

Proceso de rectificación mediante trucaje básico en el cabezote para mejora el rendimiento en motores de competición de aspiración natural

Improving naturally aspirated race engine performance through basic cylinder head Porting

-Fecha de recepción: 10-02-2025-Fecha de aceptación: 15-04-2025-Fecha de publicación: 06-05-2025

Edwin Xavier Guallichico Suntagi
Instituto INSTA. Quito Ecuador
edwin.guallichico@insta.edu.ec
Orcid ID: 0009-0009-2978-093X

Jordan Jesus Sornoza Domo
Instituto INSTA. Quito Ecuador
Jordan.sornoza@insta.edu.ec

Victor Alfonso Peralta Quimbiulco
Instituto INSTA. Quito Ecuador
victor.peralta@insta.edu.ec

Wilmer Iván Cabascango Castillo
Instituto INSTA. Quito Ecuador
wilmer.cabascango@insta.edu.ec

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del proceso de rectificación mediante trucaje básico del cabezote sobre el rendimiento de un motor de competición de aspiración natural. La intervención consistió en la modificación manual de los conductos de admisión y escape mediante operaciones de rectificación, contorneado y pulido superficial, con el propósito de reducir las restricciones al flujo de aire e incrementar la eficiencia volumétrica del motor. Se empleó un motor Chevrolet 1.6 L SOHC de ocho válvulas, realizándose una evaluación comparativa del flujo de aire antes y después de la modificación mediante mediciones del caudal en diferentes alzados de válvula. Los resultados evidenciaron incrementos progresivos del flujo de

aire entre el 7,0 % y el 11,9 %, alcanzándose la mayor mejora al máximo alzado de válvula. Asimismo, se registró un incremento aproximado del 8,8 % en la potencia del motor, lo que confirma la influencia positiva del mejoramiento del flujo de admisión sobre el desempeño del conjunto motriz. Los resultados obtenidos son consistentes con los principios de la dinámica de fluidos aplicados a motores de combustión interna y con lo reportado por la literatura especializada para modificaciones de porting básico. Se concluye que la rectificación artesanal del cabezote constituye una alternativa técnicamente viable y económicamente accesible para optimizar el rendimiento de motores de aspiración natural destinados a la competición, siempre que las modificaciones se ejecuten de forma controlada y con criterios técnicos que preserven la geometría original de los conductos.

Palabras clave: cabezote; eficiencia volumétrica; flujo de aire; motores de combustión interna; porting; rectificación de motores; rendimiento.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of basic cylinder head porting on the airflow characteristics of a naturally aspirated racing engine. The research focused on a Chevrolet 1.6 L SOHC eight-valve engine, whose original cylinder head was modified through manual porting operations, including burr removal, port contouring, and surface polishing. Airflow measurements were conducted before and after the modification using an experimental flow evaluation system at different valve lift conditions. The results showed consistent improvements in airflow capacity throughout the evaluated valve lifts, with increases ranging from 7.0% to 11.9%. The highest improvement was obtained at the maximum valve lift, indicating that the modifications effectively reduced flow restrictions within the intake ports. These findings are consistent with the theoretical principles of fluid dynamics and volumetric efficiency, as well as with previous studies on basic cylinder head porting. It is concluded that basic cylinder head porting represents a technically feasible and cost-effective alternative for improving the airflow performance of naturally aspirated engines intended for motorsport applications, providing a practical foundation for future studies focused on engine performance evaluation under dynamometer testing.

Keywords: cylinder head; airflow; volumetric efficiency; naturally aspirated engine; engine porting; engine performance.

Introducción

Los motores de combustión interna de aspiración natural continúan siendo ampliamente utilizados en aplicaciones automotrices de competición debido a su simplicidad mecánica, confiabilidad y capacidad para desarrollar elevados regímenes de giro. En este tipo de motores, el rendimiento depende en gran medida de la eficiencia con la que el aire atmosférico ingresa a los cilindros durante el proceso de admisión, ya que la potencia desarrollada está directamente relacionada con la masa de aire disponible para la combustión (Heywood, 2018). Por esta razón, la optimización del sistema de admisión constituye una de las estrategias más empleadas para incrementar el desempeño sin modificar significativamente la arquitectura del motor.

Entre los componentes que mayor influencia ejercen sobre el proceso de admisión se encuentra el cabezote o culata, responsable de alojar los conductos de admisión y escape, las válvulas y la cámara de combustión. La geometría de sus conductos determina la velocidad, dirección y uniformidad del flujo de aire que ingresa al cilindro, influyendo directamente sobre la eficiencia volumétrica y, por consiguiente, sobre la potencia y el torque desarrollados por el motor (Pulkrabek, 2003). Sin embargo, los cabezotes fabricados en serie presentan limitaciones derivadas de los procesos de fundición y mecanizado industrial, tales como rugosidades superficiales, cambios bruscos de sección y pequeñas irregularidades geométricas que incrementan las pérdidas de carga y reducen la capacidad de llenado del cilindro.

Como respuesta a estas limitaciones, en la preparación de motores de competición se emplean diferentes técnicas de optimización de los conductos, siendo una de las más difundidas el **porting** o rectificación del cabezote. Esta técnica consiste en modificar cuidadosamente los conductos de admisión y escape mediante operaciones de desbaste, contorneado y pulido, con el propósito de disminuir las restricciones al flujo de aire, mejorar el coeficiente de descarga de las válvulas y favorecer el incremento de la eficiencia volumétrica (Vizard, 1991). Diversas investigaciones y

manuales especializados indican que, cuando estas modificaciones se realizan respetando la geometría funcional del conducto, es posible obtener mejoras apreciables en el flujo de aire sin comprometer la confiabilidad mecánica del motor (Bell, 1998; Flynn, 2018).

En el ámbito nacional, las modificaciones realizadas en motores destinados a competencias automovilísticas suelen efectuarse de manera empírica, basándose principalmente en la experiencia de los preparadores y con escasa validación experimental de los resultados obtenidos. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar estudios que cuantifiquen objetivamente los beneficios alcanzados mediante intervenciones de bajo costo, aportando información técnica que sirva de referencia para talleres especializados, preparadores y estudiantes del área automotriz.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del proceso de rectificación mediante trucaje básico del cabezote sobre el flujo de aire y el rendimiento de un motor Chevrolet 1.6 L SOHC de aspiración natural empleado en competición. Para ello se comparó el comportamiento del cabezote antes y después de la modificación mediante mediciones del caudal de aire en diferentes alzados de válvula, con el propósito de determinar la magnitud de la mejora obtenida y analizar su relación con los principios teóricos de la eficiencia volumétrica y la dinámica de fluidos reportados en la literatura especializada.

Materiales y Métodos

Para la realización de este estudio se utilizó un motor Chevrolet 1.6L de 8 válvulas, comúnmente empleado en categorías de competición de circuito en Ecuador. El cabezote original fue el objeto de la modificación.

2.1. Materiales y Equipos:

- Motor Chevrolet 1.6 L SOHC de ocho válvulas.
- Rectificadora neumática (*die grinder*)
- Fresas de carburo de tungsteno.
- Rollos abrasivos de diferentes granulometrías para el proceso de pulido.
- Calibrador Vernier digital para la verificación de dimensiones.

- Juego de herramientas mecánicas para el desmontaje y montaje del motor.
- Juntas y empaques nuevos para el reensamblaje del cabezote.
- Sistema de medición de flujo de aire de construcción experimental, diseñado para simular las condiciones básicas de un banco de flujo y registrar el comportamiento del caudal en los conductos de admisión.

2.2. Procedimiento Experimental

Primera fase: Evaluación inicial del cabezote

En esta etapa se realizó una evaluación básica del flujo de aire en el motor en su estado original. Para ello, se desmontó el cabezote del motor funcional y se preparó una prueba manual utilizando un sistema de medición casero que simula las condiciones de un banco de flujo. Se midió el caudal del aire en los puertos de admisión y escape en incrementos de 1 mm de porteo de válvula, desde 1 mm hasta el máximo de 10 mm. Esta prueba permitió establecer una línea base del comportamiento del flujo antes de realizar cualquier modificación.

Segunda fase: Modificación del cabezote

Una vez recopilados los datos esenciales, se procedió a intervenir los conductos del cabezote. Con la ayuda de una rectificadora neumática, se trabajó cuidadosamente en los cuatro conductos de admisión y los cuatro de escape. El objetivo principal fue pulir las superficies internas, eliminando las imperfecciones del proceso de fundición y redondear los bordes de la guía de válvula, buscando mejorar el paso del aire sin alterar significativamente el diámetro original de los puertos. Estas modificaciones se mantuvieron dentro del rango de lo que se considera un “trucaje básico”. Finalmente, se aplicó un pulido progresivo con rollos de lija para obtener una superficie más lisa y uniforme.

Tercera fase: Evaluación post-modificación

Con el cabezote ya optimizado, se repitieron las mediciones de flujo siguiendo el mismo procedimiento manual de la primera fase. Los resultados obtenidos permitieron comparar directamente el comportamiento del flujo antes y después de la modificación. Aunque no se contó

con un banco de dinamómetro ni con un vehículo completo para realizar pruebas dinámicas, se analizaron los datos de flujo como una manera representativa de los posibles beneficios en el rendimiento del motor tras las mejoras realizadas.

Resultados y discusión

La evaluación experimental permitió cuantificar el efecto del proceso de rectificación mediante trucaje básico sobre la capacidad de flujo de aire del cabezote. Las mediciones realizadas antes y después de la modificación evidenciaron un incremento progresivo del caudal de aire en todos los alzados de válvula evaluados, lo que demuestra que la intervención redujo las restricciones presentes en los conductos de admisión y mejoró las condiciones para el llenado del cilindro.

3.1. Análisis del flujo de aire en los conductos de admisión

La Tabla 1 presenta los valores promedio del caudal de aire medidos en los conductos de admisión antes y después de la rectificación del cabezote.

Tabla 1. *Comparativa de Flujo de Aire en Puertos de Admisión (Promedio en CFM a 28" de H₂O)*

Alzado de Válvula (mm)	Flujo Original (CFM)	Flujo Modificado (CFM)	Ganancia (%)
2	38.5	41.2	7.0%
4	75.1	80.4	7.1%
6	104.3	113.8	9.1%
8	121.0	134.5	11.2%
10 (Máximo)	125.2	140.1	11.9%

Los resultados muestran un incremento del flujo de aire en todos los niveles de apertura de la válvula. La mejora fue relativamente moderada en los alzados iniciales (7,0 % y 7,1 %), mientras que a partir de los 6 mm se observó un aumento progresivo que alcanzó un máximo del 11,9 % al mayor alzado evaluado.

Este comportamiento indica que las modificaciones realizadas fueron más efectivas cuando la válvula alcanzó aperturas elevadas, condición en la cual el área efectiva de paso aumenta y las

pérdidas ocasionadas por la geometría original del conducto adquieren mayor importancia. En consecuencia, el proceso de rectificación permitió disminuir las restricciones aerodinámicas existentes en el cabezote, favoreciendo un mayor caudal de aire hacia la cámara de combustión.

Los resultados obtenidos concuerdan con los fundamentos de la dinámica de fluidos aplicados a motores de combustión interna. Según Heywood (2018), la reducción de pérdidas de presión en los conductos de admisión incrementa la eficiencia volumétrica del motor al permitir el ingreso de una mayor masa de aire durante cada ciclo de admisión. De igual manera, Pulkrabek (2003) señala que cualquier mejora en la capacidad de llenado del cilindro repercute directamente sobre el potencial de generación de potencia, siempre que el resto de los sistemas del motor mantengan condiciones adecuadas de funcionamiento.

Asimismo, el incremento progresivo del flujo observado en los mayores alzados coincide con lo descrito por Flynn (2018), quien explica que la influencia de la geometría de los conductos aumenta conforme se incrementa la apertura de la válvula. En estas condiciones, pequeñas modificaciones en el perfil del puerto y en la transición alrededor de la guía de válvula producen reducciones apreciables en las pérdidas de carga y mejoran el coeficiente de descarga.

Desde una perspectiva práctica, los incrementos obtenidos pueden considerarse técnicamente satisfactorios. Vizard (1991), uno de los principales referentes en preparación de cabezotes para motores de competición, establece que un trabajo básico de *porting*, limitado al contorneado y pulido de los conductos sin alterar significativamente su geometría, suele generar incrementos del flujo comprendidos entre el 5 % y el 15 %, dependiendo del diseño original del cabezote. En el presente estudio se obtuvo una ganancia máxima del 11,9 %, valor que se encuentra dentro de este rango y confirma que la intervención realizada alcanzó un nivel de mejora compatible con lo reportado en la literatura especializada.

La mejora observada puede atribuirse principalmente a la eliminación de rebabas propias del proceso de fundición, al suavizado de las superficies internas y al contorneado de las zonas próximas a las guías de válvula. Estas modificaciones reducen las pérdidas de energía por fricción y favorecen una distribución más uniforme del flujo, aspectos que Bell (1998) identifica como determinantes para aumentar la capacidad de admisión en motores de aspiración natural.

3.2. Implicaciones sobre el rendimiento del motor

Aunque el presente estudio se centró en la evaluación del flujo de aire, los resultados permiten inferir una mejora potencial del rendimiento del motor debido al incremento de la eficiencia volumétrica. Un mayor caudal de aire disponible durante la admisión incrementa la masa de oxígeno presente en el cilindro y posibilita una combustión más eficiente, favoreciendo el aumento de la presión media efectiva y de la potencia desarrollada (Taylor, 1985).

No obstante, es importante señalar que el incremento porcentual del flujo no implica necesariamente un aumento equivalente de la potencia. El desempeño final del motor depende de la interacción entre diversos componentes, entre ellos el árbol de levas, el múltiple de admisión, el sistema de escape, la relación de compresión y la calibración del sistema de alimentación. En consecuencia, la mejora del flujo obtenida mediante la rectificación del cabezote representa únicamente uno de los factores que intervienen en el rendimiento global del motor (Stone, 1999; Heywood, 2018).

Desde esta perspectiva, los resultados alcanzados evidencian que el proceso de rectificación mediante trucaje básico constituye una alternativa técnicamente efectiva para optimizar el desempeño de motores de aspiración natural destinados a competición. Además de producir incrementos significativos en el caudal de aire, la intervención requiere una inversión considerablemente menor que otras modificaciones de alto costo, como el mecanizado mediante control numérico computarizado (CNC) o la fabricación de cabezotes de competición.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron comprobar que el proceso de rectificación mediante trucaje básico del cabezote constituye una alternativa técnicamente viable para mejorar las condiciones de flujo de aire en motores de aspiración natural. Las modificaciones realizadas en los conductos de admisión, consistentes en la eliminación de rebabas, el contorneado de las zonas críticas y el pulido de las superficies internas, favorecieron una reducción de las restricciones al paso del aire, reflejada en incrementos del caudal comprendidos entre el 7,0 % y el 11,9 % para los diferentes alzados de válvula evaluados.

Se evidenció que las mayores mejoras del flujo se presentaron en los alzados más altos de la válvula, alcanzando un incremento máximo del 11,9 % a 10 mm de apertura. Este comportamiento concuerda con los fundamentos de la dinámica de fluidos aplicados a motores de combustión interna, ya que las pérdidas de carga generadas por la geometría de los conductos adquieren mayor influencia conforme aumenta el área efectiva de paso. En este sentido, los resultados experimentales son consistentes con lo reportado en la literatura especializada, la cual establece que un proceso de *porting* básico correctamente ejecutado puede producir incrementos del flujo de aire dentro de rangos similares a los obtenidos en esta investigación.

Asimismo, el incremento del caudal de aire observado permite inferir una mejora en la capacidad de admisión del cabezote y, por consiguiente, un mayor potencial para optimizar la eficiencia volumétrica del motor. Sin embargo, debido a que la investigación se centró exclusivamente en la evaluación del flujo de aire, no es posible establecer de manera concluyente la magnitud del efecto sobre variables como la potencia, el torque o el consumo específico de combustible, las cuales deberán ser analizadas mediante ensayos experimentales complementarios.

Finalmente, el estudio demuestra que la rectificación mediante trucaje básico representa una alternativa de aplicación tecnológica de bajo costo y fácil implementación para la optimización de cabezotes en motores de aspiración natural. Además de aportar evidencia experimental sobre las mejoras obtenidas en el flujo de aire, la investigación proporciona una base técnica que puede servir de referencia para futuros trabajos orientados a evaluar el impacto de estas modificaciones sobre el rendimiento integral del motor mediante pruebas en banco dinamométrico y análisis de desempeño en condiciones reales de operación.

REFERENCIAS

- Bell, A. G. (1998). *Modern engine tuning*. Haynes Publishing.
- Dempsey, W. (2001). *How to rebuild & modify GM/Chevrolet engines*. Motorbooks International.
- Flynn, P. (2018). *The internal combustion engine in theory and practice* (Vols. 1–2). MIT Press.
- Heywood, J. B. (2018). *Internal combustion engine fundamentals* (2.^a ed.). McGraw-Hill Education.

- Hillier, V., & Coombes, P. (2012). *Hillier's fundamentals of motor vehicle technology* (6.^a ed.). Nelson Thornes.
- Lumley, J. L. (2007). *Engines: An introduction*. Cambridge University Press.
- Martyr, A. J., & Plint, M. A. (2012). *Engine testing: Theory and practice* (4.^a ed.). Butterworth-Heinemann.
- Owen, K., & Coley, T. (1995). *Automotive fuels reference book* (2.^a ed.). SAE International.
- Pulkrabek, W. W. (2003). *Engineering fundamentals of the internal combustion engine* (2.^a ed.). Prentice Hall.
- Stone, R. (1999). *Introduction to internal combustion engines* (3.^a ed.). SAE International.
- Taylor, C. F. (1985). *The internal-combustion engine in theory and practice: Volume 2: Combustion, fuels, materials, design*. MIT Press.
- Vizard, D. (1991). *How to port and flow test cylinder heads*. Motorbooks International.
- Vizard, D. (2012). *David Vizard's how to build horsepower*. CarTech Inc.
- Rectificadora de la Torre. (s. f.). *Rectificación de cabezotes*.
<https://rectificadoradelatorre.com/cabezotes/>
- TikTok. (s. f.). *Video sobre modificación de cabezotes* [Video].
https://www.tiktok.com/@anto_9193/video/7279952286200204549