

Configuraciones del colector de admisión en la simulación de motores: volumen o combinación de uniones de conductos

J. Martínez García, J. Pérez García, J. Hernández Grau, A. Viedma Robles

*Universidad Politécnica de Cartagena, Dpto. Ingeniería Térmica y de Fluidos,
Calle Dr. Fleming, s/n - 30202 Cartagena.
Tel:+34 968 325 991. Fax:+34 968 325 999. e-mail Jose.Martinez@upct.es.*

Resumen

En este trabajo, se compara el modelado del colector de admisión, considerándolo como un único volumen, o discretizado en conductos, estudiando en que condiciones es más apropiado utilizar cada uno. El modelado ha sido realizado utilizando el código de cálculo ENGINE CARD. Los ensayos han sido realizados sobre un motor de producción con colector de construcción modular. Los transitorios de presión y velocidad han sido medidos simultáneamente en diferentes puntos del colector de admisión. Finalmente, se ha realizado una comparación entre los resultados proporcionados por el modelo y las medidas experimentales para distintos regímenes de giro.

Palabras Clave: MCIA, renovación de la carga, métodos numéricos 1D

Abstract

In this work, the intake manifold model has been analysed. Two different cases have been compared: modelled as a plenum, or discretized in pipes and junctions. The ENGINE CARD computer code was used to develop the model. The test have been accomplished on production engine with a modular intake manifold. The instantaneous pressure and gas velocity flow velocity were measured simultaneously at different points of the intake system. Finally, a full comparison of the experimental and numerical results is carried out at different engine speeds, to evaluate the best scheme.

Keywords: ICE, gas exchange process, numerical methods 1D

1. Introducción

En las últimas décadas han sido desarrollados numerosos estudios sobre el modelado de los procesos de admisión y escape de los motores de combustión interna alternativos (MCIA). Los procesos de admisión y escape en los MCIA de 4 tiempos, y principalmente en los motores atmosféricos con pequeño ángulo de cruce de válvulas, están muy influenciados por el diseño del colector de admisión. El movimiento del fluido en el sistema de admisión presenta un comportamiento de flujo compresible no estacionario. Normalmente el modelo del sistema de admisión se compone de submodelos de elementos principales (conductos, volúmenes y atmósferas) y para las condiciones de contorno que conectan estos elementos. La aproximación más común es considerar flujo uni-dimensional (1D) en los conductos. La simulación 1D de la dinámica de gases podría hacerse basándose en la teoría lineal de la acción de ondas [1]

o resolviendo numéricamente el sistema de ecuaciones en derivadas parciales de las leyes de conservación que gobiernan el flujo [2].

En reciente trabajos, se comparan los resultados de modelado y experimentales en motores de aspiración natural, modelando el colector de admisión como un único volumen del que parten los conductos al cilindro [3], o bien, como una combinación de uniones de conductos [4]. Este trabajo, pretende servir de guía para decidir el criterio a seguir en el modelado del colector de admisión para cada régimen de giro del motor, y dentro del rango de dimensiones geométricas habituales de los colectores.

2. Soporte experimental

El motor ensayado fue un Renault K7M-702 1.6, con sistema de admisión y escape modificado. El esquema del motor ensayado y los puntos de medida se indican en la figura 1 [3]. Las características del sistema de medida se indican en la tabla 1.

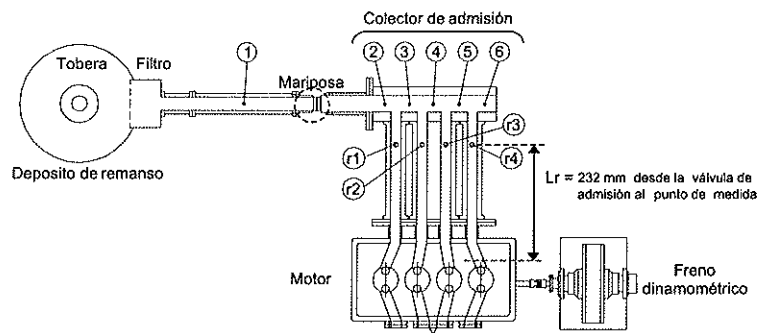


Figura 1. Esquema del banco de ensayos y localización de los puntos de medida

Tabla 1. Medida de propiedades del flujo en las localizaciones especificadas

Presión instantánea	Piezoeléctrico y amp. (PCB 116B02 y KISTLER 5019B140)
Velocidad instantánea	Anemotría de hilo caliente sonda 5 μm (HWA Dantec)
Temp. instantánea	RTD sonda 5 μm (Dantec 55P11)
Adquisición de datos	National Instruments (S&H SC-2040 y PCI-MIO-16E-1)

3. Descripción del código

El modelo de un motor puede ser construido a partir de una serie de bloques básicos: conductos con secciones variables, temperatura de pared y coeficiente de fricción

definidos, extremos abiertos y cerrados; plenums; atmósferas; cilindros; y uniones de conductos. Las principales condiciones de contorno pueden ser resumidas en dos: conducto/volumen y volumen/volumen. El código de cálculo ENGINE CARD [5,6] ha sido utilizado para desarrollar el modelado estudiado. Este emplea un esquema numérico robusto y exacto para resolver el sistema de ecuaciones que gobierna el flujo en los conductos.

En el interior de los volúmenes se asumen condiciones de remanso. Las válvulas son condición de contorno conducto/volumen [2]. En las atmósferas la presión y temperatura son constantes. La evolución de las propiedades en el interior del cilindro es definido por la conservación de la masa y la energía. El modelo de combustión y de transmisión del calor entre el gas y las paredes en el cilindro es descrito en [7]. Las uniones de conductos se modelan a partir de un pequeño volumen, y adicionalmente, cada conducto que se conecta tiene un coeficiente de descarga de valor constante [2].

4. Modelado del colector

Se han modelado dos colectores de diferente diámetros; uno de 52 mm y otro con un diámetro de 32 mm. El diámetro de los “runner” es en ambos casos de 32 mm. La relación de áreas es $A_{\text{colector}}/A_{\text{runner}} = 1,3$, y $A_{\text{colector}}/A_{\text{runner}} = 1$, respectivamente. Se dispone de un modelo global del motor validado experimentalmente [3].

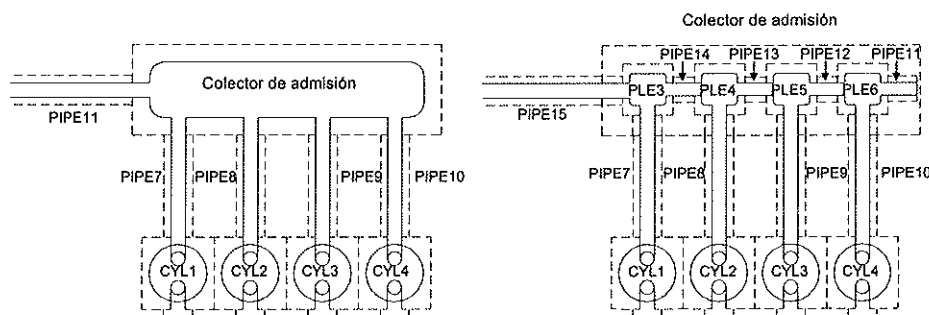


Figura 2. Estrategias de modelado del colector de admisión

5. Resultados y discusión

Los ensayos y simulaciones se llevaron a cabo para los regímenes de 1500 a 5000 rpm, y ambos colectores. En las figuras 3, 4 y 5 se comparan las presiones y gastos instantáneos medidos y simulados en los cuatro “runner” (Figura 1) a plena carga.

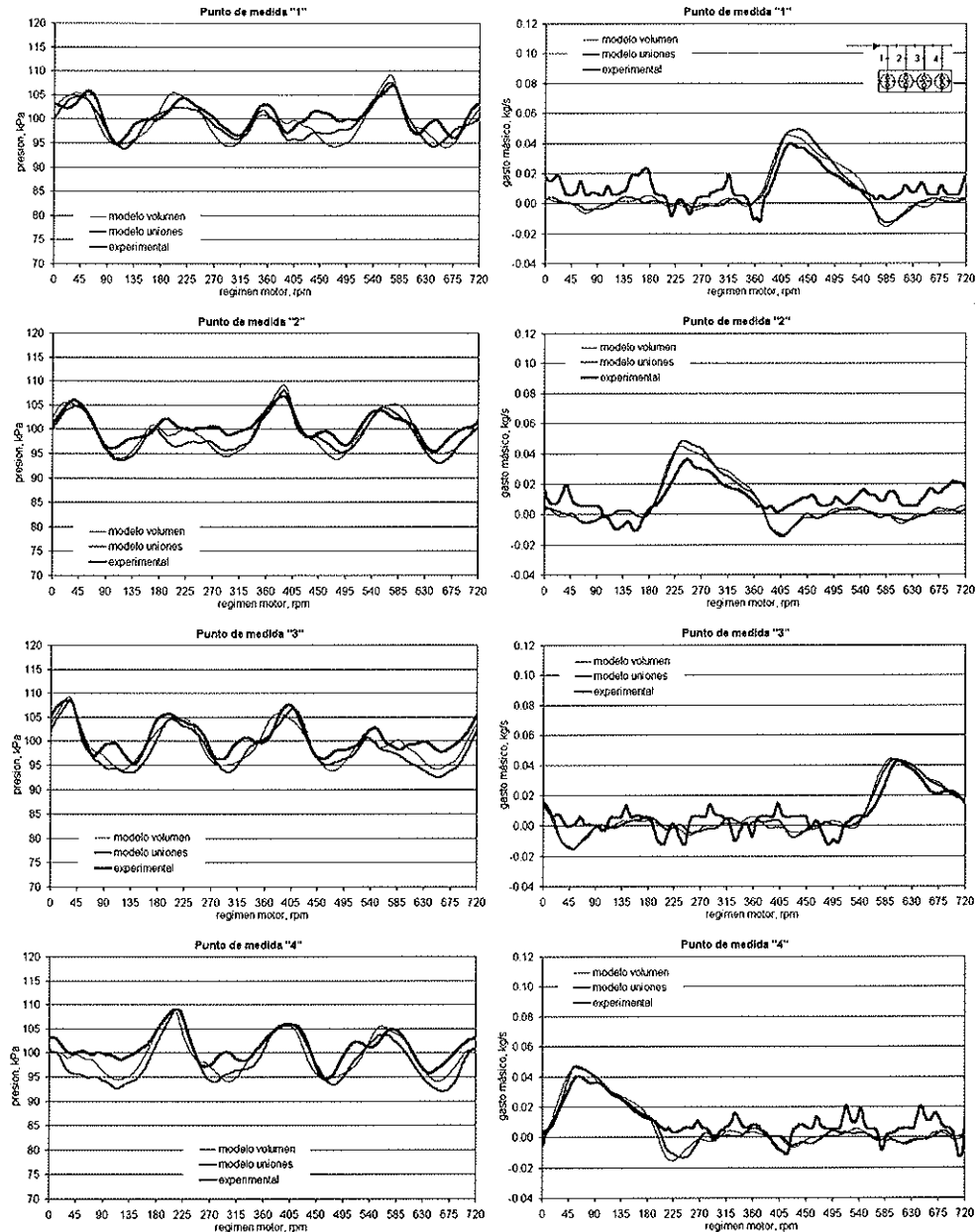


Figura 3. Comparación presión y gasto instantáneo experimental y simulado a 2000 rpm

En general, el modelo de volumen predice la acción de ondas con mayor exactitud que el modelo de uniones para todos los regímenes, según se desprende de la comparación de transitorios de presión. Ambos modelos predicen correctamente la sobrepresión del cierre de válvula. La presión instantánea medida en los “runners” para ambos colectores son coincidentes, aunque se diferencian en la estimación de la amplitud de la onda reflejada en el colector, que en el caso del modelo de uniones es menor. Este aspecto es más notorio a altos regímenes.

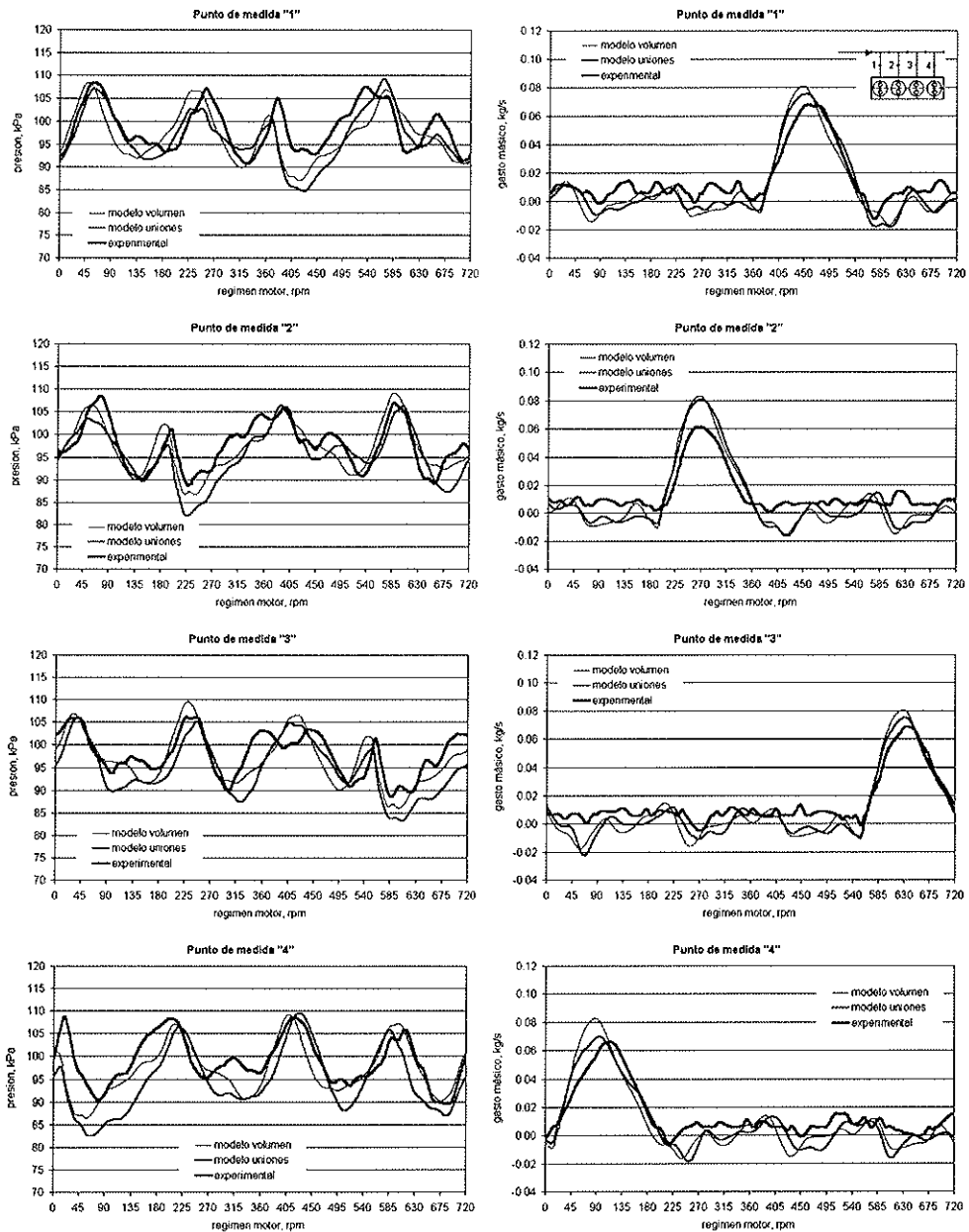


Figura 4. Comparación presión y gasto instantáneo experimental y simulado a 3000 rpm

Sin embargo, el modelo de uniones predice gastos superiores que el modelo de volumen durante el llenado y fluctuaciones de mayor amplitud durante el resto del ciclo. En el colector de 32 mm, las fluctuaciones del gasto son de menor amplitud y mayor frecuencia. Esto es debido a que las reflexiones en el colector son menos significativas, mientras que otras reflexiones y ondas residuales de ciclos anteriores son dominantes. El gasto instantáneo durante el llenado es menor para los cilindros más alejados, debido a la fricción y al efecto de conducto de extremo cerrado.

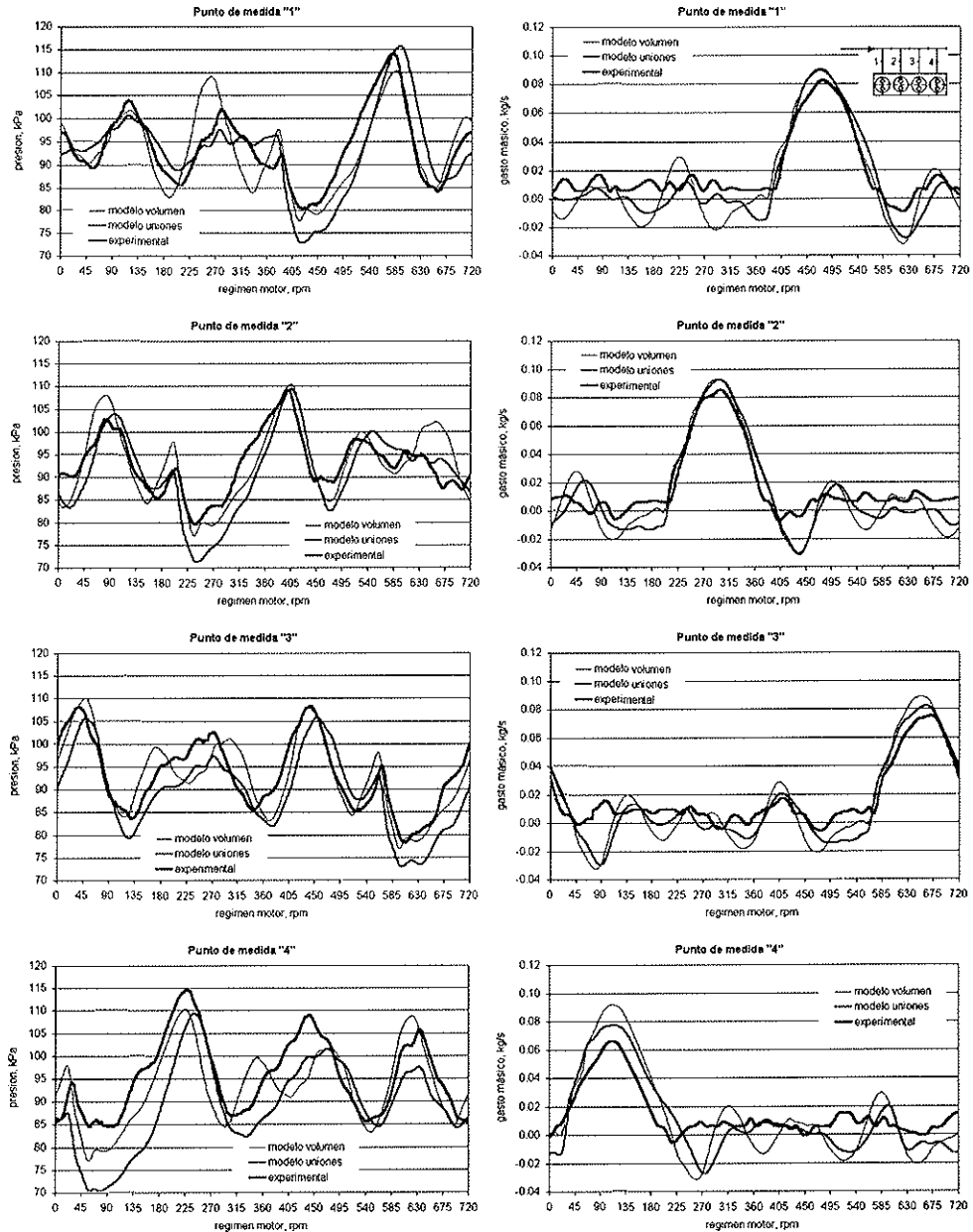


Figura 5. Comparación presión y gasto instantáneo experimental y simulado a 4000 rpm

Mediante la curva de rendimiento volumétrico (Figura 6), se han contrastado los resultados del modelado para ambos esquemas, con los experimentales. Para regímenes inferiores a 3500 rpm el modelo de uniones proporciona resultados más aproximados a los obtenidos experimentalmente, tanto para el colector de 52 mm, como para el de 32 mm. Para regímenes superiores a 4000 rpm ambos modelos predicen una caída en el rendimiento volumétrico. En esta zona el rendimiento experimental es ligeramente superior, esto puede ser debido al flujo inverso en la válvula de admisión, y que en la sección de medida del “runner” no se observa debido a fenómenos de acción de ondas, produciéndose con el modelo una subestimación del rendimiento volumétrico.

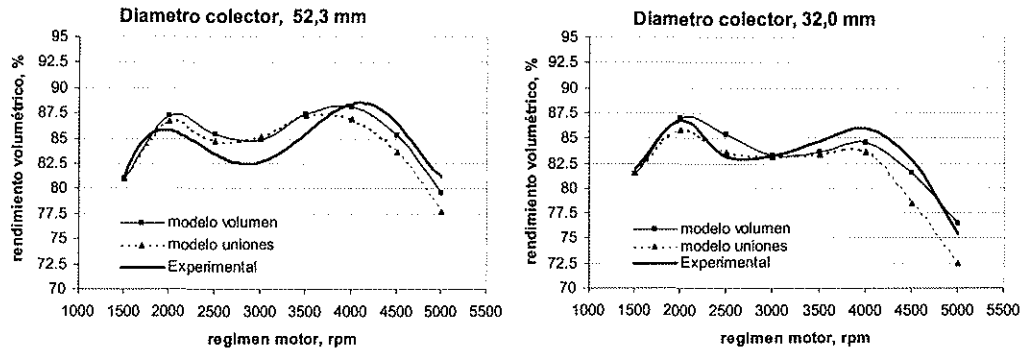


Figura 6. Comparación del rendimiento volumétrico. Resultados de modelos y experimental.

6. Conclusiones

En motores de aspiración natural, con objeto de optimizar el rendimiento volumétrico, es fundamental conseguir el sintonizado “tunning” del colector de admisión. Los modelos 1D permiten predecir el comportamiento del sistema de admisión, para ello se pueden seguir diferentes estrategias en el modelado del colector. En este trabajo, se ha observado que tanto el modelo de volumen, como el de combinación de uniones, proporcionan resultados válidos, para colectores de relación de áreas “plenun-runner” comprendidas entre 1 y 1’3. Si bien, los resultados se aproximan más a los experimentales, utilizando el modelo de uniones para bajos regímenes y el modelo de volumen a altos regímenes.

Referencias

1. D. Winterbone, R. Pearson, *Design Tech. Eng. Manifolds.*, P.Eng.P, Suffolk, (1999).
2. D. Winterbone, R. Pearson, *Theory of Eng. Manifolds Design*, pp 279-280, Professional Engineering Publishing, Suffolk, (2000).
3. J. Hernández, J. Martínez, J. Pérez, A. Viedma, R. Royo, *Ident. of Modelling Meth. of a S-I Eng. and Exp. Validation. Part II: Gas Exch. Process*, SAE 2002-01-2194, (2002).
4. O. Vitek, M. Polasek, *Tuned Manifold Systems – Application of 1-D Pipe Model*, SAE paper 2002-01-0004, (2002).
5. IMST Thermal Systems Research and modelling, <http://www.imst.upv.es> (2002).
6. J.M. Corberán, M. LL. Gascón, *TVD Schemes for the Calculation of Flow in Pipes of Variables Cross-Section*, Math. and Computer Modelling, Pergamon Press, (1995).
7. J. Hernández, J. Martínez, J. Pérez, A. Viedma, R. Royo, *Ident. of Modelling Meth. of SI Eng. and Exp. Valid.. Part I: Single-Zone Comb. Model*, SAE 2002-01-2193, (2002).