin de generar ingeniería o reingeniería sobre autopartes que se importan en el Ecuador con el fin de mejorarlas y brindar soluciones técnicas adaptadas a la geografía nacional, el presente estudio analiza el funcionamiento de la válvula de purga del canister utilizando técnicas de manejo apropiadas. En la primera parte de este trabajo se hace una revisión bibliográfica de artículos científicos sobre temas parecidos, a continuación, se realiza pruebas de ruta en ciclos de conducción para obtener los datos de presión, velocidad y turbulencia de trabajo dentro de la válvula y estos datos compararlos con los de la simulación en el programa ANSYS para validar los mismo. La simulación demostró que el diseño original de la válvula del vehículo de prueba Chevrolet Aveo Family, se observaba una disminución de los valores cuando se realizó la modificación de la válvula debido a que el diámetro fue aumentado. Con estos problemas se rediseño la válvula de purga del canister pensando en mejorar su funcionamiento para un óptimo funcionamiento del motor, se aumentó el diámetro de entrada de la gasolina evaporada las medidas del riel en un 1,28% - 12,52% -18,90% -26,73% -35,72% logrando así optimizar su funcionamiento. Con estos antecedentes se recomienda la construcción de este diseño para sus pruebas en la realidad física y superada esta etapa se podría fabricar la pieza e introducirla en el mercado de autopartes nacionales.

Palabras clave: Canister, Electrovalvula, EVAP, PCV, ERG

Abstract

This project was carried out with the purpose of generating engineering or reengineering on auto parts that are imported in Ecuador in order to improve them and provide technical solutions adapted to the national geography, the present study analyzes the operation of the canister purge valve using techniques of proper handling. In the first part of this work a bibliographic review of scientific articles on similar topics is made, then, it is carried out road tests in driving cycles to obtain the data of pressure, speed and turbulence of work inside the valve and this data compare them with those of the simulation in the ANSYS program to validate them. The simulation showed that the original valve design of the Chevrolet Aveo Family test vehicle showed a decrease in values when the valve was modified due to the increased diameter. With these problems, the canister purge valve was redesigned in order to improve its operation for optimum engine operation, the inlet diameter of the evaporated gasoline was increased, the rail measures by 1.28% -12.52% -18, 90% -26.73% -35.72%, thus optimizing its operation. With this background we recommend the construction of this design for its physical reality tests and after this stage the piece could be manufactured and introduced into the national auto parts market.

Keywords: Canister, Electrovalve, EVAP, PCV, ERG

Introducción

Antecedentes

La educación fue y será el pilar fundamental para el desarrollo de los pueblos, es la esencia del conocimiento que mueve al mundo de ahí parte la filosofía de que una sociedad culta es la solución de problemas, un ingeniero bien entrenado es la personificación de la sabiduría que a través de su ingenio y experiencia crea, sostiene e inventa sistemas que permiten mejorar continuamente las civilizaciones.

El ámbito automotriz es uno de los campos que más ha creado soluciones a los inconvenientes que nacen del funcionamiento de los motores de combustión interna siendo así que existen varios métodos de control de contaminación como son los sistemas evaporativos EVAP y PCV creados con el fin de reducir las emanaciones de gases de HC al ambiente reduciendo los efectos nocivos sobre la naturaleza; tomando en cuenta que el 20% de la contaminación que produce un automóvil es debido a la evaporación que sufre el combustible, si esto se multiplica por todos los automóviles circulando actualmente, se puede observar un serio agravante que afecta gradualmente la atmósfera; sin embargo, en nuestro país estos componentes no reciben la atención que realmente demandan en virtud de su importancia.

En consecuencia y una vez anotada la importancia de los sistemas EVAP y PCV, el presente trabajo se enfoca en el desarrollo de un tablero que guarda una relación importante con el futuro ingeniero y estudiante para crear conciencia y evitar emanaciones por desconocimiento funcional del sistema y falta de ética ambiental.

Problemática

En una investigación realizada investigación y análisis del funcionamiento, constitución, diagnóstico, monitoreo en tiempo real, así como la incidencia en el rendimiento del motor, de los sistemas anticontaminantes como son: el EGR y EVAP, siendo una guía completamente descriptiva y comprensible de estos sistemas, los cuales se encuentran en la mayoría de

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP vehículos actuales. (**Quimis Morales, Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del motor en función de sistemas EGR, EVAP y EVR., 2013**)

Justificación

La válvula de purga del canister forma parte del sistema de control de emisiones. Los vapores de gasolina del tanque de gasolina que se almacena en el canister son transportados al motor a través de esta válvula de solenoide, es un elemento que pocos conocen y es fundamental en los sistemas de inyección actuales. La válvula permite el paso de los gases del combustible producidos en el tanque de almacenamiento hacia el múltiple de admisión.

Cuando el motor está en funcionamiento, los gases del tanque de combustible se almacenan dentro del canister, en ese instante la ECU envía la señal de apertura de la válvula para efectuar la purga. De esta forma se puede aprovechar mejor el combustible y se evita la emisión de gases contaminantes al exterior, la válvula de purga, es en teoría un solenoide, de tipo normalmente cerrado en esta posición no hay paso de flujo y cuando se abre hay un flujo de combustible en estado gaseoso.

Esta válvula controla la aplicación del vacío del múltiple para purgar el sistema evaporador. Esto significa que la válvula rompe la conexión entre el colector de admisión y el filtro de carbón activado si no hay corriente a través de la válvula. La activación de la válvula de purga del canister se produce por medio de la unidad de control del motor (ECU). (Orozco, 2016)

El tipo de conducción influye en la obtención de los datos de trabajo de la válvula debido a que se evita una excesiva variabilidad de datos y se puede establecer de una manera sistemática la obtención de datos fiables y se puede garantizar la repetitividad y

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP reproducibilidad del experimento utilizando la técnica de conducción de eco-driving. (Cordova, 2014)

La importancia de evaluar el funcionamiento de la válvula EVAP radica en conocer cómo se puede optimizar el diseño de la misma para reducir las emisiones contaminantes debido a que cada día con los avances de la industria, las zonas urbanas incrementan la concentración y número de contaminantes (Zuluaga, Valencia, & Ortiz, 2009), por ende, se exceden los valores permisibles (100 mg/m³) y se altera la sensibilidad de los organismos y se crean las condiciones para desarrollar mutaciones y cáncer.

Históricamente, la exposición del hombre a una gran variedad de mezclas complejas se ha asociado con el aumento del riesgo para generar mutaciones y cáncer. La contribución sobre el riesgo para la salud, que ejerce la contaminación atmosférica, presenta dificultades en la identificación de los componentes tóxicos de las mezclas complejas y el poco conocimiento acerca del comportamiento de las sustancias genotóxicas encontradas en ellas (Zuluaga, Valencia, & Ortiz, 2009)

Objetivos

Objetivo General

Optimizar la geometría de la válvula EVAP de un motor de combustión interna MEP, mediante la obtención de datos en una prueba en ruta y la simulación en CAD, determinando si la variación del diseño produce efectos positivos con respecto a la emisión de gases y consumo de combustible.

Objetivos Específicos

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Caracterizar el funcionamiento de la válvula EVAP en un motor MEP de inyección electrónica a gasolina en una ruta de prueba, mediante pruebas de ruta para obtener los datos para la simulación.
- Verificar si el ciclo de trabajo de la válvula EVAP aplicando un modo de manejo ecodriving nos entrega datos fiables y confiables.
- Verificar si la válvula EVAP influye en el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes, mediante la medición de las emisiones contaminantes del consumo del combustible.
- Comprobar con una simulación en CAD como se optimizar el diseño de la válvula EVAP para que sea más eficiente mediante pruebas de ruta.
- Comprobar si los métodos establecidos en investigaciones similares pueden utilizarse para establecer una estandarización en este tipo de investigaciones.
- Aportar con información de esta tecnología automotriz como fuente de consulta para la industria del automóvil mediante análisis y pruebas obtenidas.

Estado del Arte

Flujo de fluido sobre medios porosos.

En el estudio la investigación y análisis del funcionamiento, constitución, diagnóstico, monitoreo en tiempo real, así como la incidencia en el rendimiento del motor, de los sistemas anticontaminantes como son: el **EGR** (Válvula de recirculación de gases de escape) y **EVAP** (sistema evaporativo), se realiza pruebas de campo en el laboratorio de motores para analizar y determinar si estos sistemas anticontaminantes afectan o no a la eficiencia del motor, en torque y potencia, como también para determinar si las emisiones de gases de escape aumentan o no, al operar normalmente y luego al ser desconectados. Además, se manipula el tiempo real de trabajo de estos sistemas, para analizar si afectan al régimen del

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP motor, ajustes de combustibles, estequiometría y consumo. El proyecto considera la realización de un software de manejo de los sistemas EGR y EVAP basado en el funcionamiento y las pruebas de campo realizadas (Morales & Fabricio, 2013) y de este estudio constituye una fuente la para la fase experimental de nuestro proyecto.

En su artículo (Hidalgo, 210) se enfoca en las ventajas y beneficios que un convertidor catalítico ofrece como mecanismo de reducción de emisiones y desarrolla un procedimiento que permita evaluarlos. Para el estudio y desarrollo de este proyecto, se analizó los convertidores catalíticos y demás mecanismos de control de emisiones como son la válvula EGR y el sistema EVAP. En el cual se establece una metodología de pruebas acertada con la cual se obtuvo resultados confiables y se pudo demostrar las hipótesis planteadas, razón por la cual una parte de esta metodología será aplicada en nuestro estudio.

En el estudio de (Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación, 2014), nos indica que durante el proceso de combustión interna de un motor ciclo otto se forman gases contaminantes que son sustancias dañinas que perjudican tanto al medio ambiente y a la salud humana. Las emisiones contaminantes más relevantes producidas durante el proceso de combustión son los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido y bióxido de carbono (CO y CO₂), hidrocarburos no quemados (HC), óxidos de azufre (SO_x) y material Particulado correspondientes a un 0.3% del total de emisiones. Además, no indica que uno de los sistemas de control de emisiones como es el sistema EVAP el cual utiliza la válvula de purga puede aumentar su eficiencia en relación a los diámetros de sus cañerías y geometría de la válvula de purga.

La conducción económica, ecológica y segura (Conducción ecológica, 2016) tiene como objetivo obtener parámetros de funcionamiento más estables de las variables del motor, además de reducir el consumo de combustible, las emisiones de gases de efecto invernadero y

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

los accidentes. La conducción ecológica se refiere a la conducción de una manera compatible con la tecnología moderna del motor: técnicas inteligentes, suaves y seguras que conducen a un ahorro potencial de combustible de 10-15%. Además, con respecto a la obtención de datos debido a que es una técnica de manejo que evita las variaciones bruscas de manejo por esta razón los datos son menos dispersos y más confiables debido a que garantizan la confiabilidad de los datos y los valores de trabajo obtenidos de los diferentes sensores y actuadores tienen medias más exactas y se puede analizar de una mejor manera su funcionamiento en condiciones reales.

En el siguiente artículo se establece Matthew Barth, (2009) que el transporte de superficie consume una gran cantidad de combustible y representa alrededor de un tercio de las emisiones de CO_2 de los EE. UU. Además del uso de vehículos más eficientes en consumo de combustible y combustibles alternativos neutros en carbono, el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 se pueden reducir mediante una variedad de estrategias que reducen la congestión, suavizan el flujo del tráfico y reducen las velocidades excesivas del vehículo. La conducción ecológica es una de esas estrategias. Al proporcionar datos de funcionamiento de sensores y actuadores además de asesoramiento dinámico a los conductores, aproximadamente se produjo de 10 a 20 % de ahorro de combustible y menores emisiones de CO_2 son posibles sin un aumento significativo en el tiempo de viaje. Con base en simulaciones, se encontró que, en general, se producen reducciones porcentuales más altas en el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 durante los escenarios severos en comparación con los menos congestionados. También se han llevado a cabo experimentos en el mundo real, que muestran reducciones similares, pero en un grado ligeramente menor.

Según un estudio realizado (Saniul, 2014) el eco-driving ha recibido una atención significativa en la literatura y entre los responsables de las políticas por sus supuestos

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

beneficios en la reducción de las emisiones de CO_2 y el consumo de combustible. Muchas investigaciones sobre la política de conducción ecológica han informado de posibles reducciones en el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 que van del 5% al 40% en varias jurisdicciones e iniciativas. Estos incluyen limitaciones de la política que pueden resultar en aumentos en el riesgo de accidentes y emisiones de CO_2 en el nivel de la red de tráfico. Además, también se destacan las limitaciones de cierta tecnología Eco-Driving. Los resultados de esta revisión y evaluación revelan que la política de conducción ecológica tiene el potencial de reducir las emisiones de CO_2 y el consumo de combustible en ciertas circunstancias.

Sistema de control de emisiones de evaporación

La función del sistema EVAP es permitir la apropiada ventilación del sistema de combustible y evitar que las evaporaciones se descarguen a la atmósfera, es decir se debe retener y almacenar los vapores durante el motor está apagado, que es cuando se da la mayor cantidad de evaporación. Cuando el motor se arranca dichos vapores deben ser desalmacenados y quemados en los cilindros. En la mayoría de los sistemas el almacenamiento se da en un depósito de carbón activado, comúnmente llamado canister.

De los hidrocarburos sin quemar que son emitidos por los automóviles el 20% están directamente relacionados con los vapores de combustible que se generan en el depósito de combustible. En el tanque de combustible el alto nivel del flujo de combustible y altas temperaturas, se generan cantidades importantes de vapor de combustible que aumentan la presión dentro del tanque, al no disponer de un sistema que permita aliviar en algo esta presión, el tanque podría tener graves problemas de seguridad, es entonces que antiguamente estos vapores escapaban por una válvula de alivio directamente a la atmósfera. Augeri (2011). Por esta razón se ha diseñado un sistema que permite usar estos HC al llevarlos hacia al múltiple de admisión para ser utilizados en la combustión.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

El sistema de emisiones por evaporación (EVAP) evita la sobre presión en el tanque de combustible generada por los vapores del combustible e impide que las emisiones de combustible salgan a la atmósfera.

El esquema general de este sistema se presenta en la figura 2.

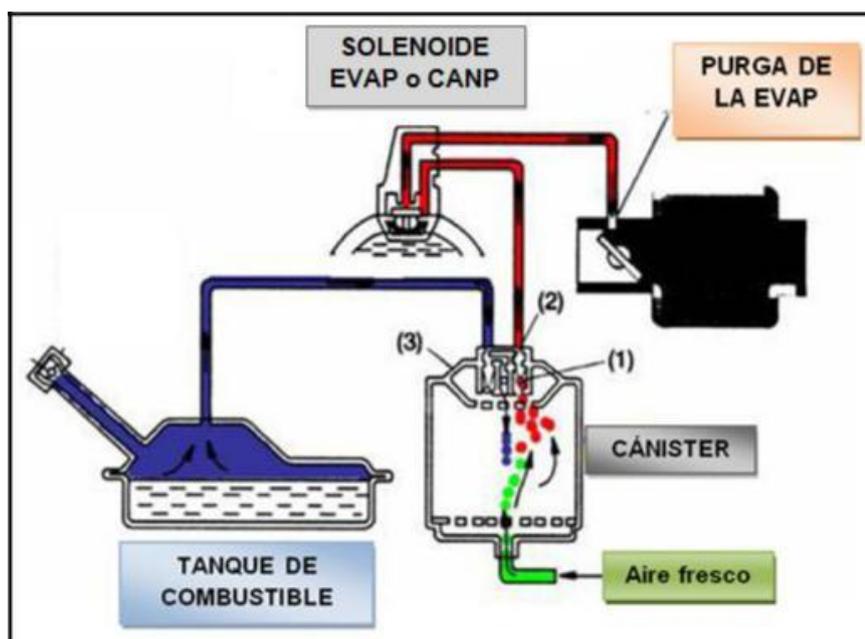


Figura 1. Esquema del sistema de control de emisiones de evaporación (Sistemas Anticontaminación, 2014)

El funcionamiento de este sistema consiste en enviar los vapores de combustible desde el tanque hasta un dispositivo de almacenamiento con carbón activado, (Cánister). Para retener los vapores cuando el vehículo no está funcionando o cuando no se necesita este combustible volátil para mantener la mezcla estequiométrica. Al momento que el motor entra en funcionamiento, el vapor de combustible se purga del elemento de carbón por el flujo de admisión y se consume en el proceso normal de combustión del motor.

Los principales elementos por los que está formado el sistema de control de emisiones de evaporación (EVAP) son:

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

1. Válvula Evap

Este dispositivo es un solenoide es de tipo normalmente cerrado y abre o cierra el paso del combustible evaporado de acuerdo a los requerimientos del motor y la capacidad de almacenamiento del canister. Mediante el control de la ECU del motor mediante PWM, controlados por masa, debido a que este solenoide tiene una alimentación constante al estar en KOEO o KOER de 12 v y a al ser una electroválvula tiene una resistencia que oscila entre 15 y 17 ohmios. Como se puede observar en la figura:



Figura 2. Válvula EVAP (Amazon , 2017)

2. Válvula de ventilación de vapor de combustible.

La importancia de esta válvula radica en que impide que el combustible entre al Cánister, es una válvula unidireccional de flotador y cabeza, y gracias a su diseño permite que el vapor de combustible se dirija al Cánister y no permita el ingreso del combustible líquido. Está ubicada en la parte superior del tanque y en caso de que el tanque este lleno de combustible no permite el paso del mismo, gracias al flotador hace que cierra la válvula como se puede observar en la figura:

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

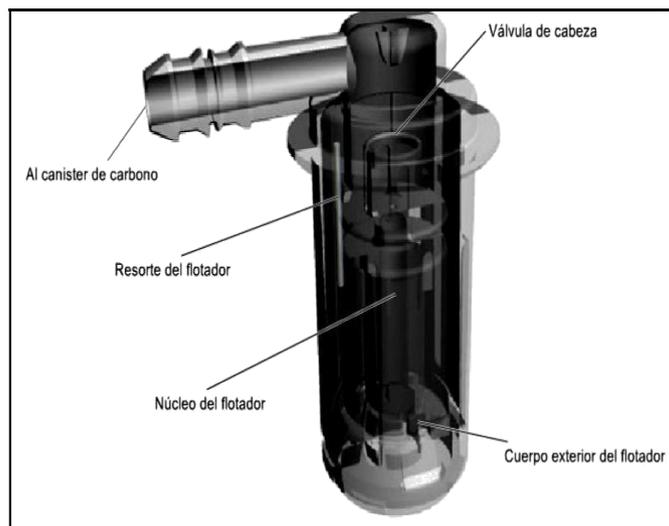


Figura 3. Válvula de ventilación de vapor de combustible (Emision de gases, 2014)

3. Cánister

El Cánister consiste en un recipiente plástico que está relleno de carbón vegetal activado, el cual sirve para absorber los vapores de combustible y separarlos del aire, además de almacenar estos gases. Mientras el PCM no decida abrir la válvula EVAP para enviar el combustible vaporizado hacia el múltiple de admisión para su combustión. Arrastrados por el vacío que se genera en el múltiple de admisión cuando el solenoide se abre. En la figura, se muestra el diseño y la ubicación del Cánister que dependen del fabricante y su ubicación puede estar cerca del tanque de combustible o en el habitáculo del motor.



Figura 4. Canister (Sistemas Anticontaminación, 2014)

4. Válvula de ventilación del canister

La válvula de ventilación del Cánister puede venir en un solo conjunto con el Cánister, o puede estar conectada con mangueras. Además, suelen tener un filtro de polvo antes de la entrada de aire fresco para evitar que se obstruya el Cánister. La válvula opera como un solenoide normalmente abierto que dejará ingresar aire fresco para que se mezclen con los vapores de hidrocarburos en el Cánister, su control lo realiza el PCM de acuerdo a ciertos parámetros de operación del motor, y será cerrado solo cuando el sistema realice el monitoreo del sistema EVAP, como se puede observar en la figura:

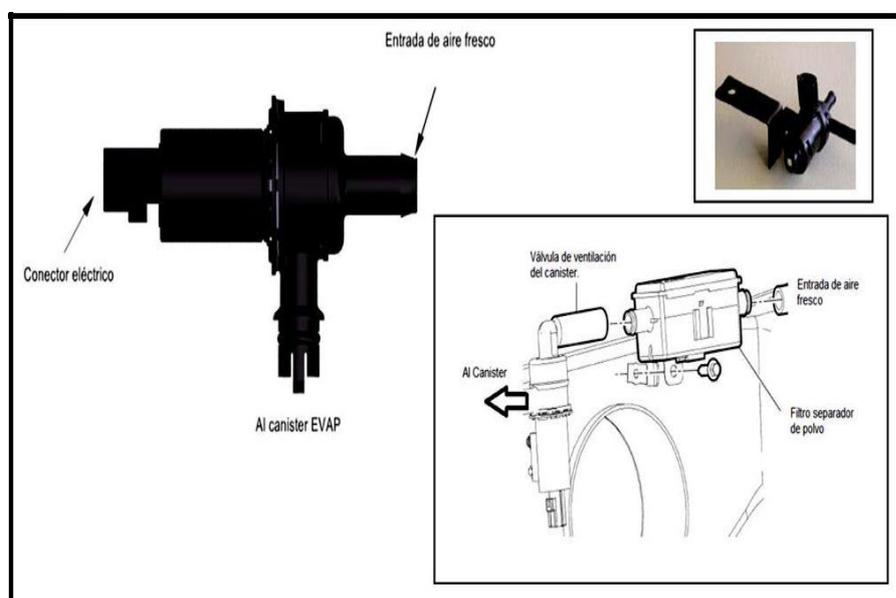


Figura 5. Válvula de ventilación del canister (válvula canister civic 95, 1995)

Funcionamiento del sistema evap.

En base a la figura se indica el funcionamiento, en el depósito de combustible se concentran los HC en forma de vapor sombreados con azul, estos vapores se concentran en el tanque hasta llegar a una presión máxima, que es regulada por la válvula de alivio que posee la tapa del tanque. Antes de llegar a esa presión de alivio la ECU mediante la válvula EVAP abre el paso para que estos vapores lleguen al múltiple de admisión. Se debe considerar que el Cánister es un cuerpo sellado que en su interior contiene carbones activados que acumulan estos Hidrocarburos provenientes del depósito, para esto el Cánister cuenta con un orificio por

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

el sale el aire fresco y permite la acumulación de HC. Ahora con la ayuda del vacío del motor y la operación de la válvula EVAP los HC pasarán hasta el múltiple de admisión, vaciando el depósito el vacío se muestra en la imagen de color rojo mientras que el aire fresco del

Cánister se muestra con verde. En teoría este es un mecanismo muy sencillo y parecería que su operación no tendría ningún inconveniente, pero dadas las necesidades de total hermeticidad necesarias para que pueda funcionar la succión de los vapores cualquier pequeña fuga dañaría la succión y el sistema EVAP quedaría deshabilitado. Por esta razón se hace necesario que el PCM pueda evaluar de forma más efectiva si es necesario recircular vapores y además una vez que lo hace poder probar el sistema cada cierto tiempo y saber que está funcionando bien. Esta prueba se llama monitoreo y en este monitoreo se basa el PCM para generar los respectivos códigos de falla DTC (Medina, 2013).

Para verificar la efectividad y el buen funcionamiento del sistema denominado EVAP la PCM utiliza el sensor de oxígeno (O₂) que es el encargado de monitorear y comunicar si hubo algún exceso de generación de vapores en el múltiple de admisión. Debido a la presencia de mezclas ricas o pobres, la ECU analizara si se debe a la activación de la EVAP o si necesita activar la EVAP para mantener una correcta mezcla.

Identificación del objeto de estudio.

En general los sistemas de control de emisiones de evaporación agrupa diferentes elementos en esta investigación se trabajara específicamente sobre la válvula EVAP, en determinar cuáles son sus ciclos de trabajo y en determinar cómo influye el funcionamiento de esta válvula en la emisión de gases contaminantes y el ahorro de combustible además de determinar si una variación en la geometría de la válvula influye en el mejoramiento de la eficiencia de estos parámetros, considerando que la evaporación de combustible varía por muchos factores como son temperatura, presión y calidad de combustible.

Ecodriving

Eco-driving es una técnica de conducción que permite ahorrar combustible con independencia de la tecnología del vehículo, y que se basa en el control de las variables sobre las que puede actuar el conductor como: la velocidad, la marcha y la des/aceleración.

Aplicando esta técnica de conducción se puede ahorrar hasta un 25% aunque este porcentaje depende de la habilidad del conductor, el tipo de vehículo y el estado del entorno.

En la literatura, hay muchos trabajos donde se demuestra que este estilo de conducción reduce el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes de forma considerable. En los autores analizaron la influencia del estilo de conducción y del tráfico en la emisión de gases contaminantes y el consumo de combustible. Sus conclusiones fueron que, aplicando los consejos eco-driving, se puede ahorrar entre un 5% y un 25% de combustible. En la Comisión para el Transporte Integrado en Reino Unido realizó un estudio sobre el impacto de las técnicas de conducción eficiente en el consumo de combustible. Los resultados mostraron un ahorro del 7% de combustible. Las pruebas fueron realizadas en Holanda durante un año y con múltiples tipos de vehículos: coches, furgonetas y autobuses.

En el eco-driving existen diversas líneas de investigación que pueden ser clasificadas en cinco grupos:

- Identificación de las variables que afectan al consumo de combustible
- Modelos para la estimación del consumo de combustible
- Modelos de control
- Métodos para motivar al conductor a ahorrar combustible
- Interfaces de usuario

En esta investigación se ha elegido aplicar el ecodriving debido a que se puede aplicar la línea de investigación de modelo de control para obtener los parámetros de funcionamiento la

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

válvula EVAP con el objetivo de obtener valores que no tengan demasiada variabilidad y se pueda desarrollar el experimento con éxito.

Ventajas

Los beneficios de la conducción eficiente no se limitan únicamente al ahorro energético. A continuación, se describen todas las ventajas que presenta este estilo de conducción.

- **Ahorro económico para las empresas de transporte:** El carburante supone un elevado coste tanto para las empresas de transporte como para los consumidores que ven como el aumento en el precio del combustible repercute directamente en el precio del producto. Para que la industria de un país sea competitiva es necesario que los costes de transporte sean bajos.
- **Aumento del tiempo de vida de los componentes del vehículo:** Este estilo de conducción demanda menos esfuerzo a los distintos sistemas del vehículo (frenos, embrague, caja de cambios, motor, etc.) en comparación con un estilo de conducción convencional. La conducción eficiente se basa en la antelación. Por lo tanto, el conductor tiene más tiempo para la toma de decisiones, permitiéndole minimizar el uso e intensidad de los distintos componentes del vehículo.
- **Reducción de emisiones:** Las emisiones de CO₂ del vehículo y otros gases contaminantes están relacionados de forma directa con el consumo de combustible. Estos productos son el resultado de la combustión que tiene lugar en el motor. Cuanto menor sea el consumo de combustible, menos se contaminará. Una de las medidas principales de los gobiernos para cumplir con los acuerdos sobre emisiones de gases contaminantes es disminuir la contaminación producida por el sector del transporte. Además, este sector es el que más consume energía (un 33% en Europa).

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Disminución del riesgo y gravedad de los accidentes de tráfico: Esta técnica de conducción se basa principalmente en la previsión y en la anticipación por lo que se incrementa la seguridad.
- Disminución del stress del conductor: La conducción eficiente es un estilo de conducción que requiere tranquilidad y sosiego, por lo que reduce las tensiones a las que se encuentra sometido el conductor.
- Mejora del flujo de tráfico: Empleando esta técnica de conducción se realizan las aceleraciones de forma más efectiva y se ajusta la velocidad evitando las detenciones y maximizando la inercia. Esta suavización en la conducción mejora la velocidad media de la carretera.

Inconvenientes

Esta técnica de conducción presenta varios inconvenientes. No obstante, la mayoría de ellos pueden ser resueltos y actualmente es un campo de gran interés. Los problemas de este estilo de conducción son:

- No existe un consenso relativo a las reglas de conducción eficiente: Estas varían entre los diferentes países y fabricantes. Por ejemplo, se compara los consejos eco-driving de Alemania con los consejos de Japón. Los resultados muestran que los consejos de Japón permiten ahorrar más combustible, 15.4% frente a 14.5% de Alemania. Además, las recomendaciones del gobierno japonés modifican el comportamiento durante la conducción aumentando la distancia de seguridad con el vehículo precedente. Sin embargo, todos los autores han observado que, reduciendo las aceleraciones, se mejora el consumo de combustible.
- El conductor tiene que tener conocimientos sobre conducción eficiente: Normalmente en las autoescuelas no forman a los alumnos para que conduzcan de forma eficiente.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Una de las medidas de los gobiernos para reducir el consumo de combustible es ofrecer cursos a los conductores sobre conducción eficiente. En España, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) ha invertido más de 246 millones de euros desde el año 2007 para promover la enseñanza de este estilo de conducción. Por otra parte, a partir del 21 de enero del 2013 se introdujo la conducción eficiente como tema de evaluación en el examen para obtener el permiso de conducir.

- El conocimiento sobre este estilo de conducción debe ser sólido: En algunos estudios se ha constatado que algunos conductores obtuvieron peores resultados después de recibir clases sobre conducción eficiente. La mal interpretación de los consejos de conducción eficiente pueden provocar además situaciones de peligro.
- La motivación continua es fundamental: Cambiar los hábitos de conducción es muy difícil. Los conductores necesitan un incentivo, que debe variar según el tipo de conductor. los autores identificaron y analizaron los motivos y los incentivos para conducir de forma eficiente. Las conclusiones fueron que hay cuatro motivos principales: el tiempo, el consumo de combustible, el medio ambiente y la posibilidad de cambio. los autores hicieron una encuesta online para averiguar qué información se debía mostrar en un asistente de conducción eficiente según la motivación de los conductores. Los resultados indicaron que los conductores querían que se les mostrase cuánto dinero habían ahorrado, y en menor medida, el consumo de combustible en cada viaje. La información que menos motivaba a los conductores era saber el impacto que se había producido en el medio ambiente.
- Algunos consejos eco-driving pueden entrar en conflicto con la seguridad: Recomendaciones como reducir el uso del freno o circular con marchas elevadas puede tener un efecto adverso sobre el control del vehículo. Se identificaron un

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

conjunto de factores asociados con el vehículo, el conductor y el entorno que podrían afectar a la seguridad. No obstante, también detectaron consejos que influyen de forma positiva tanto en la seguridad como en el consumo de combustible.

- Influencia del tipo de vehículo: El ahorro energético y los consejos dependen del tipo de vehículo. Por ejemplo, en los vehículos híbridos no se desperdicia la energía cuando se frena, sino que sirve para recargar la batería

Método

Metodología experimental

Se desarrolla un método de pruebas para determinar el ciclo de trabajo de la válvula EVAP que se produce en un motor MEP y conocer la influencia de esta válvula con respecto al consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes. Para determinar si la optimización del diseño de la geometría de la válvula produce efectos positivos con respecto a la eficiencia de consumo de combustible y emisión de gases contaminantes. En base a normas existentes utilizadas una prueba dinámica en ruta aplicando el modo de manejo ecodriving. Se realiza una síntesis de las principales características del ciclo de trabajo de la válvula.

Consideraciones Previas

Se ha encontrado artículos científicos sobre modelos y simulaciones del sistema de purga de gases del tanque de combustible, modos de manejo ecodriving, consumo de combustible, y mediciones de emisiones contaminantes en ruta. Con respecto a los efectos de la válvula de purga EVAP en este tipo de motores de combustión interna no se ha encontrado mucha información solo se ha encontrado literatura al respecto de su funcionamiento.

Al realizar la investigación bibliográfica se pudo encontrar varias tesis y artículos con respecto al consumo de combustible, emisión de gases y parámetros de funcionamiento en general y de otros elementos del motor MEP a inyección electrónica de gasolina. El presente estudio basara una parte de la metodología aplicada en los diferentes estudio, tesis y artículos. Con el objetivo de mantener una repetitividad y evitar una variación excesiva de los datos se aplicará la técnica de manejo ecodriving por que esta se basa en tratar de mantener valores estables con respecto a la experimentación.

Alcance

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

El presente estudio tiene por objeto conocer el funcionamiento de los ciclos de trabajo de la válvula EVAP de manera real, para determinar si la variación de la geometría de la válvula influye en optimización del ahorro de combustible y emisión de gases contaminantes. Además de constituirse en una fuente de información para investigaciones similares y en especial de la reducción de gases contaminantes producidas por los vehículos circulan en nuestra ciudad para reducir el impacto ambiental, el impacto en la salud y la disminución de fuentes fósiles.

Estrategia Metodológica

La metodología está dividida en tres etapas como se indica en la figura 1.

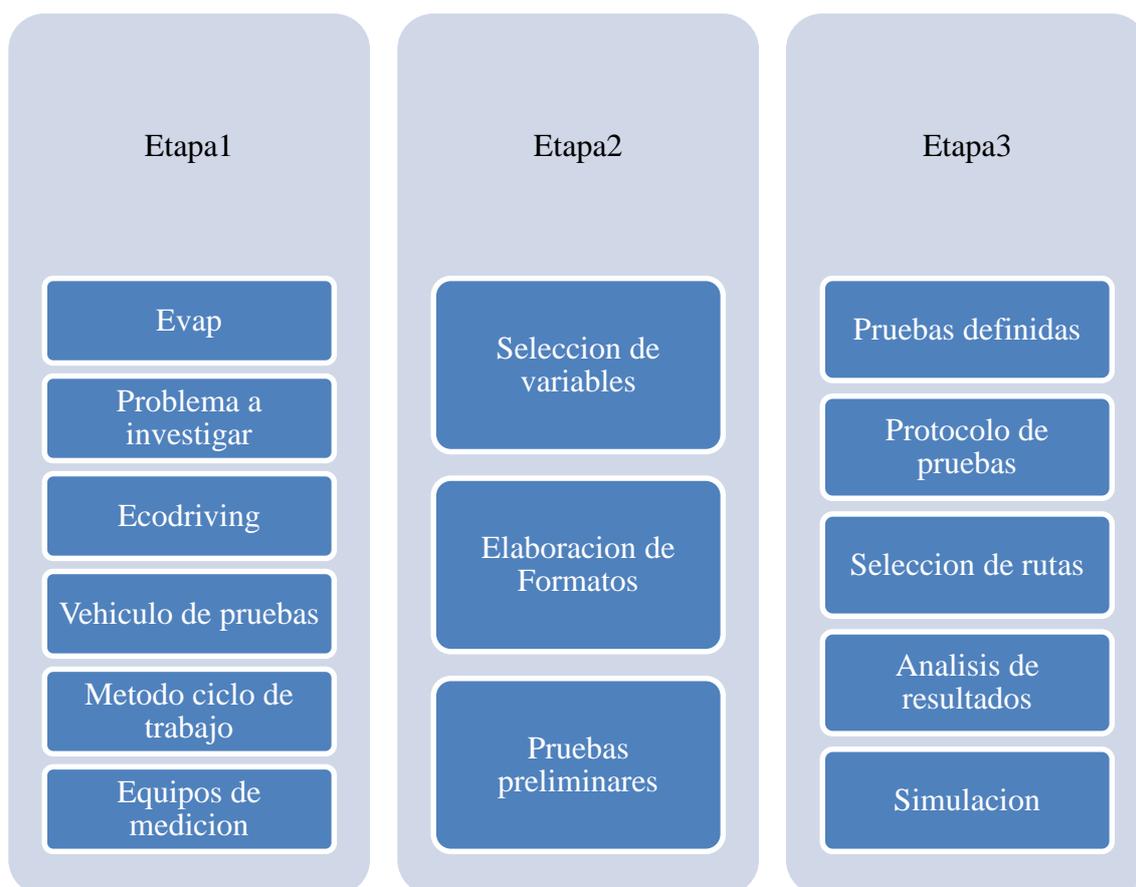


Figura 6 Metodología de las etapas de las pruebas

Etapa 1

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Se investiga el funcionamiento detallado de cada uno de los componentes de este sistema de control de emisiones de evaporación y se identifica los diferentes componentes y en especial el funcionamiento de la válvula EVAP y su influencia con respecto a la emisión de gases contaminantes y ahorro de combustible. También se determina como trabaja este sistema en conjunto y se define el ciclo de trabajo de la válvula EVAP. Además, se establece las condiciones y los parámetros para efectuar la técnica de manejo ecodriving en una ruta de prueba. Se selecciona un auto que se encuentre de venta en el mercado nacional con este sistema que cumpla las principales características estudiadas en el sistema. Se establecen los equipos de medición a utilizar para la obtención de los datos requeridos para analizar el funcionamiento de la válvula EVAP.

Problema a Investigar

El problema a investigar que consiste en determinar mediante pruebas dinámicas aplicando un modo de conducción ecodriving el funcionamiento del ciclo de trabajo de la válvula EVAP. Para obtener las condiciones de frontera para realizar la simulación de la válvula EVAP. Se procede a realizar la geometría de la válvula original del vehículo y a realizar la optimización en la geometría de la válvula y se procede a realizar la simulación en el software SOLIDWORKS para analizar los parámetros obtenidos y determinar si las variaciones efectuadas influyen en la emisión la emisión de gases contaminantes y ahorro de combustible.

Técnicas de conducción eficiente para ahorro de combustible

Existen varios principios y técnicas para reducir el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes al ambiente, de acuerdo al Gobierno de Canadá y su división Recursos Naturales, se describen los siguientes 5 principios básicos de la conducción eficiente:

- a. Acelerar gentilmente

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b. Mantener una velocidad constante
- c. Anticipar el tráfico
- d. Evitar altas velocidades
- e. Deslizamiento libre para desacelera

Acelerar gentilmente

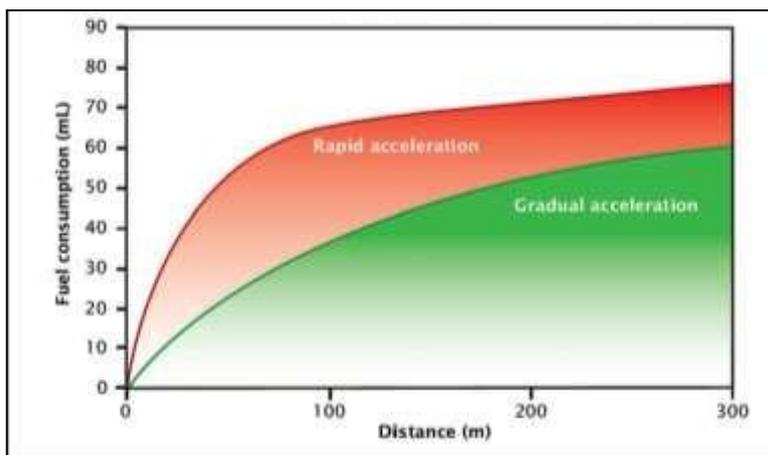


Figura 7. Consumo de combustible basado en aceleración de un Pontiac G5 (Natural Resources, 2016)

Mientras más brusca sea la aceleración, mayor será el combustible consumido. En la ciudad se puede conservar combustible presionando el pedal del acelerador de forma gentil y gradual. Para maximizar la eficiencia de combustible, se debe tomar 5 segundos para acelerar el vehículo hasta 20 km/h desde una parada. Se debe tratar de imaginar que hay un huevo debajo del pedal y que hay una taza de café sobre el tablero. Hay que tener cuidado de no romper el cascarón del huevo o derramar el café. Si se conduce un vehículo a gasolina con transmisión manual, se debe usar una moderada posición del acelerador y cambiar de marcha entre 2000 y 2500 revoluciones por minuto. (Natural Resources, 2016)

Mantener una velocidad constante

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

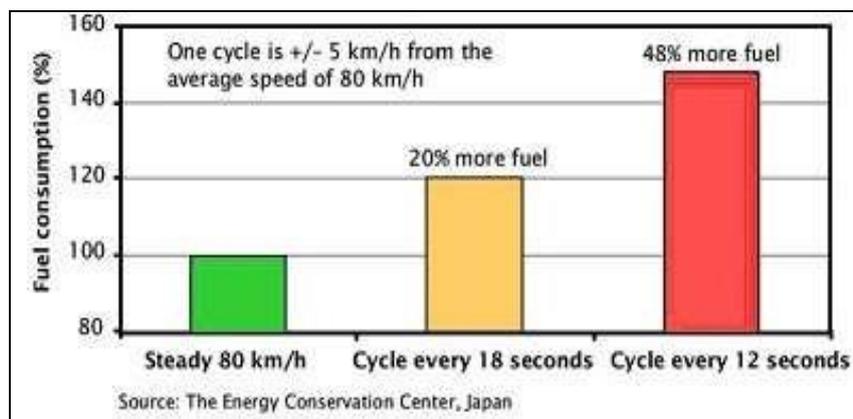


Figura 8. Consumo de combustible basado en una velocidad constante (Natural Resources, 2016)

Mantener la velocidad constante es la clave. Incrementos involuntarios de velocidad y aceleraciones bruscas repentinas para mantener el ritmo e ir rápido afectan al tanque de combustible y a la billetera. En realidad, pruebas han demostrado que al variar la velocidad de baja a alta entre 75 km/h y 85 km/h cada 18 segundos puede incrementar el consumo de combustible hasta 20 %.

Hay que considerar el uso de un control crucero para manejo en autopista y carretera. Sin embargo, esas variaciones de velocidad pueden ser beneficiosas cuando la gravedad hace su trabajo. Donde el tráfico lo permita, permite que la velocidad del vehículo caiga cuando se asciende por una pendiente y luego se puede recuperar momento cuando se desciende la pendiente. (Natural Resources, 2016)

Anticipar el tráfico



Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Figura 9. Sistema de anticipación de tráfico de Audi (Oncars, 2016)

Planificar todas las maniobras bien con anticipación para mantener el momento del vehículo. Mantenerse alerta del camino frente del conductor es vital para poder anticipar bloqueos en el camino, también monitorear el movimiento de peatones y otros vehículos manteniendo una distancia confortable con el automotor en frente. Estas técnicas de manejo permiten mantener una velocidad constante el mayor tiempo posible evitando un elevado consumo de combustible y riesgos de seguridad innecesarios.

La seguridad siempre viene primero. Reducir la velocidad en zonas de construcción y cuando el clima es malo y detenerse por completo ante las señales de tránsito y semáforos en rojo. Se debe reflexionar que el conductor está en un viaje para ahorrar dinero y salvar al medio ambiente, por lo tanto, hay que asegurarse de seguir vivo para disfrutar la aventura. (Natural Resources, 2016)

Evitar altas velocidades

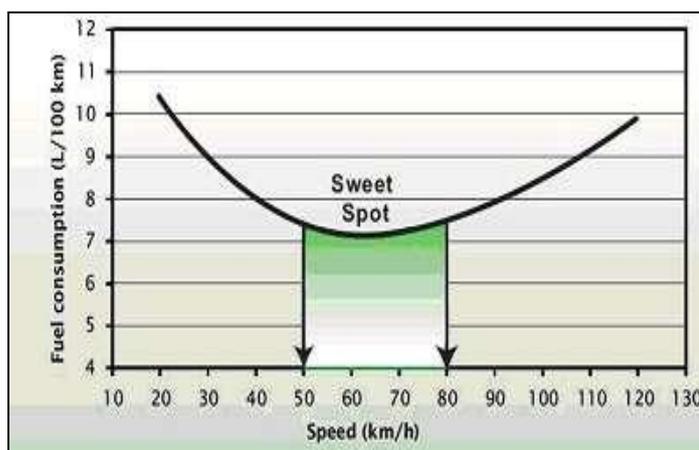


Figura 10. Consumo de combustible basado en la zona de velocidad óptima (Natural Resources, 2016)

Al prestar atención a los límites de velocidad se puede ahorrar combustible. La mayoría de automóviles, vans, SUVs y camionetas operan de forma más eficiente cuando se desplaza a

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP velocidades entre 50 y 80 km/h. Sobre esta zona de velocidad óptima, el motor consume mayor cantidad de gasolina mientras más rápido se mueve el vehículo.

A 120 km/h, un vehículo usa alrededor de 20% más combustible que al circular a 100 km/h. En un viaje de 25 km este aumento en velocidad y consumo de combustible solo acortaría 2 minutos del tiempo de recorrido total. Además, se debe considerar que el conducir a altas velocidades es menos seguro porque la personas detrás del volante no tiene el tiempo suficiente para reaccionar ante situaciones de peligro. (Natural Resources, 2016)



Figura 11. Consumo de combustible basado en velocidad (Natural Resources, 2016)

Por ejemplo, si se requiere \$10 en combustible para conducir cierta distancia a 100 km/h, costaría \$12 viajar la misma distancia a 120 km/h. Eso es como tirar \$2 por la ventana cada 100 km.

Deslizamiento libre para desacelerar

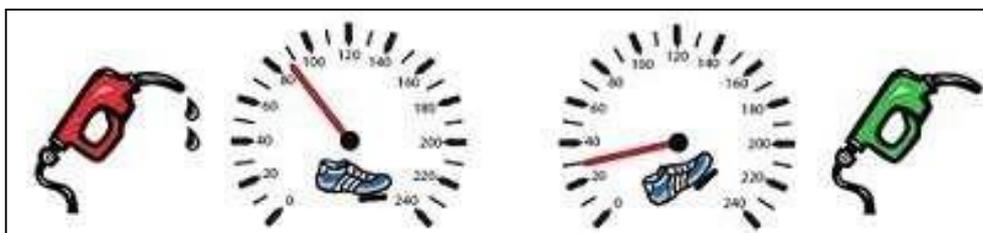


Figura 12. Consumo de combustible basado en el deslizamiento libre (Natural Resources, 2016)

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Un conductor necesita frenar muy frecuentemente para lograr que su vehículo se detenga por completo. Sin embargo, al anticipar el tráfico tan pronto como sea posible, se puede disminuir la velocidad conservando el combustible y ahorrando dinero tan solo con retirar el pie del acelerador.

Hoy en día la mayoría de vehículos equipados con sistemas de inyección tienen un módulo que corta el flujo de combustible cuando el pedal del acelerador es soltado por completo. De esta forma se puede decir que el vehículo en desaceleración se encuentra en deslizamiento libre sin usar combustible. Cuando la velocidad del motor desciende a ralentí, el sistema de inyección restablece el flujo de combustible para asegurarse que el motor no se apague. El deslizamiento libre también reduce el desgaste y deterioro de los neumáticos y frenos, lo que puede reducir los costos de reparación y mantenimiento.

Vehículo de pruebas.

Las pruebas se realizaron en un vehículo Chevrolet AVEO el cual es ensamblado en Ecuador por GENERAL MOTORS debido a que es a nivel nacional es el vehículo de mayor venta(AEADE, 2018) razón por la cual la investigación se realizara en este vehículo. Además, que es un vehículo que se dispone y viene equipado con este sistema. A continuación, se detalla las especificaciones técnicas principales del vehículo en la tabla 1, pero todas las especificaciones están en el ANEXO I.

Tabla 1.

Especificaciones Técnicas Chevrolet Aveo family

CHEVROLET AVEO FAMILY	
Posición del motor	Delantero Transversal
Número cilindros	4 en línea
Cilindrada	1500 (cc)
Potencia Máxima	83 Hp@5600 r.p.m
Par motor máxima	128 Nm @ 3.000 r.p.m.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Válvulas	8
Relación de compresión	9,5 : 1
Alimentación	Inyección indirecta
Combustible	Gasolina

Nota: Obtenido de (BCE, 2017)

Método para identificar ciclo de trabajo

En el vehículo seleccionado los parámetros para determinar el ciclo de trabajo indica el manual del fabricante (Manual Aveo) que se muestra en la figura 2.5 el circuito de operación de la válvula y se indica que el ciclo de trabajo se lo puede obtener en la línea de datos del escáner correspondiente al control de ciclo de trabajo de la válvula.

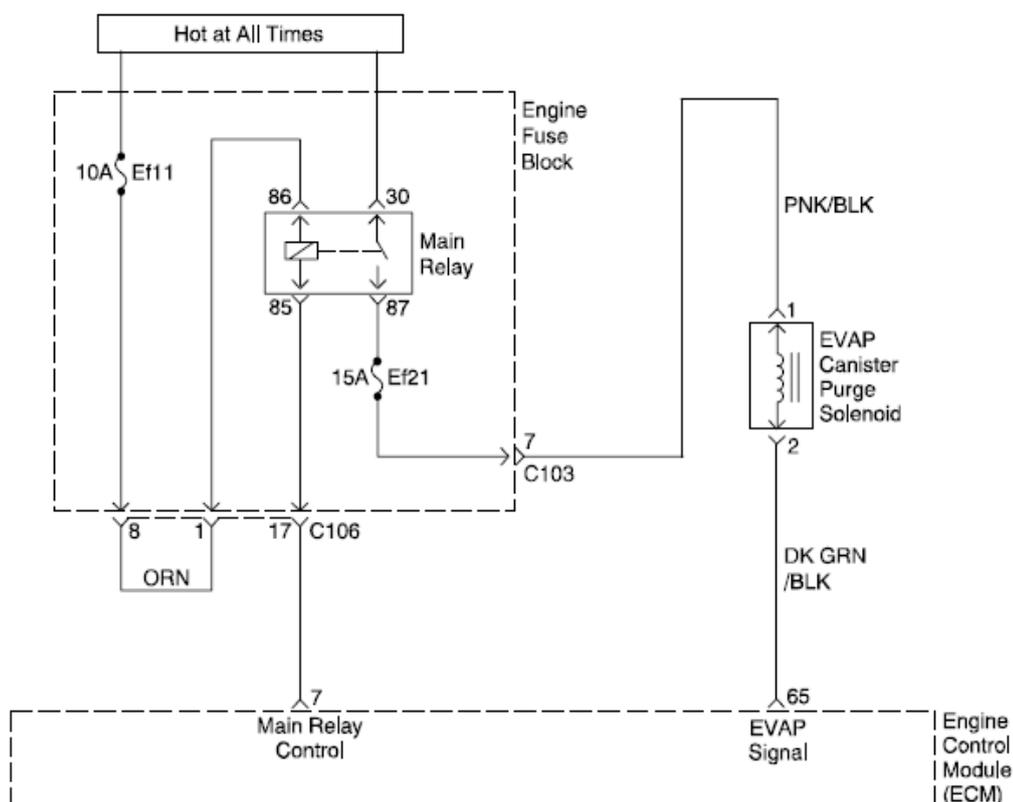


Figura 13. Diagrama de identificación de modos de trabajo

Ciclo de trabajo- representa el grado de apertura de la válvula para permitir el paso del combustible evaporado hacia los cilindros, mediante una señal de PWM que envía el

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

computador del vehículo hacia la válvula en base ciertas condiciones que deben cumplirse como par del motor, almacenamiento de los gases en el canister grado de carga para un régimen de giro dado, etc. En los motores de inyección a gasolina se actúa sobre la posición del embolo de la válvula para de esta manera se modifica la cantidad de combustible evaporado aire que ingresa al motor e influir en la formación de la mezcla. Existe una relación entre creciente entre el actuador del grado de carga, el par efectivo y la capacidad de almacenamiento del canister.

El valor de datos utilizado para obtener el ciclo de trabajo de la evap es el valor del PID de la línea de datos que se puede observar en el escáner que de acuerdo a la norma SAE J1979.2002. y se indica en la tabla 2

Tabla 2.

Valor de datos utilizado para obtener el ciclo de trabajo de la evap

PID (hex)	Descripción	Datos byte	Min Valor	Max Valor	escala / bit	Equipo de prueba externo SI (métrico) pantalla en ingles
2E	ordenado purga evaporativa	A	0% min fluido	100% min fluido	100/255%	EVAP_PCT:xxxx%
<p>La válvula de control de purga evaporativa ordenada que se muestra como un porcentaje de evap_pct se debe normalizar al parámetro de control de salida de purga evaporado máximo</p> <p>1.- Si se utiliza un solenoide de encendido / apagado, Evap_Pct mostrará 0% cuando la purga esté ordenada al 100% cuando se ordene la purga.</p> <p>2.- En un solenoide de vacío se realiza un ciclo de trabajo, se mostrará el ciclo de trabajo de la válvula de purga EVAP del 0 al 100%</p> <p>3.- Si se utiliza una válvula de motor lineal o durmiente, la carcasa de posición completamente cerrada se mostrará como un 100% de la carcasa de posición intermedia se mostrará como un porcentaje de la posición de apertura completa. Por ejemplo, una válvula de purga de evacuación de motor paso a paso que se mueve de 0 a 128 recuentos mostrará 0% a 0 conteos 100% a 128 recuentos y 50% a 64 recuentos</p> <p>4.- Cualquier otro método de actuación se normalizará para mostrar 0% cuando no se ordena purga y 100% en la posición / flujo de purga ordenado máximo</p>						

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Otro valor de datos utilizado importante para ejecutar el funcionamiento de la válvula EVAP es el nivel del combustible el valor del PID de la línea de datos indicado en el escáner que de acuerdo a la norma SAE J1979.2002. se indica en la tabla 3.

Tabla 3.

Valor de datos utilizado importante para ejecutar el funcionamiento de la válvula EVAP

2F	Entrada de nivel de combustible	A	0% No combustible	100% Capacidad de combustible máximo	100/255%	FLI.xxxx%
----	---------------------------------	---	-------------------	--------------------------------------	----------	-----------

FLI indicará la capacidad de llenado de líquido del tanque de combustible nominal como un porcentaje del máximo, si es utilizado por el módulo de control para el monitoreo OBD. FLI puede obtenerse directamente de un sensor, puede obtenerse indirectamente a través del bus de comunicación de datos serie del vehículo, o puede deducirse que es la estrategia de control que utiliza otras entradas de sensor. los vehículos que usan combustibles gaseosos deben mostrar el porcentaje de capacidad de combustible utilizable.

Con estos valores obtenidos en la línea de datos del escáner determinamos el ciclo de trabajo de la evap en las diferentes condiciones de prueba.

Equipos de medición

Este sistema para su medición y control de parámetros de funcionamiento necesita equipos de diagnóstico de automotriz que cumplan con características de precisión, sensibilidad, exactitud, fidelidad, rapidez, campo y calibre. Para visualizar y cuantificar el desempeño de los elementos a analizar los cuales requieren un conocimiento técnico de alto nivel para su manejo e interpretación. Con el uso de estos equipos se obtiene los parámetros para determinar el ciclo de trabajo en base a la carga y las revoluciones determinadas en un ciclo de conducción. Al establecer el ciclo de trabajo se determina los valores de trabajo y su influencia en la emisión de gases y consumo de combustible.

Escáner Automotriz

Mediante el escáner automotriz que es una herramienta de diagnóstico se permite realizar el análisis del funcionamiento de los componentes electrónicos de un vehículo liviano o pesado. Además, permite tener acceso a la línea de datos para el control y la obtención de datos de la válvula EVAP y del nivel del tanque de combustible, así como del control de las revoluciones y la velocidad que vienen determinados por la técnica de manejo ecodriving. En base a la legislación OBD II que prescribe una estandarización de las informaciones de lectura en la línea de datos conforme a las especificaciones de la SAE J1979.

Para poder realizar este diagnóstico se necesita un escáner de la marca del vehículo o un escáner genérico el cual sea compatible con el vehículo seleccionado, en nuestro caso utilizaremos el scanner MAXIDAS de la marca Autel que es un equipo genérico que se indica en la figura 12.



Figura 14. Escáner Maxidas (Aliexpress, 2018)

Las especificaciones de este equipo de diagnóstico se detallan en su ficha técnica que se indica en la Tabla 4.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Tabla 4.

Especificaciones técnicas escáner maxidas

Sistema Operativo	Windows CE
Procesador	ARM9+ARM7 dual procesador
Memoria	4 Gigabyte SD
Pantalla	7" TFT (899*480 dpi) pantalla a color
Comunicaciones	10/100 Ethernet Port, 802.11 b/g Wireless LAN
Entrada de voltaje	8.0-32.0 V provista por la batería del vehículo
Temperatura de Operación	0 to 60°C (32 to 140 °F)
Temperatura Ambiente	-10 to 70°C (14 to 158° F)
Interface de impresión	Wi-fi, USB, Ethernet
Dimensiones	282 mm(11.10") * 164mm (6.42") * 60mm (2.36")
Peso	1.1 kg (2.95 lb)
Protocolos	ISO 9141-2, K/L , SAE-J1850 VPW, SAE-J1850 PWM, CAN ISO 11989, ISO 15765-4, Alta velocidad, Media velocidad, Baja velocidad

Nota: Autel. manual del propietario

Analizador de gases

El analizador de gases marca QROTECH QGA 6000 es portátil y ligero, y se puede observar en la figura 15 está equipado con una bomba de vida extendida para alta estabilidad y precisión de hasta 0,1 % en volumen y 1 ppm, se usa ampliamente para mediciones en pruebas estáticas y dinámicas de hasta 4 gases con cálculo de valor lambda, de esta forma se colectarán las siguientes mediciones:

- CO Monóxido de Carbono
- CO2 Dióxido de Carbono
- HC Hidrocarburos no combustionados
- O2 Oxígeno

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Cálculo de Lambda



Figura 15. Analizador de gases (Mercado Libre, 2018)

En el vehículo se adaptará para su uso en la prueba de ciclo de conducción mediante una conexión eléctrica con un inversor 12 V DC a 120 V AC y la ubicación adecuada de la sonda de medición que se instala en la salida de la tubería de gases de escape. Las especificaciones técnicas del equipo están en la tabla.

Tabla 5.

Especificaciones Técnicas de analizador de gases

Medición de gas	CO, HC, CO ₂ , Lambda λ , AFR (Air/Fuel Ratio), NO _x (Opcional)						
Método de medición	CO, HC, CO ₂ : Método NDIR (sensor Infrarrojo no dispersivo) O ₂ , Nox: Celda electroquímica						
Mediciones	CO	HC	CO ₂	O ₂	LAMBDA λ	AFR	Nox
Rango de medición	0,00~9,99%	0~9,999 o 20000 ppm	0,0~20,0%	0,00~25,0%	0~2,000	0,0~99,0	0~ 5000 ppm
Resolución	0,01%	1 ppm	0,10%	0,01%	0,001	0,1	1 ppm
Tiempo de respuesta	Dentro de 10 segundos (más del 90%)						
Tiempo de calentamiento	Alrededor de 2 – 8 minutos						
Flujo de extracción de bomba	4~6 L/min						
Energía	AC 120 V \pm 10%, 60 Hz						
Consumo de energía	Alrededor de 50 W						

Nota: (Comvil, 2015)

Tanque de presión de combustible

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Este equipo es utilizado para medir la presión de combustible y cuantificar la cantidad de combustible consumida por el vehículo, y consta de los siguientes elementos que se indica en la figura 3:

- Manómetro (100 psi)
- Mangueras de presión
- Válvulas de paso
- Compresor eléctrico



Figura 16. Tanque de presión de combustible

Segunda etapa

En la segunda etapa se definen las variables independientes y dependientes del estudio. Asimismo, se procede a identificar cada uno de los elementos específicos del sistema a analizar para efectuar los formatos de datos. En consecuencia, se analiza y determina el protocolo de pruebas y se fija las pruebas preliminares. Para concluir con la selección de rutas.

Selección variable de estudio

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Se definieron las variables independientes y dependientes los nombres, descripciones y abreviaciones de las variables corresponden a sensores y actuadores determinados por la SAE en la norma J 1930 los cuales se visualiza en la línea de datos del escáner.

Las variables independientes son las que se manipula en la investigación para determinar el comportamiento de la variable dependiente. Las variables independientes determinadas para el estudio están determinadas en la tabla y nos guiaran para establecer el modo de conducción Ecodriving.

Tabla 6.

Variables independientes

VARIABLE INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN	ABREVIACIÓN	UNIDAD	PID DATOS
Revoluciones de motor	Es una medida referencial para medir una vuelta del cigüeñal del motor.	RPM	Rev./min	REV
Velocidad del motor	Determina la velocidad del vehículo	VSS	Km/h	Vss

Las variables dependientes del estudio seleccionadas corresponden a los datos registrados por la ECU de valores de ciclo de trabajo de la válvula evap y este valor se expresa en la línea de datos como % de trabajo o cyclo Duty.

Prueba on board

Los ensayos realizados tienen como objetivo principal determinar el ciclo de trabajo que realiza la válvula EVAP tipo de mezcla que se efectúa en el vehículo bajo las condiciones de una prueba en ruta aplicando ecodriving. La prueba dinámica se basa en una prueba de ruta ONBOARD que se efectuara en un ciclo de conducción.

A nivel mundial existen varios ciclos de conducción los cuales reflejan el funcionamiento real del vehículo esta medición a bordo, la calidad de los datos obtenidos en la medición varía en función de los equipos utilizados y el correcto procedimiento de medición; para medir las

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP concentraciones de los gases contaminantes en función del tiempo que dura el ciclo, la cantidad de combustible consumido y la distancia recorrida.

Ciclo de ruta

La intención de la prueba en ruta es determinar el ciclo de trabajo de la válvula EVAP que ejecuta la unidad de control del motor en condiciones reales de funcionamiento, que consiste en llevar al vehículo a una secuencia de velocidades y revoluciones; en un tiempo y una distancia determinada que son establecidas por el modo de conducción ecodriving. El ciclo de conducción se lo realiza en base a una investigación desarrollada por el CCICEVV de la escuela politécnica nacional, debido a que en este estudio se desarrolló una serie de ciclos de conducción y se determinó un ciclo el cual nos indica la velocidad, tiempo y distancia y en la actualidad es empleado para distintas investigaciones debido a que en este ciclo se han obtenido datos fiables y confiables en múltiples investigaciones poner referencia de abajo (Solis, 2017).

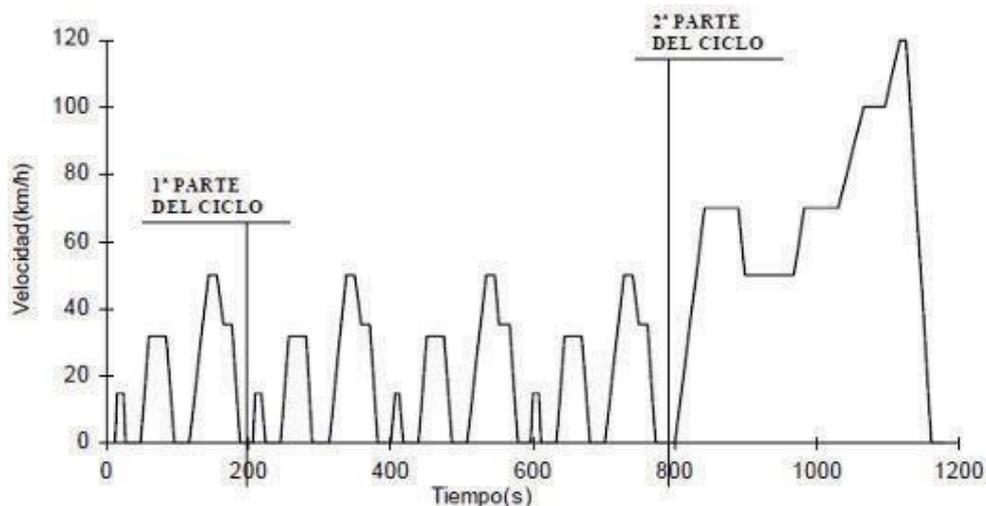
La ruta se la realizo en la ciudad de Ibarra y tomando la referencia del ciclo realizado por la escuela politécnica nacional en la ciudad de Quito. Este ciclo consta de 1 tramos en autopista y tiene una distancia de 27 km. Las características del ciclo NEDC constan en la tabla 7

Tabla 7.

Características del ciclo de manejo

CICLO DE ENSAYO NEDC	
Longitud del ciclo:	11 Km
Duración del ciclo:	1.180 s
Velocidad media del ciclo:	33,6 Km/h
Velocidad máxima del ciclo:	120,0 Km/h

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP



Normas para selección de ruta

El objetivo de las normas de selección es determinar la aceptabilidad y características operacionales del vehículo bajo las condiciones de carga correspondientes y bajo las condiciones topográficas típicas de las operaciones en el Ecuador. La evaluación se dirige de acuerdo con los datos que se desea obtener y se debe tener en cuenta las siguientes condiciones: nivel del mar, altitud, temperaturas condiciones de tráfico, caminos asfaltados. Las rutas seleccionadas en el estudio base cumplen con todos los requerimientos a tener en cuenta y es una razón más que nos ayuda a seleccionar las mismas rutas ya descritas en el estudio base. Según la norma SAE J1082 se deben cumplir los siguientes parámetros:

- Carretera en buen estado de asfalto o concreto.
- Pista plana con la longitud indicada 1,1 km.
- Una pendiente no mayor a 1%.
- Carretera seca y limpia.
- Pista sin cruces peligrosos
- Temperatura ambiente entre -1° C y 32°C.
- No debe existir presencia de lluvia o neblina.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Velocidad del viento no mayor a 24 km/h.

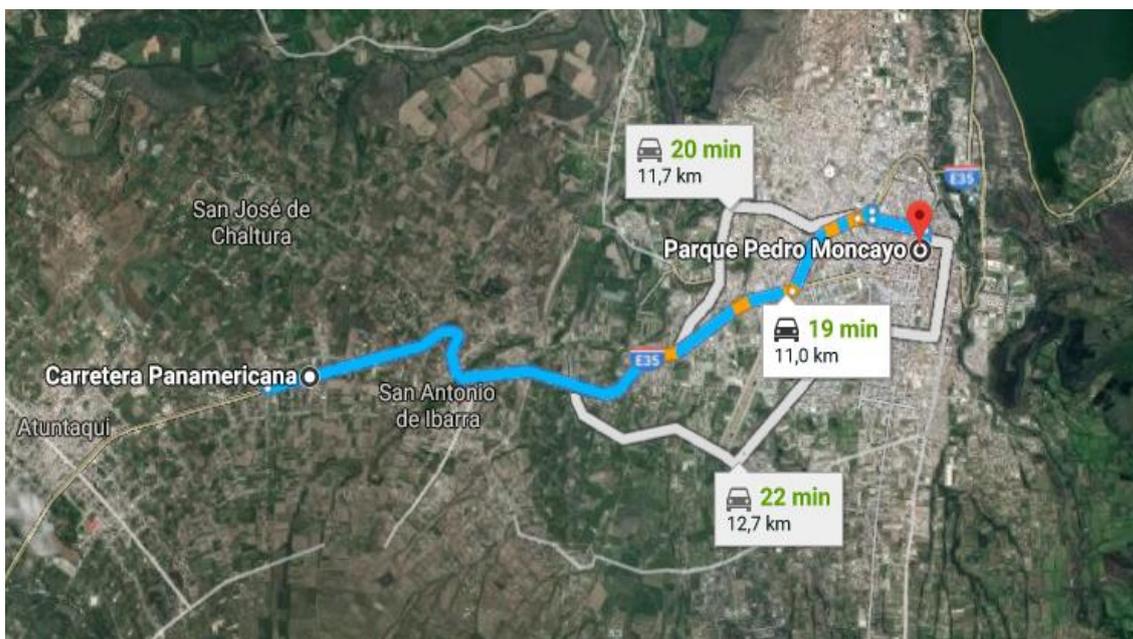


Figura 17. Ciclo propuesto prueba dinámica

A continuación, se detalla el procedimiento de la técnica de manejo ecodriving en la prueba en ruta, tras una serie de estudios y pruebas prácticas, normas sencillas de mantenimiento, conducción y utilización del vehículo estas son las recomendaciones para manejar con ecodriving:

- 1.- Circular a 2.000 - 2.500 revoluciones por minuto en coches de gasolina En los autos actuales, dotados de inyección y gestión electrónica circulan con comodidad a estos regímenes bajos y la mecánica no sufre.
- 2.- Anticipación: evita los acelerones y los frenazos o, por ejemplo, levantar el pie del acelerador al percibir que un semáforo cambia a rojo dejando que el coche llegue con su propia inercia, jugando con el freno y el cambio de marchas para detenerlo adecuadamente.
- 3.- Distancia de seguridad: mantener una adecuada distancia de seguridad permite circular a una velocidad regular.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- 4.- Bajar pendientes: levantar el pie del acelerador y aprovechar la inercia del coche, utilizando el cambio y el pedal del freno para efectuar pequeñas correcciones y ajustar la velocidad. Nunca dejar el cambio de marchas en punto muerto. No sólo es peligroso, sino que el coche consume más.
- 5.- Subir pendientes: en la marcha más larga posible, pisando el pedal del acelerador lo justo para mantener la velocidad. Los cambios de marcha hay que realizarlos a un régimen de revoluciones más alto que en llano.
- 6.- En curvas: en lugar de frenar, anticiparnos a la curva y dejar que el vehículo vaya perdiendo velocidad, corrigiendo con el cambio y el pedal de freno, de forma que al llegar a la curva estemos a la velocidad adecuada.
- 7.- En tráfico intenso: rodar en la marcha más larga posible evitando los acelerones y frenazos.
- 8.- En las incorporaciones y adelantamientos: la seguridad prima sobre el consumo. Si es necesario, olvidarse del ahorro y aprovechar en nuestro beneficio la potencia del vehículo

Modelo Simplificado de la Combustión

Para determinar los factores de emisión, se desarrolla un modelo simplificado de la combustión. Este modelo representa la conversión del aire y el combustible en los principales productos de la combustión. Cuando la combustión es completa los productos principales son el dióxido de carbono (CO_2) y el vapor de agua y el nitrógeno que contiene el aire no reacciona y sale conjuntamente con los gases de combustión. Cuando se tiene exceso o defecto de aire, la combustión es incompleta y los productos típicos de la combustión son monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no combustionados e hidrocarburos intermedios

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP asociados con la oxidación del combustible (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua y nitrógeno (N_2) (CCICEV, 2012)

Se hacen las siguientes consideraciones, respecto a la composición de los productos de la combustión:

- El combustible se consume completamente.
- Existe oxidación de una parte del nitrógeno que ingresa con el aire.
- El carbón del combustible es emitido en el CO_2 , CO o como un hidrocarburo no combustionado equivalente como propano (C_3H_6).
- Se considera que la fórmula de la gasolina es el isooctano (C_8H_{18}).
- El oxígeno reacciona para formar CO_2 , CO, NO_x y vapor de agua.
- Se considera cantidades estequiométricas para el aire.

Para el cálculo de la combustión se desarrolla una fórmula molecular equivalente para el combustible. Se asume que el combustible está compuesto de carbono e hidrógeno con cantidades despreciables de otras especies para el propósito del balance de masa. En la tabla 10, se muestra el equivalente molecular para la gasolina (C_8H_{18}), la que contiene 84% en peso de carbono y 16% en peso de hidrógeno. (CCICEV, 2012)

Tabla 8.

Equivalente molecular para combustible 84% de C y 16% de H

Componente	lb por 100 lb combustible	Peso Molecular	lbmol por 100lb comb.	lbmol por lbmol C
Carbono	84	12	7	1.00
Hidrógeno	16	1	16	2.25

Nota: Esta tabla fue tomada del CCICEV (CCICEV, 2012)

En forma general, se establece la fórmula equivalente molecular CH_y :

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

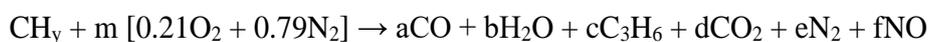
$$y = \left(\frac{\% \text{peso H}}{\% \text{peso C}} \right) \left(\frac{MWc}{MWh} \right) \quad (1)$$

Donde:

$MWc = \text{Peso molecular del carbono}$

$MWh = \text{Peso molecular del hidrogeno}$

Se consideran como productos de combustión son los siguientes: CO, H₂O, C₃H₆, CO₂, N₂ y NO. El balance para la combustión sin considerar el exceso de oxígeno, está dado por:



Donde las variables a, b, c, d, e, f y m son los coeficientes estequiométricos desconocidos.

Las ecuaciones del balance de número de átomos, se pueden escribir para cada elemento como sigue:

Tabla 9.

Cuadro de elementos contaminantes

Elemento	Reactantes	=	Productos
Carbono (C)	1	=	a+3c+d
Hidrógeno (H)	4	=	2b+6c
Oxígeno (O)	0.42m	=	a+b+2d+f
Nitrógeno (N)	1.58m	=	2e+f

Nota: Esta tabla fue obtenida (CCICEV, 2012)

Tabla 10.

Ecuaciones de la Combustión - Gases contaminantes

Descripción	Formulas
-------------	----------

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Ecuaciones de las concentraciones molares de los gases

$$R_{CO} = \left(\frac{\%CO}{\%CO_2} \right) = \frac{a}{d}$$

$$R_{HC} = \left(\frac{\%HC}{\%CO_2} \right) = \frac{c}{d}$$

$$R_{NO} = \left(\frac{\%NO}{\%CO_2} \right) = \frac{f}{d}$$

Donde: R_{CO} , R_{HC} , R_{NO} son las razones de %CO a CO_2 , %HC a CO_2 y %NO a CO_2

De estas ecuaciones se obtienen

$$a = R_{CO}d$$

$$c = R_{HC}d$$

Reemplazando estas relaciones en la ecuación del carbón ($1=a+3c+d$) se obtiene

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1}$$

Los factores de emisión en gramos de contaminante por kilogramo de combustible.

$$F_{CO} = \frac{aMW_{CO}}{MW_{comb}}$$

$$F_{HC} = \frac{cMW_{HC}}{MW_{comb}}$$

$$F_{NO} = \frac{fMW_{NO}}{MW_{comb}}$$

$$F_{CO} = \frac{R_{CO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{comb}}$$

Para el C_8H_{18} , el equivalente es $CH_{2.25}$ y se tiene.

$$F_{HC} = \frac{R_{HC}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{comb}}$$

$$F_{NO} = \frac{R_{NO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{comb}}$$

El peso molecular del combustible

$$MW_{CO} = \frac{12gC}{molC} * \left(\frac{1molC}{mol comb} \right) + \frac{1gH}{molH} * \left(\frac{y * molH}{mol comb} \right) = 14,25 \frac{g comb}{mol comb} = 0,01425 \frac{kg comb}{mol comb}$$

Se considera un valor de $y = 0,25$ (tabla 9)

Se considera el valor promedio de la densidad del combustible a $15^\circ C$ de $748 Kg/m^3$ si la densidad del combustible es ρ_{comb} (Kg/m^3) y el consumo de combustible en una distancia es CC (Kg/m^3), entonces se obtienen los factores de emisión en

$$F'_{CO} = F_{CO} * 6\rho_{comb} * CC$$

$$g_{CO} = \left(\frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * CC}{0,01425} \right) * d$$

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

gramos de contaminante por kilómetro recorrido.

$$g_{HC} = \left(\frac{42 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * cc}{0,01425} \right) * d$$

Otros contaminantes:

$$g_{NO} = \left(\frac{30 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * cc}{0,01425} \right) * d$$

Nota: Esta tabla fue tomada (CCICEV, 2012)

Multiplicamos a la formula por la distancia recorrida en cada segundo que duró la prueba para obtener cada gramo de emisiones contaminantes por cada segundo de recorrido. Esto también aplica para la fórmula de CO_2 (CCICEV, 2012).

Para el caso del CO_2 , el factor de emisión se obtiene utilizando la norma ISO 14064, parte 1, para la cuantificación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Esta norma establece que, según los datos disponibles, el cálculo de las emisiones de CO_2 de los automóviles puede realizarse de tres formas diferentes. Las metodologías de cálculo para los tres tipos de datos son:

Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos, o, si no se dispone de este dato, opción B, cuantía económica asociada al consumo de combustible (diésel o gasolina); o, si tampoco se dispone de este dato, opción C, kilómetros recorridos, marca y modelo del automóvil (diésel o gasolina).

Se ha elegido la opción A, que utiliza la tabla 11 para indicar el factor de conversión utilizado en función del combustible utilizado.

Para el presente estudio, como el combustible utilizado en los vehículos es gasolina, se utiliza el factor de conversión (FCO_2) = 2,38 Kg de $\frac{CO_2}{litro}$

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

El Factor de emisión de CO_2 , queda definido por la siguiente expresión:

$$F'_{CO_2} = F_{CO_2} * c$$

Ecuación 4 Factor de emisión CO_2 (CCICEV, 2012)

Donde:

F'_{CO_2} = Factor de emisión de CO_2 (g CO_2 / km)

F_{CO_2} = Factor de conversión de gasolina (2380 g de CO_2 / litro)

C = Rendimiento del combustible (litros/km)

Por lo tanto el factor de emisión para el CO_2 es:

$$gCO_2 = (2380 * C) * d \quad (2)$$

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Pruebas

Las pruebas se ejecutan en una prueba ONBOARD aplicando un modo de conducción ecodriving en un vehículo de inyección indirecta a gasolina con gasolina súper bajo las condiciones determinadas. Con el fin de realizar un análisis del ciclo de trabajo de la válvula EVAP y su influencia en la emisión de gases.

Preparación del vehículo para las pruebas

Preparación del vehículo

- Revisar los niveles de fluidos del auto de prueba.
- Chequear la alineación y el balanceo.
- Inspeccionar la presión de los neumáticos.
- Revisar el estado filtros.
- Chequeo de luces.
- Verificar que la carrera del pedal del acelerador llegue al 100% (W.O.T.).
- Controlar que el nivel de combustible sea mayor a medio tanque.
- Verificar el estado de los frenos
- Inspeccionar el tubo de escape

Instrucciones generales

Al salir a la ruta, el conductor debe realizar la verificación de:

- Confirmar si las condiciones climáticas son las adecuadas.
- Cinturón de seguridad y luces encendidas.
- Reiniciar odómetro (para referencia de tramos recorridos).
- Empezar la prueba el punto de inicio que detalla la hoja de ruta.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- En cada uno de los trayectos determinados el conductor deberá procurar llevar el vehículo al ciclo de manejo establecido.

Conexión de equipos de comprobación

escáner automotriz

1. Ubicar el conector de diagnóstico DLC
2. Conectar el escáner en el DLC con el vehículo apagado.
3. Colocar las llaves en la posición de encendido, no dar marcha al motor.
4. Encender el scanner automotriz.
5. Seleccionar la marca, el modelo de vehículo y el año.
6. Elegir línea de datos
7. Encender el vehículo.
8. Seleccionar los sensores y actuadores que se desea observar.
9. Verificar que se visualice el trabajo de los distintos elementos
10. Seleccionar grabar datos
11. Guardar con el nombre de referencia como se indica en la figura 3

La conexión del escáner se puede observar en el anexo VI y los datos obtenidos se muestra en el anexo ii y iii.

Analizador de gases en el vehículo

1. Conectar el cable de alimentación del analizador al convertidor conectado en el vehículo.
2. Presionar el botón de encendido en la parte trasera del analizador y verificar que se enciendan los indicadores de control mediante la visualización del mensaje PASS.
3. Espera 5 segundos y comprobar que el analizador realice el autodiagnóstico y indique que el analizador está listo para realizar la medición.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

4. Después el analizador entra en fase de calentamiento de celda, este tiempo es de 275 segundos que pueden variar con la temperatura ambiente, mientras menor sea la temperatura, mayor tiempo requerirá el analizador para completar la fase de calentamiento.
5. A continuación de la fase de calentamiento se ejecuta el AUTOCERO o calibrado a cero del analizador, esta fase dura 20 segundos.
6. Al finalizar este periodo de inicialización, calentamiento y calibración del analizador, el equipo está listo para empezar la medición de gases contaminantes, en el display se muestra el mensaje READY



Figura 18. Analizador listo para iniciar medición

Si el analizador se desconecta accidentalmente de la fuente de energía principal este se apagará y se repetirá el procedimiento de inicialización, calentamiento y calibrado del analizador antes de iniciar la medición de gases. No se debe presionar ninguna tecla de control durante este proceso.

7. Insertar la sonda de medición en el tubo de escape del vehículo
8. Pulsar la tecla ENTER para empezar la medición y a continuación se puede observar la concentración de gases que se está midiendo.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP



Figura 19. 50 Tecla ENTER

9. Para detener la medición, presionar la tecla ESC de color rojo, de esta forma la bomba de succión se apaga y se suspende la recolección y análisis de gases.

El analizador se mantendrá en modo de medición discontinua es decir se estará encendiendo y apagando de acuerdo a tiempos del ciclo de ruta determinados en el tiempo que dure la prueba, debido a que después de un intervalo de medición necesita de un periodo de descanso o purga para evitar saturación y contaminación de la celda electrolítica que causaría resultados erróneos.

10. Para realizar la purga se desconectará la manguera de ingreso de los gases, esta función es muy importante ya que se encarga de eliminar los residuos de gases contaminantes dentro del analizador, en el display se muestra la función actual y el tiempo de espera es de 10 segundos.

Después se ejecuta la función de auto cero que dura 20 segundos, una vez que termina esta secuencia se mostrará nuevamente el mensaje READY y el analizador estará listo para una nueva sesión de medición.

Instalación en el vehículo

1. Se debe evitar las vibraciones, debe estar a nivel horizontal y debe estar bien fijo el analizador al máximo para evitar errores de medición. Para permitir una conducción correcta de acuerdo al protocolo de pruebas y evitar errores de medición. El equipo se instalará en el baúl del vehículo en una base de madera de 92 cm X 56 cm que posee un recubrimiento de esponja y caucho para absorber vibraciones. Como se muestra en la figura



Figura 20. Equipo instalado en el portamaletas

2. La sonda de escape se pasará al interior del vehículo para ser conectada con el analizador de gases, retirando los cauchos de carrocería que posee la cajuela y que ya vienen de fábrica. Como se indica en la figura



Figura 21. escape se pasará al interior del vehículo para ser conectada con el analizador de gases

Ejecución de pruebas

Se realizaron cinco pruebas ONBOARD aplicando la técnica de conducción con eco driving. En las cuales se ejecutó todos los ciclos establecidos y se obtuvieron los datos necesarios del ciclo de trabajo de la EVAP, las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible

Pruebas dinámicas

A continuación, se detalla el procedimiento de las pruebas on board:

1. Identificar el lugar de prueba de acuerdo a la hoja de ruta establecida.
2. Verificar que las condiciones ambientales sean las indicadas para ejecutar la prueba.
3. Conectar los equipos para realizar las mediciones.
4. Verificar el correcto funcionamiento de los equipos.
5. Apagar todos los accesorios del vehículo.
6. Confirmar temperatura de funcionamiento sea 90° C.
7. Encender el vehículo y en condición de marcha mínima con el escáner revisar la línea de datos de rpm y revisar el ralentí y empezar a grabar datos.

Recopilación de Datos

Las mediciones se realizaron en el ciclo de conducción de carretera indicado en la ciudad de Ibarra, siguiendo el procedimiento selecciona, se realizaron seis mediciones por cada ciclo de conducción y se recorrió una distancia total de 330,3 km. El registro de los datos se realiza cada 40 segundos y se registra durante 10 segundos la medida, debido a que al analizador de gases necesita hacer una oxigenación y para lo cual el ciclo que dura 1493 segundos. Además, es grabado por el escáner para registrar el ciclo de trabajo de la válvula y también se mide el consumo de combustible con el canister.

Gráficas de control de datos

Es necesario conocer en la experimentación hasta qué punto los datos obtenidos son fiables para realizar un análisis de datos correcto. Debido a que estos valores obtenidos pueden presentar desviaciones con respecto al objetivo específico las cuales se manifiestan en forma de datos inexactos y se puede producir una excesiva variabilidad respecto a los valores deseables que ocasiona una falta de precisión de datos.

Por eso es necesario generar gráficos de control que nos permitan tanto estudiar la variabilidad del mismo, así como comprobar si los datos obtenidos cumplen o no con los parámetros necesarios.

En caso de apreciar en tales gráficos tendencias no aleatorias o bien muestras que se sitúen más allá de los límites de control consideraremos que los datos obtenidos no son fiables.

Gráfico de control para la media (\bar{x}).

Se diseña para medir la variación en las medias muestrales alrededor de algún nivel generalmente aceptado. En este gráfico se establece una gran media \bar{X} que se establece como una estimación de μ que puede ser un promedio, moda o media.

En base a este valor se obtiene un límite superior de control (LSCX) y un límite inferior (LICX), si los datos obtenidos están dentro de este rango la variación aleatoria ocurre, caso contrario se ha detectado una variación de causa asignable como se indica en la figura 22

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

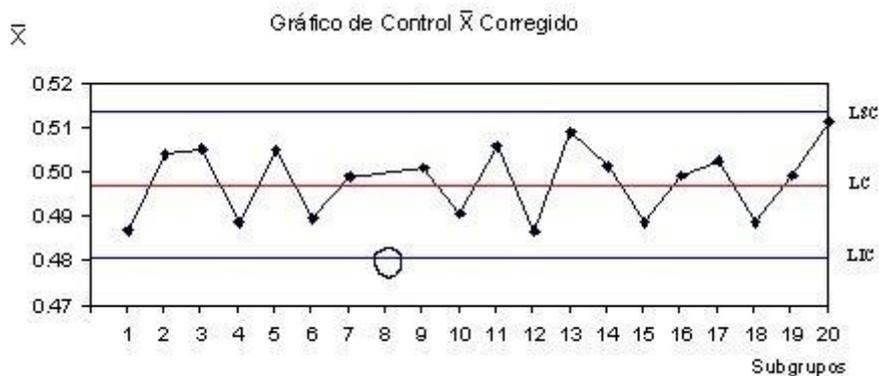


Figura 22. Ejemplo de gráfica de control de medias.

El límite de control superior se obtiene con la fórmula:

$$LSCX = \bar{X} + 3\sigma_x \quad (3)$$

$$LICX = \bar{X} - 3\sigma_x \quad (4)$$

Donde σ_x es la desviación estándar para las medias. Sin embargo, en la práctica se estima a $3\sigma_x$ como $A2R$, en donde R es el rango promedio de los rangos muestrales y $A2$ es una constante basada en el tamaño de la muestra. Los valores de $A2$ se hallan en la tabla de factores críticos de las gráficas o cartas de control indicada en el anexo iv.

Donde:

$$LSCX = \bar{X} + A2R \quad (5)$$

$$LICX = \bar{X} - A2R \quad (6)$$

Donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_k}{k} \quad (7)$$

Siendo k = número de muestras

Gráfico de control para la dispersión (r).

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Mide la variación en el rango de las muestras. Aunque la desviación estándar es una medida que depende de la dispersión, las técnicas de control de calidad generalmente confían en el rango como un indicio de la variabilidad del proceso.

El límite superior de control para el rango se obtiene con la siguiente ecuación:

$$LSC_R = R + 3_{SR} \quad (8)$$

El límite inferior de control para el rango se obtiene con la siguiente ecuación:

$$LIC_R = R - 3_{SR} \quad (9)$$

Donde SR es la desviación estándar en los rangos muestrales. Sin embargo, en la práctica, es más simple de utilizar.

El límite superior de control para el rango se obtiene con la siguiente ecuación:

$$LSC_R = D_4R \quad (10)$$

El límite inferior de control para el rango se obtiene con la siguiente ecuación:

$$LIC_R = D_3R \quad (11)$$

Los valores D_4 y D_3 se toman de la tabla de factores críticos de las gráficas o cartas de control de acuerdo al tamaño n de la muestra y el rango promedio de los rangos muestrales siendo $k =$ número de muestras indicados en el ANEXO

Resultados

Análisis de datos

Aplicando el control de medias y rangos a los datos obtenidos en las pruebas on board se realizan los siguientes análisis de datos con el objetivo de saber cómo se produce el ciclo de trabajo de la válvula evap.

Análisis de las pruebas dinámicas

consumo de combustible

Tabla 11.

Consumo de combustible y velocidad promedio obtenido en prueba onboard

PRUEBA	Distancia Recorrida (km)	Velocidad promedio (km/h)	Volumen Combustible consumido (ml)	Consumo Combustible (km/l)	Consumo Combustible (l/km)
PRUEBA 1	27,5	65,90	2130	12,89	0,077
PRUEBA 2	27,5	63,82	2102	13,06	0,076
PRUEBA 3	27,5	70,81	2056	13,35	0,074
PRUEBA 4	27,5	67,58	2109	13,02	0,076
PRUEBA 5	27,5	67,35	1992	13,78	0,072
PRUEBA 6	27,5	65,80	2017	13,61	0,073

Gráficas de control para Medias y Rangos muestrales de consumo de combustible en

prueba ON BOARD

Con los resultados obtenidos de la experimentación obtenemos los promedios y con estos datos obtenemos los rangos y los límites interior y superior para los rangos

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Tabla 12.

Consumo de combustible del ciclo carretera utilizado en las gráficas de control

Promedio (\bar{X})	Rango (R)
$X'' = 13,290$	$R^- = 0,23$
$LSC_s = 13,715$	$LSC_R = 0,738$
$LIC_s = 12,864$	$LIC_R = 0$

Se grafica los valores indicados y se ubica los límites de rango superior e inferior y se gráfica los valores y se puede observad que los valores obtenidos están dentro de los límites lo que indica que los datos obtenidos son fiable y confiables, como se muestra en la figura.

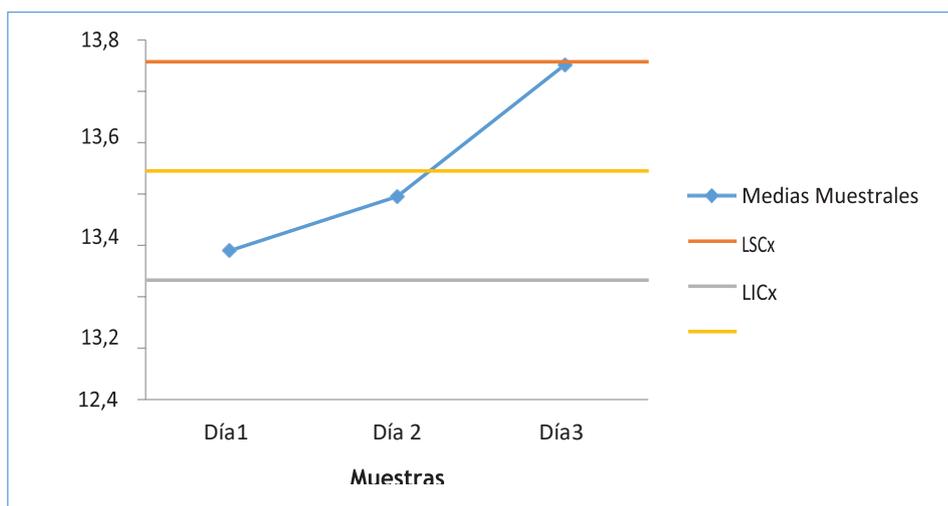


Figura 23. Gráfica de control de consumo de combustible por litro.

Consumo de combustible promedio obtenido en el ciclo

Los valores promedios de consumo de combustible obtenidos mediante pruebas ONBOARD en el ciclo desarrollado en la ciudad de Ibarra se indica en la tabla los datos para el cálculo se encuentran en el anexo i

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Tabla 13.

Consumo de combustible promedio.

	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (km/L)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/100 km)
	Ciclo Carretera	Ciclo Carretera
EVAP CONECTADA	13,29	7,524
EVAP DESCONECTADA	13.02	7.35

Valores de emisiones de combustible

Tabla 14.

Los valores de las emisiones contaminantes se encuentran en la tabla conectada la válvula EVAP:

PRUEBA	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	LAMBDA	CO (g/km)	HC (g/km)
1	0.69	220,35	11,77	3,11	1,14	8,50	0,41
2	0.49	175,45	13,25	1,84	1,07	5.48	0,30
3	0,50	165,27	13,00	2,08	1,09	5,68	0,28
4	0.44	166,96	13,08	1,92	1,08	5,03	0,29
5	0.41	149,58	12,93	2,18	1,10	4,76	0,26
Promedios	0,50	175,52	12,81	2,23	1,09	5,89	0,31

Tabla 15.

Los valores de las emisiones contaminantes se encuentran en la tabla desconectada la válvula EVAP

PRUEBA	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	LAMBDA	CO (g/km)	HC (g/km)
1	0,766	225,58	10,47	2,99	1,19	9,45	0,48
2	0,543	179,74	11,79	1,98	1,1	6,43	0,375
3	0,555	168,53	11,57	2,05	1,13	6,63	0,355
4	0,489	171,32	11,64	2	1,12	5,98	0,365
5	0,455	156,03	11,50	2,4	1,14	5,75	0,335
Promedios	0,5616	180,24	11,3675	2,284	1,136	6,848	0,382

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Trabajo válvula evap

El trabajo de la válvula EVAP se determina en las velocidades más estables del ciclo y corresponde a los valores determinados en los siguientes tramos detallados del ciclo en la tabla:

Tabla 16.

El trabajo de la válvula EVAP

Tiempo (s)	Velocidad (Km/h)	Acción
CICLO URBANO		
16 - 22	15	o Velocidad constante.
62 - 84	32	o Velocidad constante.
144 - 154	50	o Velocidad constante.
CICLO CARRETERA		
62 - 110	70	o Velocidad constante.
120 - 187	50	o Velocidad constante.
202 - 250	70	o Velocidad constante.
287 - 315	100	o Velocidad constante.
337 - 345	120	o Velocidad constante.

Los rangos de trabajo del ciclo de trabajo de la válvula EVAP son los siguientes:

Tabla 17.

Los rangos de trabajo del ciclo de trabajo de la válvula EVAP

VELOCIDAD (Km/h)	VELOCIDAD PROMEDIO	CICLO DE TRABAJO (%)	MAP (kPa)	AIR FLOW CALCULATED (g/s)	AIR FUEL RATIO
15	15,42	1,28	29	5,70	13,3
32	33,17	12,52	44,69	10,21	13,05
50	49,45	18,90	20,90	5,43	13
70	68,65	26,73	64,53	29,20	12,77
100	100	35,72	35,36	15,30	13

Simulación de válvula purga Canister.

Modelado del elemento.

El modelado de la válvula PCV se realizó en software especializado CAD para modelado mecánico, en el cual se representó las partes externas e internas de la válvula, como se muestra en la figura 24.

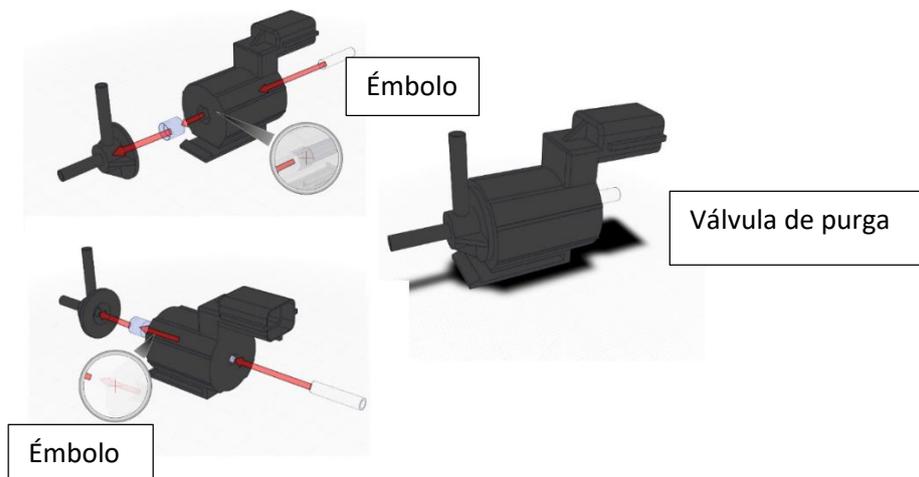


Figura 24. Vista isométrica de PCV válvula canister purga.

En la figura 25 se puede visualizar los componentes internos de la PCV, se puede visualizar los conductos dentro del mismo por donde el vapor de combustible va a fluir.

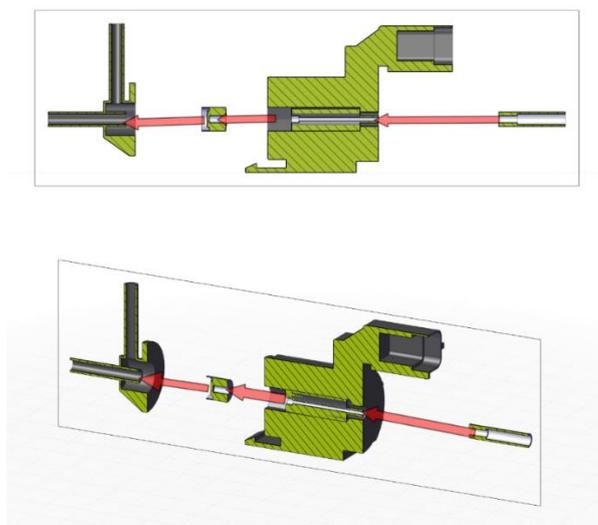


Figura 25. Vista de sección de PCV por donde entra la gasolina evaporada.

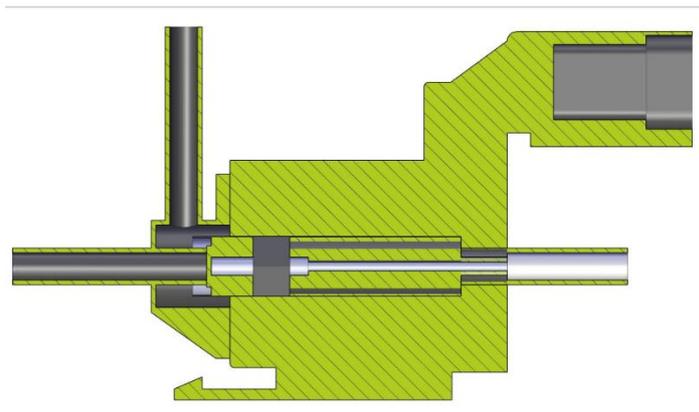


Figura 26. Vista de sección de PCV y componentes internos.

Obtención del volumen finito.

Una vez realizado el modelado de la válvula, se procede a determinar el volumen finito del componente. Nótese que el fluido recorre por el interior del componente, dando por resultado el siguiente modelo.

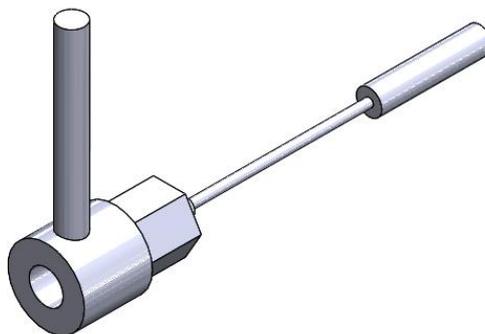


Figura 27. Vista isométrica del volumen finito.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

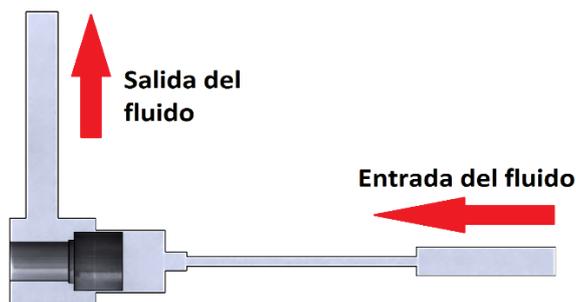


Figura 28. Vista de sección del volumen finito.

En la Figura 28, se observa la entrada y salida del combustible; estos parámetros deben tomarse en cuenta el momento de realizar el análisis por elemento finito debido a que establecen las condiciones de frontera.

Nótese que el componente cuenta con 3 secciones de diámetros diferentes por las que pasa el fluido, de manera que se realizara un análisis diferente, esta vez, igualando el diámetro de la sección intermedia con el diámetro al final de esta, como se observa en la Figura 29.

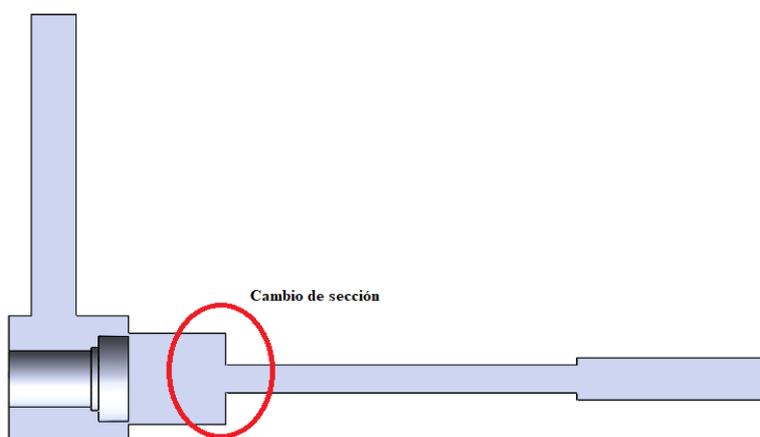


Figura 29. Volumen finito modificado.

Mallado del componente.

Obtenido el volumen finito, se procede al mallado de este. Asimismo, se establece la entrada y salida del fluido para facilidad en el análisis.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

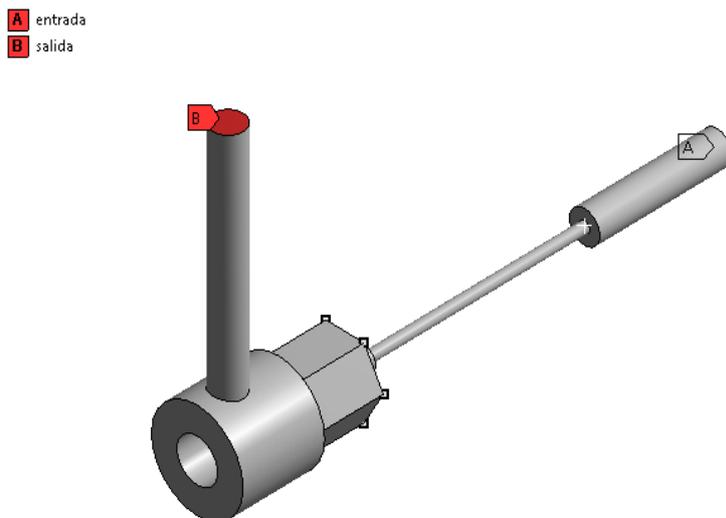


Figura 30. Entrada y salida del fluido.

Se procede a mallar componente, y se observa el factor de oblicuidad de los elementos una vez realizado el mallado, como se observa en la Figura 31.

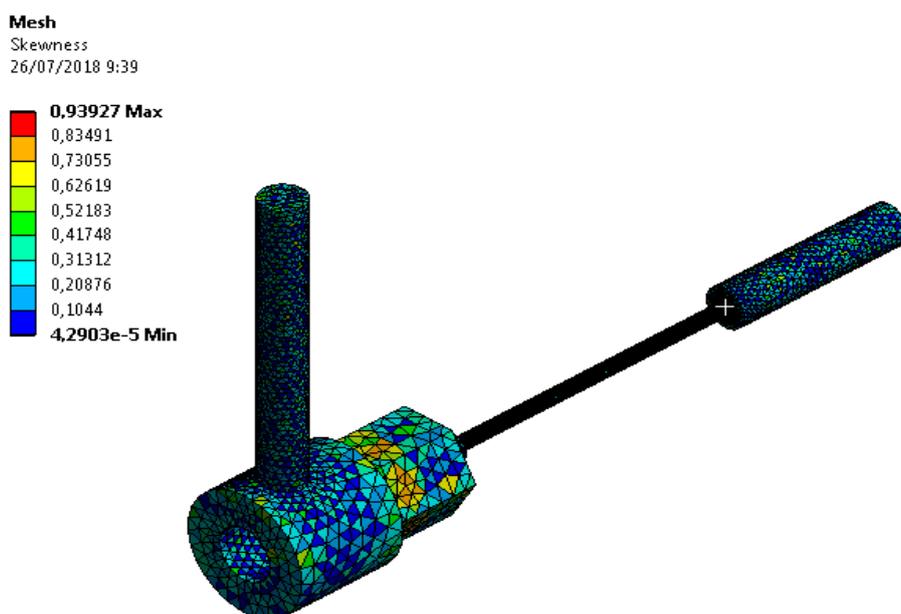


Figura 31. Mallado y calidad del elemento.

Condiciones de análisis y pre procesamiento.

Una vez iniciado el preprocesamiento, seleccionamos la pestaña General, y damos clic en Pressure-based, Absolute y Transient; esto como primera condición del análisis.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

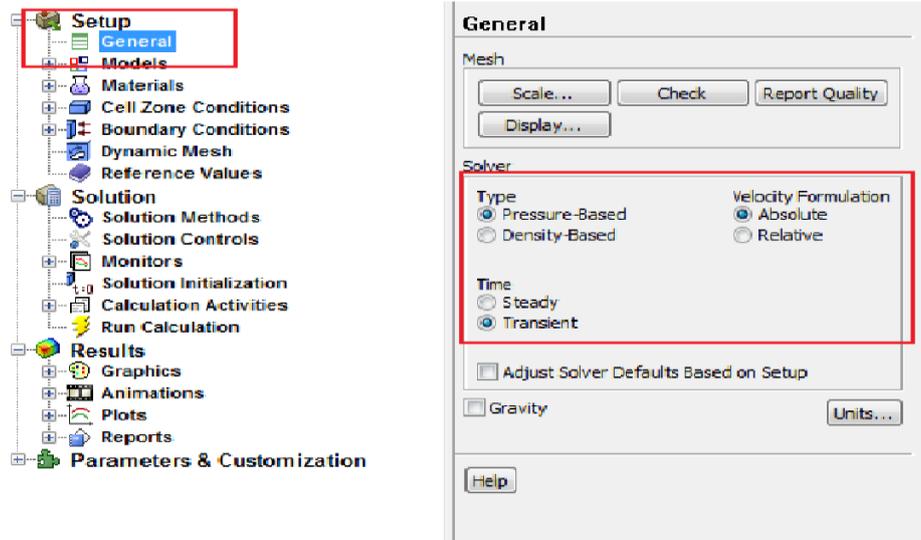


Figura 32. Damos clic en Pressure-based, Absolute y Transient; esto como primera condición del análisis

Hecho esto, seleccionamos Models, Viscous, y damos clic en k-epsilon, Realizable y Scalable Wall Functions.

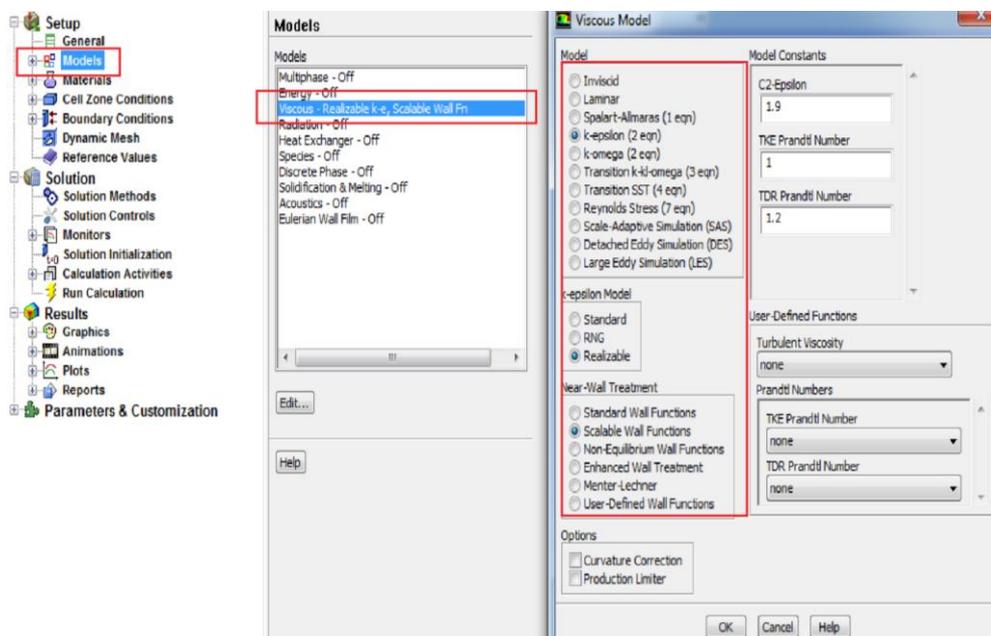


Figura 33 seleccionamos Models, Viscous, y damos clic en k-epsilon, Realizable y Scalable Wall Functions.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Ahora establecemos el fluido, seleccionamos Materials, damos clic en Create/Edit, Fluent Database y seleccionamos el Diesel-Vapor, por ultimo damos clic en Copy y luego en Close. Asimismo, en las ventanas restantes clicamos en Close

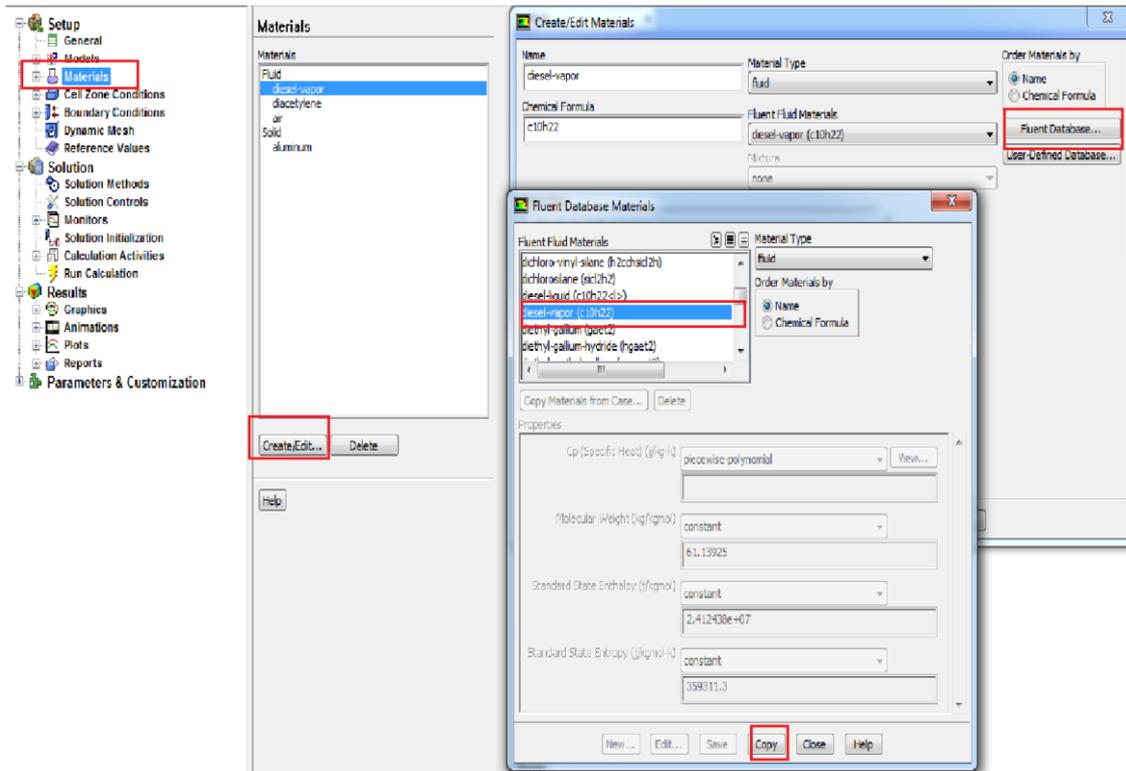


Figura 34. seleccionamos Materials, damos clic en Create/Edit, Fluent Database y seleccionamos el Diesel-Vapor, por ultimo damos clic en Copy y luego en Close.

Seleccionamos Cell Zone Conditions, damos clic en el componente y ubicamos el fluido de trabajo. Clicamos en Ok.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

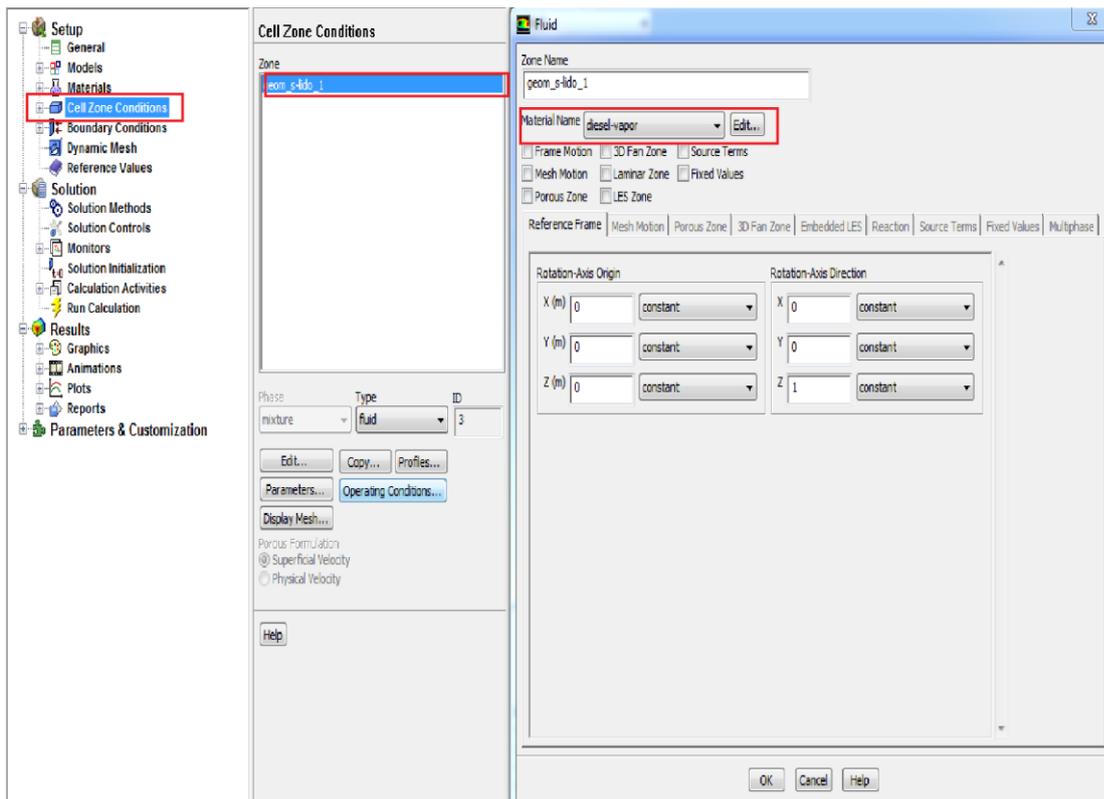


Figura 35. Seleccionamos Cell Zone Conditions, damos clic en el componente y ubicamos el fluido de trabajo

Ahora establecemos las condiciones de frontera, clicamos en Boundary Conditions, seleccionamos Entrada y en Type escogemos Velocity-inlet, y digitamos la velocidad de entrada del flujo.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

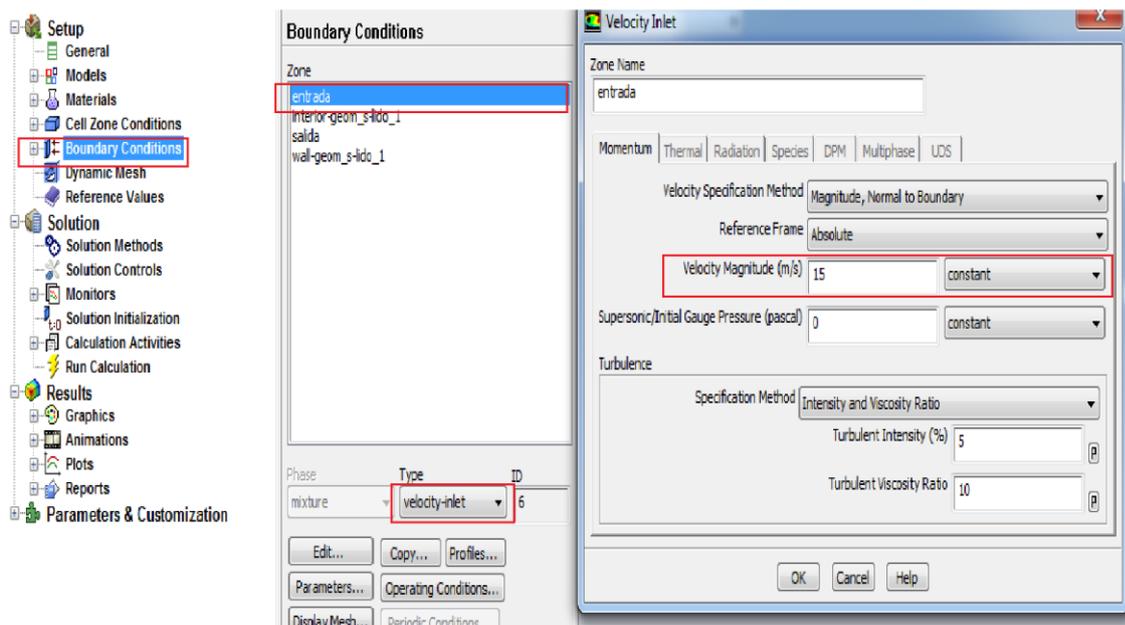


Figura 36. seleccionamos Entrada y en Type escogemos Velocity-inlet, y digitamos la velocidad de entrada del flujo.

Seleccionamos Salida y en Type escogemos Pressure-outlet, y digitamos la presión de salida. Nótese que las unidades del programa están en m/s y Pascales.

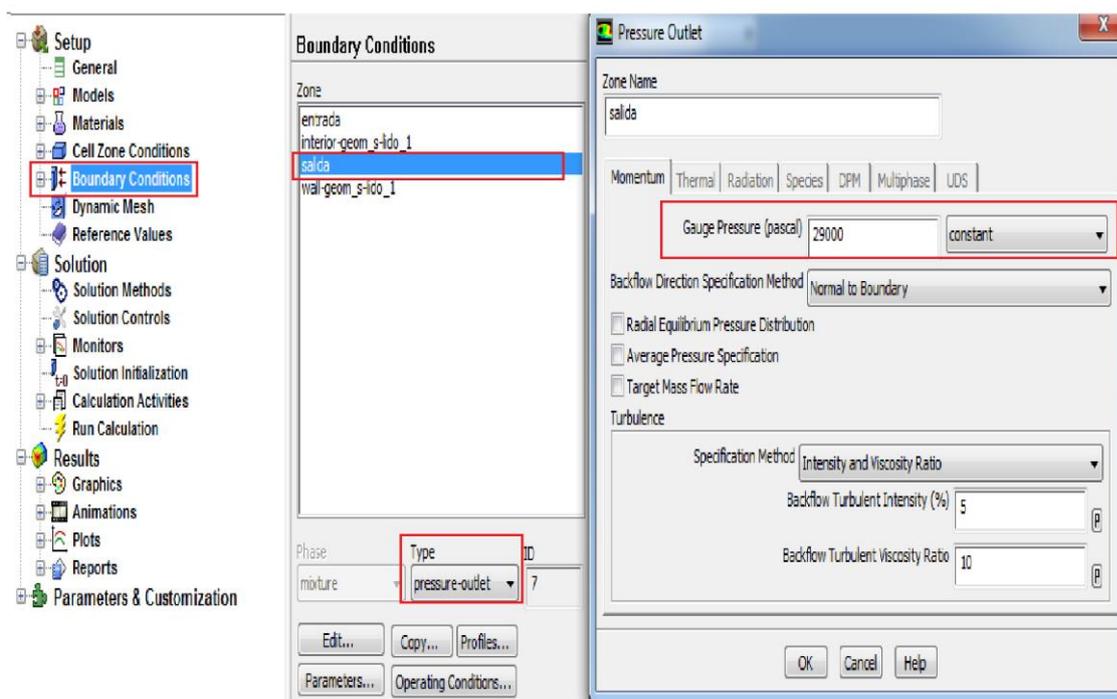


Figura 37. Seleccionamos Salida y en Type escogemos Pressure-outlet, y digitamos la presión de salida

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Una vez terminada las condiciones de frontera, damos clic en Solution Initialization, Hybrid Initialization y por último en Initialize

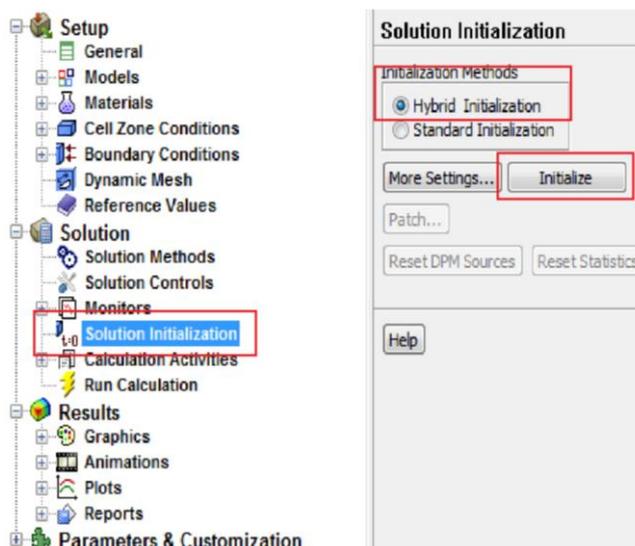


Figura 38. clic en Solution Initialization, Hybrid Initialization y por último en Initialize

Seleccionamos Run Calculation, en Time Step digitamos 0.5, Number of Time Steps establecemos 25 y en Max Iterations digitamos 20. Una vez realizado todos los pasos en orden, damos clic en Calculate y esperamos.

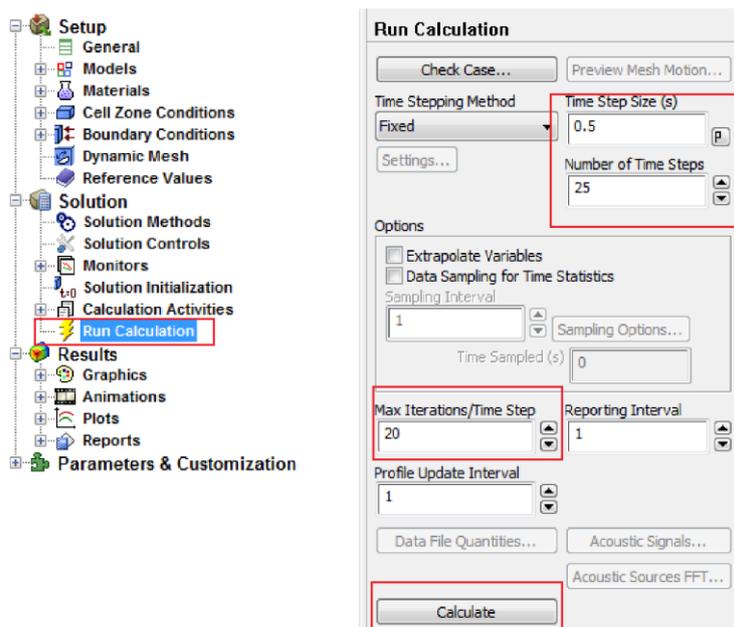


Figura 39. Una vez realizado todos los pasos en orden, damos clic en Calculate y esperamos.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Post procesamiento.

Una vez concluido el análisis, se procede a la comparación de resultados mediante las gráficas obtenidas, como se observa a continuación:

Análisis de la presión en válvula canister.

Para el análisis de la velocidad, presión, y turbulencia se realiza el estudio en diferentes condiciones de velocidad en determinado ciclo de trabajo.

CASO 1.

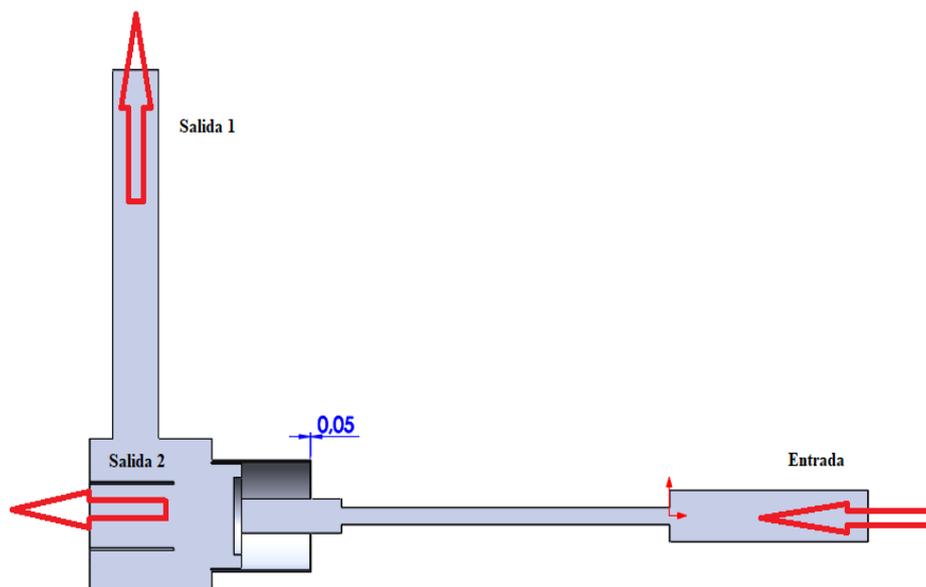


Figura 40. Estructuración del caso 1

Como se observa en la figura 40, la separación que existe entre la entrada de vapor de gasolina y el buje es de 0.05 mm, esto corresponde a una abertura del 1.28%. En este caso existen 2 salidas debido a que el buje no alcanza el 100% de abertura.

CASO 2.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

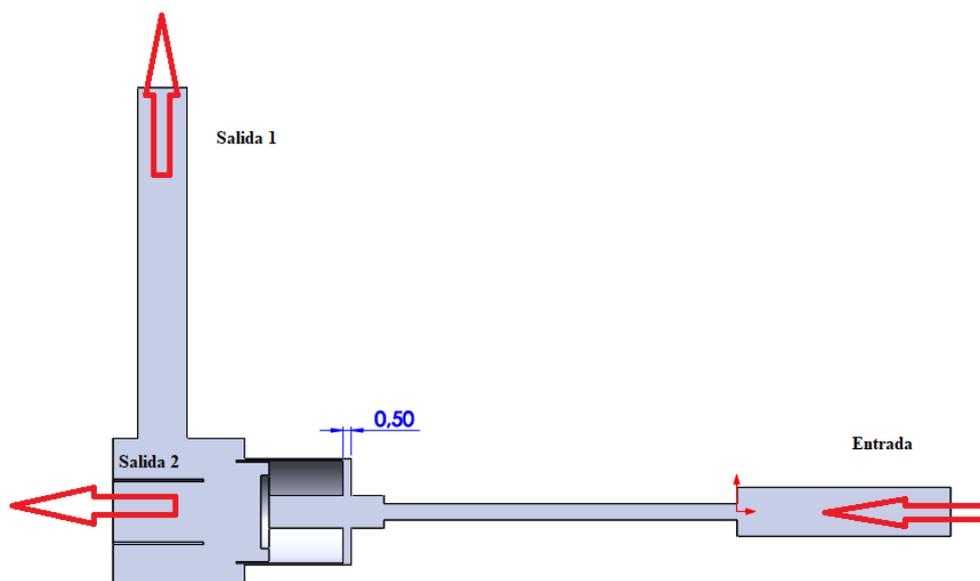


Figura 41. Estructuración del caso 2.

Como se observa en la figura 41, la separación que existe entre la entrada de vapor de gasolina y el buje es de 0.5 mm, correspondiente a una abertura del 12.52%. Asimismo, existen 2 salidas debido a que el buje no alcanza el 100% de abertura.

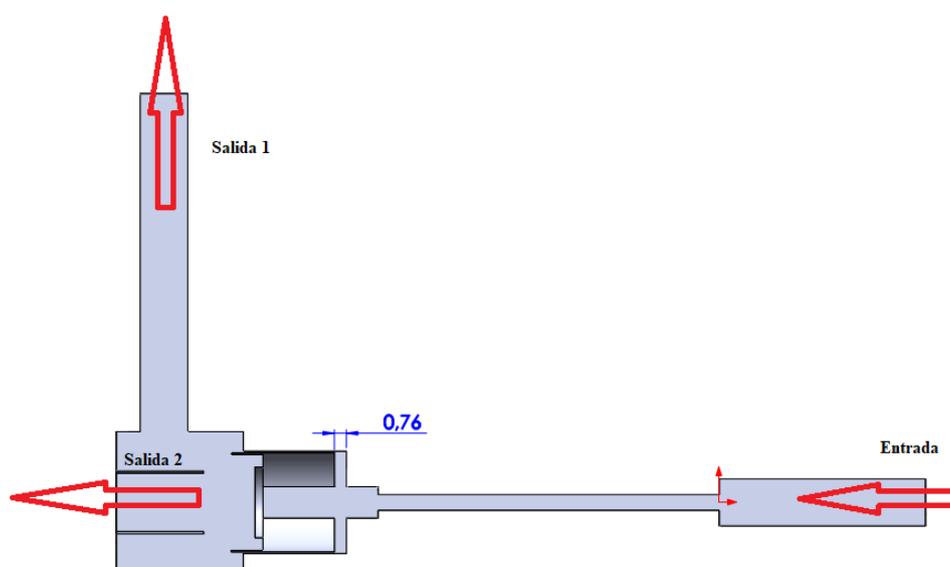
CASO 3.

Figura 42. Estructuración del caso 3.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Como se observa en la figura 42, la separación que existe entre la entrada de vapor de gasolina y el buje es de 0.76 mm, correspondiente a una abertura del 18.90%.

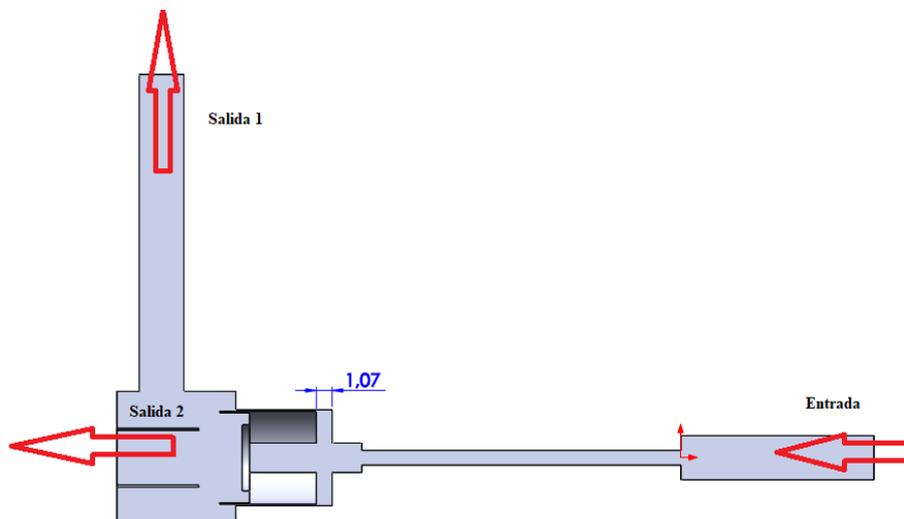
CASO 4.

Figura 43. Estructuración del caso 4.

Como se observa en la figura 43, la separación que existe entre la entrada de vapor de gasolina y el buje es de 1.07 mm, correspondiente a una abertura del 26.73%.

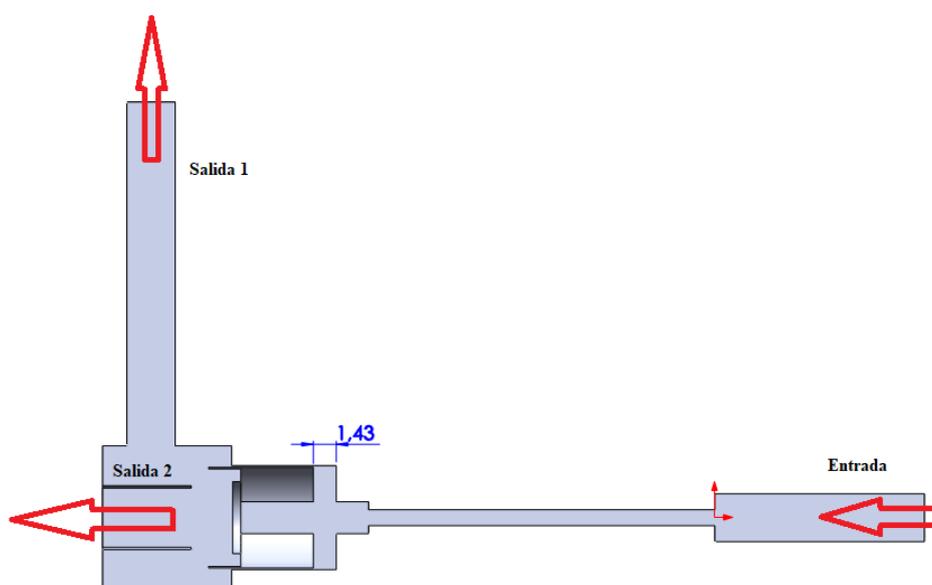
CASO 5.

Figura 44. Estructuración del caso 5.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Como se observa en la figura 44, la separación que existe entre la entrada de vapor de gasolina y el buje es de 1.43 mm, correspondiente a una abertura del 35.72%.

Análisis de presión

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s. Se puede observar que existe una presión con un valor alto en la entrada de la gasolina evaporada.

a) Válvula normal.

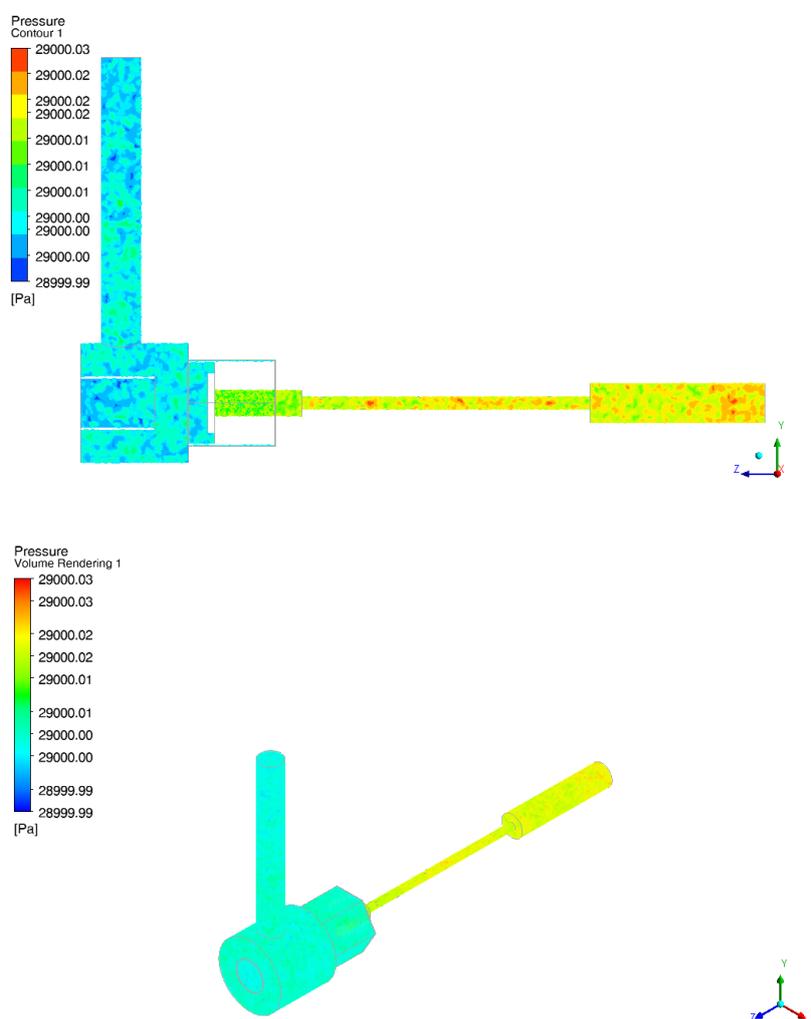


Figura 45. análisis de presión Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se observa que la presión es mayor debido a que se aumentó el diámetro de entrada de la válvula.

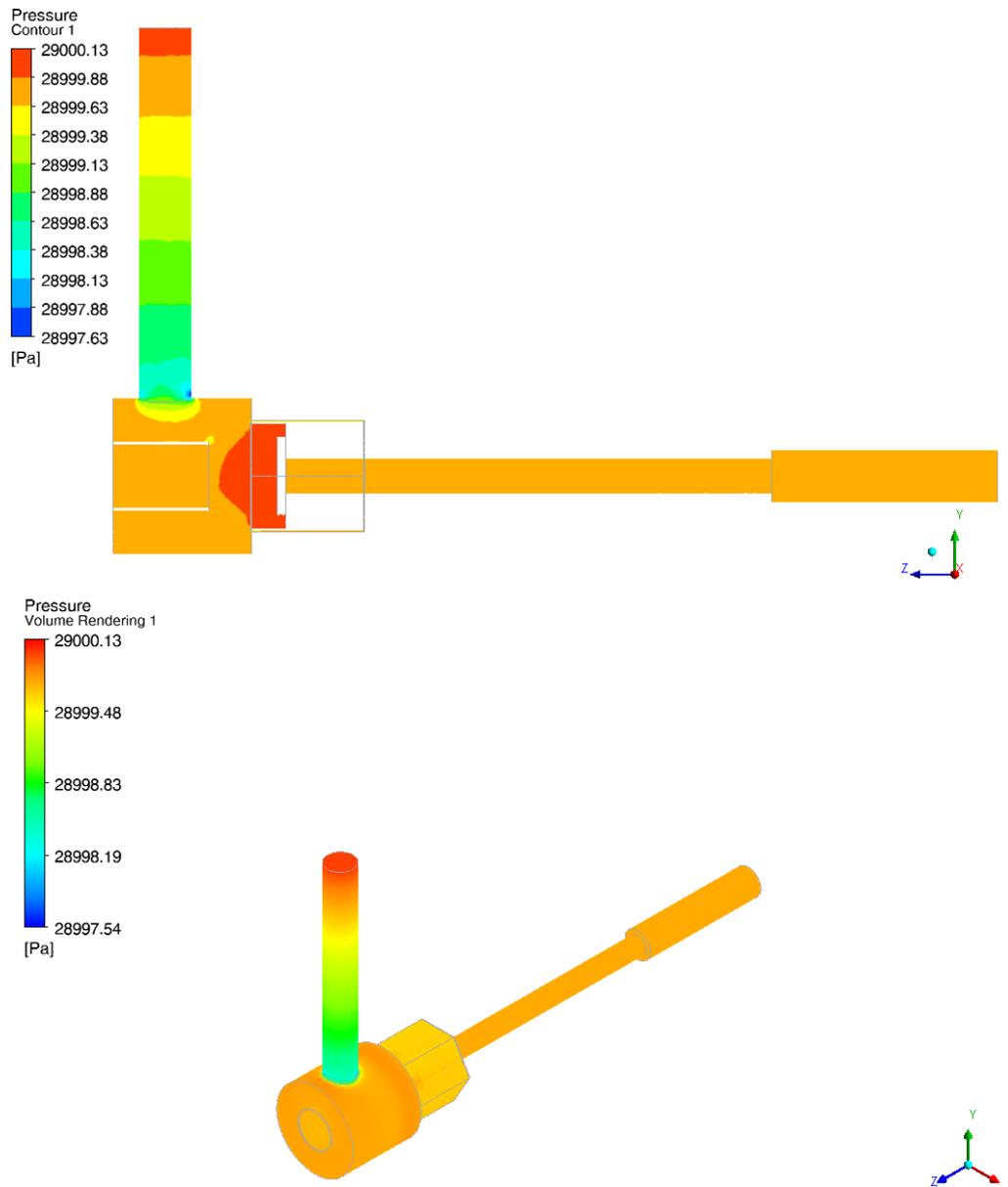


Figura 46. Análisis de presión de la válvula modificada caso 1

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s. En este ciclo de trabajo se observa que el valor de entrada de la presión de la gasolina evaporada tiene un valor relativamente bajo.

a) Válvula normal.

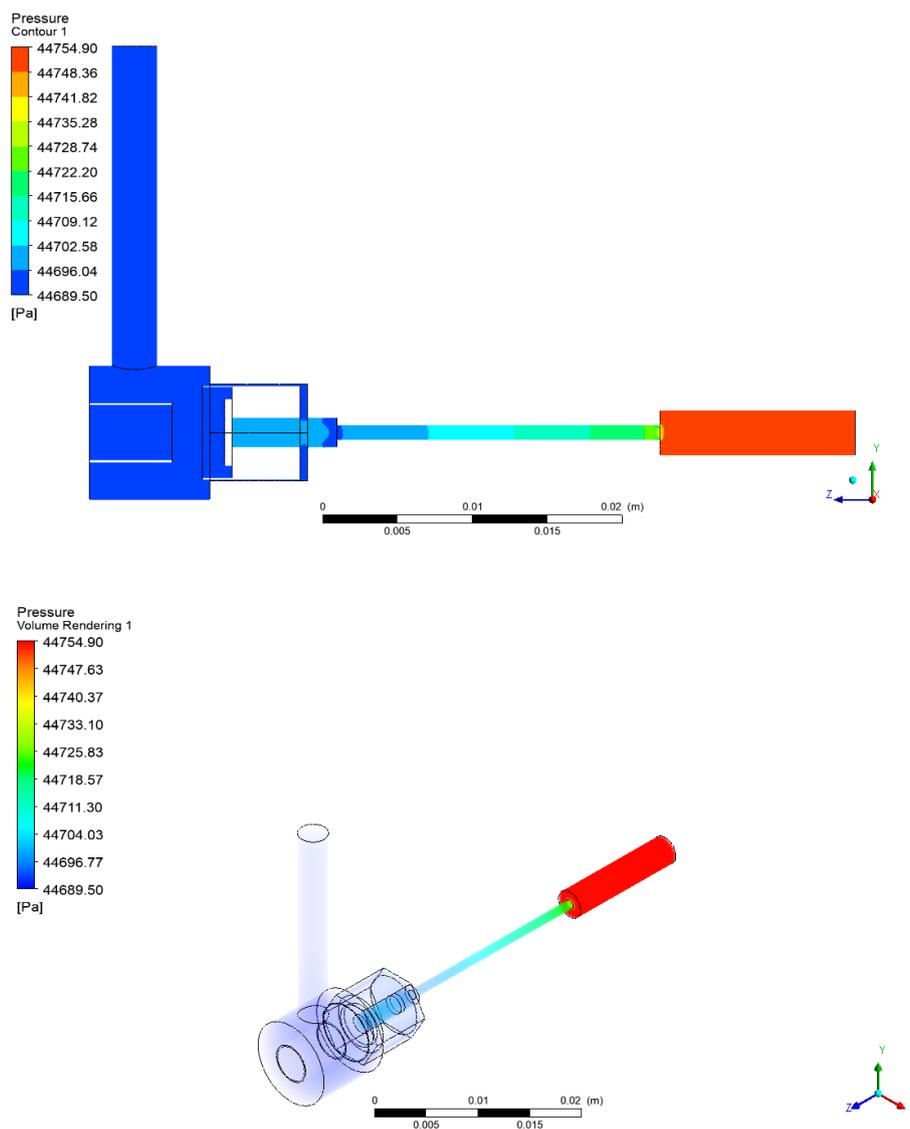


Figura 47. Análisis de presión Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. En esta figura observamos que el valor es mayor debido al diámetro de entrada de la gasolina evaporada.

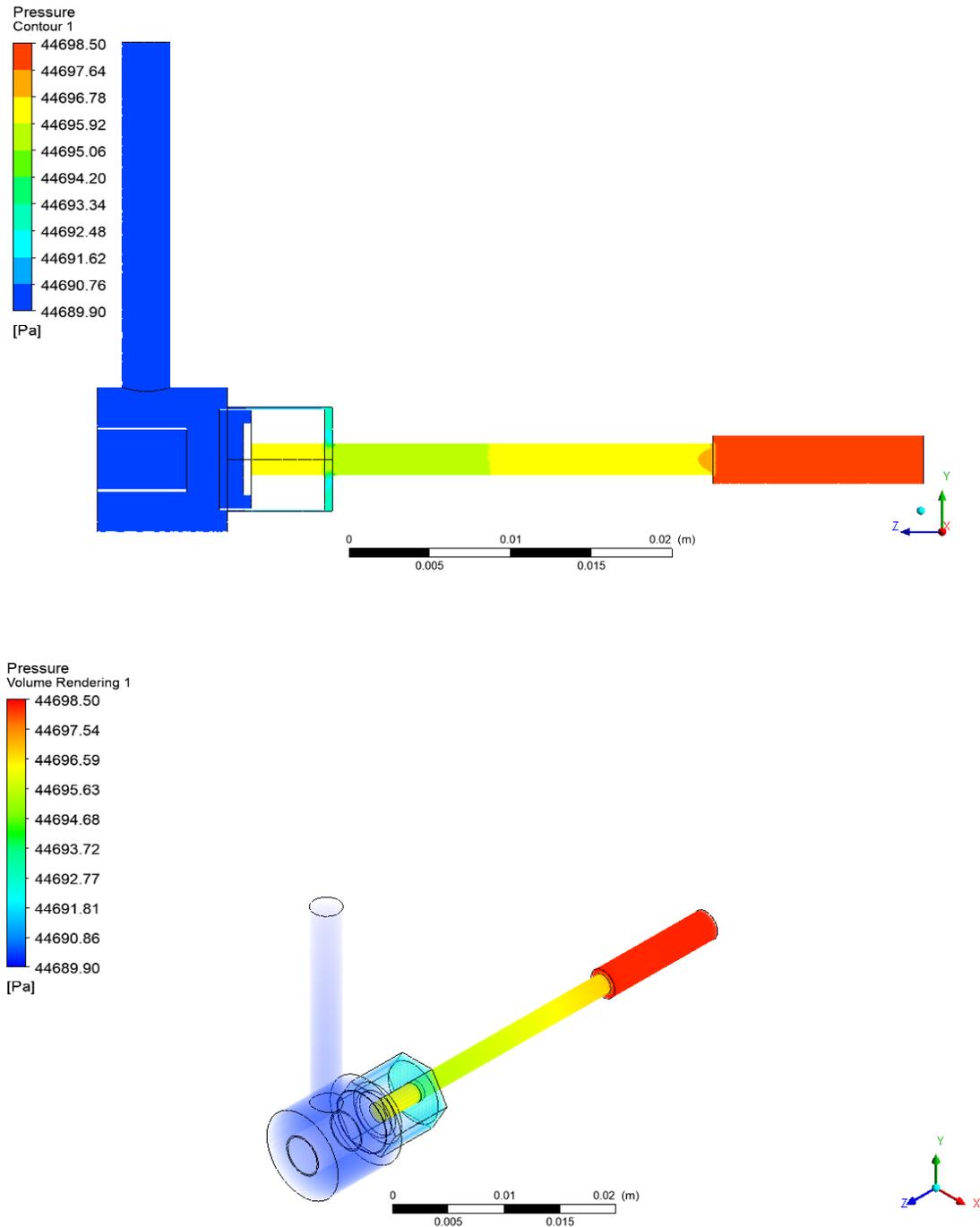


Figura 48. Análisis de presión de la válvula modificada caso 2

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s. Se observa que la velocidad mantiene un valor no muy alto.

a) Válvula normal.

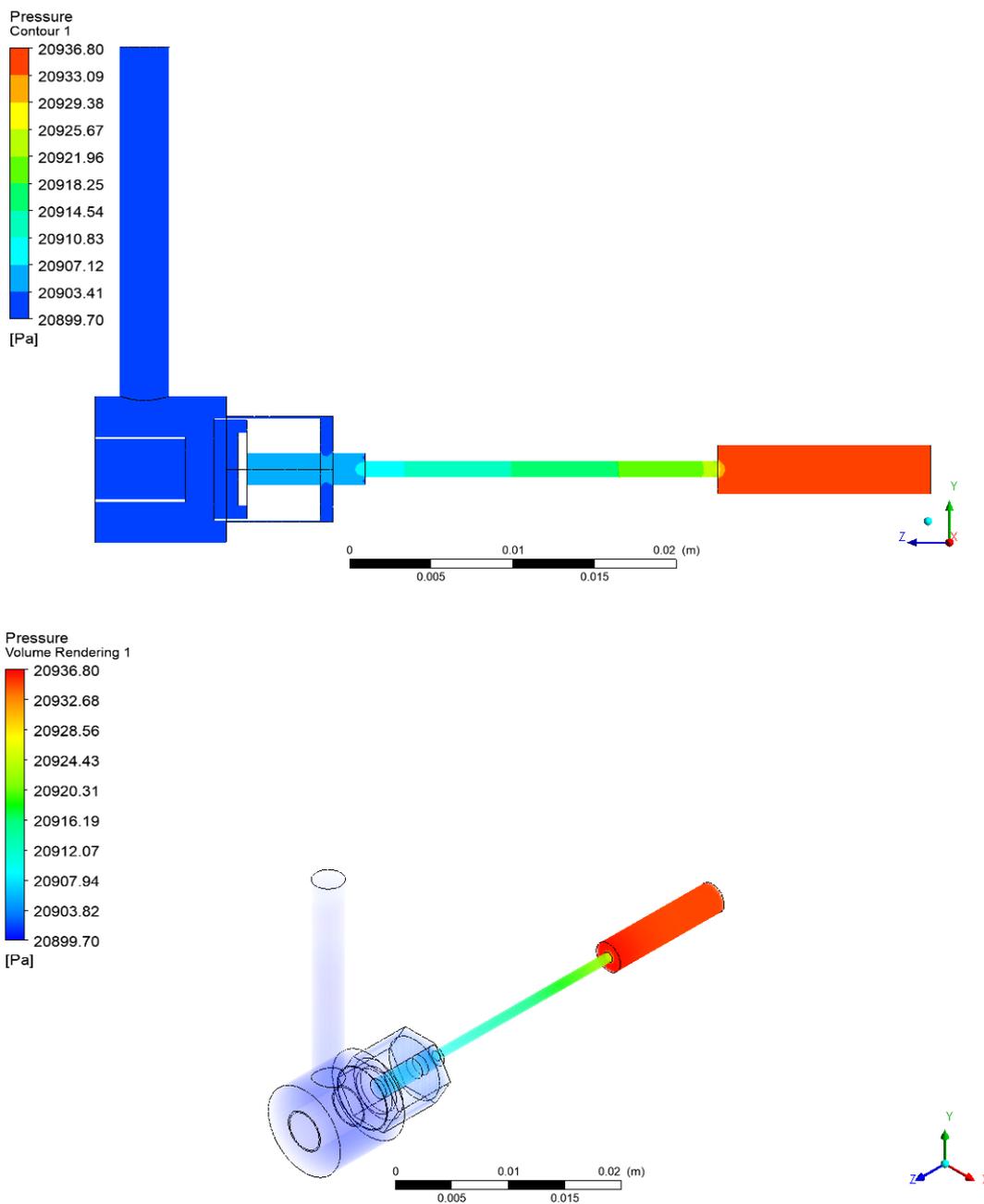


Figura 49. Análisis de presión Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. El valor de la presión aumenta debido al ciclo de trabajo y al diámetro de entrada de la válvula.

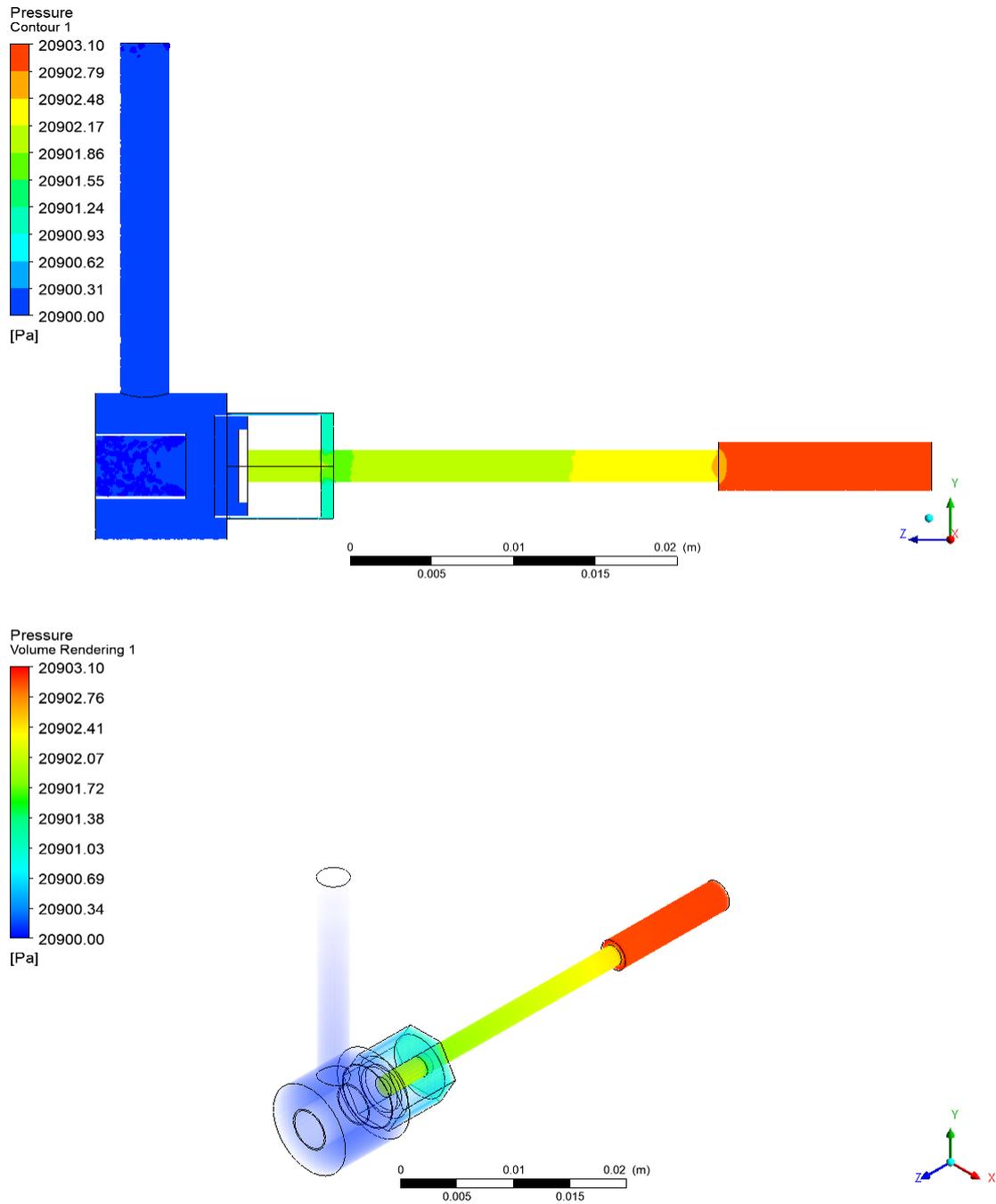


Figura 50. Análisis de presión de la válvula modificada caso 3

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s. En este ciclo de trabajo se puede observar que no existe mucha presión en la entrada de la válvula.

a) Válvula normal.

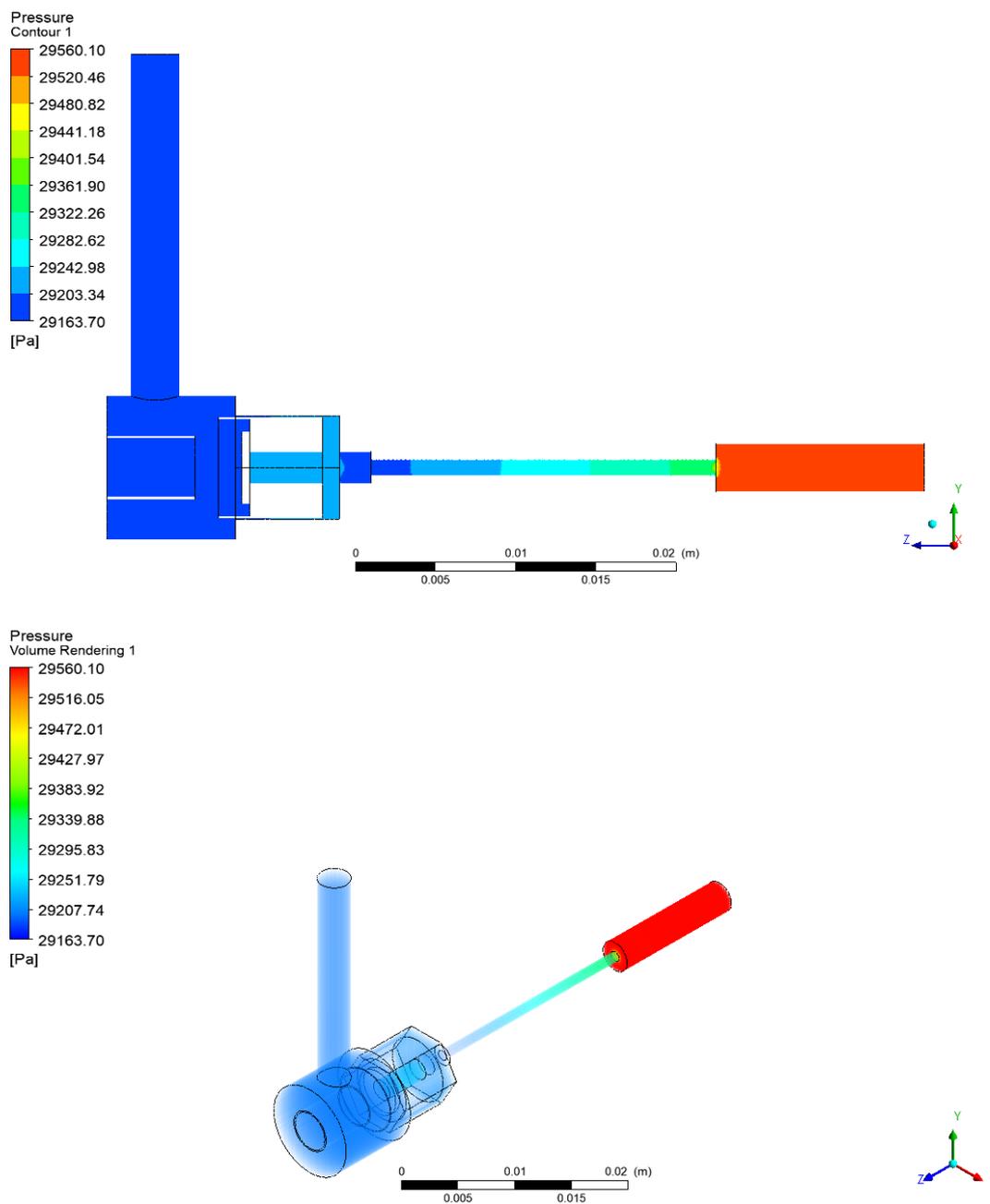


Figura 51. Análisis de presión Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. La presión en este ciclo aumenta como se puede observar en la figura 52.

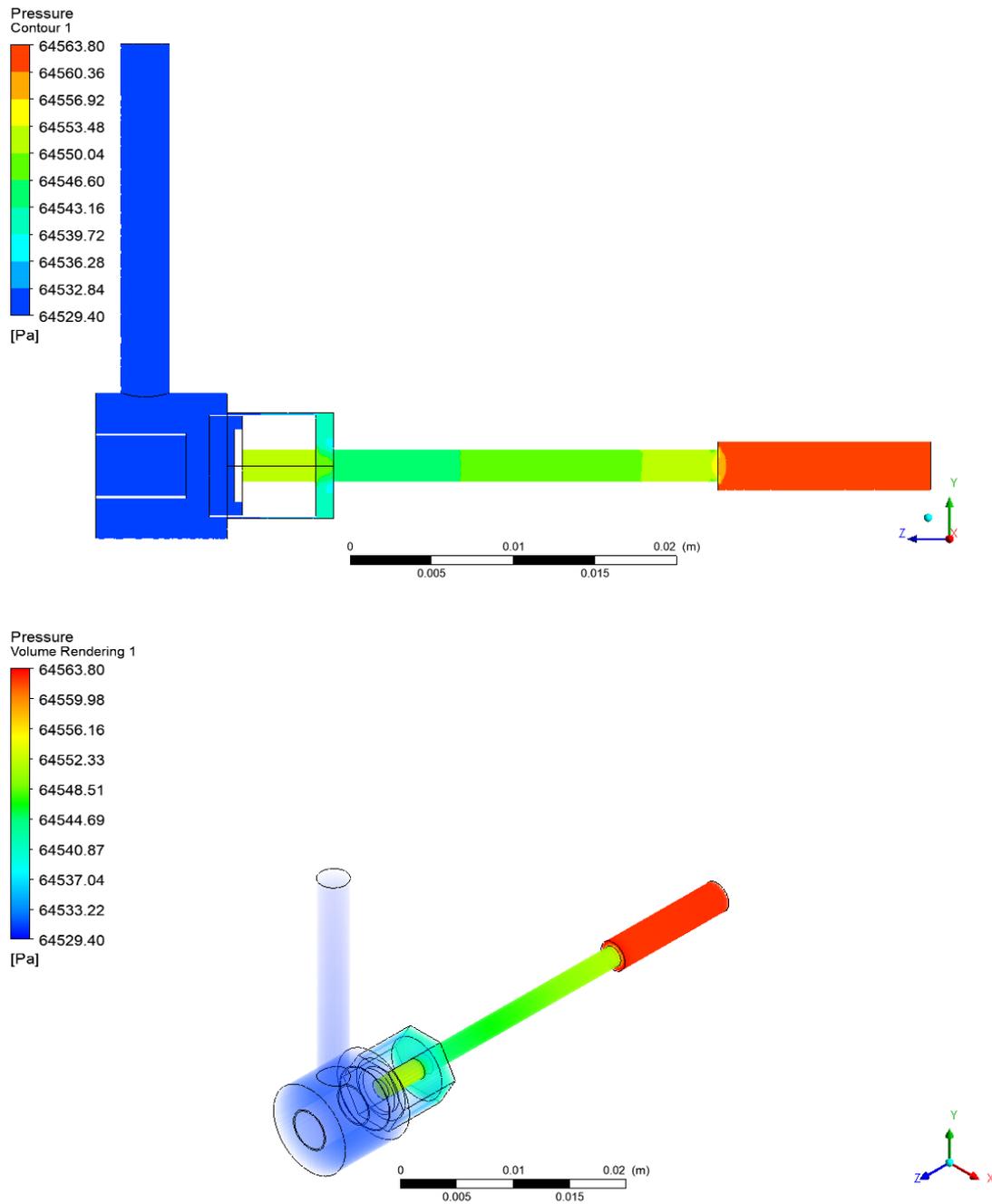


Figura 52. Análisis de presión de la válvula modificada caso 4

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s. La presión en este último ciclo de trabajo de la válvula mantiene un valor no muy elevado.

a) Válvula normal.

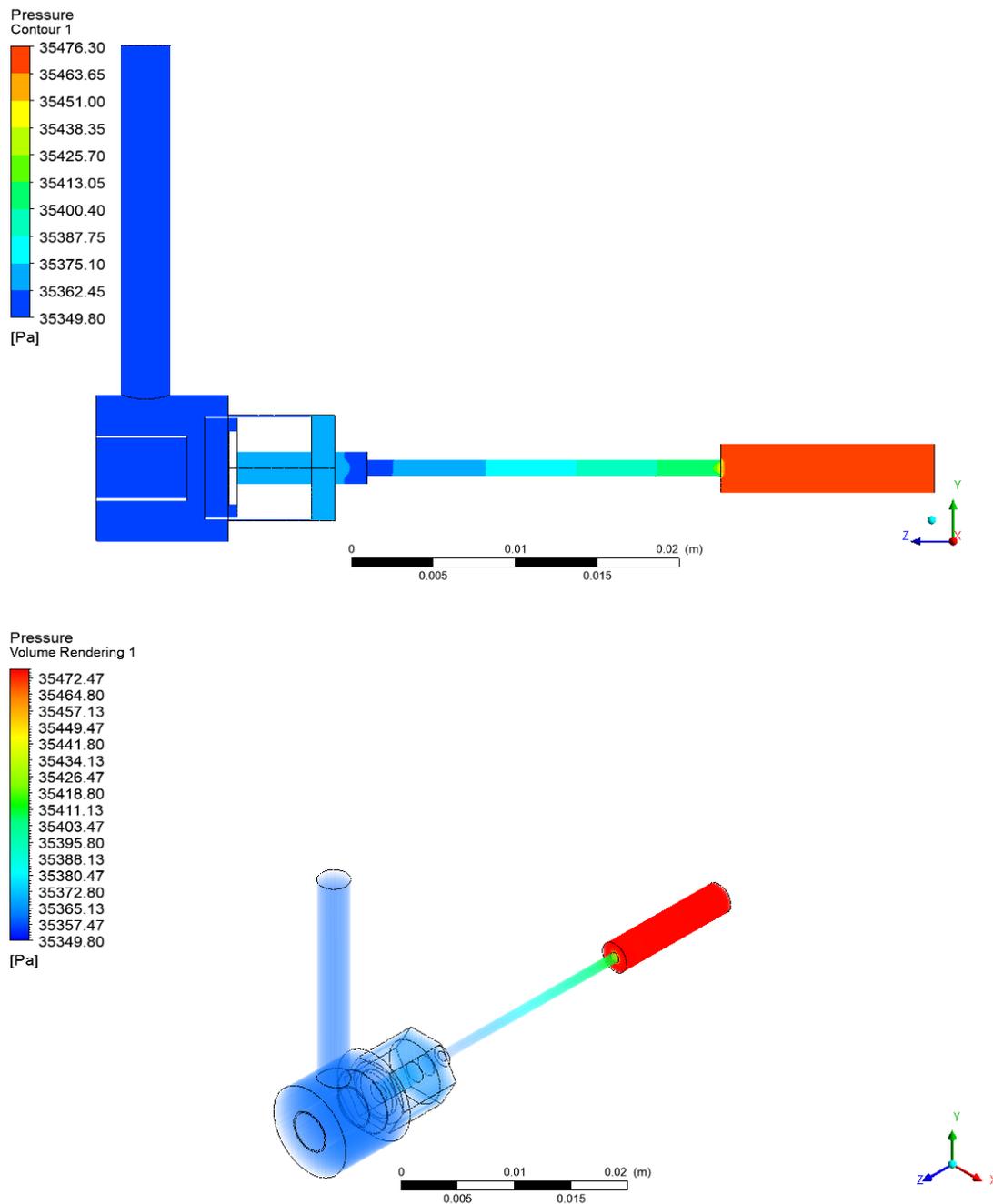


Figura 53. Análisis de presión Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. La presión en este último ciclo de trabajo aumenta ya que su diámetro es mayor.

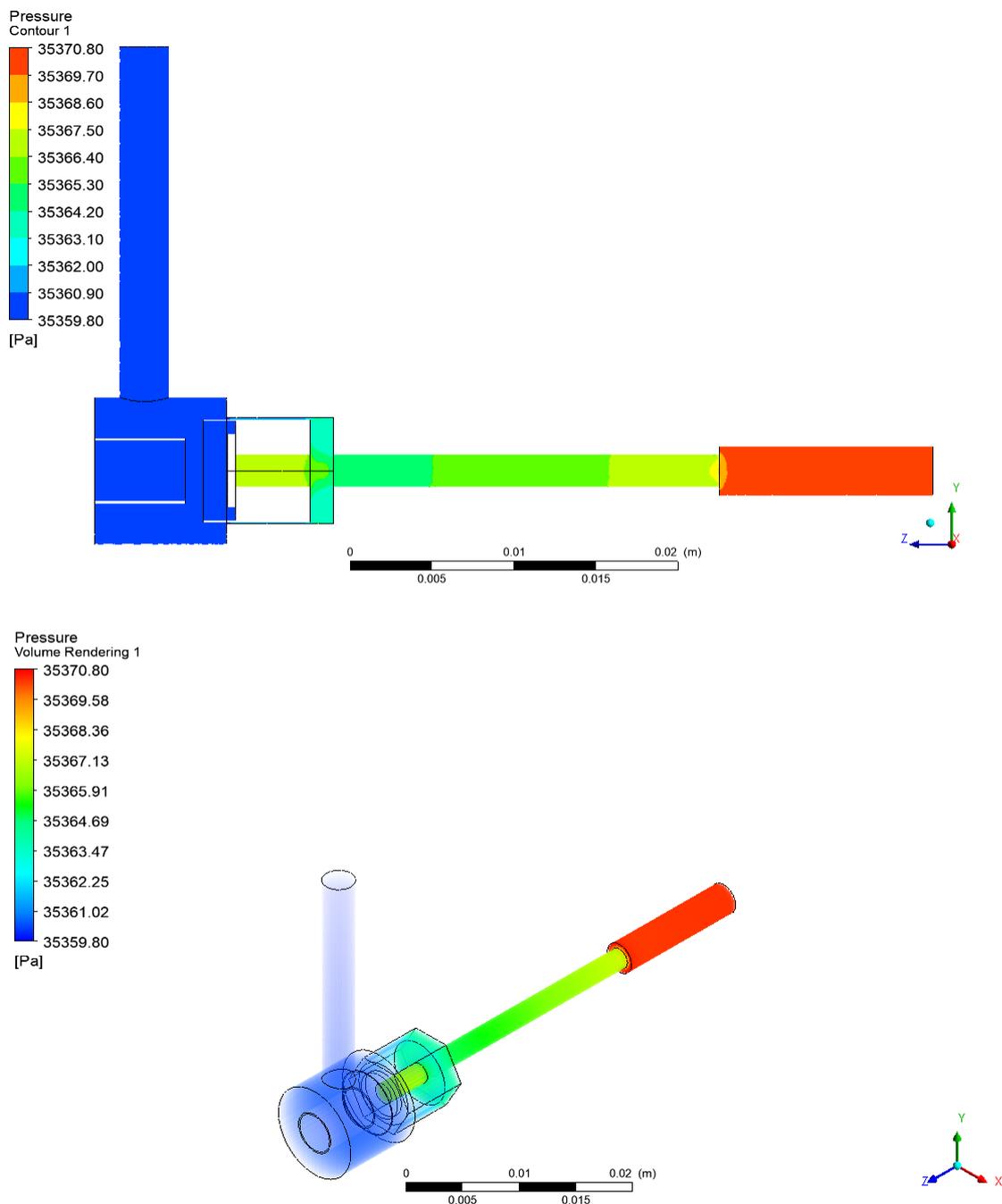


Figura 54. Análisis de presión de la válvula modificada caso 5

Análisis de la velocidad.

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s. La velocidad de entrada en la válvula tiene un valor medio en el rango de medición.

a) Válvula normal.

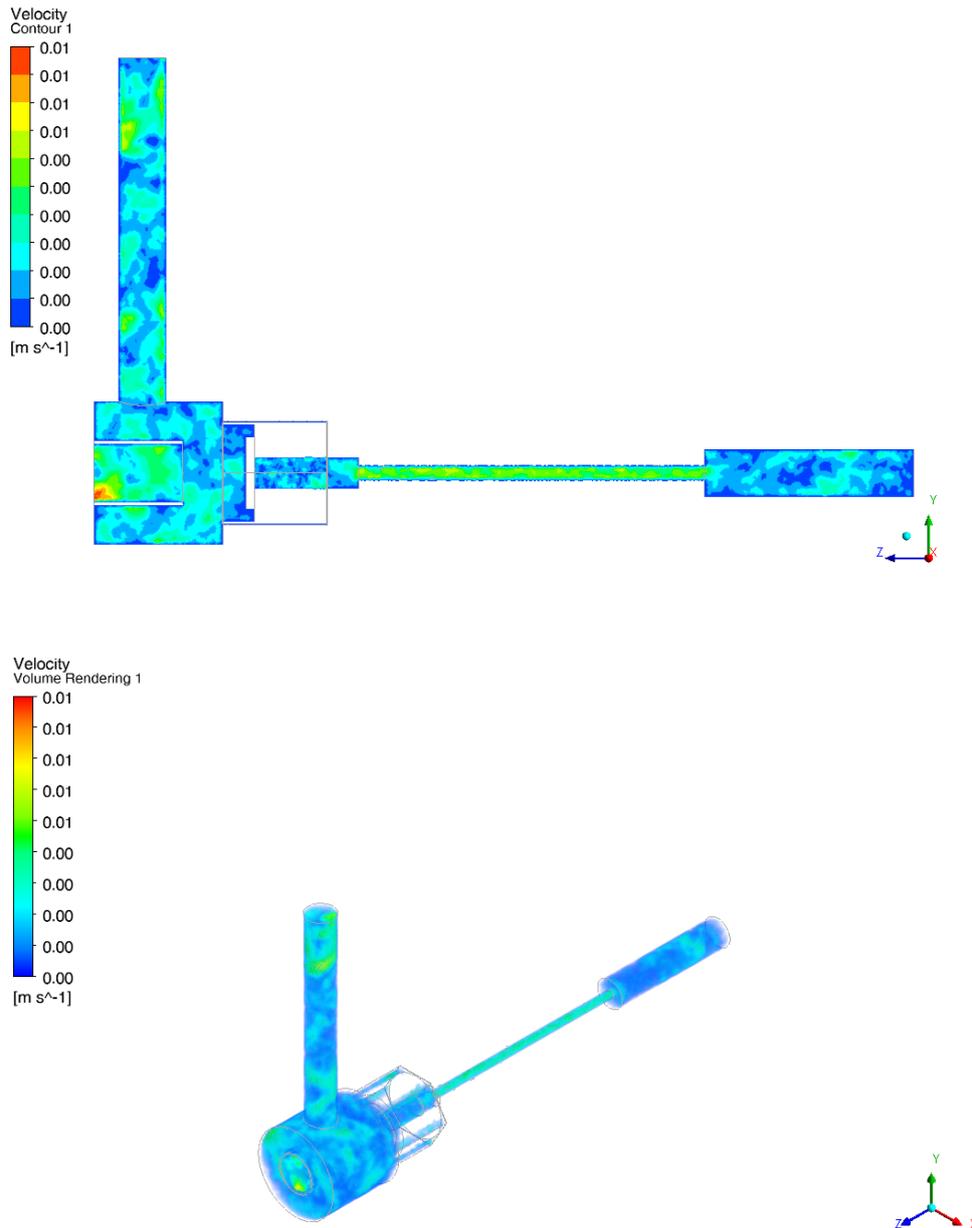


Figura 55. Análisis de velocidad Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. La velocidad disminuye como se puede observar en la figura 56 cuando tiene un diámetro mayor en la entrada de la gasolina evaporada.

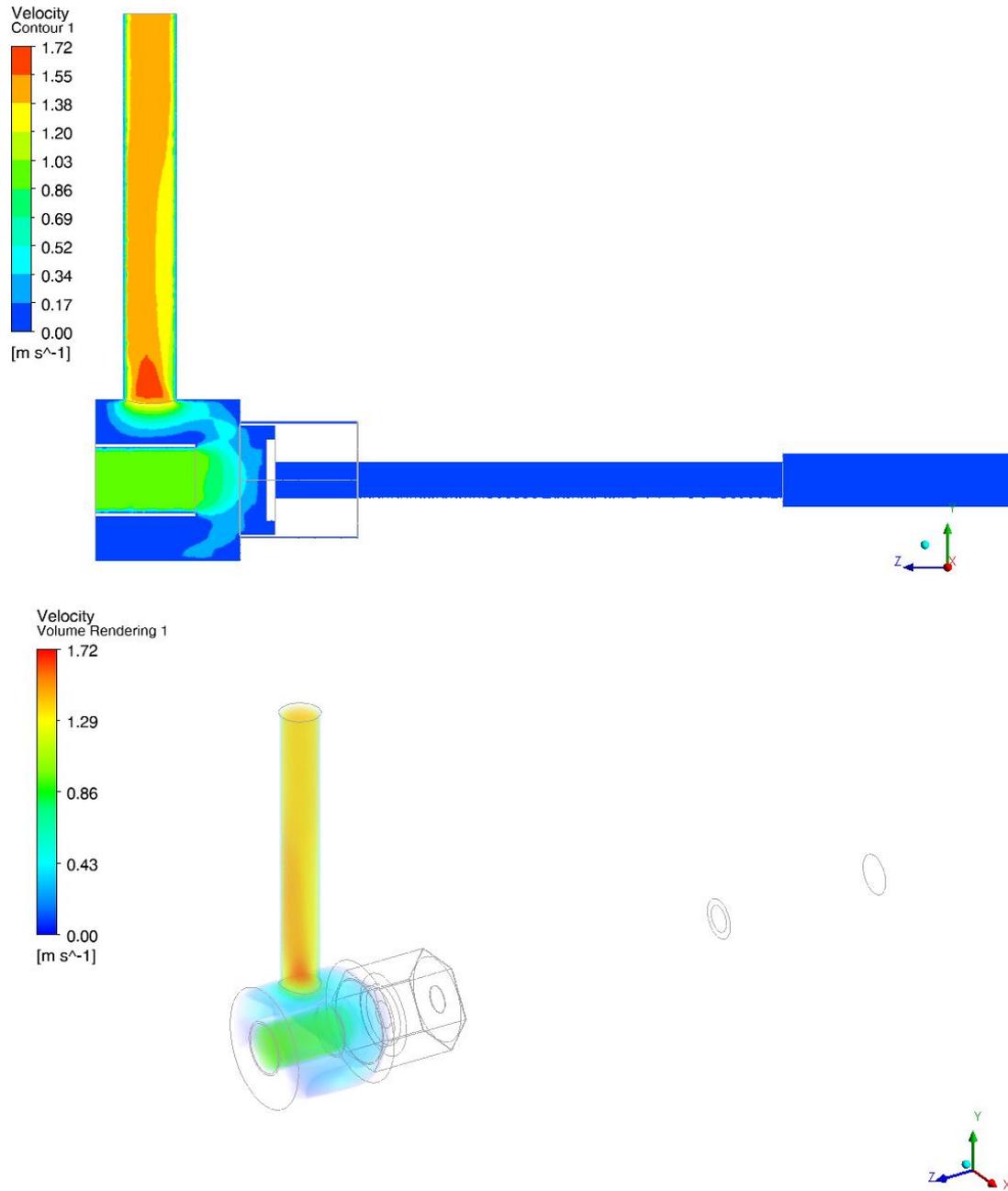


Figura 56. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 1

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s. La velocidad en la válvula mantiene un valor alto en la entrada de la gasolina evaporada.

a) Válvula normal.

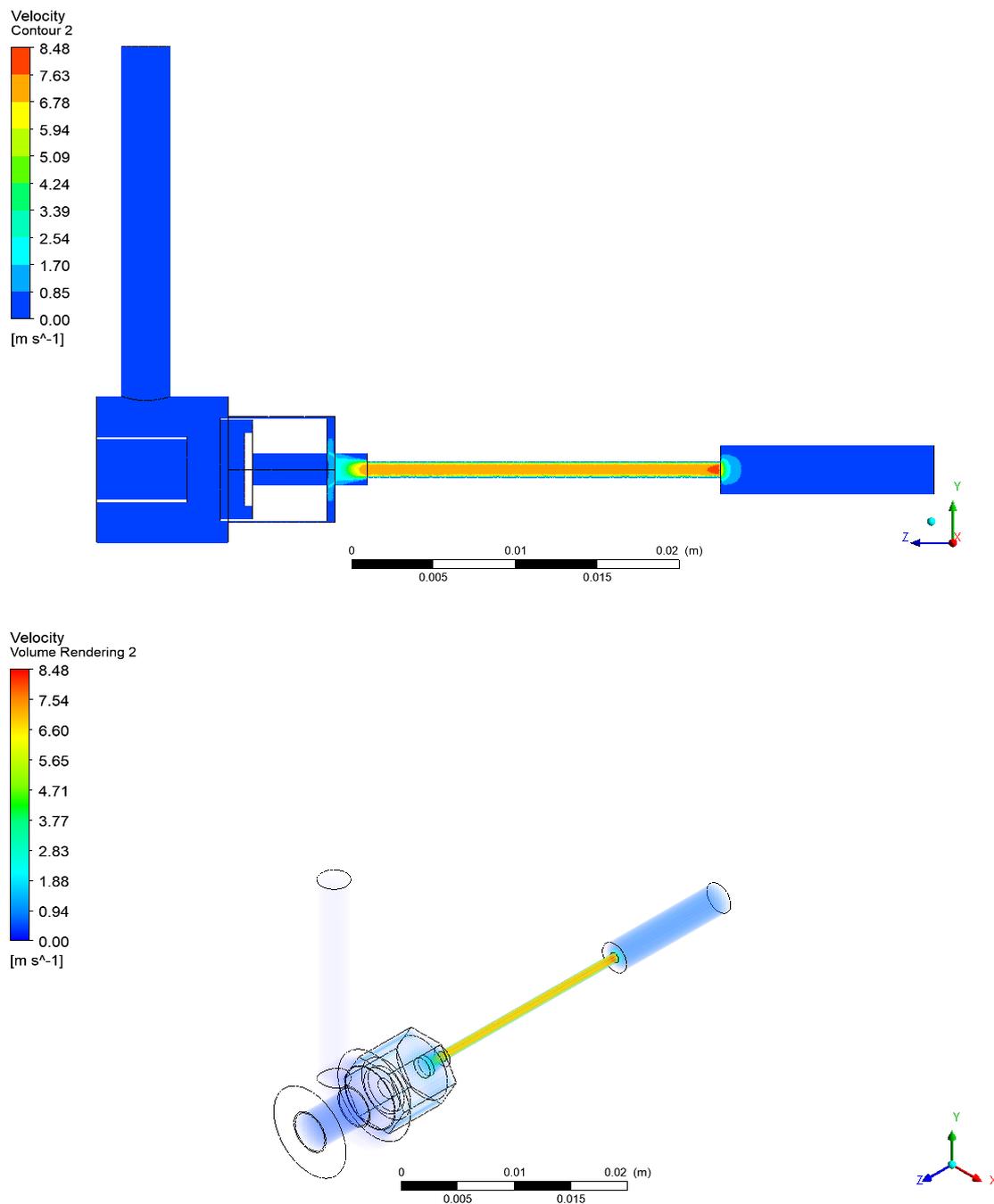


Figura 57. Análisis de velocidad Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede observar que la velocidad aumenta en la entrada de la válvula de purga del canister de la gasolina evaporada.

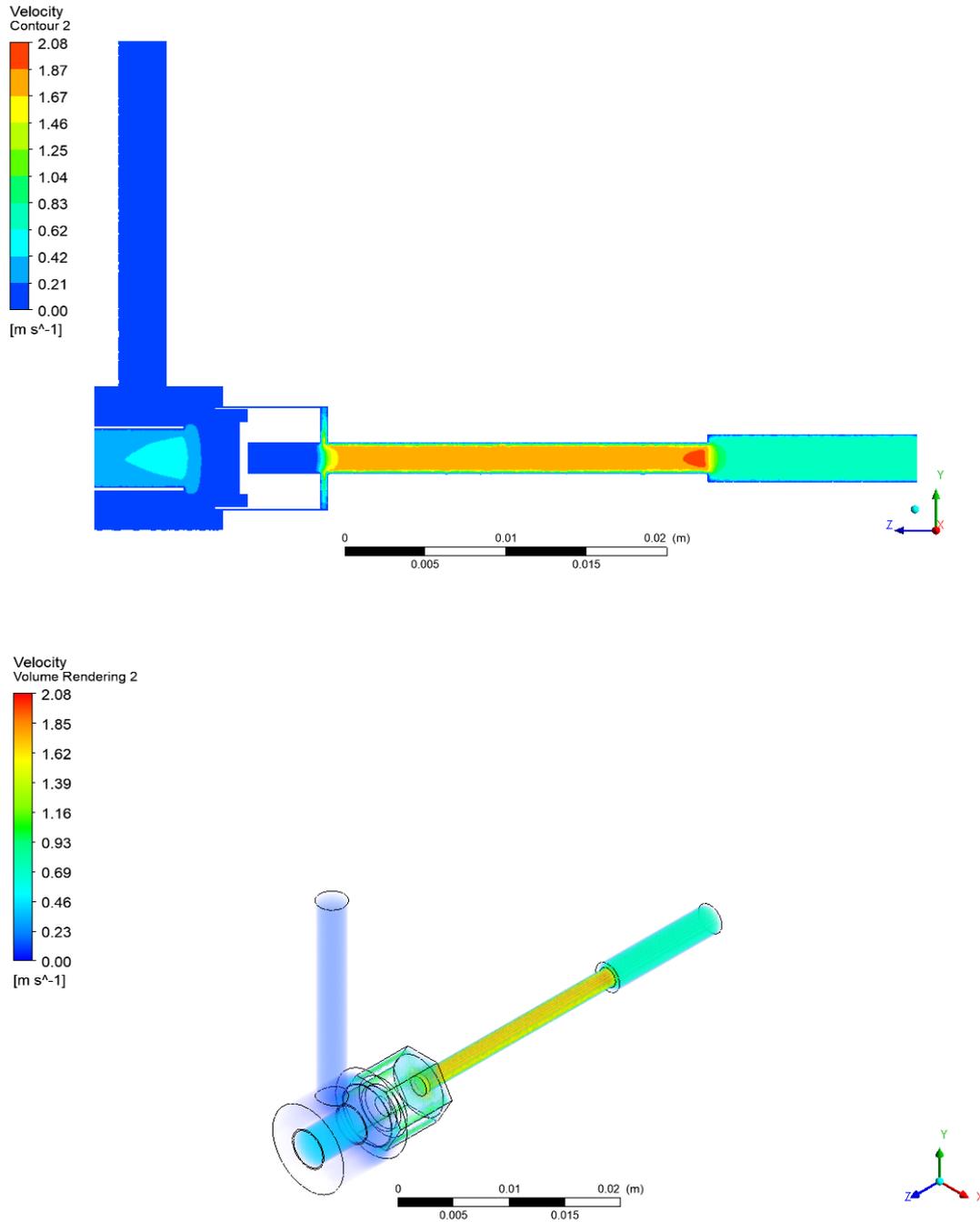


Figura 58. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 2

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s. La velocidad de entrada en este ciclo de trabajo sigue teniendo valores altos como se puede apreciar en la figura 59.

a) Válvula normal.

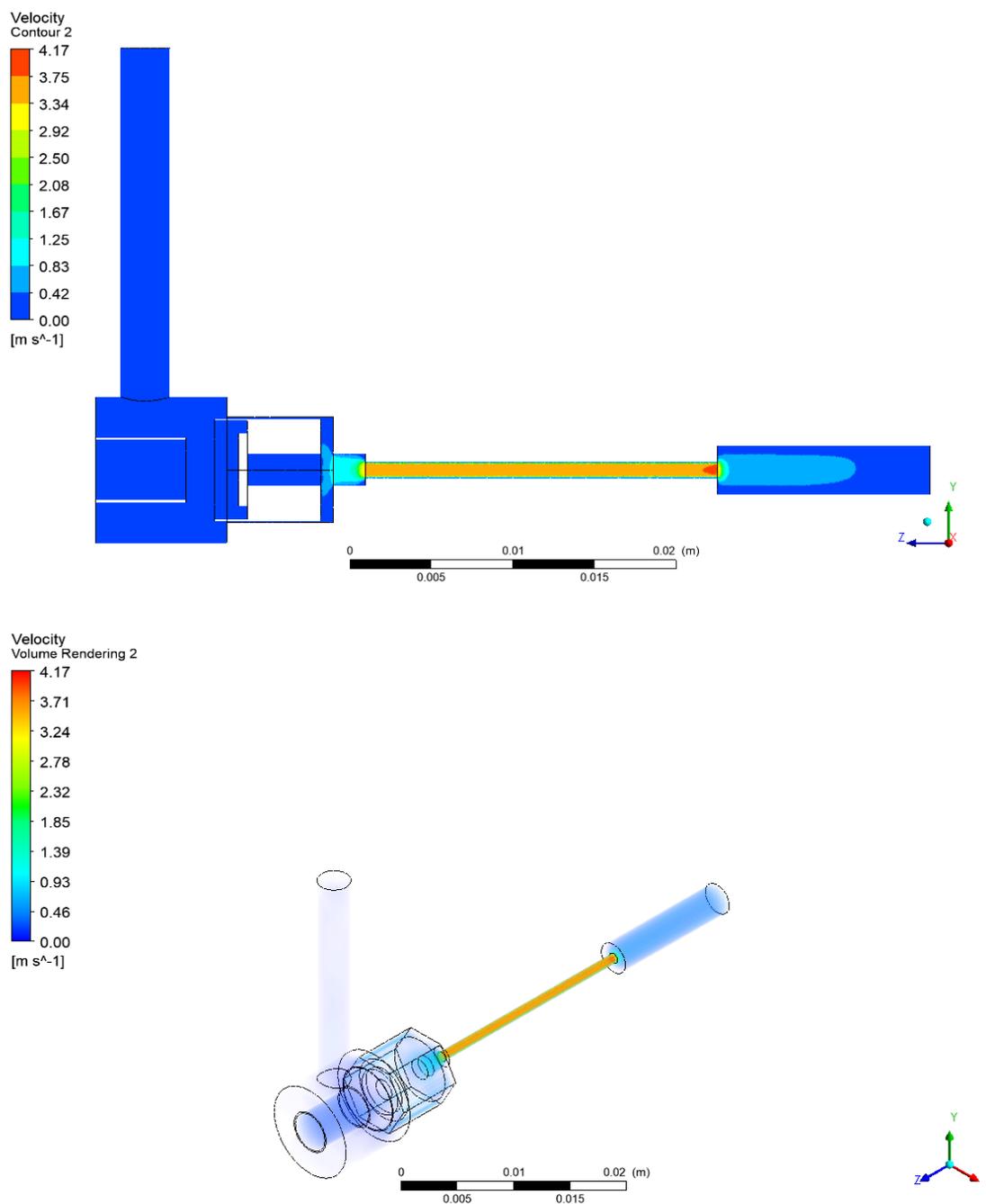


Figura 59. Análisis de la velocidad Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. En este ciclo de trabajo en la válvula con diámetro modificado tiene casi el mismo valor de velocidad de entrada a la válvula sin modificación.

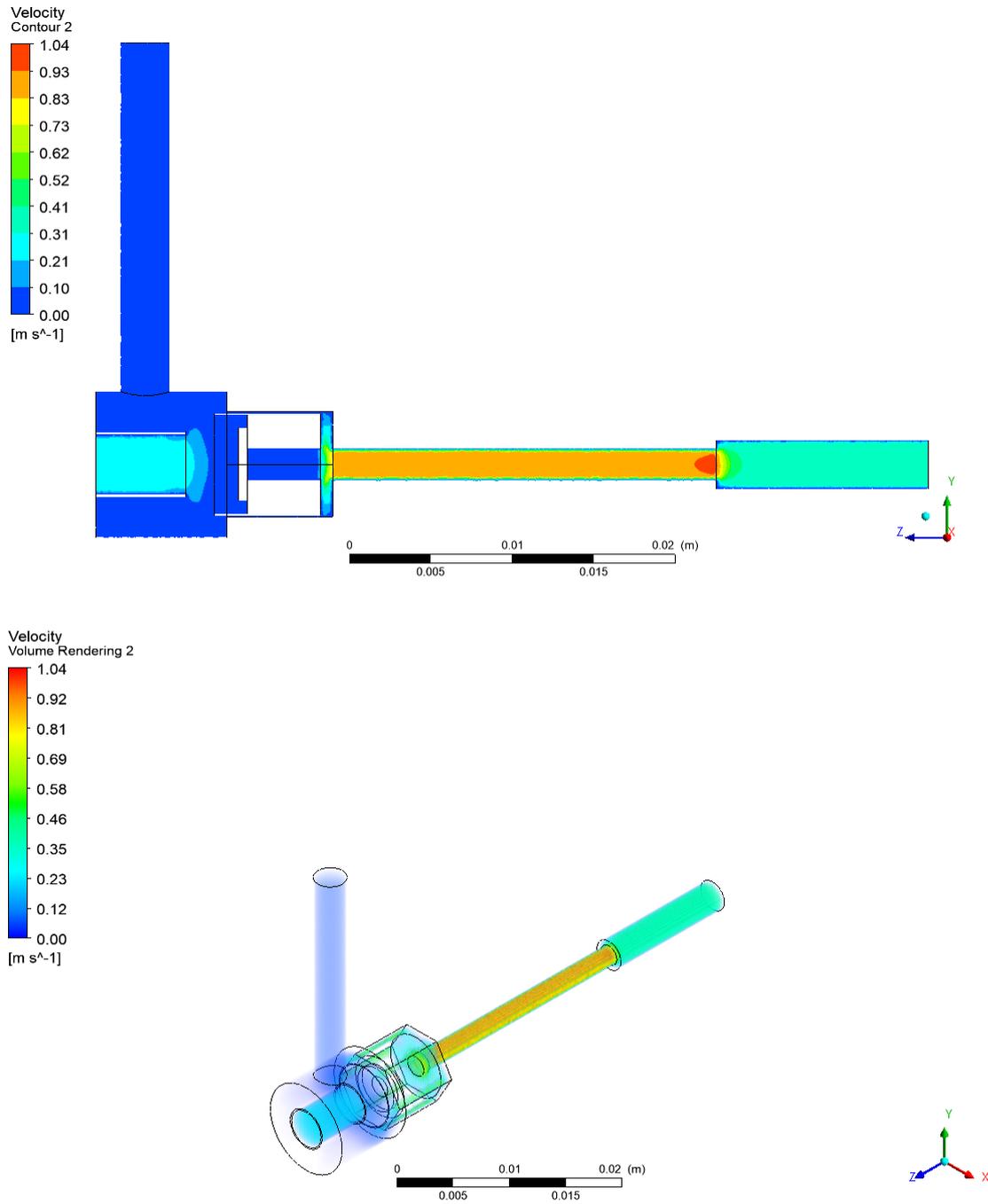


Figura 60. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 3

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s. La velocidad sigue manteniendo un valor elevado en la entrada de la gasolina evaporada.

a) Válvula normal.

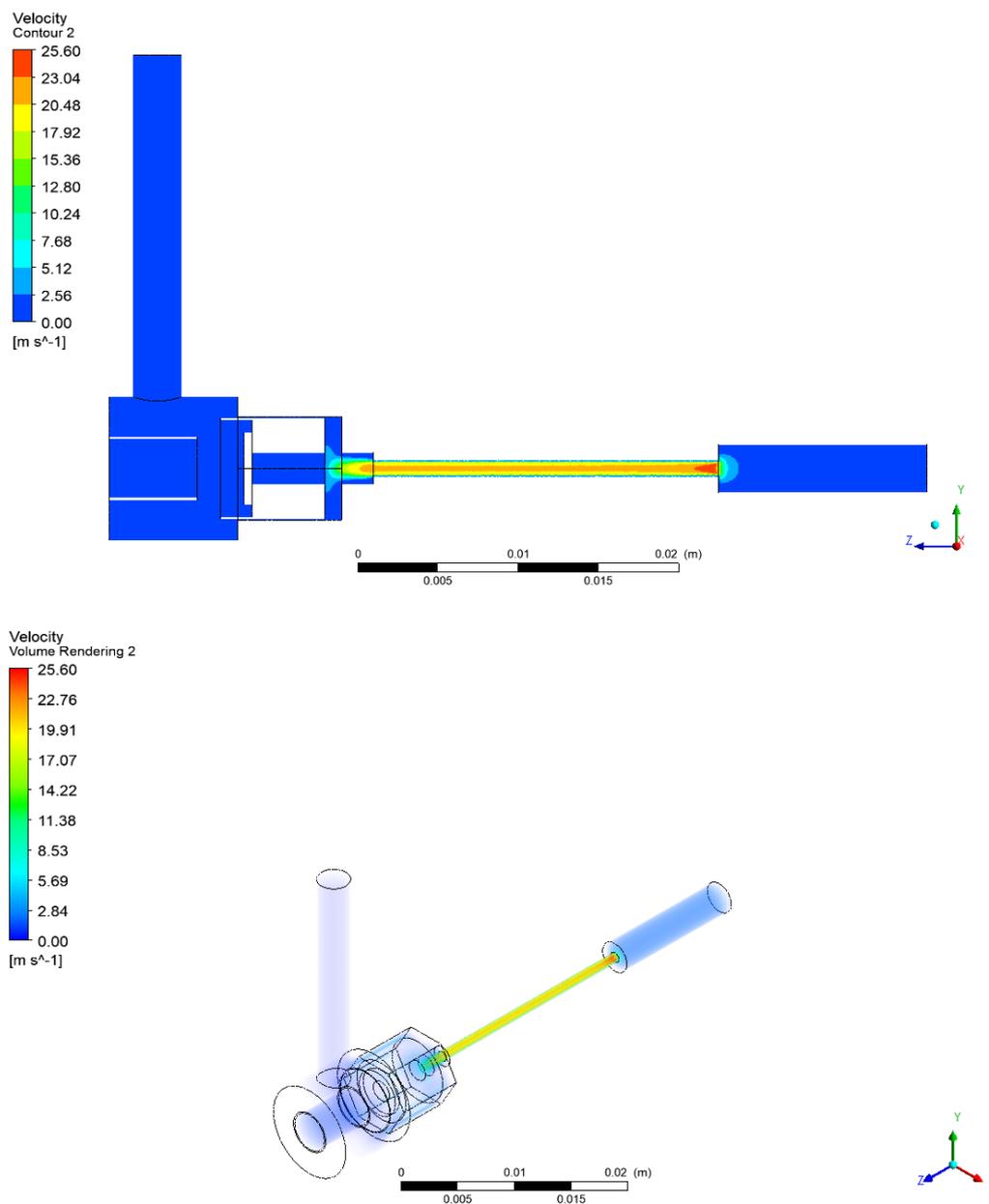


Figura 61. Análisis de la velocidad Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede apreciar que el valor es casi el mismo a la válvula sin modificación en la entrada de la gasolina evaporada.

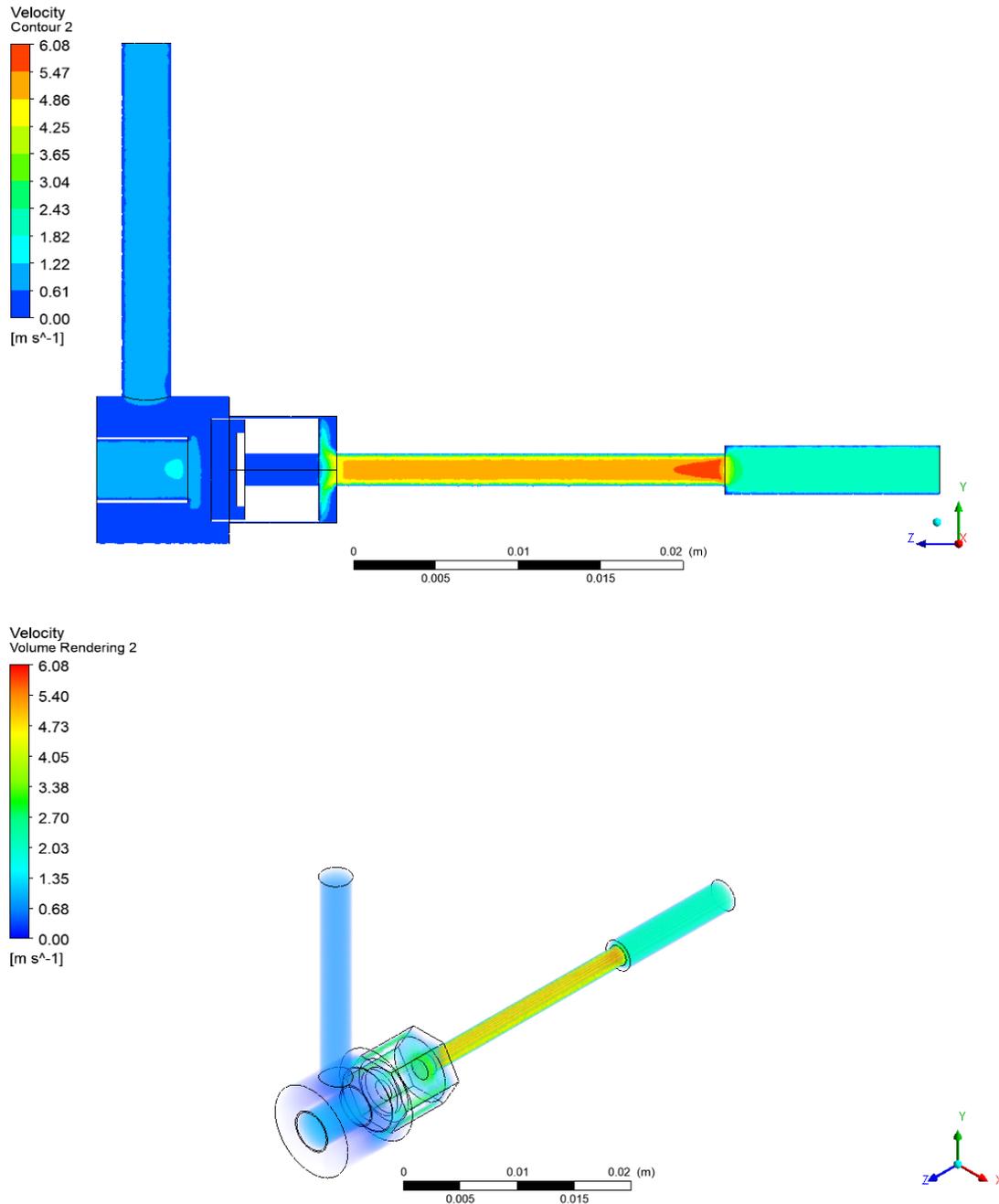


Figura 62. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 4

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s. La velocidad sigue conservando un valor superior en este ciclo de trabajo.

a) Válvula normal.

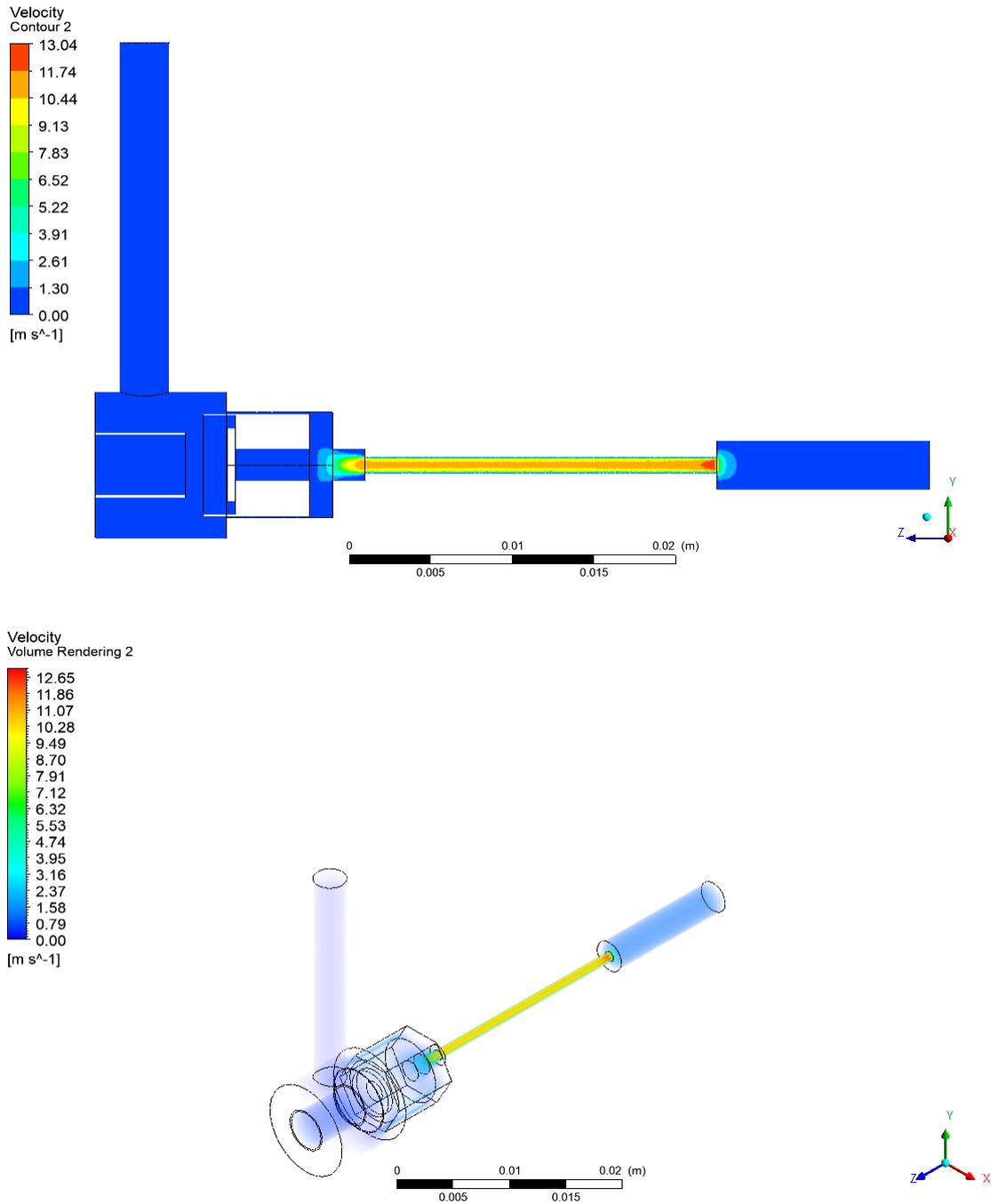


Figura 63. Análisis de velocidad Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Como se puede observar en la figura 64 tiene un valor similar al de la válvula normal sin modificación.

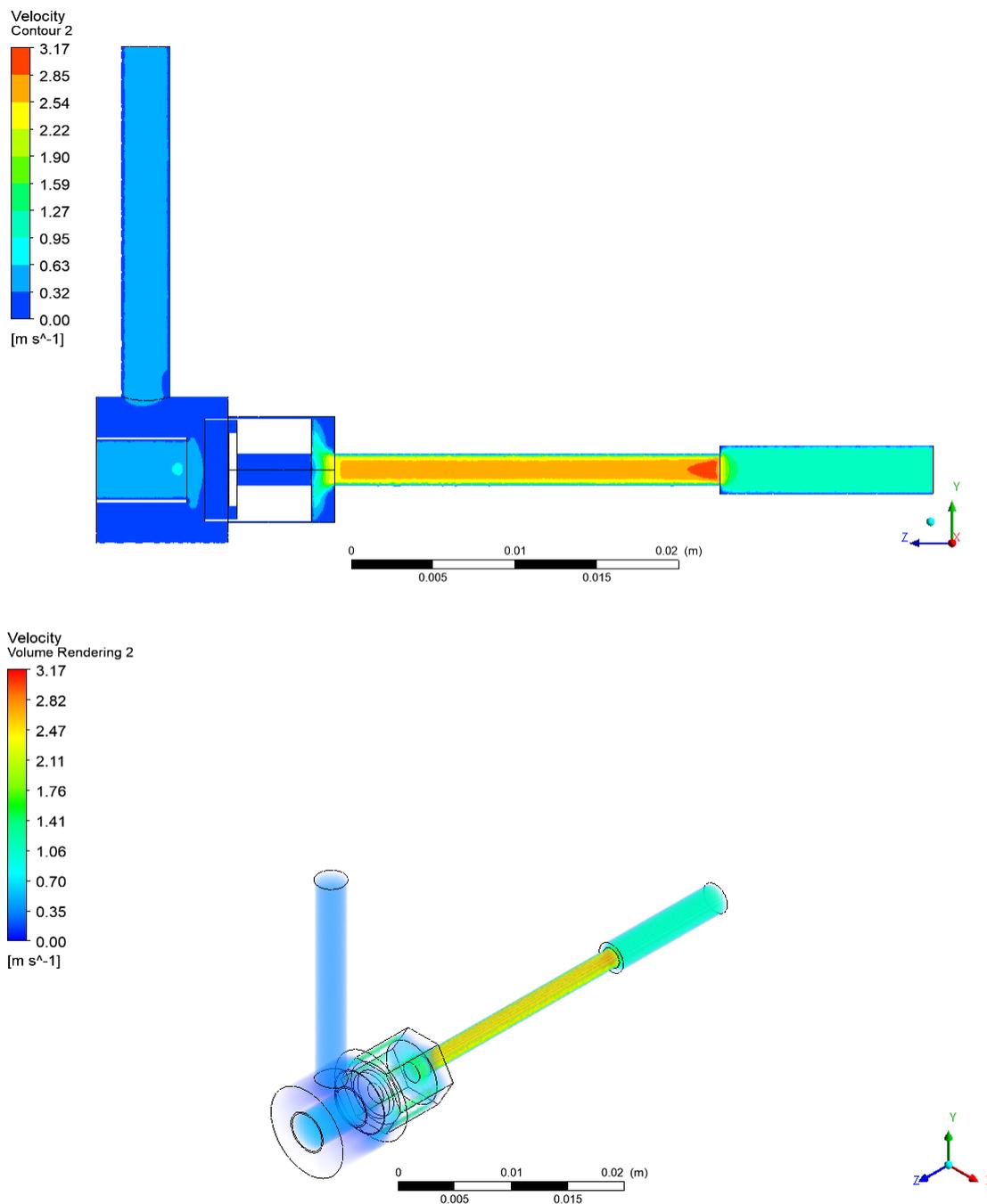


Figura 64. Análisis de velocidad de la válvula modificada caso 5

Análisis de la turbulencia.

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s. Como se puede apreciar en la figura 65 la turbulencia en la entrada de la válvula tiene un valor máximo.

a) Válvula normal.

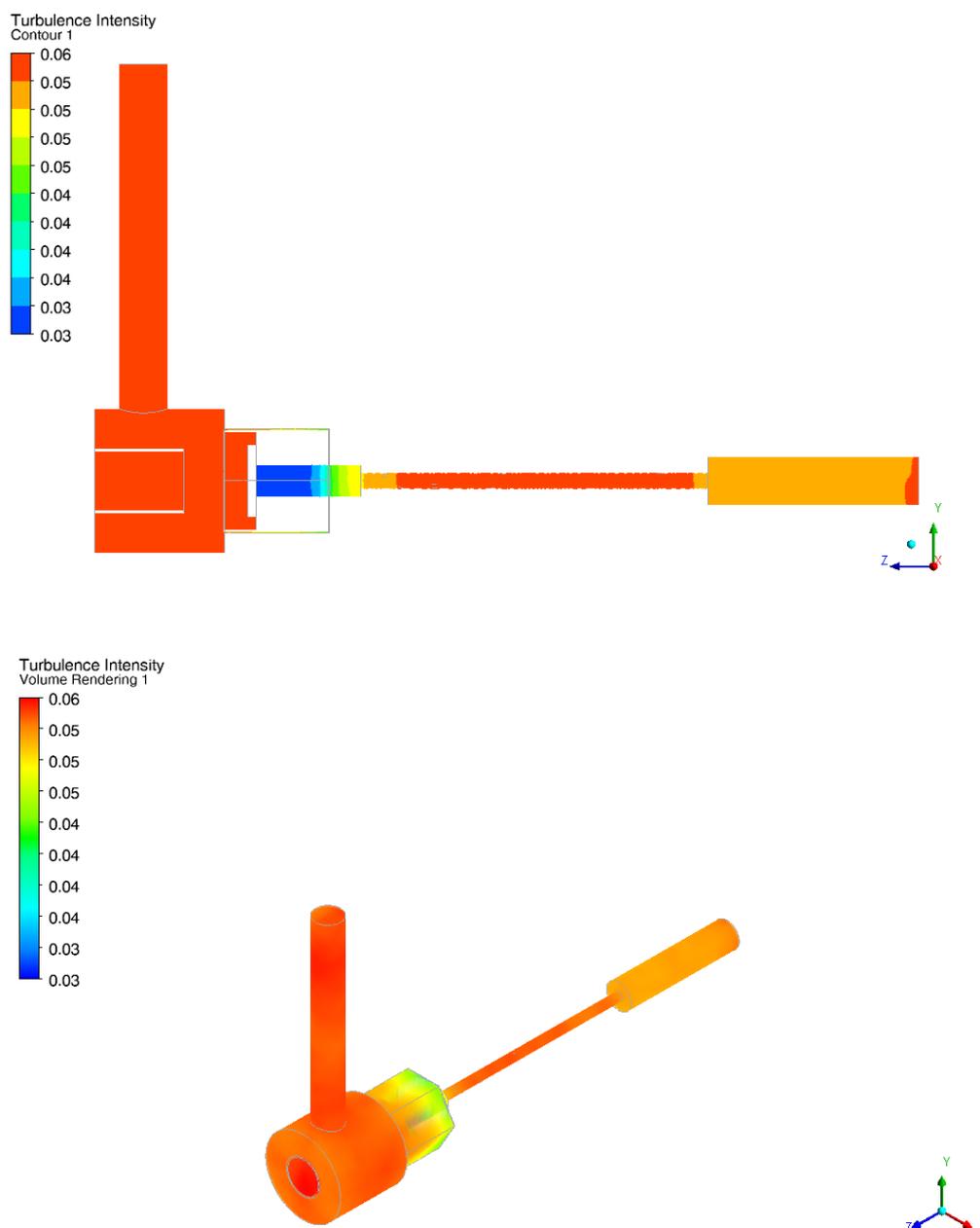


Figura 65. Análisis de la turbulencia Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede apreciar que la turbulencia en la entrada de la válvula modificada tiene un valor no muy alto.

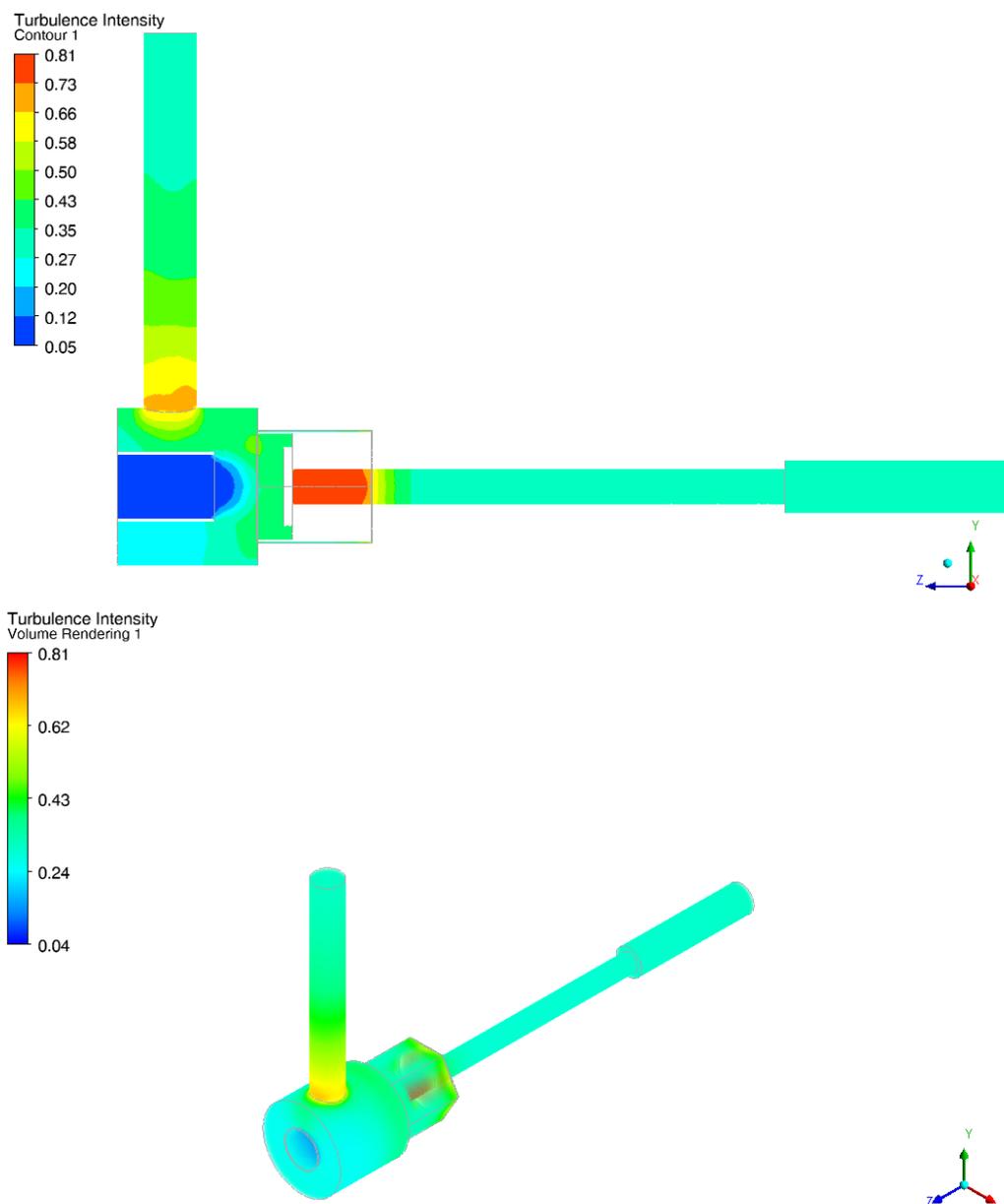


Figura 66. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 1

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s. Se observa que en la entrada de la válvula la turbulencia no tiene un valor elevado.

a) Válvula normal.

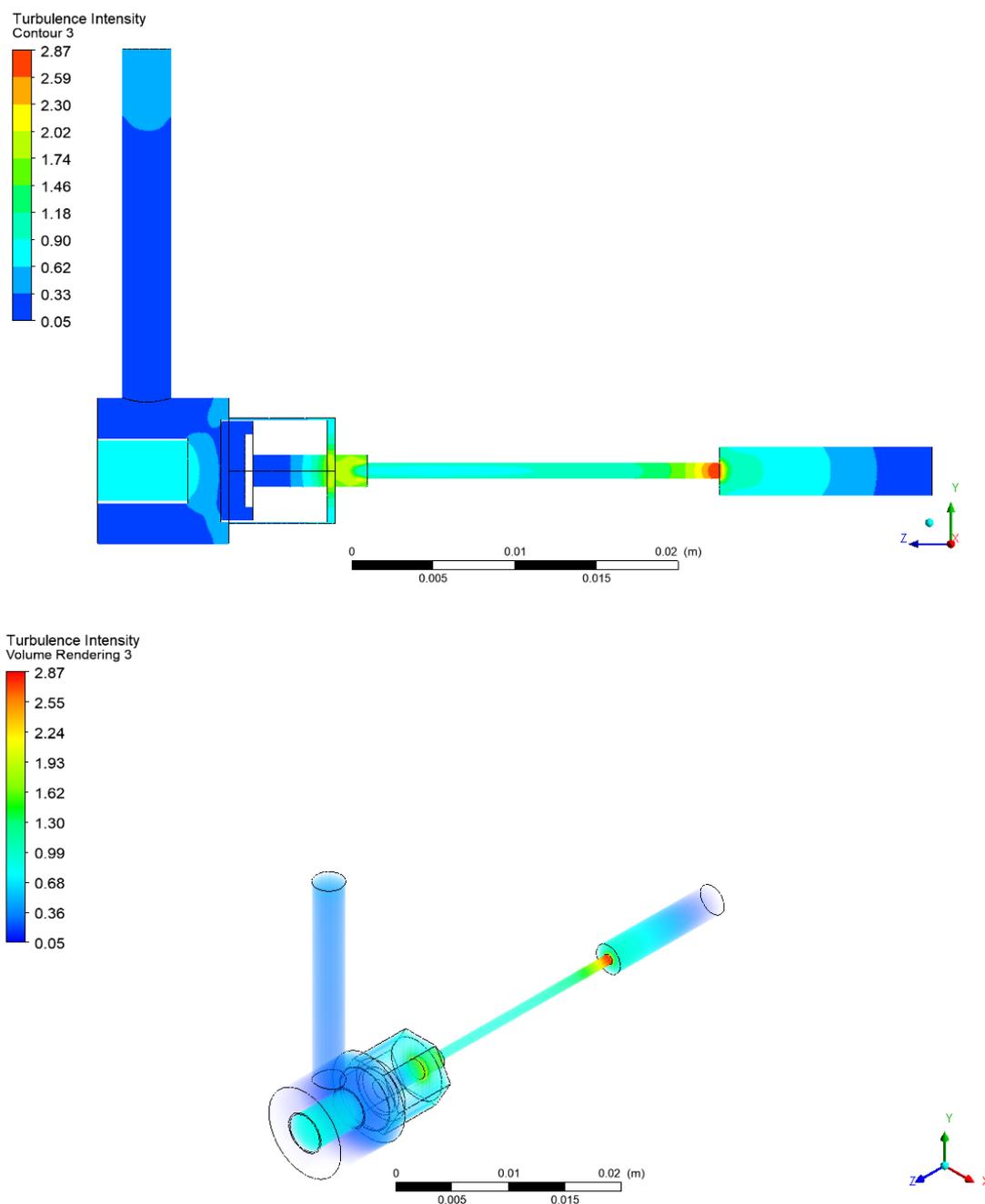


Figura 67. Análisis de la turbulencia Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. La turbulencia como se puede observar presenta un incremento en la entrada de la válvula.

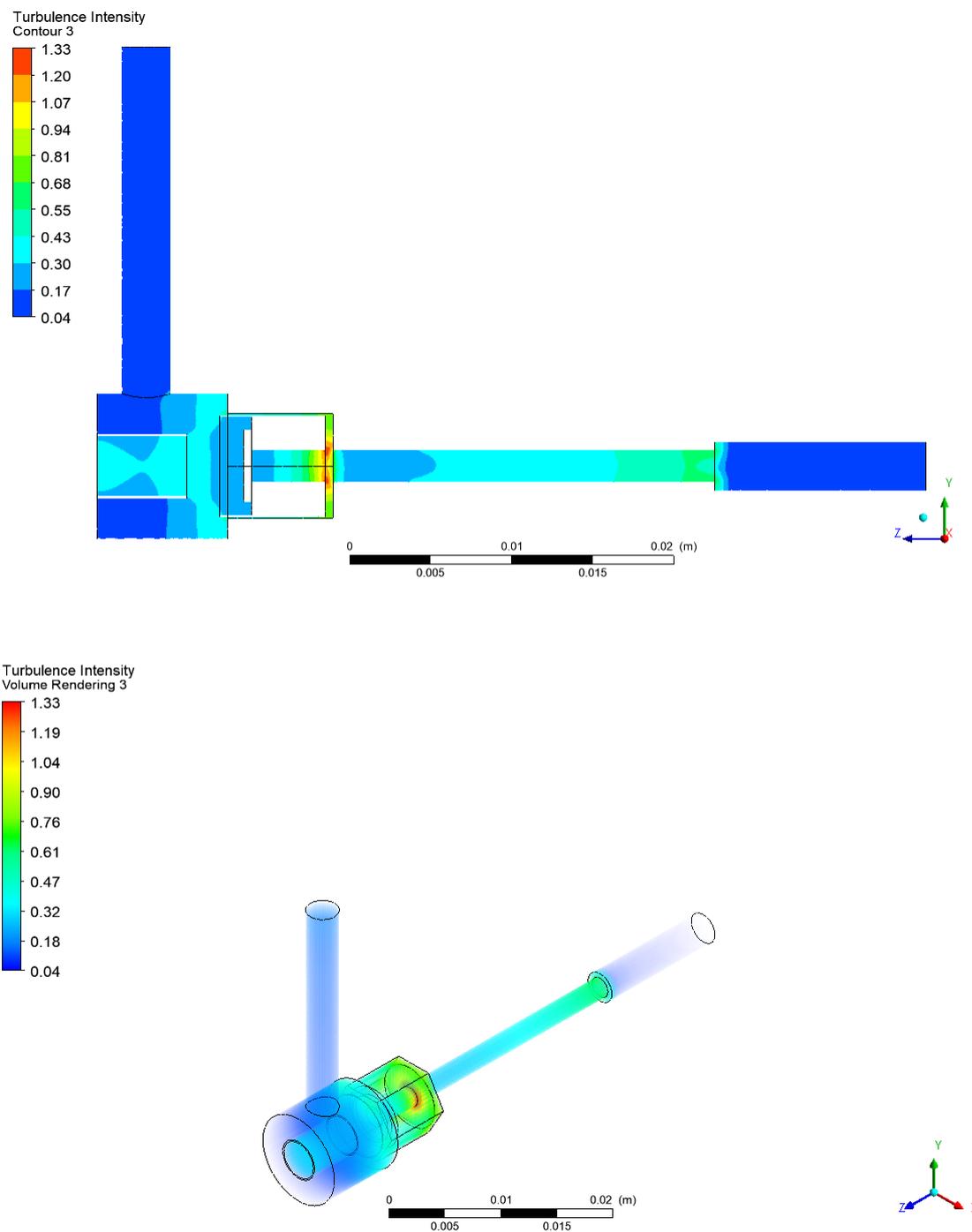


Figura 68. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 2

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s. El valor de la entrada de la turbulencia en este ciclo de trabajo se puede observar valores no muy elevados.

a) Válvula normal.

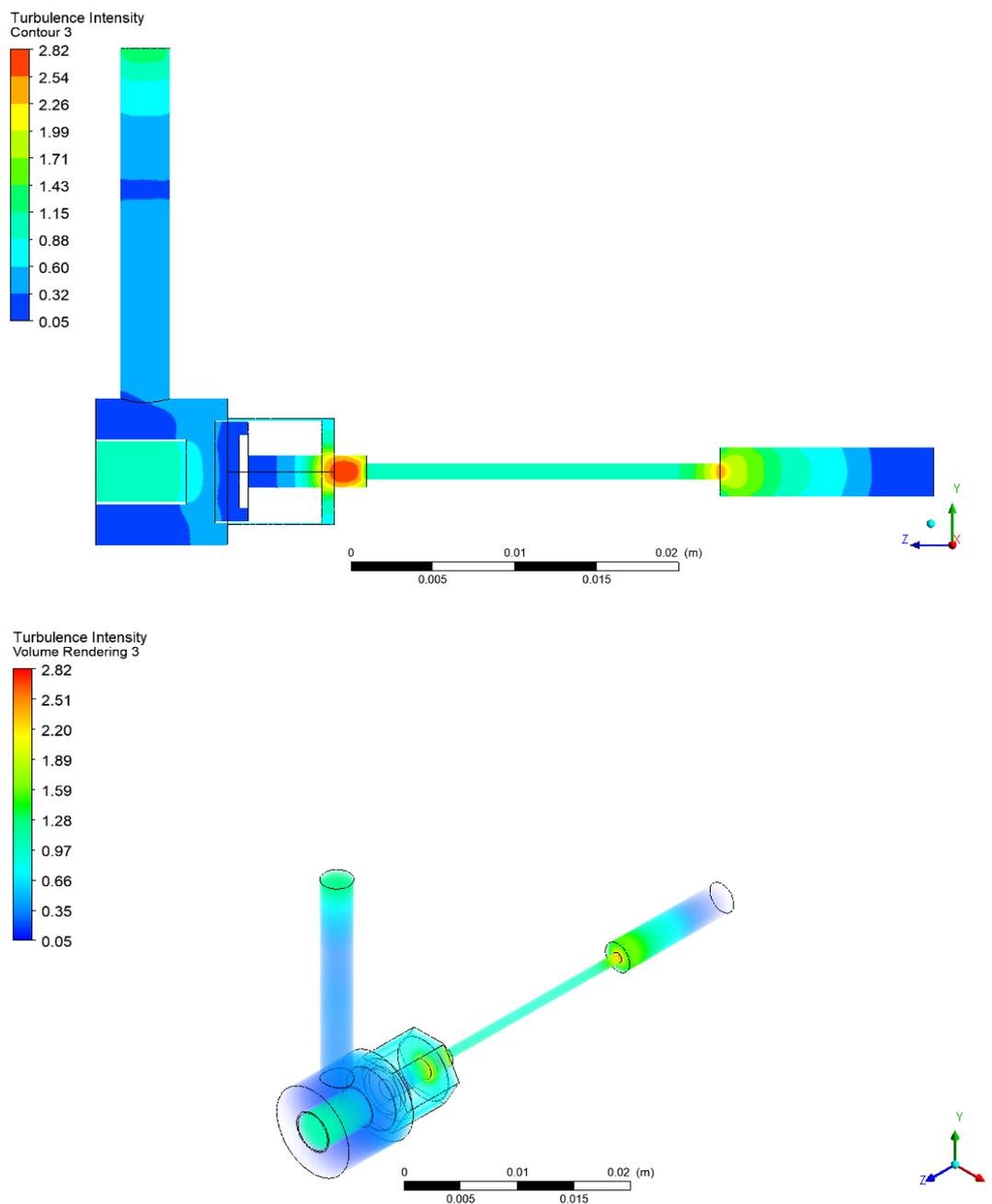


Figura 69. Análisis de turbulencia Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede observar un valor de turbulencia similar al de la válvula sin modificación.

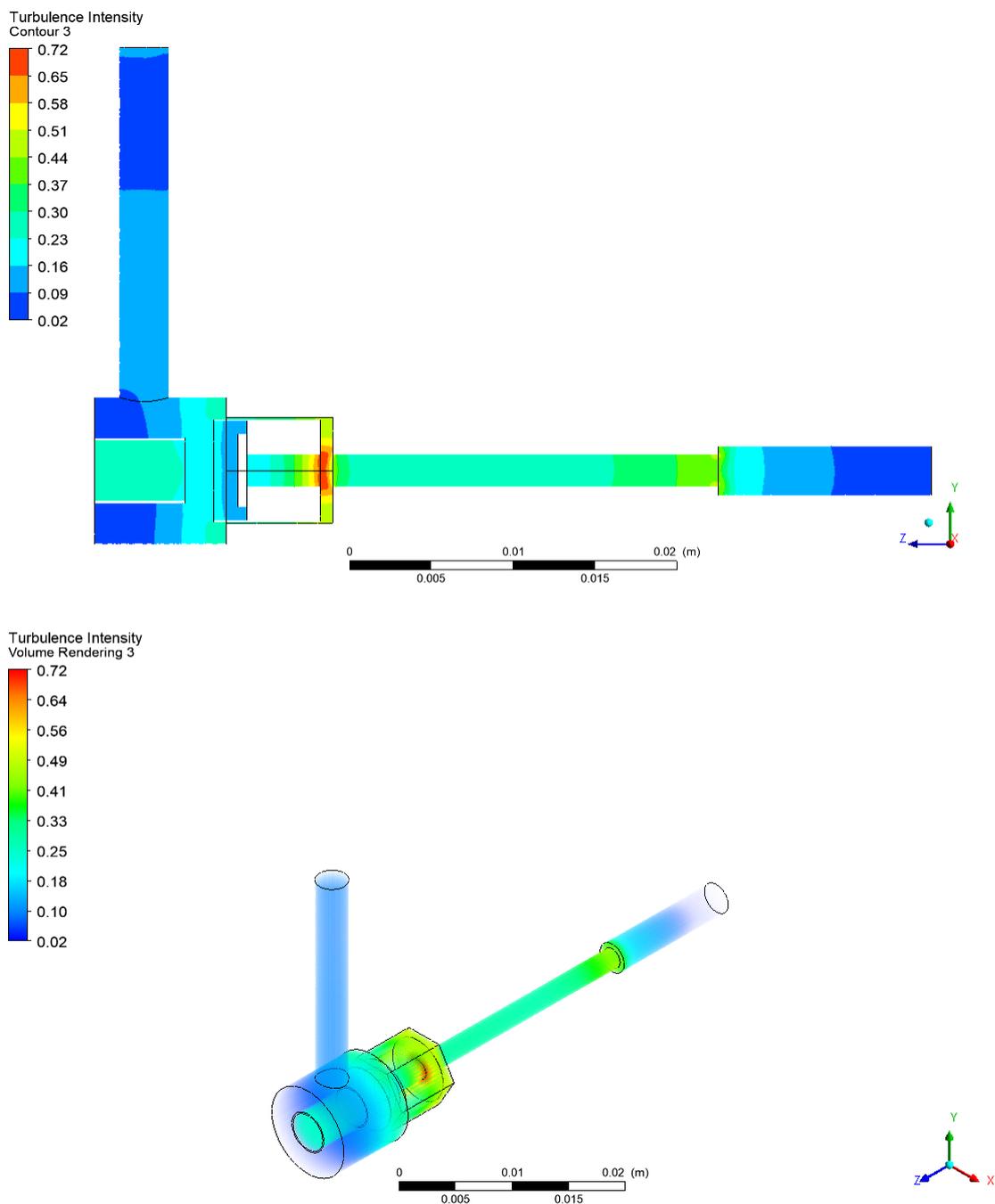


Figura 70. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 3

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s. La entrada de la turbulencia en la válvula no tiene valores elevados en este ciclo de trabajo.

a) Válvula normal.

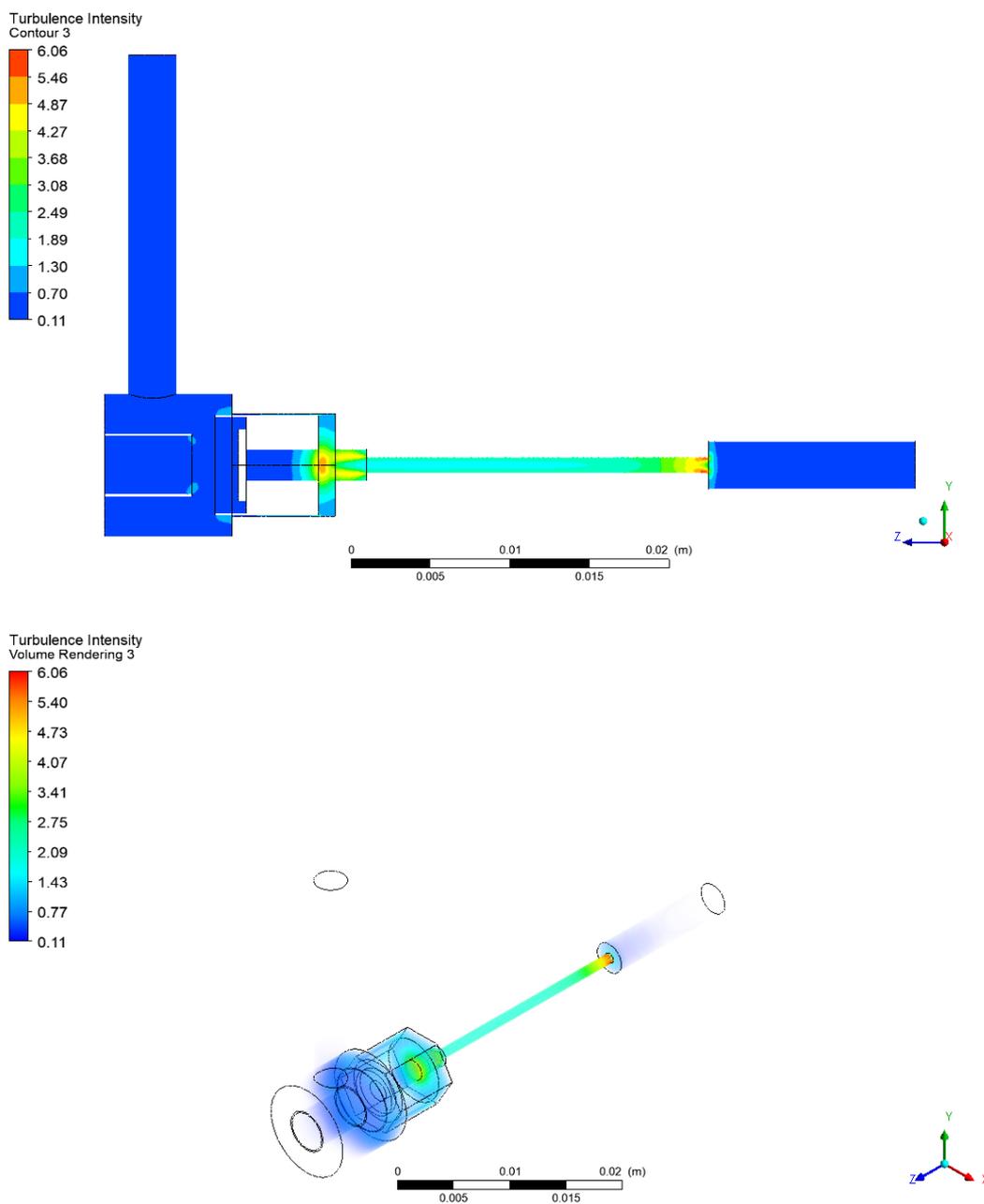


Figura 71. Análisis de turbulencia Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede observar que el valor de la turbulencia es similar al de la válvula sin modificación.

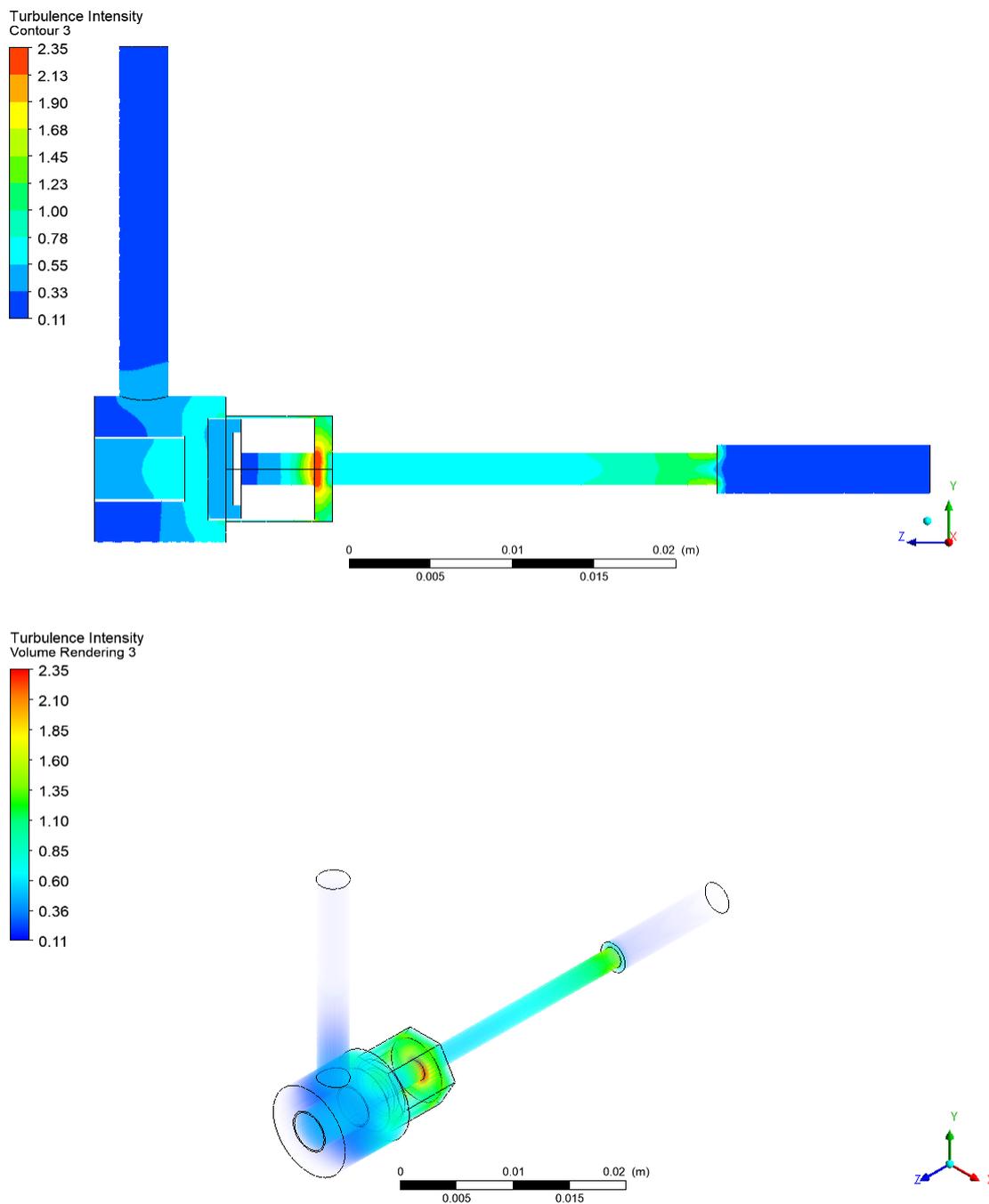


Figura 72. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 4

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s. Se aprecia en la figura 73 que el valor de entrada de la turbulencia es similar a los anteriores ciclos de trabajo.

a) Válvula normal.

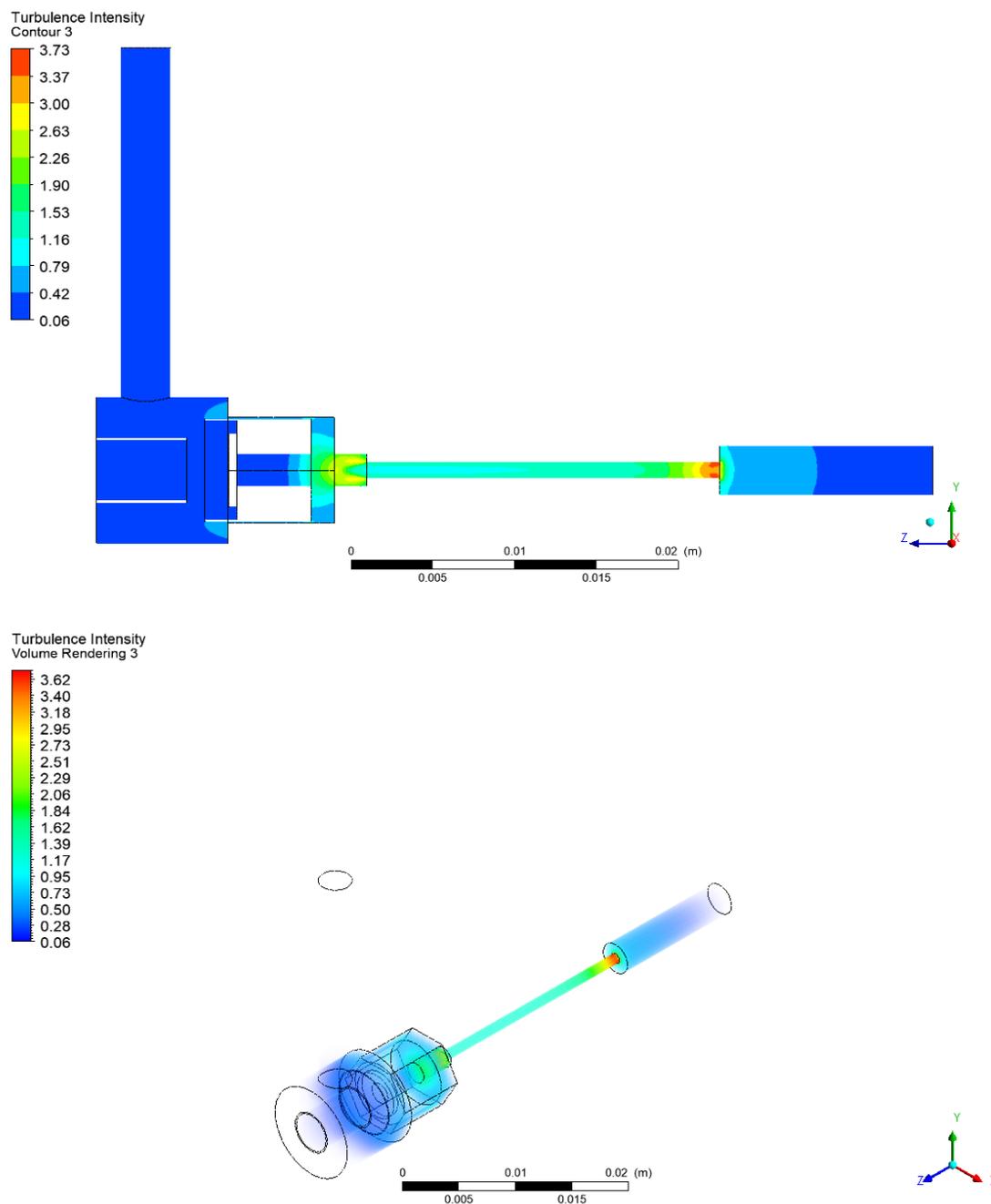


Figura 73. Análisis de turbulencia Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- b) Válvula modificada. Se puede apreciar en la figura 74 que el valor sigue siendo similar al de la válvula sin modificación.

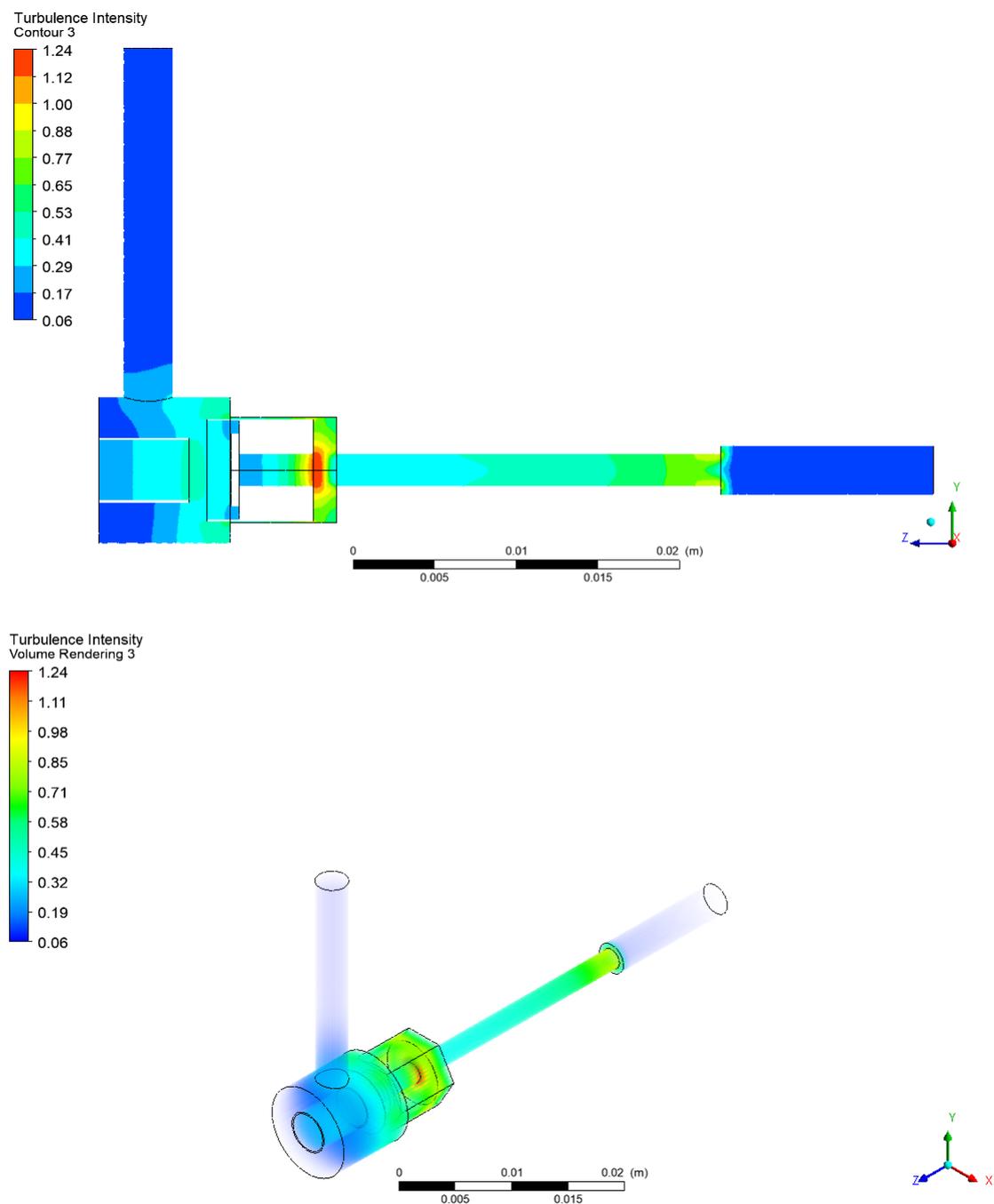


Figura 74. Análisis de la turbulencia de la válvula modificada caso 5

Discusión de resultados

Como se observa en la Tabla 18, la velocidad máxima es de 25.6 m/s, ubicada en el cambio de sección de la válvula, de igual manera la turbulencia máxima es de 6.06, esta se encuentra en los cambios de sección de la válvula. Nótese que estos valores corresponden al Caso 4; de igual manera, cierto porcentaje del flujo se distribuye hacia la salida 2, esto debido a que el buje de su interior no se cierra por completo.

Tabla 18.

Resultados en válvula sin modificación.

válvula purga canister			
Caso	Presión máxima [kPa]	Velocidad máxima [m/s]	Intensidad de turbulencia
1	29	0.01	0.06
2	447.549	8.48	2.87
3	209.368	4.17	2.82
4	295.601	25.6	6.06
5	354.763	13.04	3.73

Como se observa en la Tabla 19, la velocidad y turbulencia máxima se localizan en el caso 4, y sus valores son de 6.08 y 2.35 respectivamente. Nótese también que al igual que los casos anteriores, se localizan en los cambios de sección de la válvula, con la modificación respectiva en cuanto al diámetro de paso de la válvula, la intensidad se reduce en un 61%, esto hace que el flujo sea más controlable y con menos pérdidas en el sistema.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Tabla 19.

Resultados en válvula con modificación.

válvula purga canister			
Caso	Presión máxima [kPa]	Velocidad máxima [m/s]	Intensidad de turbulencia
1	29	1.72	0.81
2	446.985	2.08	1.33
3	209.031	1.04	0.72
4	645.638	6.08	2.35
5	353.708	3.17	1.24

Comparación de Análisis de la Presión

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

a) Válvula normal.

Válvula modificada

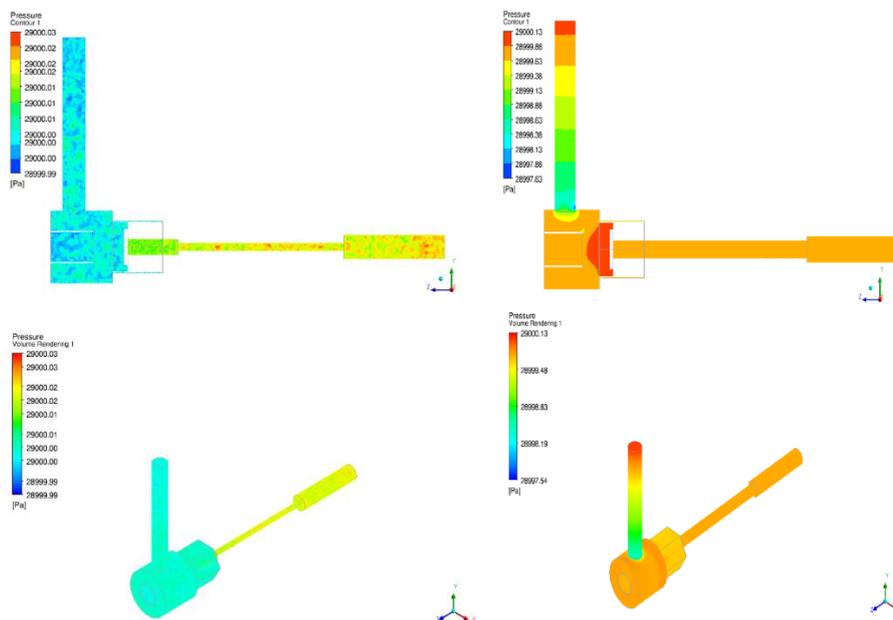


Figura 75. Comparación de Análisis de presión Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

La presión máxima en esta velocidad es **29 kPa** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima de **29 kPa**, al observar en los gráficos el color azul son los mínimos valores de presión y los colores rojo, y amarillo son los valores máximos de entrada y salida de presión del combustible evaporado como se aprecia en las figuras cuando el diámetro modificado de la válvula para la entrada de la gasolina evaporada como en el artículo científico escrito por Noguera, Cundar (2013) dice que las partes, funcionamiento, monitoreos, códigos de fallo y mantenimiento se llegan a obtener un conocimiento y manejo profundo. analiza los elementos químicos nocivos producidos por vehículos que utilizan motores de combustión interna como medio de propulsión, y su impacto medioambiental destacando la importancia que tienen los sistemas EVAP y PCV, en el control de emisiones contaminantes.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula modificada

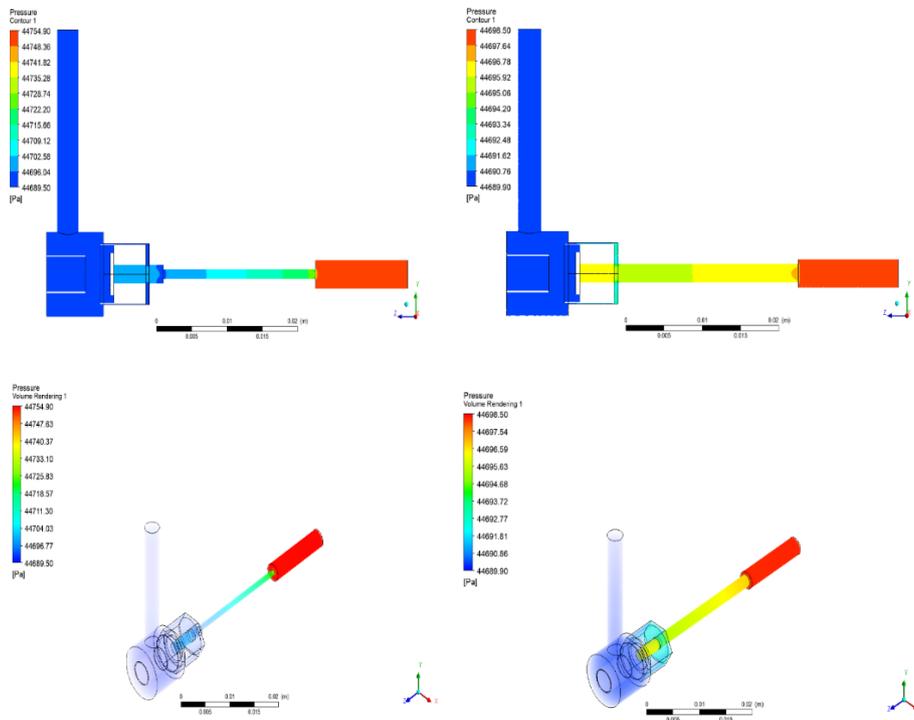


Figura 76. Comparación de análisis de presión Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

La presión máxima en esta velocidad es **44.7549 kPa** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima de **44.6985 kPa**, al observar en los gráficos la presión de entrada en la válvula EVAP es mínima mientras que la presión de entrada de la gasolina evaporada en la válvula modificada tiene más presión como se puede apreciar debido a que su diámetro es mayor.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

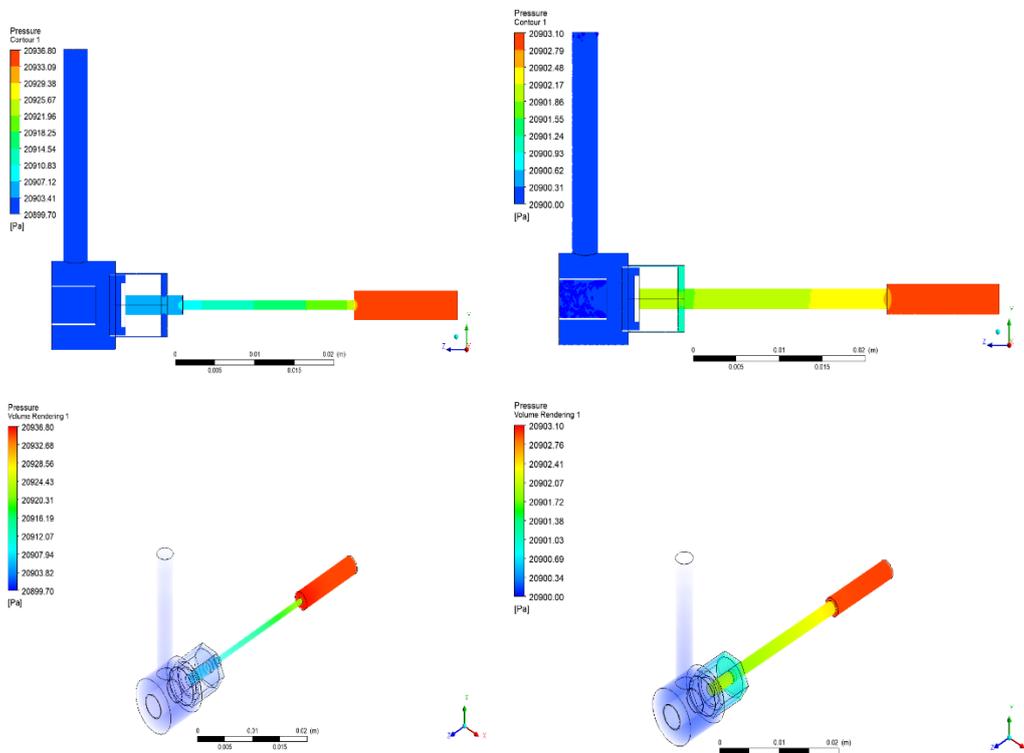


Figura 77. Comparación de análisis de presión Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

La presión máxima en esta velocidad es **20.9368 kPa** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima de **20.9031 kPa**, se puede observar que disminuye en un 0.0337 al observar en los gráficos la presión de entrada en la válvula EVAP es mínima mientras que la presión de entrada de la gasolina evaporada en la válvula modificada tiene más presión, pero en la salida de los gases se observa que existe una igualdad de presiones.

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada.

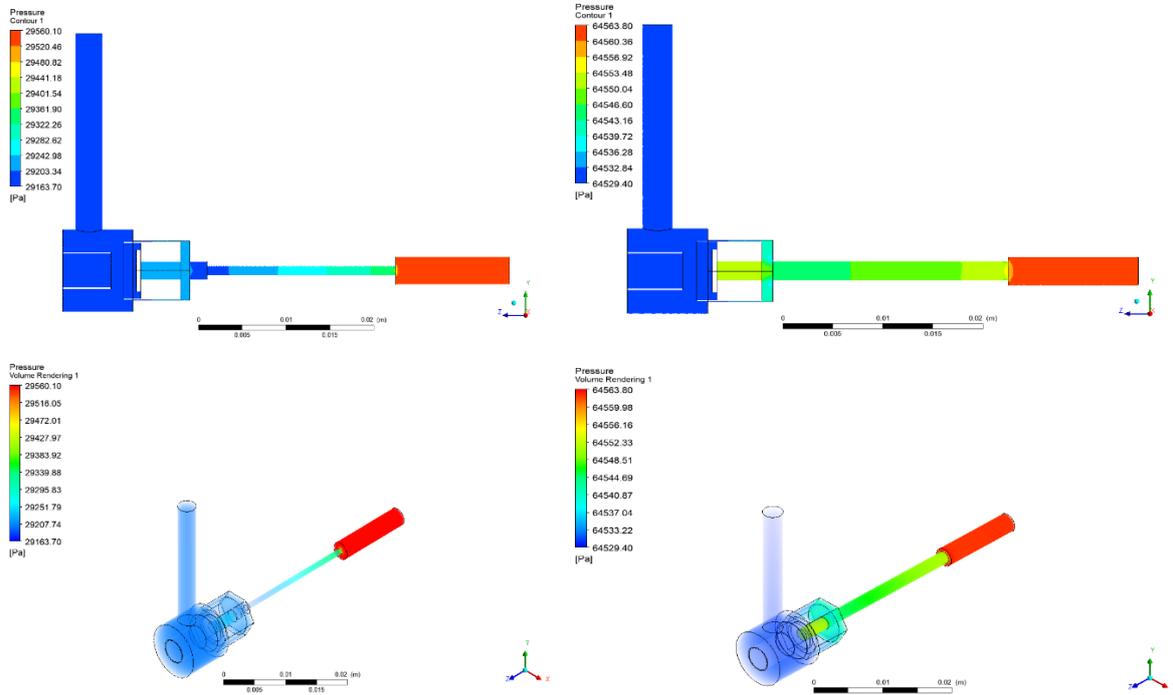


Figura 78. Comparación de análisis de presión Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

La presión máxima en esta velocidad es **29.5601 kPa** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima de **64.5638 kPa**, aquí existe un aumento en la presión como se muestran en las figuras debido al diámetro que es mayor en la válvula modificada la entrada de la gasolina evaporada tiende a elevarse, lo cual en la salida se puede observar que tiende a tener una igualdad, lo que se puede concluir que existe mayor consumo de gasolina es una mezcla pobre.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

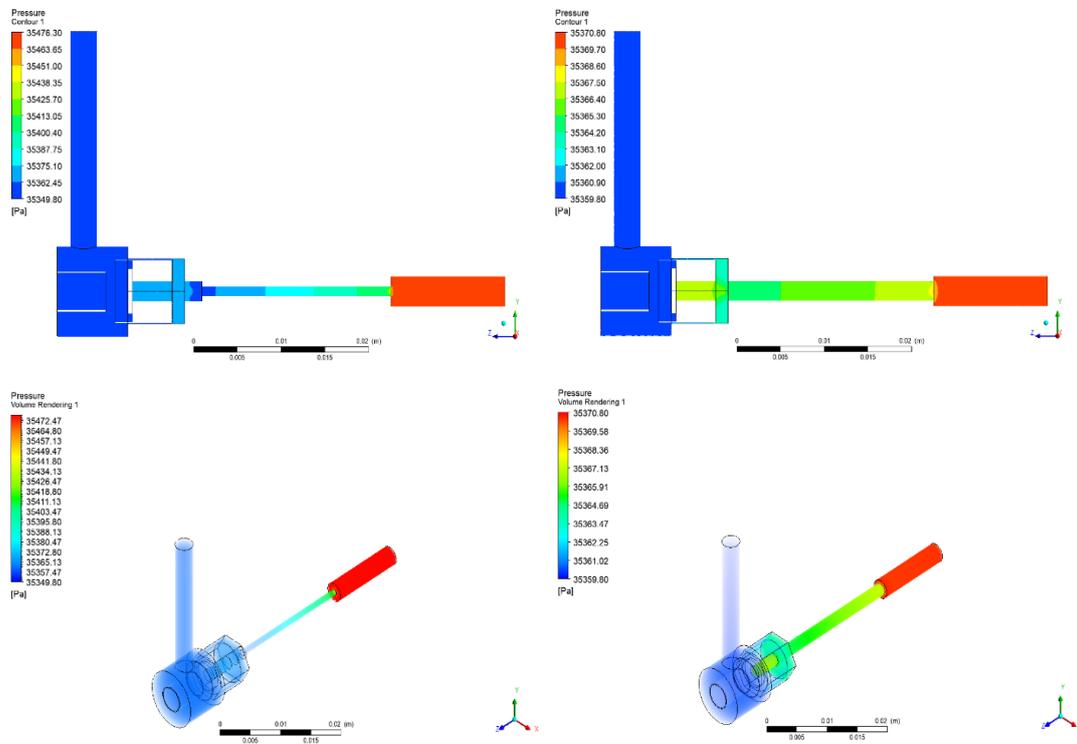


Figura 79. Comparación de análisis de presión Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

La presión máxima en esta velocidad es **35.4763 kPa** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima de **35.3708 kPa**, en el grafico se puede apreciar que existe una mayor presión en la entrada de la válvula modificada porque su diámetro fue aumentado para ver su eficiencia lo cual también se puede apreciar que en la salida de la presión en la válvula existe una igualdad de presión en las 2 válvulas porque el ciclo de trabajo del embolo de la EVAP es igual en los 2 casos.

Comparación de Análisis de la velocidad.

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

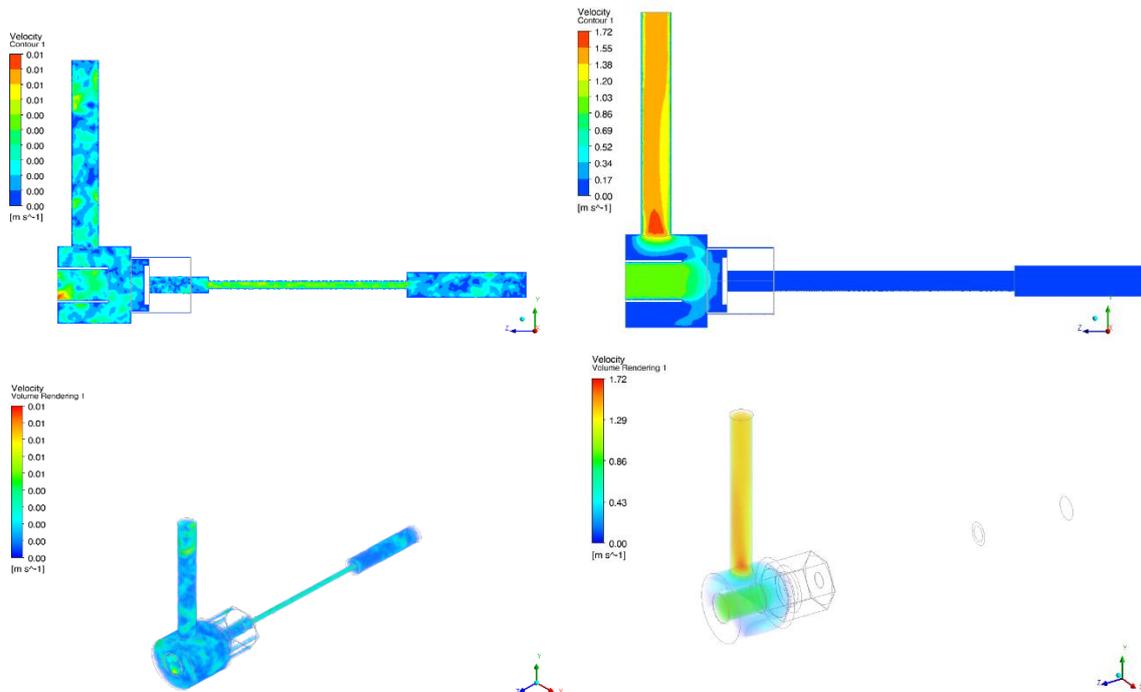


Figura 80. Comparación de análisis de velocidad Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Para esta velocidad inicial, la velocidad máxima es **0.01 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una velocidad máxima de **1.72 km/h** la velocidad aumenta ya que el diámetro fue modificado como se muestra en la figura, lo que existe un mejor rendimiento en el motor al momento de la evaporación de la gasolina como se encuentra en el artículo de Quimis, Morales (2013) que se enfoca a la investigación y análisis del funcionamiento, constitución, diagnóstico, monitoreo en tiempo real, así como la incidencia en el rendimiento del motor, de los sistemas anticontaminantes como son: el EGR y EVAP, siendo una guía completamente descriptiva y comprensible de estos sistemas, los cuales se encuentran en la mayoría de vehículos actuales.

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

a) Válvula normal.

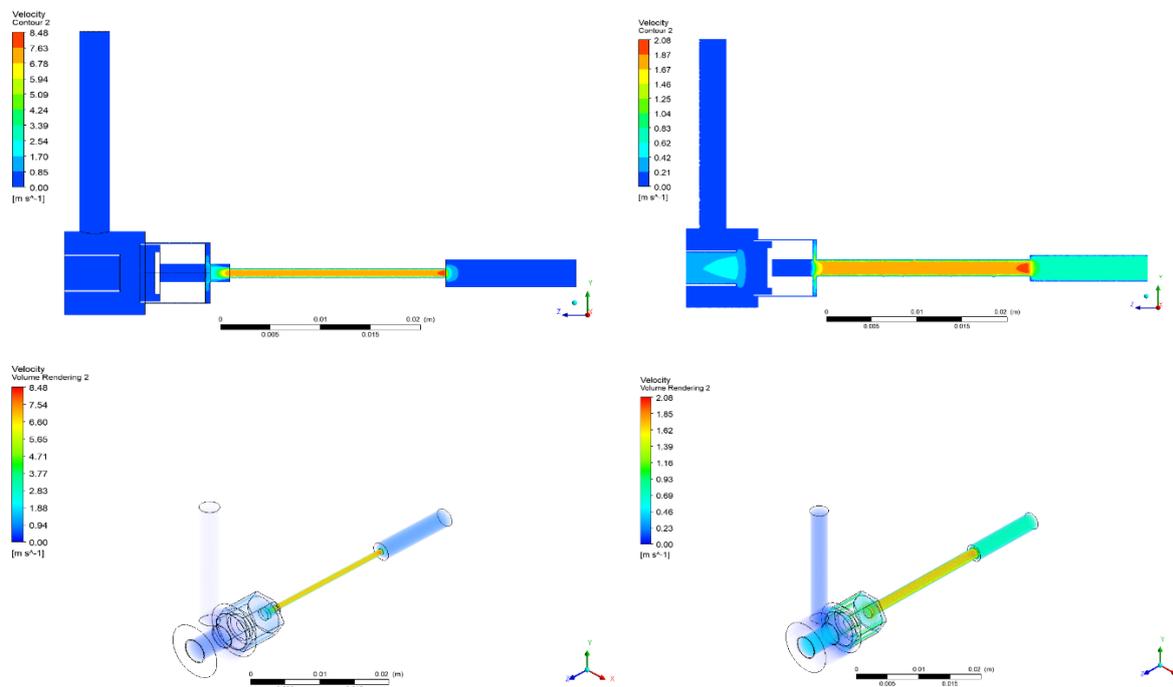


Figura 81. Comparación de análisis de velocidad Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

Para esta velocidad inicial, la velocidad máxima es **8.48 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una velocidad máxima de **2.08 km/h** la velocidad disminuye como se puede apreciar en la figura existe una velocidad constante en la válvula original y en la válvula modificada una variación de velocidad.

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kpa, V=0.39 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

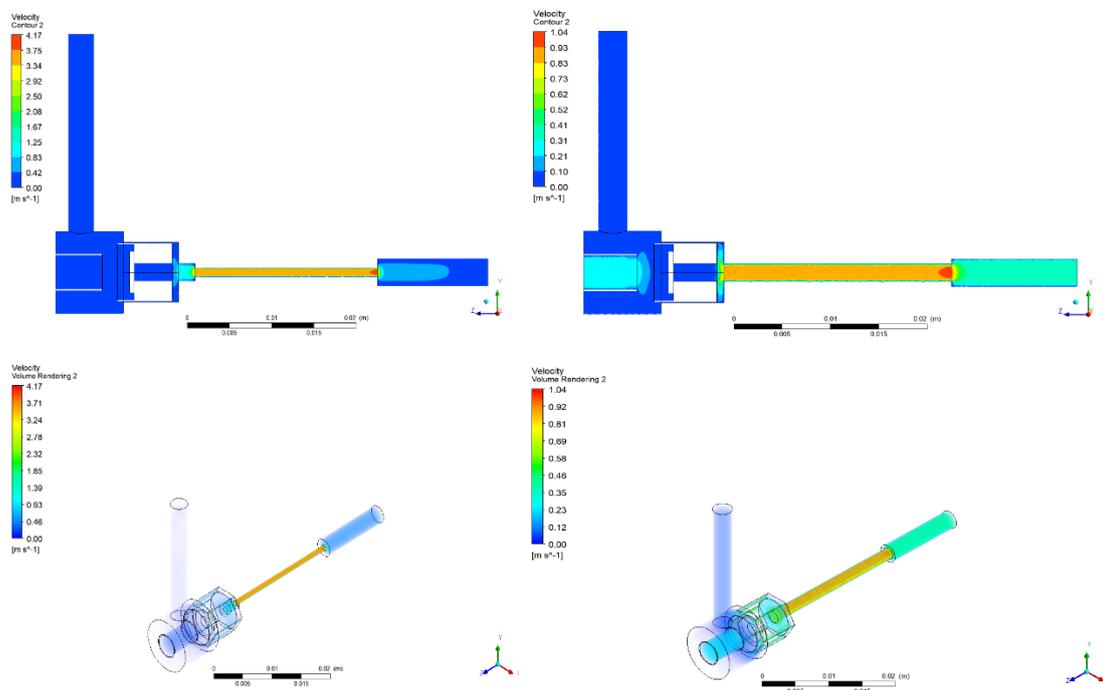


Figura 82. Comparación de análisis de la velocidad Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

Para esta velocidad inicial, la velocidad máxima es **4.17 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una velocidad máxima de **1.04 km/h** la velocidad de salida disminuye esto implica que existe una mayor eficiencia de evaporación de la gasolina que luego pasara al múltiple de admisión.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

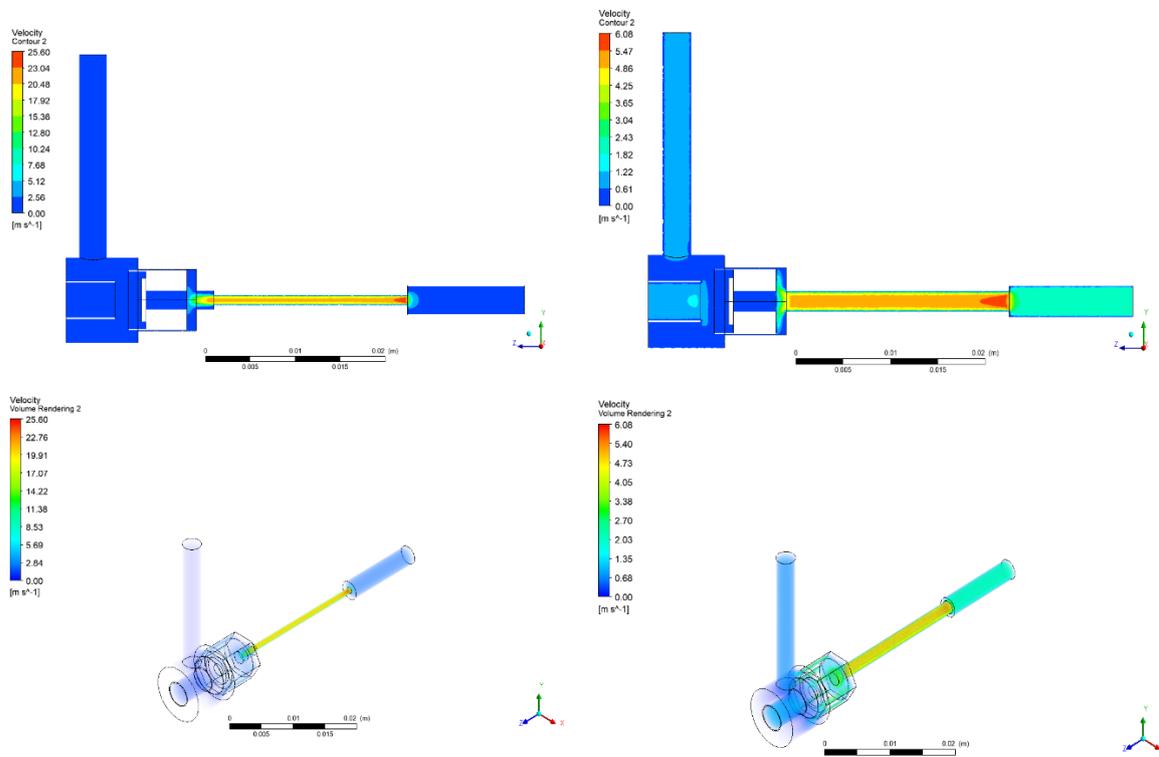


Figura 83. Comparación de análisis de la velocidad Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

Para esta velocidad inicial, la velocidad máxima es **25.6 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una velocidad máxima de **6.08 km/h** la velocidad disminuye debido al ciclo de trabajo del embolo da la EVAP que se encuentra en un 26.73% de recorrido.

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula modificada

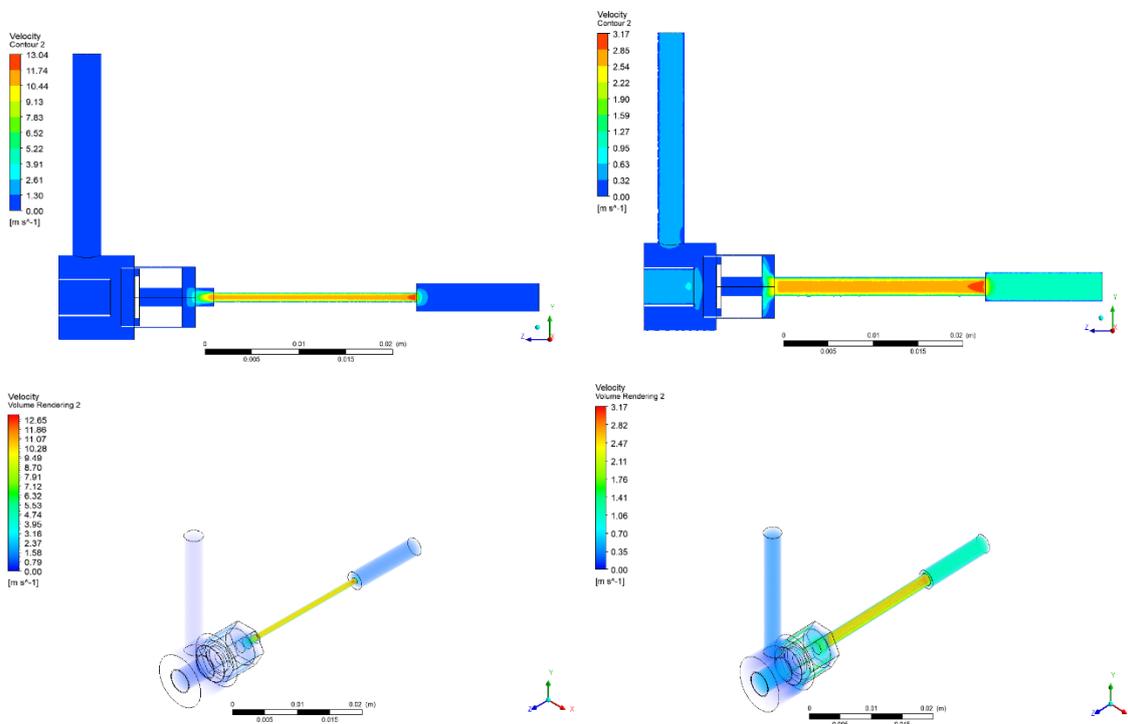


Figura 84. Comparación de análisis de velocidad Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

Para esta velocidad inicial, la velocidad máxima es **13.04 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una velocidad máxima de **3.17 km/h** la velocidad disminuye como se puede apreciar en la figura, debido a que los gases evaporados cuando quiere salir hacia el múltiple de escape tienen un mismo ciclo de trabajo.

Comparación de Análisis de la turbulencia.

Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kpa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

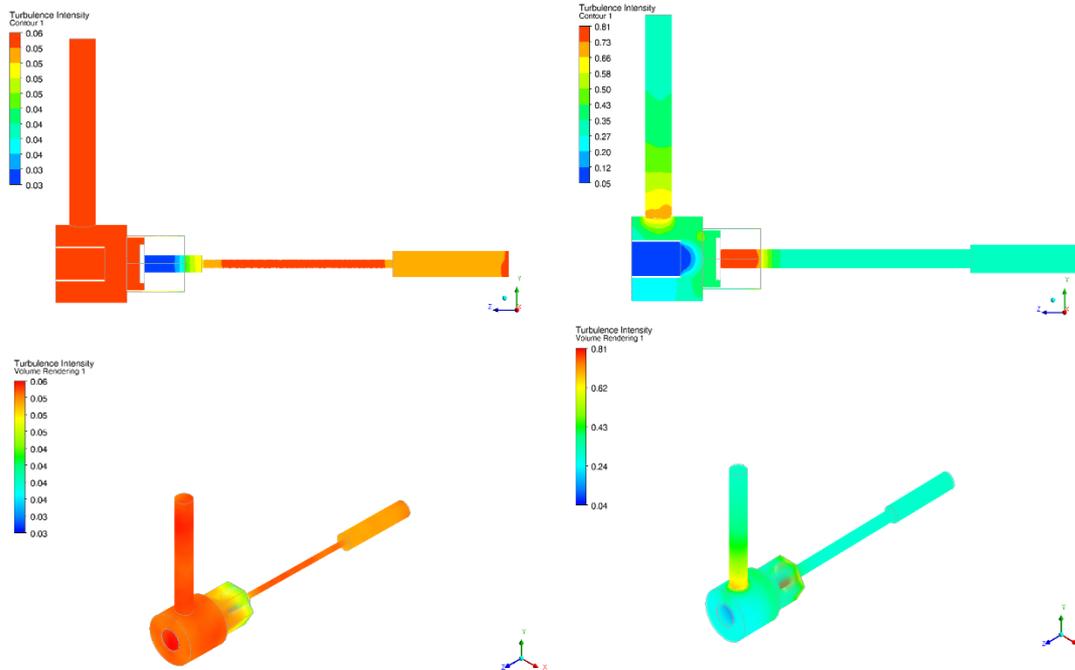


Figura 85. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 1. Ciclo de trabajo=1.28%, MAP=29 kPa, $V=4.14 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Para esta velocidad inicial, tenemos una Intensidad de turbulencia de **0.06 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima es de **0.81 km/h** la turbulencia aumenta cuando la válvula a esta velocidad tiene una apertura del embolo del **1.28 %** dando como resultado mayor eficiencia de la válvula con un diámetro mayor en la salida de gases evaporados con es en este caso la gasolina evaporada que sale del canister.

Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kpa, V=0.74 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

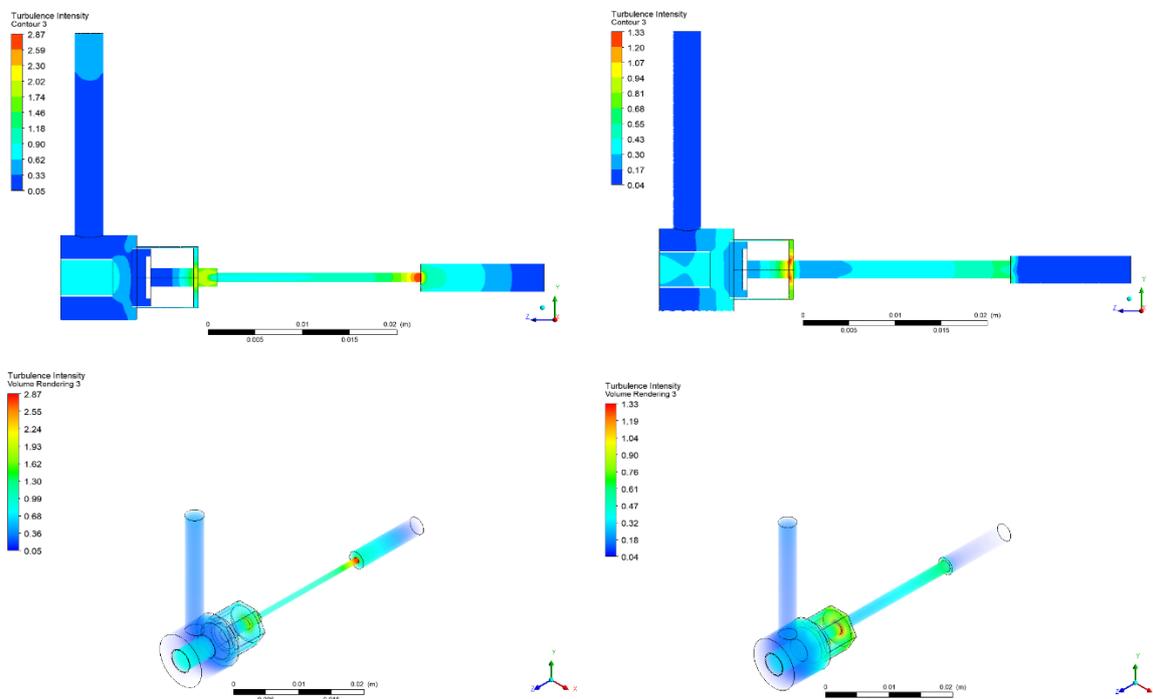


Figura 86. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 2. Ciclo de trabajo=12.52%, MAP=44.69 kPa, V=0.74 m/s.

Para esta velocidad inicial, tenemos una Intensidad de turbulencia de **2.87 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima es de **1.33 km/h** la turbulencia disminuye en la salida del gas evaporado cuando la válvula a esta velocidad tiene una apertura del embolo del **12.52 %** dando como resultado menor eficiencia de la válvula con un diámetro mayor.

Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula modificada

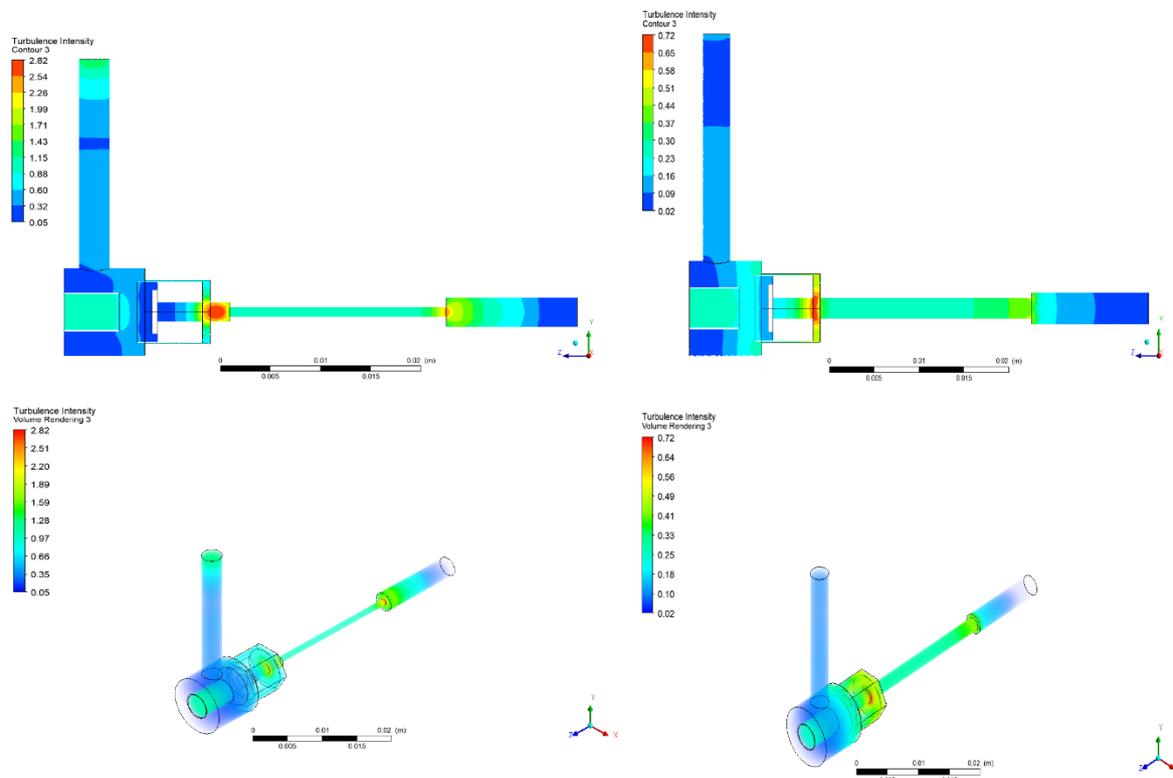


Figura 87. Comparación de análisis de turbulencia Caso 3. Ciclo de trabajo=18.90%, MAP=20.90 kPa, V=0.39 m/s.

Para esta velocidad inicial, tenemos una Intensidad de turbulencia de **2.82 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima es de **0.72 km/h** la turbulencia disminuye como se aprecia en la figura, cuando la válvula a esta velocidad tiene una apertura del embolo del **18.90 %**.

Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula modificada

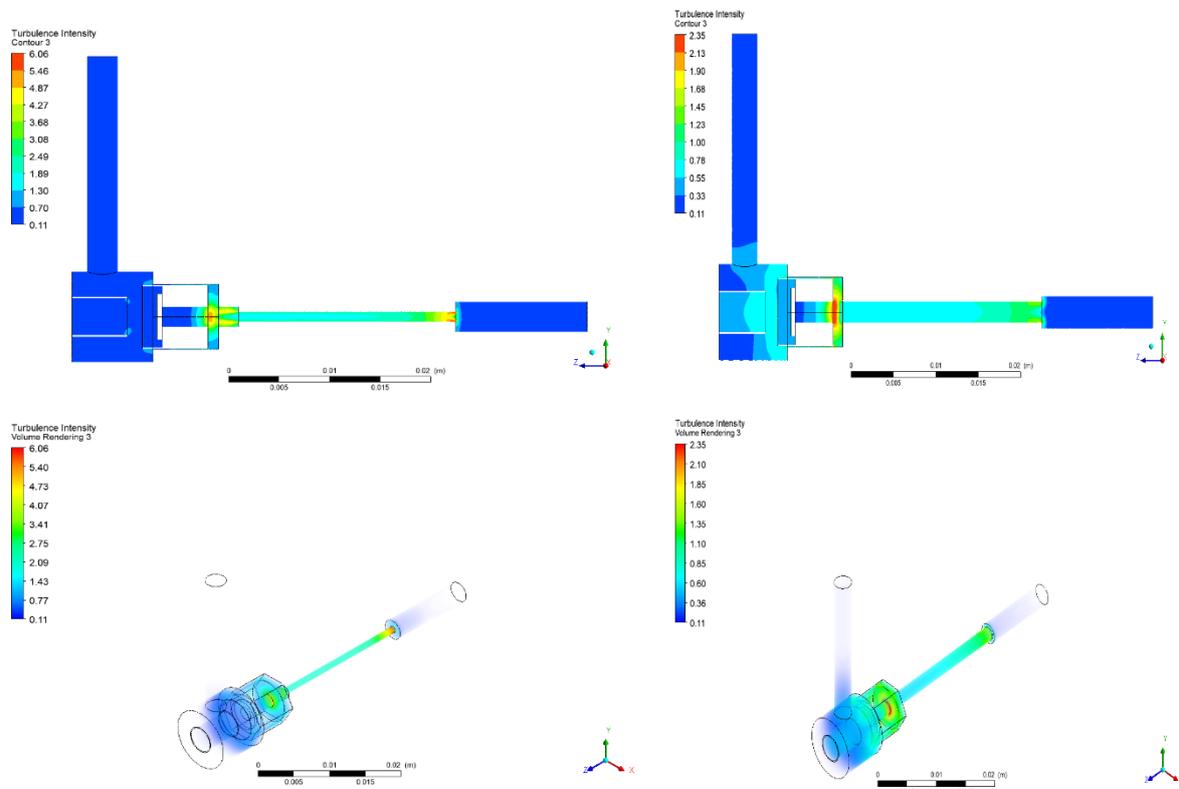


Figura 88. Comparación de análisis de la turbulencia Caso 4. Ciclo de trabajo=26.73%, MAP=64.53 kPa, V=2.12 m/s.

Para esta velocidad inicial, tenemos una Intensidad de turbulencia de **6.06 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima es de **2.35 km/h** la turbulencia disminuye cuando la válvula a esta velocidad tiene una apertura del embolo del **26.73 %** dando como resultado una mayor eficiencia de la válvula EVAP en la salida de gases evaporados.

Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

a) Válvula normal.

Válvula Modificada

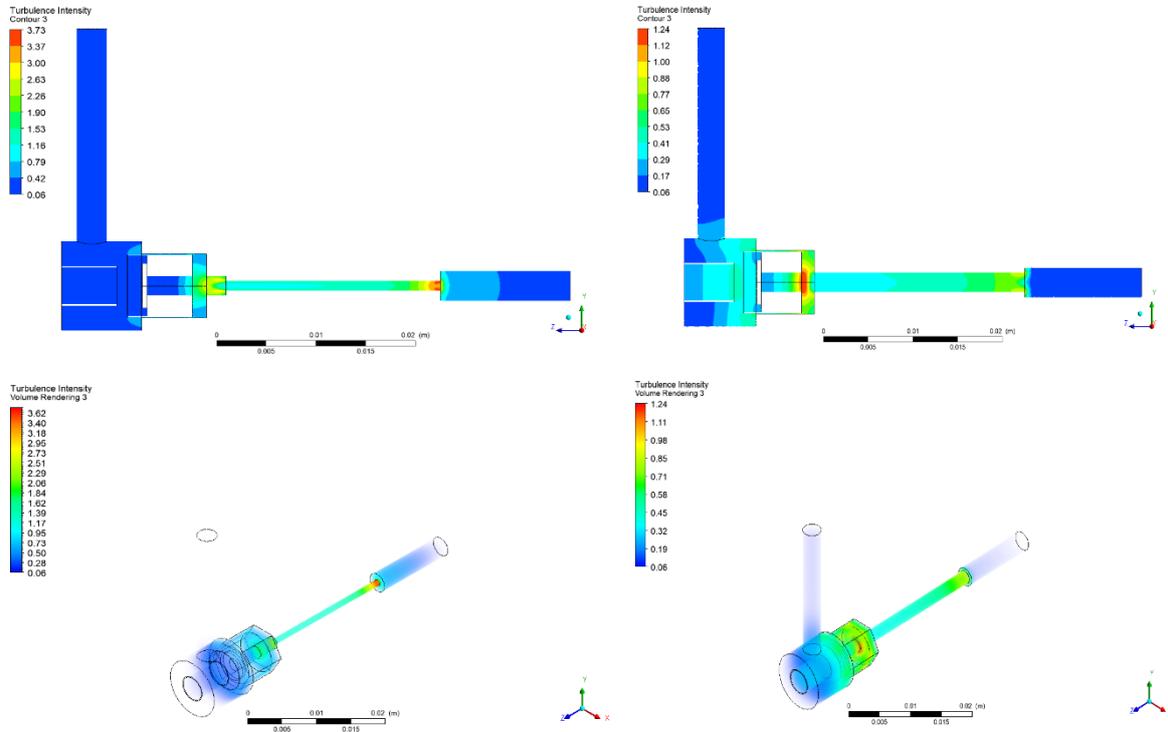


Figura 89. Comparación de análisis de turbulencia Caso 5. Ciclo de trabajo=15.30%, MAP=35.36 kPa, V=1.11 m/s.

Para esta velocidad inicial, tenemos una Intensidad de turbulencia de **3.73 km/h** y con el diámetro modificado tenemos una presión máxima es de **1.24 km/h** la turbulencia disminuye cuando la válvula a esta velocidad tiene una apertura del embolo del **15.30 %** lo que implica que la salida de la gasolina evaporada va hacer mínima y producirá un mejor funcionamiento del motor.

Conclusiones

- Se logró optimizar la geometría de la válvula EVAP de un motor de combustión interna MEP, mediante la obtención de datos en una prueba en ruta y la simulación en CAD, y se determinó que la variación del diseño produce efectos en la velocidad, presión y turbulencia de la gasolina evaporada.
- Con esta investigación se caracterizó el comportamiento de la válvula de purga del canister en base a las presiones, velocidad y turbulencia de la gasolina evaporada mediante una prueba de ruta urbana y en carretera aplicando un modo de conducción ecológica. Los datos experimentales se lograron obtener exitosamente gracias al equipo descrito anteriormente y se logró validar estos experimentos con los resultados de la simulación.
- Se determinó que el funcionamiento de la válvula EVAP aplicando una técnica de manejo ecodriving reduce las emisiones de CO 10.96% y las partículas HC 2.62%; el consumo de combustible aumenta 2% en ciudad y 1.5% en carretera en comparación sin utilizar la válvula EVAP.
- Se propuso mediante el software CAD y de simulación ANSYS un rediseño que optimizó el comportamiento de la gasolina evaporada en la válvula de purga, mejorando su presión de trabajo, el comportamiento de la velocidad del y disminuyendo su turbulencia. Logrando que en la salida hacia el múltiple de admisión el combustible evaporado llegue en una cantidad necesaria para mejorar la eficiencia del motor.
- Se obtuvo un buen comportamiento de la gasolina evaporada en el rediseño, dando un mejor trabajo y así disminuir las emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Con el rediseño de la válvula de purga EVAP se espera aportar con información como fuente de consulta para la industria automotriz ecuatoriana y se logre fabricar esta pieza en el país.

Recomendaciones

- Se recomienda poner en práctica la técnica del eco-driving para que su manejo sea más eficiente en el país y para que el consumo de combustible y emisión de gases contaminantes sea mínimo.
- Se recomienda una válvula EVAP con un diámetro superior en la entrada de la gasolina evaporada para que exista menor contaminación y mejor rendimiento en el motor en diferentes autos con diferentes geometrías y potencias de motor.
- Se recomienda realizar un buen diagnóstico que determine si vale la pena el cambio de ésta válvula, para que no exista aumento del consumo de aceite y variaciones en la emisión de gases.

Bibliografía

- Amazon . (2017). Obtenido de <https://www.amazon.es/v%C3%A1lvula-conmutaci%C3%B3n-V%C3%A1lvula-solenoide-626-Millenia/dp/B072MQJLYC>
- Anchatuña, J., & Loachamín, V. (2015). Construcción de un prototipo de cubre neumático mediante moldeo ligero por transferencia de resina de compuestos. Quito, Ecuador.
- Arias, G. (Octubre de 2015). El sector automotriz: evaluación del componente nacional en el periodo 2002-2013. Quito, Ecuador.
- ASTM INTERNATIONAL. (2017). Obtenido de www.astm.org
- Autodesk Moldflow. (2017). <https://knowledge.autodesk.com/support/moldflow-insight/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/MoldflowInsight/files/GUID-95434AE1-8BB1-435B-849D-A563F4B350F2-htm.html>.
- BCE. (2017). Banco Central del Ecuador. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/c-exterior>
- Bejan, A. (1995). Convection heat transfer.
- Bhattacharyya, D., & Fakirov, S. (2007). Handbook of Engineering Biopolymers, Blends and Composites. Munich: Carl Hanser Verlag.
- Bosh. (2013). Manual de la tecnica del automovil. Obtenido de <https://julioestrepo.files.wordpress.com/2013/08/bosch-manual-de-la-tecnica-del-automovil-tercera-edicion.pdf>

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Brouwer, W., van Herpt, E., & Labordus, M. (2003). Vacuum injection moulding for large structural applications. *Composites: Part A*, 551–558.
- Bubna, P., Humbert, M., Wiseman, M., & Manes, E. (2016). Barriers to Entry in Automotive Production and Opportunities with Emerging Additive Manufacturing Techniques. SAE INTERNATIONAL.
- Cai, Z. (1992). Simplified mold filling simulation in resin transfer molding. *Journal of composite materials*, 2606-2630.
- Cairns, D., Skramstad, T., & Mandell, J. (2001). EVALUATION OF HAND LAY-UP AND RESIN TRANSFER MOLDING IN COMPOSITE WIND TURBINE BLADE STRUCTURES. American Institute of Aeronautics & Astronautics.
- CCICEV. (2012). Centro de transferencia tecnologica para la capacitacion e investigacion en control de emisiones vehiculares. Obtenido de <http://www.ccicev.com/>
- Chávez, D., & Ledesma, E. (2016). Fabricación en fibra de carbon de un accesorio automotriz utilizando el método de transferencia de resina. *Jóvenes en la ciencia*, 1838-1842.
- Comas-Cardona, S., Zhang, F., Bickerton, S., Tournier, L., Gan, J., & Binetruy, C. (2011). Fiber reinforcements: correlating permeability and local spatial fibrous features. 18th international conference on composite materials.
- Cordova, V. (2014). Eco-driving: ahorro de energia basado en el comportamiento del conductor.
- de Oliveira, I. R., Amico, S. C., Souza, J. A., & de Lima, A. G. (2014). Resin transfer molding process: a numerical analysis. *Defect and Diffusion Forum*.
- Easy Composites. (2016). Guide to Resin Infusion.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Emision de gases. (2014). Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-emision-gases/sistema-control-evaporaciones-gases-evap>
- Endruweit, A., McGregor, P., Long, A. C., & Johnson, M. S. (2006). Influence of the fabric architecture on the variations in experimentally determined in-plane permeability values. . *Composites Science and Technology*, 1778-1792.
- Escriche, E. D., Manrique, J. A., & Box, C. S. (2012). Simulación y control de los procesos de transferencia de resina en moldes flexibles mediante modelos de permeabilidad equivalente. Valencia.
- Ferreira, F. (2011). Análise Comparativa do Escoamento de Fluido em Experimentos RTM Utilizando Aplicativos Comerciais. Porto Alegre.
- Guevara Hidalgo, M. G. (s.f.). Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina.
- Hidalgo, M. G. (210). Metodología de pruebas para la evaluación de convertidores catalíticos en motores a gasolina. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2255/1/CD-2998.pdf>
- Hsiao, K. T., & Heider, D. (2012). Vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) in polymer matrix composites. Woodhead, Cambridge.
- INEC. (2015). Instituto nacional de estadística y censos . Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesMetodologia.pdf
- Isoldi, L., Oliveira, C., Rocha, L., Souza, J., & Amico, S. (2012). Three-Dimensional Numerical Modeling of RTM and LRTM Processes. ABCM.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Jinlian, H., Yi, L., & Xueming, S. (2004). Study on void formation in multi-layer woven fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 595-603.
- Kessels, J., Jonker, A., & Akkerman, R. (2007). Optimising the flow pipe arrangement for resin infusion under flexible tooling. *Composites: Part A*, 2076–2085.
- Khan, L. (2016). Cost-effective composites manufacturing processes for automotive. En J. Njuguna, *Lightweight Composite Structures in Transport* (págs. 93-119).
- Laraib, A., Mahmood, A., Hassan, B., Sharif, T., Khushnod, S., & Khan, Z. (2014). Cost-Effective Manufacturing Process for the Development of Automotive From Energy Efficient Composite Materials and Sandwich Structures. *POLYMER COMPOSITES*, 97-104.
- Laurenzi, S., Grilli, A., Pinna, M., Nicola, F., Cattaneo, G., & Marchetti, M. (2014). Process simulation for a large composite aeronautic beam by resin transfer molding. *Composites Part B: Engineering*, 47-55.
- Lee, Y., Wu, J., Hsu, Y., & Chung, C. (2006). A prediction method on in-plane permeability of mat/roving fibers laminates in vacuum assisted resin transfer molding. *Polymer composites*, 665-670.
- Letzow, M., Porto, J., Santos, E., Amico, S., Souza, J., & Isoldi, L. (2012). Computational Modeling of RTM Y LRTM Processes Applied to complex Geometries. *Thermal Engineering*, 93-99.
- Li, C., Xu, M., & Tie, Y. (2013). SIMULATION ANALYSIS OF WIND TURBINE BLADE DURING RESIN TRANSFER MOLDING PROCESS. *Materials Physics and Mechanics*, 127-134.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Li, J., Zhang, C., Liang, R., Wang, B., & Walsh, S. (2008). Modeling and analysis of thickness gradient and variations in vacuum-assisted resin transfer molding process. *Polymer Composites*, 473-482.
- Li, Y., Xie, L., & Ma, H. (2015). Permeability and mechanical properties of plant fiber reinforced hybrid composites. *Materials & Design*, 313-320.
- Loendersloot, R. (2011). Permeability of non-crimp fabric preforms. En *Non-crimp fabric composites: manufacturing, properties and applications* (págs. 166-214).
- Loza, R., & Pila, G. (2017). Fabricación de un retrovisor para el vehículo susuki forsa con material compuesto de matriz polimérica de poliéster y refuerzo natural de cabuya. Riobamba.
- Medina, H. (2013). "Diseño y construcción de un simulador de sistema de encendido. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/124/1/T-UIDE-0133.pdf>
- Mejía, J. L. (2013). Estudio de la permeabilidad y la fabricación de materiales compuestos tipo sandwich por RTM. Master's thesis, Universidad EAFIT.
- Michaud, V. (2011). Permeability properties of reinforcements in composites. *Composite reinforcements for optimum performance*, 431-458.
- Mitschang, P., & Hildebrandt, K. (2012). Polymer and composite moulding. En J. Njuguna, *Lightweight composite structures in transport, design, manufacturing, analysis and performance* (págs. 210-229).
- Mohd Yuhazri, Y., Phongsakorn, P., & Sihombing, H. (2010). A Comparison Process Between Vacuum Infusión and Hand Lay-Up Method Toward Kenaf/Polyster Composites. *International Journal of Basic & Applied Sciences*.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Montés, N. (2009). Marco Computacional para el Diseño Optimización y Control de Procesos de Moldeo con Resinas Líquidas. Valencia.

Montés, N. (2009). Marco Computacional para el Diseño, Optimización y Control de Procesos de Moldeo con Resinas Líquida (LCM). Valencia: Universidad CEU-Cardenal Herrera.

Montés, N., & Sánchez, F. (2010). A new computational tool for liquid composite moulding process design based. Composites: Part A, 58-77.

Morales, Q., & Fabricio, T. (2013). Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del motor en función de sistemas EGR, EVAP y EVR.

Naik, N. K., Sirisha, M., & Inani, A. (2014). Permeability characterization of polymer matrix composites by RTM/VARTM. . Progress in aerospace sciences, 22-40.

Natural Resources. (2016). Obtenido de <http://time.com/4443413/earth-overshoot-day-natural-resources-budget-used/>

Nomura, M. (2000). Automobile Bumpers. Comprehensive Composite Materials, 365-373.

Oliveira, C., Souza, J., Amico, S., Isoldi, L., & Silva, R. (2012). COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS VOF E FE/CV APLICADOS À SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE RTM. 22-33.

Oliveira, C., Souza, J., Isoldi, L., & Rocha, L. (2009). Computational Modelling of the Resin Transfer Molding Process. 20th International Congress of Mechanical.

Oncars. (2016). Obtenido de <https://www.seda-international.com/us/seda-on-cars-expo-2016-in-donington/>

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Orozco, G. M. (08 de 2016). www.pruebaderuta.com. Obtenido de www.pruebaderuta.com:

<https://www.pruebaderuta.com/valvula-de-purga-del-canister.php>

Pachacama, V. (2015). Diseño caracterización y aplicación de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas para la aplicación en un prototipo de capot de la camioneta mazda BT 50. Latacunga.

Paredes, J. (2012). Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses. Ambato, Ecuador.

Park, C. (2015). Numerical simulation of flow processes in composites manufacturing. En *Advances in Composites Manufacturing and Process Design* (págs. 317-378). Woodhead Publishing.

Pierce, R. S. (2014). Improving the process modelling capability for manufacturing large composite structures used on passenger aircraft.

Polowick, C. (2013). *Optimizing Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding (VARTM) Processing Parameters to Improve Part Quality*. Ottawa: Carleton University.

Poorzeinolabedina, M., Parnasa, L., & Dashatanb, S. H. (2014). Resin infusion under flexible tooling process and structural design optimization of the complex composite part. *Materials & Design*.

Porto, J., Letzow, M., Santos, E., Amico, S., Souza, J., & Isoldi, L. (2012). Computational modeling of RTM and LRTM processes applied to complex geometries.

Porto, J., Letzow, M., Santos, E., Souza, J., & Isoldi, L. (2012). Application of the Computational Modeling in the Resin Transfer Molding (RTM) Process: A Case study of a Marine Propeller. 14th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Porto, J., Letzow, M., Santos, E., Souza, J., Isoldi, L., & Amico, S. (2012). Computational Modeling of RTM and LRTM Processes Applied to Complex Geometries. *Engenharia Térmica (Thermal Engineering)*, 93-99.
- Quimis Morales, T. F. (2013). Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del motor en función de sistemas EGR, EVAP y EVR. *Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica*, 11.
- Quimis Morales, T. F. (2013). Artículo Científico - Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del motor en función de sistemas EGR, EVAP y EVR. Análisis de operación e incidencia en el rendimiento del, 11. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7021>.
- Renliang, C., Chensong, D., Zhiyong, L., Chuck, Z., & Ben, W. (2004). Flow Modeling and Simulation for Vacuum Assisted Resin Transfer Molding Process With the Equivalent Permeability Method. *Polymer Composites Vol. 25, No. 2*, 146-164.
- Ribeiro, G., Souza, J., & Amico, S. (2007). Modelagem Numérica do Transporte de Resinas no Interior de Moldes Através do Aplicativo Fluent. XIV CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA.
- Rudd, C. (2005). *Liquid Moulding Technologies: Resin Transfer Moulding, Structural Reaction Injection Moulding, and Related Processing Techniques*. SAE INTERNATIONAL.
- Ruikui, D., Fangfang, W., Xianhui, C., Yanfei, Z., Guizhe, Z., & Yaqing, L. (2013). Flow Simulation and Optimization of the Car Bumper Beam by VARTM Process. *Advanced Materials Research Vols 753-755*, 236-240.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

- Ruiz, E., & Trochu, F. (2011). Flow modeling in composite reinforcements. En *Composite reinforcements for optimum performance*. Woodhead Publishing Limited.
- Sánchez, F., Domenech, L., García, V., Montés, N., Falcó, A., Cueto, E., . . . Fideu, P. (2015). Fast and reliable gate arrangement pre-design of resin infusion processes. *Composites: Part A*.
- Santoso, A. W. (2010). *Project Overview 20 m Fiber Composite Vessel Shipyard*. Jakarta.
- Sas, H., Šimáček, P., & Advani, S. (2015). A methodology to reduce variability during vacuum infusion with optimized design of distribution media. *Composites: Part A*, 223-233.
- Schmidt, T. M., Goss, T. M., Amico, S. C., & Lekakou, C. (2009). Permeability of hybrid reinforcements and mechanical properties of their composites molded by resin transfer molding. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2839-2850.
- Sharma, S., & Siginer, D. A. (2010). Permeability measurement methods in porous media of fiber reinforced composites. *Applied Mechanics Reviews*.
- Shin, K., Song, Y., & Youn, J. (2006). Radial Flow Advancement in Multi-Layered Preform. *Rheology Journal*, 217-224.
- Shojaei, A., Ghaffarian, S., & Karimian, S. (2002). Numerical simulation of three-dimensional mold filling process in resin transfer molding using quasi-steady state and partial saturation formulations. *Composites Science and Technology*, 861-879.
- Simacek, P., & Advani, S. (2017). Resin flow modeling in compliant porous media: an efficient approach for liquid composite molding. *International Journal of Material Forming*, 1-13.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Sirtautas, J., Pickett, A. K., & George, A. (2015). Materials characterisation and analysis for flow simulation of liquid resin infusion. *Applied Composite Materials*, 323-341.

Sistemas Anticontaminación. (2014). Obtenido de

https://www.google.com.ec/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=ZdpAW67LBs3y5gLvq5-YBg&q=Esquema+del+sistema+de+control+de+emisiones+de+evaporaci%C3%B3n+&oq=Esquema+del+sistema+de+control+de+emisiones+de+evaporaci%C3%B3n+&gs_l=img.3...58800.58800.0.591

Sistemas Anticontaminación. (2014). Obtenido de

<http://www.aficionadosalamecanica.net/canister.htm>

Solis, J. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el distrito metropolitano de Quito. Obtenido de

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17000>

Summerscales, J. (2012). Resin Infusión Under Flexible (RIFT). En *Wiley Encyclopedia of Composites*.

Summerscales, J. (2012). Resin infusion under flexible tooling (RIFT). *Wiley Encyclopedia of Composites*.

Sun, X., Li, S., & Lee, L. J. (1998). Mold filling analysis in vacuum-assisted resin transfer molding. Part I: SCRIMP based on a high-permeable medium. *Polymer Composites*, 807-817.

Sunaryo, S., Liston, G., & Maharani, S. (2013). Thickness and Fiber Content Optimization in VARTM Method for High Speed Craft. *Advanced Materials Research*, 412-416.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Taub, A., & Luo, A. (2015). Advanced lightweight materials and manufacturing processes for automotive applications. *MRS Bulletin*.

Trochu, F., Ruiz, E., Achim, V., & Soukane, S. (2005). Advanced numerical simulation of liquid composite molding for process analysis and optimization. *Composites: Part A*.

Universo, E. (Junio de 2014). Desarrollar autopartes es el reto de Muebles León.

valvula canister civic 95. (1995). Obtenido de

<https://www.foroshonda.com/index.php?threads/valvula-canister-civic-95.5555/>

Verleye, B., Croce, R., Griebel, M., Klitz, M., Lomov, S. V., Morren, G., . . . Roose, D. (2008). Permeability of textile reinforcements: Simulation, influence of shear and validation. *Composites Science and Technology*, 2804-2810.

Verleye, B., Lomov, S., & Roose, D. (2011). Modelling of the permeability of non-crimp fabrics for composites. En *Non-Crimp Fabric Composites: Manufacturing, Properties and Applications*.

Verrey, J., Michaud, V., & Manson, J. A. (2006). Dynamic capillary effects in liquid composite moulding with non-crimp fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 92-102.

Wang, C., Yue, G., Bai, G., Pan, L., & Zhang, B. (2016). Compaction behavior and permeability property tests of preforms in vacuum-assisted resin transfer molding using a combined device. *Measurement*, 357-364.

Wasik, T. (2005). Effect of fiber volume fraction on fracture mechanics in continuously reinforced fiber composite materials. University of South Florida.

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Yalcinkaya, M. A., Caglar, B., & Sozer, E. M. (2017). Effect of permeability characterization at different boundary and flow conditions on vacuum infusion process modeling.

Journal of Reinforced Plastics and Composites, 491-504.

Zuluaga, Valencia, & Ortiz. (2009). Efecto genotóxico y mutagénico de contaminantes atmosféricos. Medicina UPB, 28(1).

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Anexos

Datos de velocidad cada segundo del ciclo en Carretera en la ciudad de Ibarra

Anexo i

Valores de tiempo (s) y velocidad (km/h) del Ciclo

T	V										
0	0,00	159	71,20	358	62,31	553	61,02	710	55,28	907	73,74
1	0,00	160	71,99	359	69,19	554	64,26	750	60,33	908	74,55
2	0,00	200	79,55	360	73,35	555	67,66	751	61,04	909	75,38
3	0,00	201	80,31	400	87,27	556	69,59	752	60,86	910	76,14
4	0,00	202	81,66	401	88,96	557	69,48	753	60,41	950	79,19
5	4,11	203	82,03	402	87,95	558	70,58	754	60,12	951	80,73
6	11,10	204	83,56	403	85,77	559	70,31	755	60,37	952	82,12
7	17,68	205	84,42	404	82,96	560	70,18	756	60,05	953	83,21
8	20,11	206	84,60	405	80,43	600	41,41	757	60,68	954	84,03
9	19,30	207	85,76	406	78,70	601	42,26	758	59,72	955	84,05
10	21,52	208	87,17	407	76,59	602	40,56	759	63,76	956	82,56
50	34,33	209	87,10	408	77,66	603	36,64	760	62,56	957	82,48
51	33,91	210	87,08	409	78,78	604	35,28	801	58,80	958	79,93
52	33,46	250	62,56	410	80,30	605	36,67	802	56,50	959	78,76
53	33,84	251	64,57	450		606	37,28	803	55,26	960	78,44
54	33,96	252	67,77	451	61,15	607	36,43	804	52,88	1000	84,63
55	34,16	253	69,83	452	58,24	608	36,09	805	51,78	1001	85,35
56	34,96	254	71,65	453	57,06	609	35,13	806	50,81	1002	85,62
57	37,54	255	72,42	454	55,78	610	32,98	807	49,26	1003	86,18
58	36,54	256	71,90	455	52,75	650	46,19	808	51,65	1004	86,55
59		258	72,22	456	48,74	651	47,00	809	54,17	1005	85,62
60	35,34	259	72,28	457	47,45	652	47,52	810	56,54	1006	84,54
100	77,87	260	72,06	458	47,39	653	48,07	850	70,63	1007	83,55
101	78,80	300	67,02	459	47,40	654	49,07	851	64,96	1008	82,89
102	79,17	301	66,45	460	47,45	655	50,39	852	60,19	1009	83,04
103	79,62	302	67,36	500	69,09	656	50,79	853	56,27	1010	82,33
104	80,64	303	68,56	501	69,30	657	50,72	854	55,33	1050	78,48
105	81,09	304	71,12	502	69,90	658	51,71	855	57,38	1051	75,14
106	80,85	305	70,86	503	69,45	659	53,24	856	57,18	1052	74,22
107	81,37	306	68,30	504	69,45	660	53,20	857	57,40	1053	75,67
108	82,22	307	66,00	505	69,58	701	78,64	858	58,63	1054	77,65
109	84,16	308	66,43	506	69,16	702	78,10	859	59,17	1055	78,39
110	85,33	309	65,05	507	69,18	703	77,45	860	59,82	1056	79,64
150	62,26	310	62,72	508	69,09	704	75,96	901	70,71	1057	81,02
151	64,09	350	62,45	509	68,86	705	72,88	902	71,20	1058	82,59
152	64,20	351	64,17	510	68,31	706	67,34	903	71,66	1059	83,17
153	64,47	352	64,16	550	42,74	707	60,61	904	72,00	1060	84,48
154	64,12	353	63,48	551	48,64	708	56,11	905	72,61	1100	84,38
155	65,32	354	62,75	552	56,16	709	56,27	906	73,36	1101	84,68

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

1304	80,45									
1305	81,78									

Anexo ii

Datos promedios de concentraciones volumétricas

Tiempo (s)	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	LAMBDA
1	0,00	5	0	20,59	1,99
2	0,57	173	1,2	15,21	1,99
3	1,85	360	4,5	7,75	1,523
4	2,19	470	9,5	2,79	1,055
5	0,91	366	12,0	2,09	1,062
50	1,75	441	12,1	1,82	1,014
52	2,14	405	12,2	1,56	0,991
53	0,51	260	12,6	1,77	1,064
54	0,38	214	13,3	1,82	1,068
55	0,35	208	13,3	1,80	1,058
100	0,55	202	13,3	1,72	1,037
101	1,04	200	13,2	1,63	1,049
102	0,83	196	12,8	1,71	1,063
103	0,34	174	13,2	1,63	1,062
104	0,33	171	13,4	1,62	1,062
105	0,32	168	13,5	1,62	1,060
150	0,38	185	13,4	1,63	1,062
151	0,43	185	13,4	1,72	1,062
152	0,38	188	13,3	1,78	1,067
153	0,35	190	13,3	1,78	1,067
154	0,45	186	13,3	1,50	1,051
155	0,65	169	13,3	1,67	1,054
200	0,54	161	13,2	1,53	1,051
201	0,62	153	13,2	1,64	1,054
202	0,55	218	11,7	3,85	1,222
203	0,49	189	12,9	1,72	1,063
204	0,46	193	11,9	4,54	1,241
205	0,36	271	11,7	1,98	1,085
250	0,35	202	12,5	1,71	1,069
251	0,35	188	12,9	1,75	1,069
252	1,06	178	13,3	1,58	1,034
253	0,47	181	13,1	1,95	1,074
254	0,41	182	13,1	1,95	1,076
255	0,30	187	13,3	1,75	1,069
300	0,30	188	13,4	1,75	1,069
301	0,30	190	13,4	1,75	1,068
302	0,73	195	13,3	1,71	1,051
303	0,93	194	13,2	1,82	1,050
304	0,68	192	13,1	1,85	1,061
305	0,41	176	13,2	1,77	1,067
350	0,35	176	13,3	1,79	1,069
351	0,34	180	13,4	1,77	1,068
352	0,39	183	13,4	1,84	1,070
353	0,84	175	13,3	1,88	1,057
354	0,36	158	13,2	1,65	1,063
355	0,34	153	13,5	1,61	1,062
400	0,34	215	13,5	1,69	1,065
401	0,71	220	13,2	3,08	1,111
402	0,37	197	12,6	2,07	1,072

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

403	0,29	186	12,8	1,86	1,074
404	0,37	185	13,4	1,80	1,072
405	0,60	166	13,3	1,65	1,061
450	0,56	162	13,2	1,99	1,071
451	0,45	149	13,3	1,71	1,059
452	0,39	139	13,4	1,67	1,062
453	0,46	143	13,4	1,64	1,063
454	0,51	142	13,3	1,93	1,073
455	0,48	156	13,1	1,72	1,062
500	0,78	174	13,3	2,01	1,077
501	0,42	168	13,1	1,84	1,057
502	0,39	160	13,3	1,77	1,068
503	0,56	171	13,3	1,76	1,066
504	0,35	174	13,2	1,86	1,066
505	0,35	174	13,2	1,79	1,071
550	0,33	173	13,4	1,76	1,069
551	0,31	175	13,4	1,75	1,069
552	0,32	176	13,4	2,16	1,079
553	0,57	178	13,4	3,17	1,121
554	0,81	179	13,1	2,08	1,074
555	0,66	181	12,9	1,70	1,059
600	0,59	175	12,8	1,72	1,260
601	0,42	169	13,2	1,62	1,057
602	0,48	167	13,3	1,95	1,066
603	0,67	166	13,3	4,30	1,204
604	0,74	207	11,8	3,58	1,167
605	0,60	184	12,1	1,65	1,062
650	0,40	150	13,2	1,69	1,065
651	0,39	143	13,3	2,90	1,121
652	0,45	171	13,3	2,14	1,074
653	0,72	204	12,8	1,81	1,071
654	0,41	169	12,8	1,77	1,070
655	0,34	171	13,3	1,77	1,070
700	0,31	149	13,1	1,87	1,068
701	0,53	135	13,2	1,64	1,059
702	0,52	126	13,3	1,61	1,061
703	0,46	121	13,3	1,74	1,063
704	0,45	117	13,3	1,73	1,063
705	0,44	127	13,3	1,60	1,059
750	0,44	151	13,3	1,95	1,078
751	0,53	147	13,3	4,36	1,224
752	0,49	134	13,4	2,24	1,097
753	0,43	236	10,1	2,05	1,088
754	0,39	197	11,8	1,78	1,071
755	0,82	186	11,9	1,77	1,070
800	0,49	169	13,1	1,76	1,063
801	0,44	169	13,4	1,75	1,068
802	0,34	169	13,4	1,75	1,068
803	0,32	166	13,4	1,81	1,071
804	0,31	163	13,4	1,69	1,061
805	0,48	160	13,3	1,73	1,060
850	0,63	156	13,3	1,60	1,059
851	0,63	164	13,3	1,65	1,063
852	0,52	165	13,3	2,43	1,099
853	0,35	167	13,4	2,46	1,093
854	0,34	167	13,4	1,78	1,073
855	0,33	156	13,2	1,71	1,066
900	0,44	144	13,3	1,85	1,072
901	0,58	138	13,5	1,76	1,067
902	0,41	146	13,5	2,03	1,075
903	0,39	199	12,9	1,62	1,059
904	0,41	166	12,7	1,59	1,060
905	0,65	160	13,4	1,59	1,059

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

1001	0,35	167	13,4	1,61	1,061
1002	0,35	171	13,4	2,09	1,084
1003	0,36	166	13,2	4,84	1,318
1004	0,37	162	13,1	1,70	1,067
1005	0,55	149	13,4	1,69	1,067
1006	0,46	139	13,5	2,60	1,095
1007	0,40	133	13,5	4,84	1,318
1008	0,39	130	13,5	1,70	1,067
1009	0,38	326	9,1	1,69	1,067
1010	0,52	172	12,4	2,60	1,095
1050	0,65	155	12,9	1,91	1,074
1051	0,35	185	13,1	1,84	1,072
1052	0,35	182	12,8	1,69	1,065
1053	0,36	180	12,8	1,77	1,069
1054	0,37	161	13,2	1,81	1,070
1055	0,55	168	13,4	1,81	1,070
1100	0,46	173	13,3	1,83	1,071
1101	0,40	175	13,3	1,93	1,074
1102	0,39	176	13,3	1,84	1,068
1103	0,38	177	13,3	1,68	1,061
1104	0,38	179	13,2	1,75	1,067
1105	0,52	168	13,2	1,74	1,064
1150	0,42	157	13,3	1,60	1,057
1151	0,38	157	13,3	1,56	1,059
1152	0,75	157	13,3	1,52	1,055
1153	0,45	146	13,3	1,52	1,055
1154	0,44	141	13,4	1,53	1,058
1155	0,37	128	13,5	1,54	1,059
1200	0,35	118	13,4	1,55	1,059
1201	0,36	112	13,4	1,55	1,059
1202	0,36	110	13,5	1,55	1,059
1203	0,36	108	13,5	4,84	1,308
1204	0,42	107	13,5	3,94	1,211
1205	0,46	147	11,9	1,61	1,061
1251	0,46	163	11,9	1,60	1,060
1252	0,41	126	13,5	1,61	1,061
1253	0,46	118	13,5	1,53	1,054
1254	0,46	118	13,5	1,55	1,059
1255	0,37	118	13,5	1,54	1,059
1300	0,43	119	13,5	1,46	1,051
1301	0,39	109	13,4	1,45	1,051
1302	0,39	106	13,4	1,45	1,051
1303	0,39	102	13,5	1,45	1,051
1304	0,39	105	13,5	1,49	1,054
1305	0,38	105	13,5	1,39	1,050
1350	0,38	104	13,5	1,39	1,050
1351	0,39	102	13,5	1,41	1,051
1352	0,42	101	13,5	1,41	1,051
1353	0,39	236	6,8	9,51	1,684
1354	0,39	553	3,9	12,90	1,737
1355	0,38	279	12,6	1,95	1,072
1400	0,48	194	13,4	1,78	1,069
1401	0,46	157	13,3	1,53	1,054
1402	0,53	146	11,9	1,55	1,059
1402	0,39	118	13,4	1,54	1,059
1405	0,38	106	13,4	1,46	1,051
1450	0,48	109	13,4	1,45	1,052
1451	0,45	109	13,5	1,45	1,053
1452	0,44	106	13,5	1,45	1,052
1453	0,45	106	13,5	1,49	1,054
1454	0,41	105	13,5	1,39	1,050
1455	0,43	104	13,5	1,39	1,050
1485	0,44	102	13,5	1,41	1,050

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

1486	0,46	101	13,5	1,41	1,050
1487	0,31	236	6,8	9,51	1,684
1488	0,33	553	3,9	12,90	1,737
1489	0,49	279	12,6	1,95	1,072
1490	0,32	194	13,4	1,78	1,069

Anexo iii

Ciclo de trabajo válvula evap promedio ciclo urbano

PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km /h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD real (km /h)	CICLO TRABAJO EVAP (%)	MAP (kPa)	AIR FLOW CALCULATED (g/s)	AIR FUEL RATIO	SENSOR OXIGENO (mv)
16	15	2400	16	4	34	5.98	13.2	113
17		2376	14	2	33	5.98	13.4	108
18		2397	15	1	32	5.96	13.4	153
19		2450	15	0	30	5.10	13.4	247
20		2447	15	1	26	5.10	13.5	165
21		2400	16	0	26	5.99	13.2	61
22		2422	17	1	22	6.10	133	273
62	32	1737	39	15	21	3.89	13	0
63		1850	38					
64		1855	31	13	25	3.68	13.1	0
65		1832	31	13	25	3.70	13.2	
66		1835	31	13	25			
67		2452	30	10	23	6.55	13.6	574
68		1728	30	11	23	6.59	13.7	560
69		1312	34	13	24	7.90	13.9	707
70		1344	34	13	24	7.90	13.9	716
71		2309	33	12	53	19.98	13.6	443
72		1312	33	12	71	20.2	13	69
73		1312	33	12	70	20.5	13	74
74		1280	32	12	66	20.19	12.7	729
75		1280	32	12	66	20.19	12.7	751
76		1280	32	12	66	20.19	12.7	0
77		1280	32	12	66	20.19	12.7	556
78		1280	32	12	66	20.19	12.7	343
79		1280	32	12	66	20,20	12.7	109
80		1280	32	12	66	20.20	12.7	0
81		1280	32	12	66	20.24	12.7	784
82		1320	36	13	53	20.02	13.6	612
83	1360	37	14	20	3.89	14.1	43	
84	1408	37	14	20	3.89	14.1	55	
144	50	2970	57					
145		1888	48	19	21	5.27	13	0
146		1888	49	20	21	5.38	13	0
147		1888	49	20	21	5.38	13	0
148		1856	49	20	21	5.38	13	0
149		1856	50	19	21	5.56	13	200
150		1888	50	19	21	5.56	13	220
151		1856	50	19	21	5.56	13	200
152		1888	48	19	21	5.27	13	0
153		1888	47	17	21	5.56	13.2	599
154		1750	47	17	21	5.56	13.2	619

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

164	35	2048	40	420				50
165		2016	41	420				50
166		1952	39	410				50
167		1984	39	14	20	3.89	14.1	43
168		1248	36	13	53	20.02	13.6	612
169		1280	35	14	25	5.71	13	668
170		1280	35	14	25	5.71	13	668
171		1248	35	14	25	5.71	13	636
172		1216	35	14	25	5.71	13	628
173		1216	35	14	25	5.7	13	610
174		1568	33	12	53	13.6	19.9 8	443
175		1024	31	10	23	6.55	13.6	547

PRUEBA (seg)	VELOCIDAD TEÓRICA (km/h)	RPM (Rev)	VELOCIDAD (km/h)	CICLO TRABAJO EVAP (bar)	MAP (kPa)	AIR FLOW CALCULATE D (g/s)	AIR FUEL RATIO	SENSOR OXIGENO (mv)	
75	70	2492	74	29	56	25.59	12.4	707	
76		2350	74	30	21	6.49	13	0	
77		2408	73	28	69	31.48	12.9	716	
78		2360	71	27	34	13.73	12.6	130	
79		2392	71	27	33	13.32	12.7	74	
80		2188	69	27	72	30.8	12.5	250	
81		2170	69	27	72	31.7	12.9	598	
82		2188	70	27	72	30.8	13	790	
83		2156	70	27	72	30.8	13	810	
84		2156	70	27	72	30.8	13	788	
85		2150	70	27	72	30.8	13	725	
86		2152	70	27	72	30.8	13	801	
87		2088	69	27	72	30.8	12.6	638	
88		2100	69	27	72	30.8	12.6	620	
89		2177	71	28	30	11.07	11.9	109	
90		2188	70	27	70	26.85	12.4	91	
91		2148	70	27	70	26.85	12.4	110	
92		2116	68	26	72	29.38	12.5	707	
93		2152	70	27	72	30.8	13	790	
94		2144	67	25	73	30.19	13.3	777	
95		2148	67	25	73	30.19	13.3	720	
96		2180	69	27	72	30.8	12.6	638	
97		2188	69	27	72	30.8	12.6	615	
98		2218	68	25	71	48.09	13	812	
99		2066	64	24	71	44.79	13	833	
100		2016	63	23	71	44.79	13	803	
135		50	1888	55	21	79	39.82	12.9	673
136			1888	55	21	79	39.45	12.9	520
137			1888	53	21	75	38.23	13	716
138			1856	53	20	72	37.34	13	807
139	1856		51	20	69	33.91	13	91	
140	1888		51	20	69	33.95	13	343	
141	1856		51	20	69	32.87	13.1	612	
142	1888		50	19	68	33.10	13	112	
143	1888		50	19	65	30.09	13	0	
144	1888		50	19	65	30.09	13	0	
145	1875		50	19	65	31.02	13	21	
146	1880		50	19	65	30.56	13	23	
147	1895		50	19	64	30.76	13	716	
148	1890		50	19	65	30.65	13	587	

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

149		1901	49	18	72	29.63	13.1	807
150		2211	48	19	22	5.16	13	0
295	100	3053	98	34	65	17.88	13.1	621
296		2950	99	35	22	15.18	13.1	498
297		2985	99	35	22	15.18	13.3	430
298		2959	100	36	43	15.78	13	74
299		2980	100	36	43	15.80	13	111
300		2980	100	36	43	15.85	13	578
301		2987	100	36	43	15.82	13	678
302		2977	100	36	43	15.77	13	74
303		2983	101	37	21	13.36	13	0
304		2910	102	36	22	12.8	12.8	599
305		2950	102	36	22	12.8	12.8	627

Evaluación del funcionamiento de la válvula de purga del canister de un MEP

Anexo I: tabla de factores críticos de control

TABLA					
Factores críticos de las gráficas o cartas de control					
	Gráfica para medias	Gráfica para rangos			
n	Factor para el límite de control $A_2 = 3/(d_2\sqrt{n})$	Factor para la recta central d_2	Factores de los límites de control $D_3 = 1-3(d_3/d_2)$ $D_4 = 1+3(d_3/d_2)$ d_3		
2	1,881	1,128	-1,267=0	3,267	0,8525
3	1,023	1,693	-0,574=0	2,574	0,8884
4	0,729	2,059	-0,282=0	2,282	0,8798
5	0,577	2,326	-0,114=0	2,114	0,8641
6	0,483	2,534	-0,004=0	2,004	0,8480
7	0,419	2,704	0,076	1,924	0,8330
8	0,373	2,847	0,136	1,864	0,8200
9	0,337	2,970	0,184	1,816	0,8080
10	0,308	3,078	0,223	1,777	0,7970
11	0,285	3,173	0,256	1,744	0,7870
12	0,266	3,258	0,284	1,716	0,7780
13	0,249	3,336	0,308	1,692	0,7700
14	0,235	3,407	0,329	1,671	0,7620
15	0,223	3,472	0,348	1,652	0,7550
16	0,212	3,532	0,364	1,636	0,7490
17	0,203	3,588	0,379	1,621	0,7430
18	0,194	3,640	0,392	1,608	0,7380
19	0,187	3,689	0,404	1,596	0,7330
20	0,180	3,735	0,414	1,586	0,7290
21	0,173	3,778	0,425	1,575	0,7240
22	0,167	3,819	0,434	1,566	0,7200
23	0,162	3,858	0,443	1,557	0,7160
24	0,157	3,895	0,452	1,548	0,7120
25	0,153	3,931	0,459	1,541	0,7090