



Obtención del coeficiente de descarga del sistema de admisión de un motor Honda CGL 125 mediante un banco de flujo estacionario

Obtaining of the discharge coefficient into the admission system of a CGL 125 Honda engine, by stationary flow bank

González Lugo César L.¹; Santiago Ruiz Juventino²; González Oropeza Rogelio³

¹Investigador UNICE. Universidad Nacional Autónoma de México. ortox132@gmail.com

² Investigador UNICE. Universidad Nacional Autónoma de México. juvenasant@hotmail.com

³ Responsable UNICE. Universidad Nacional Autónoma de México. rog1950@unam.mx

Resumen

Uno de los parámetros de mayor importancia en el desempeño de las máquinas de desplazamiento positivo, y en particular los Motores de Combustión Interna Alternativos (MCIA), es el rendimiento volumétrico (η_v) que es un indicador del vaciado y llenado de los cilindros del motor, a este proceso se le denomina renovación de la carga y está directamente relacionada con las prestaciones del motor, ya que la cantidad de aire introducida al cilindro es la limitante de la potencia máxima del motor. En este contexto, el desempeño de las válvulas es vital para este proceso, y una manera de conocer tal desempeño es el Coeficiente de Descarga, el cual se define como una medida de la permeabilidad del sistema, es decir, la relación del flujo medido experimentalmente con el flujo de referencia o teórico del mismo elemento. Este trabajo describe el funcionamiento de un arreglo experimental en banco de flujo, para medir el coeficiente de descarga contra el levantamiento de válvula en un motor Honda CGL 125 que corresponde a una motocicleta de 4 tiempos. Además, se midió la influencia que tienen: un conducto llamado acoplador, el carburador, la base del filtro y el filtro mismo. Los resultados son claros y de gran interés para el diseño del sistema de admisión.

Palabras clave: coeficiente de descarga, diseño del sistema de admisión, rendimiento volumétrico.

Abstract

One of the most important parameters in the performance of positive displacement machines, particularly the Alternative Internal Combustion Engines (AICE), is the volumetric efficiency (η_v) which is an indicator of the emptying and filling of the engine cylinders, this process is called load renewal and is related to the performance of the engine. In this context, the performance of the valves is vital, and one way to know such performance is the Discharge Coefficient, which is defined as a measure of the permeability of the system, that is, the ratio of the flow measured experimentally with the reference or theoretical flow of the same element. This paper describes the operation of an experimental arrangement in flow bank, to measure the discharge coefficient against the valve lift in a Honda CGL 125 engine, which corresponds to a 4-stroke motorcycle. In addition, the influence of: a duct called the coupler, the carburetor, the base of the filter and the filter itself. The results are clear and of great interest for the design of the admission system.

Keywords: discharge coefficient, admission system design, volumetric efficiency,

1. Introducción

En los últimos años se han desarrollado investigaciones para mejorar el proceso de combustión y así reducir las emisiones de NOx y CO2 al medio ambiente. Se ha dado prioridad a las estrategias como lo son: diferentes tipos de inyección de combustible (Sazhin et al., 2006), utilización de nuevos combustibles (Porpatham et al., 2013; Sorate y Bhale, 2014), sincronización variable de válvulas (Fontana y Galloni, 2008), aumento del movimiento de Swirl (Broatch et al., 2015; Prabhakaran et al., 2016; Benajes et al., 2017) y movimiento denominado Tumble (Olmeda et al., 2015), entre otras.

La renovación de la carga busca la efectividad del llenado del cilindro, pues está directamente relacionado con las prestaciones del motor. El aire suministrado durante este proceso debe ser el necesario para realizar la combustión requerida y así lograr valores adecuados de emisiones contaminantes. La cantidad de aire introducido al cilindro es un factor importante para la potencia máxima del motor.

El diseño en los conductos de admisión de los motores es de gran importancia para el proceso de renovación de la carga, estos deben de permitir la entrada máxima posible de fluido al cilindro.

El propósito por optimar el sistema de admisión del motor descansa en el coeficiente de descarga de las válvulas, el cual se define como una medida de la permeabilidad de los sistemas a estudiar, es decir, la relación del flujo medido experimentalmente con el flujo de referencia o teórico del mismo elemento (Ec.1).

$$C_D = \frac{\dot{m}_{real}}{\dot{m}_{referencia}} \quad (1)$$

Un grupo de investigadores pertenecientes a UNICE se ha dedicado en el presente documento a la caracterización del sistema de admisión del

170

motor Honda CGL 125, midiendo el coeficiente de descarga.

Para el cálculo se requiere de un área característica de la válvula, la cual puede ser tomada como el área de cortina (Ec.2) o el área de asiento (Ec.3), la diferencia radica en considerar o no el levantamiento de la válvula (Fig.1).

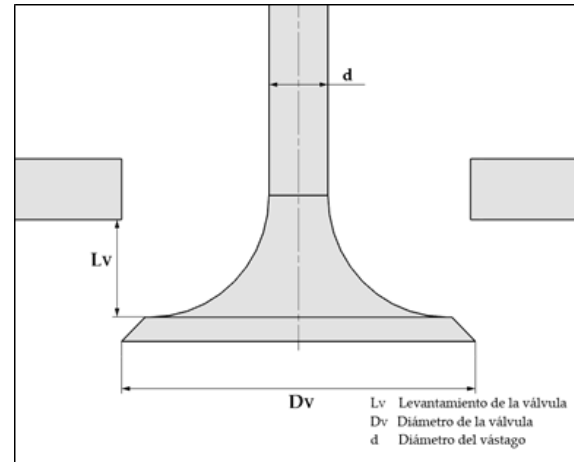


Figura. 1. Nomenclatura de la válvula

$$A_c = \pi D_V L_V \quad (2)$$

$$A_a = \frac{\pi D_V^2}{4} \quad (3)$$

En la Fig.2 se muestra la diferencia en gráfica de tomar una u otra área. Para la curva que toma como referencia el área de cortina, se aprecia un cambio notable en la tendencia de ésta, lo cual representa el cambio de régimen de flujo, llegando a un máximo para después decrecer casi linealmente a medida que se aumenta el levantamiento de la válvula; es decir, a poco levantamiento el aire se caracteriza por el contacto que tiene con la propia válvula y el asiento, mientras que a mayor levantamiento se comporta como un chorro libre. Para el caso de la curva que toma como referencia el área de asiento, se nota cómo su comportamiento es asintótico aumentando conforme al levantamiento de válvula (Torregrosa y Giménez, 2015).

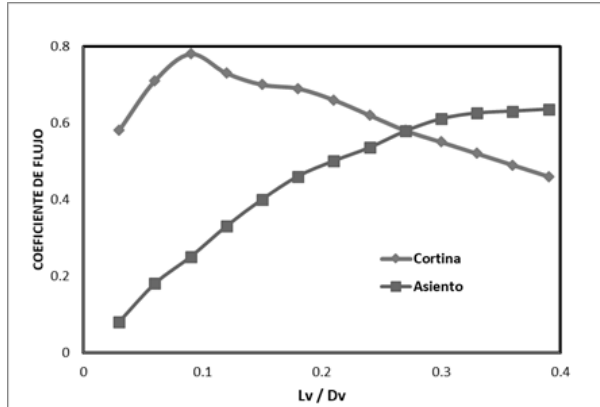


Figura. 2. Comportamiento CD área cortinas y área de asiento

Para el presente trabajo se utilizó el área de asiento, debido a que no es de importancia para esta investigación el comportamiento del flujo cerca de la válvula, sino que se buscaron los valores máximos de coeficiente de descarga para los elementos que conforman el sistema de admisión.

2. Metodología

El gasto de referencia se obtiene mediante la Ec.4, en donde se utilizan los parámetros medidos en el banco de flujo. Considerando gas ideal, se calculan los coeficientes con las Ec.5, 6 y 7. También se requiere de la presión atmosférica, la presión en el depósito y la relación entre estas (Ec.8).

$$\dot{m}_{referencia} = A_a \sqrt{GA1 \frac{P_{atm}}{V_{atm}} (E2GA2 - E2GA3)} \quad (4)$$

$$GA1 = \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \quad (5)$$

$$GA2 = \frac{2}{\gamma} \quad (6)$$

$$GA3 = \frac{1 + \gamma}{\gamma} \quad (7)$$

$$E2 = \frac{P_{abs} Depos}{P_{atm}} \quad (8)$$

El gasto real se calcula directamente mediante las placas de orificio instaladas en el banco de flujo (Ec.9). Los factores F, E y EP (Ec.10, 11 y 12) son relaciones geométricas y de presión que hacen particular el cálculo para este banco de flujo.

$$\dot{m}_{real} = F * E * EP * A_{dia} \sqrt{(2P_{dia} * \rho_{AA})} \quad (9)$$

$$B = \frac{D_{Dia} f}{D_{Tubo}} \quad (10)$$

$$E = \sqrt{(1 - B^4)} \quad (11)$$

$$EP = 1 - (0.41 + 0.35(B^4)) \frac{P_{dia}}{\gamma P_{absAA}} \quad (12)$$

2.1 Instalación

El banco de flujo estacionario (Fig.3) permite realizar pruebas de permeabilidad del sistema de admisión del aire que es succionado por el movimiento descendente del pistón, sistema de escape de los gases productos de la combustión, así como caracterizar los torbellinos generados en el interior del cilindro, y la medición del coeficiente de descarga.

El banco de flujo está constituido por un depósito de remanso, una red de tubería, válvulas de bola, manómetros, tablero de válvulas, placas de orificio, termopares y un turbo soplador (Fig. 4).



Figura. 3. Banco de flujo estacionario

El elemento que genera el flujo de aire es un turbo soplador SIEMENS con las características de la Tabla 1.

Tabla 1. Características del turbo soplador

SERIE	12345 03 96
TAMAÑO	1904 – A
ARREGLO	4
CLASE	U
HP	5
RPM	3500
CAUDAL MÁXIMO	0.222 m ³ /s
PRESIÓN MAXIMA	508 mm c. a.

El uso de este turbo soplador en comparación con otro tipo de elementos que proporcionen el flujo de aire que se requiere, por ejemplo, un compresor de pistón es que su caudal es constante, lo cual se ve reflejado a la hora de tomar las lecturas de presión.

Las válvulas en las tuberías nos permiten dirigir el flujo generado para utilizar la placa de orificio más adecuada según sea la prueba que realizar. Una válvula extra permite regular el caudal en el elemento de estudio.

El tablero de válvulas tiene el objetivo de hacer mostrar las lecturas de presión en los puntos deseados de la instalación, esto se logra mediante cierta configuración de las válvulas (abiertas o cerradas).

La instalación cuenta con termopares tipo K, los cuales se conectan al adquisidor de datos Datalogger Agilent 34970A para la obtención de los valores de temperatura.

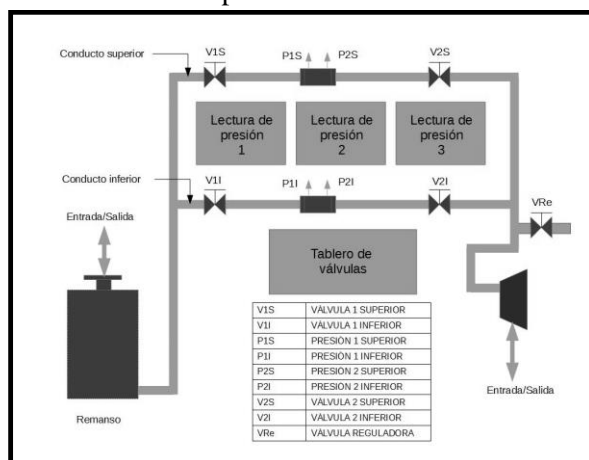


Figura. 4. Esquema general del banco de flujo estacionario

Del banco de flujo se obtienen los datos de caídas de presión y temperaturas en los puntos específicos de la instalación según sea el caso de estudio. Junto con las características del elemento a estudiar, se cuenta con los datos necesarios para evaluar el flujo real y de referencia, y con esto obtener el coeficiente de descarga.

Los datos obtenidos en la experimentación se ingresan a un programa auxiliar de cálculo, para la agilización de la obtención numérica del coeficiente de descarga por cada milímetro de apertura de la válvula.

2.2 Experimentación

El sistema de admisión del motor Honda CGL 125 cuenta con 5 partes: la cabeza del motor, ducto acoplador, carburador, base del filtro y filtro. Los resultados que se buscan con la experimentación son:

- Coeficiente de descarga en cada milímetro de apertura de la válvula de admisión para cada componente del sistema de admisión.
- Levantamiento óptimo de la válvula de admisión.
- Pérdidas en cada uno de los componentes del sistema de admisión.
- Gráficas de CD contra Levantamiento.
- Gráfica comparativa del coeficiente de descarga de todos los componentes que conforman el sistema de admisión.

Los elementos por analizar en el banco de flujo se colocan en la parte superior del depósito de remanso (ver Fig.6). Para conseguir tal fin, es necesario que la culata del motor se acople a un ducto que simule las condiciones del cilindro, el cual a su vez se encuentra montado en el depósito de remanso, esta pieza nos sirve como

173

acoplamiento entre el depósito y el elemento a caracterizar.

Se diseñaron dos placas (superior e inferior) para acoplar la cabeza del motor con los instrumentos necesarios (Ver Fig.5). La placa inferior, cumple con la geometría adecuada para proporcionar un soporte a nivel y así poder colocar los instrumentos de medición y apertura de las válvulas, dejando libre la zona de los muelles de las válvulas de apertura y escape. Ambas placas cuentan con sujeciones a la cabeza del motor.

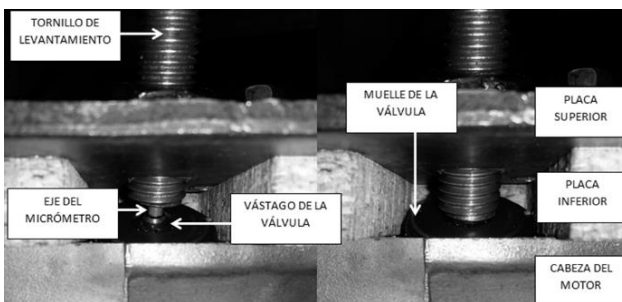


Figura. 5. Acoplamiento de válvula y sistema de levantamiento y medición

Para las mediciones se empieza con la cabeza del motor y posteriormente se acoplan los componentes del sistema de admisión, uno a uno realizando las mediciones correspondientes. Los datos obtenidos se registraron en tablas para los diferentes arreglos de componentes.

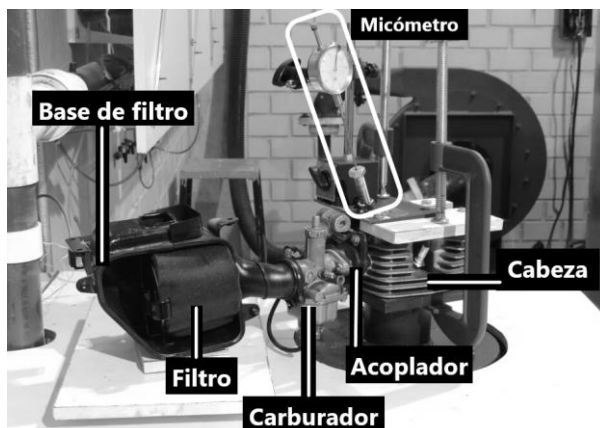


Figura. 6. Montaje del sistema de admisión

Se realizaron 5 montajes en total, las cuales se nombraron como: 1. Cabeza de motor, 2. Cabeza de motor + Acoplador, 3. Cabeza de motor + Acoplador + Carburador, 4. Cabeza de motor + Acoplador + Carburador + Base filtro, 5. Cabeza de motor + Acoplador + Carburador + Base filtro + Filtro. En la Figura 6 se muestra el montaje completo.

En cada montaje se tomó la lectura de las propiedades en cada milímetro de apertura de válvula, repitiendo cada prueba modificando el caudal en el banco de flujo.

3. Resultados

Para cada montaje se obtuvieron tablas con los valores en cada prueba, como se muestra a manera de ejemplo en la Tabla 2.

Se realizó una gráfica del coeficiente de descarga contra el levantamiento de válvula para cada montaje (Fig. 7-11).

Tabla 2. Recopilación de datos experimentales

Levantamiento [mm]	Modo	Presión Atmosferica [mmHg]	Temperatura Ambiente [°C]	Presión Aguas Arriba [mmca]	Presión Diafragma [mmca]	Presión Deposito [mmca]	Temperatura Aguas Arriba [°C]	Temperatura Deposito [°C]	Gasto Real [Kg/s]	Gasto referencia [Kg/s]	CD
1	Aspiración	580	19	361	21	360	20.5	20.9	0.00707	0.05559	0.1271
	Aspiración	580	19.1	303	17	305	20.4	20.8	0.00640	0.05137	0.1245
2	Aspiración	580	19.1	328	44	322	20.5	20.9	0.01018	0.05271	0.193
	Aspiración	580	19.2	254	34	250	20.4	20.7	0.00901	0.04757	0.1894
3	Aspiración	580	19.2	294	73	279	20.6	21	0.01308	0.04921	0.2657
	Aspiración	580	19.2	244	60	231	20.6	21	0.01192	0.04493	0.2652
4	Aspiración	580	19.2	252	100	239	20.7	21	0.01529	0.04567	0.3347
	Aspiración	580	19.2	216	84	197	20.7	21.1	0.01408	0.04159	0.3385
5	Aspiración	580	19.2	240	122	210	20.7	20.9	0.01688	0.04289	0.3934
	Aspiración	580	19.2	196	100	172	20.7	21	0.01536	0.03893	0.3944
6	Aspiración	580	19.3	229	132	197	20.7	21	0.01756	0.04158	0.4223
	Aspiración	580	19.3	185	103	159	20.8	21	0.01559	0.03746	0.4162
7	Aspiración	580	19.3	227	132	196	20.8	21	0.01756	0.04148	0.4232
	Aspiración	580	19.3	185	109	159	20.8	21	0.01603	0.03746	0.4279
8	Aspiración	580	19.3	229	130	198	20.8	21.1	0.01742	0.04168	0.4179
	Aspiración	580	19.3	190	108	164	20.9	21.1	0.01595	0.03803	0.4193
9	Aspiración	580	19.3	231	130	199	21	21.3	0.01741	0.04178	0.4167
	Aspiración	580	19.3	182	101	157	21	21.1	0.01544	0.03722	0.4147
10	Aspiración	580	19.3	231	128	200	21	21.2	0.01728	0.04189	0.4125
	Aspiración	580	19.3	189	105	163	20.8	21	0.01573	0.03791	0.4149
10.48	Aspiración	580	19.3	233	128	201	21	21.3	0.01727	0.04199	0.4115
	Aspiración	580	19.4	142	77	123	20.9	20.7	0.01355	0.03302	0.4104

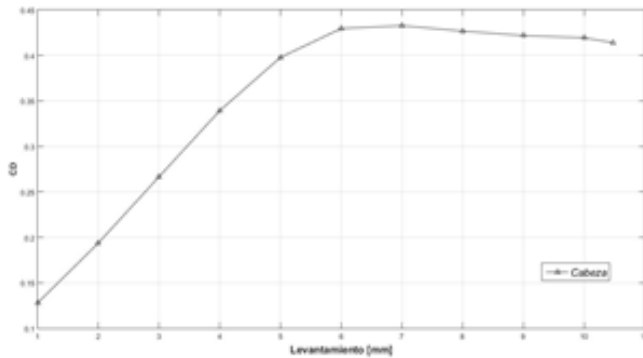


Figura. 7. CD Cabeza del motor

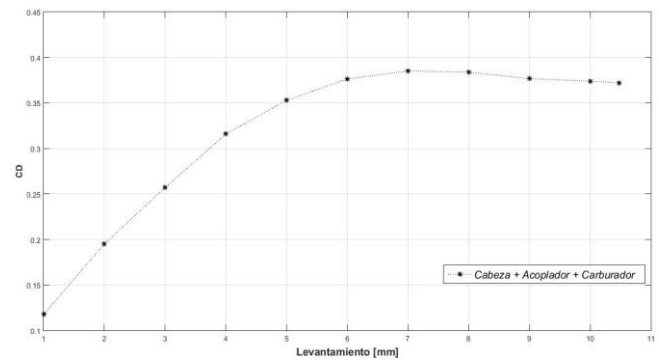


Figura. 9. CD Cabeza del motor, acoplador y carburador

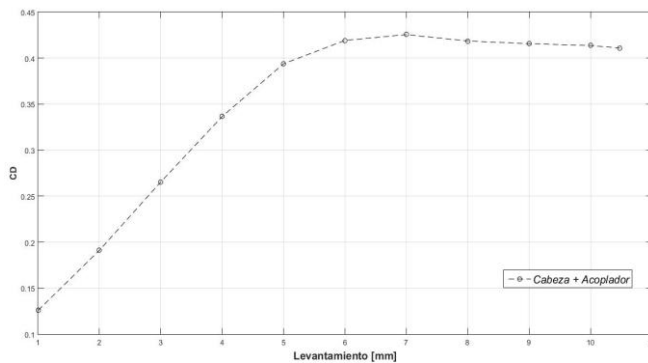


Figura. 8. CD Cabeza del motor y acoplador

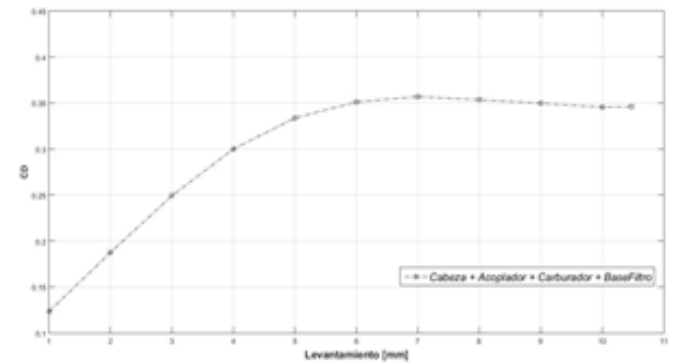


Figura. 10. CD Cabeza del motor, acoplador, carburador y base de filtro

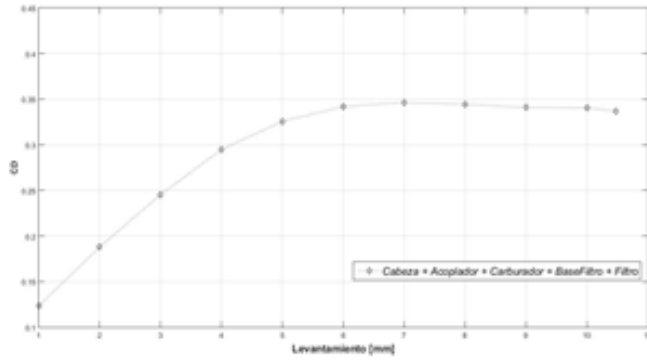


Figura. 11. CD Cabeza del motor, acoplador, carburador, base de filtro y filtro

Los resultados se muestran de manera conjunta en la Fig.12 y se realiza una gráfica del porcentaje de las pérdidas ocasionadas por cada elemento agregado al sistema (Fig.13).

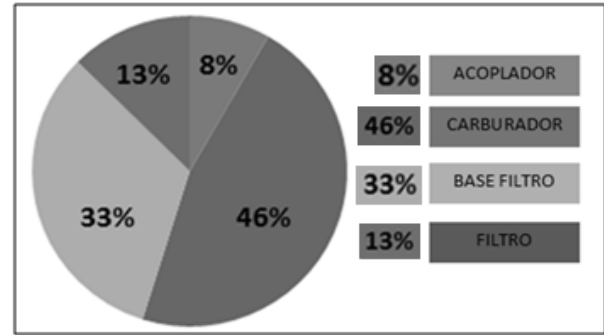


Figura. 13. Pérdidas por cada elemento agregado al sistema de admisión

Los máximos valores del coeficiente de descarga obtenidos para los diferentes arreglos experimentales se muestran en la Tabla 3.

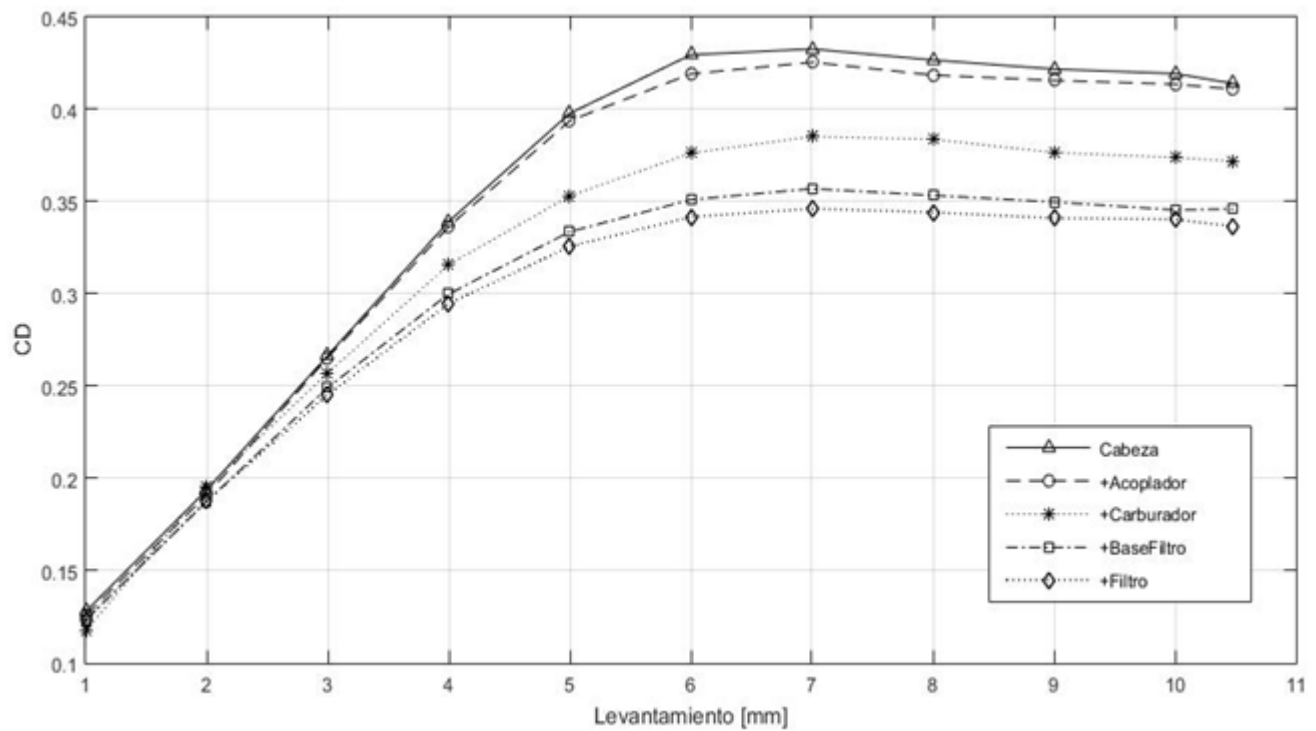


Figura. 12. CD de cada montaje del sistema de admisión

Conjunto	Levantamiento [mm]	CD
Cabeza	7	0.4328
Acoplador	7	0.4256
Carburador	7	0.3853
BaseFiltro	7	0.3571
Filtro	7	0.3462

Tabla 3. Máximos valores del coeficiente de descarga

Conclusiones

A medida que al sistema de admisión se le añaden más elementos, mayores son las pérdidas que ocasionan, lo cual se ve reflejado en una disminución del coeficiente de descarga. Para el sistema estudiado, se obtuvo que a pequeños levantamientos de la válvula estas pérdidas no son notables, pero al aumentar son más significativas. En las pruebas realizadas a diferentes flujos máxicos no se nota un cambio significativo en el coeficiente de descarga, lo cual indica que este no es dependiente del flujo al cual se realizan las pruebas.

La gráfica de la Fig.12 muestra en los cinco ensayos realizados, un comportamiento similar, llegando a un valor máximo para cada ensayo a los 7 [mm] de levantamiento de la válvula, para después decaer y mantenerse prácticamente constante en los siguientes levantamientos.

El carburador y la base del filtro son los elementos que mayor pérdida presentan (gráficamente esto se nota en la separación de las curvas mostradas en la Fig.12 con sus elementos anteriores estudiados).

La Fig.13 muestra claramente las pérdidas originadas por cada elemento agregado al sistema de admisión, sin considerar la cabeza del motor y la válvula de admisión. Para mejorar el sistema de admisión del motor estudiado, se deberá hacer un rediseño del conjunto de elementos que conforman este sistema.

El máximo coeficiente de descarga obtenido es de 0.4328 y se obtuvo en el análisis de la válvula de admisión (cabeza del motor) para un levantamiento de 7[mm], al mismo levantamiento se obtuvieron los máximos valores del coeficiente de descarga en cada arreglo estudiado, lo cual indica que este levantamiento de la válvula es un parámetro que se debe de considerar para posibles rediseños del conjunto del sistema; tener un levantamiento mayor a 7 milímetros no implica una mejora en el llenado del cilindro, por lo contrario, origina una pérdida de potencia debido a la fuerza que necesita desarrollar el sistema de distribución sobre el sistema de apertura de la válvula.

Agradecimientos

La presente investigación se llevó a cabo gracias al apoyo por parte de los proyectos PAPIIT IG 101018 y PAPIME PE108418 de la UNAM.

Referencias Bibliográficas

Capítulo de libro:

Torregrosa, A., & Giménez, B. (2015). Flujo en conductos de admisión y escape. En F. Payri, & J. Desantes, *Motores de combustión interna* (pp. 173-201). Barcelona, España: Reverté.

Artículos de revistas y publicaciones periódicas:

Benajes, J., Martín, J., García, A., Villalta, D., & Waley, A. (2017). Swirl ratio and post injection strategies to improve late cycle diffusion. España. *Applied Thermal Engineering*, (127), 365-376. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.05.101>

Broatch, A., Olmeda, P., García, A., Iborra, J., & Waley, A. (2015). Impact of swirl on in-



cylinder heat transfer in a light-duty diesel. España. *Energy*, (119), 1010-1023. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.040>

Fontana, G., & Galloni, E. (2008). Variable valve timing for fuel economy improvement in a small. Department of Industrial Engineering – University of Cassino, Italia. *Applied Energy*, (86), 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.04.009>

Olmeda, P., Martín, J., Novella, R., & Carreño, R. (2015). An adapted heat transfer model for engines with tumble motion. España. *Applied Energy*, (158), 190-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.051>

Porpatham, E., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2013). Effect of swirl on the performance and combustion of a biogas fuelled. India. *Energy Conversion and Management*, (76), 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.07.071>

Prabhakaran, P., Ramesh, P., Saravanan, C., Loganathan, M., & Gunasekaran, E. (2016). Experimental and numerical investigation of swirl enhancing grooves on the flow and combustion characteristics of a DI diesel engine. India. *Energy*, (115), 1234-1245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.063>

Sazhin, S., Kristyadi, T., Abdelghaffar, W., & Heikal, M. (2006). Models for fuel droplet heating and evaporation: Comparative analysis. University of Brighton, UK. *Fuel*, (85), 1613-1630. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.02.012>

Sorate, K., & Bhale, P. (2014). Biodiesel properties and automotive system compatibility issues. India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (41),

777-798.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.079>

9

Simbología

M CIA	Motores de combustión interna alternativos
η_v	Eficiencia volumétrica
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
CO ₂	Dióxido de Carbono
UNICE	Unidad de investigación y control de emisiones
CD	Coefficiente de descarga
\dot{m}_{real}	Gasto másico real
$\dot{m}_{referencia}$	Gasto másico de referencia
Ac	Área de cortina
Aa	Área de asiento
Dv	Diámetro de la válvula
Lv	Levantamiento de la válvula
π	Número Pi
γ	Relación de calores específicos para el aire
PabsDepos	Presión absoluta en el depósito
Patm	Presión atmosférica
Adia	Área del diafragma o placa de orificio
Pdia	Caída de presión del diafragma o placa de orificio
ρ_{AA}	Densidad del aire aguas arriba del diafragma o placa de orificio
DDiaf	Diámetro del diafragma o placa de Orificio
DTubo	Diámetro de la tubería
PabsAA	Presión absoluta aguas arriba del diafragma o placa de orificio



*Para citar este artículo: González Lugo C.L-
..;Santiago Ruiz J.;González Oropeza R.
Obtaining of the discharge coefficient into the
admission system of a CGL 125 Honda
engine,by stationary flow bank. Revista
Bistua. 2019 17(1):169-178

+ Autor para el envío de correspondencia y
la solicitud de las separatas: González Lugo
C.L. Universidad Nacional Autónoma de
México. ortox132@gmail.com

Recibido: Marzo 21 de 2018

Aceptado: Agosto 17 de 2018