

## UN NUEVO METODO DE DESCONEXION DE CILINDROS PARA LA REGULACION DE LOS MOTORES GAS-DIESEL

Andrés Valderrama Romero - Nicolai Patrakhaltsev  
Facultad de Ingeniería Mecánica - Universidad Nacional de Ingeniería

### RESUMEN

*El método de desconexión de cilindros que se propone, se fundamenta en el aprovechamiento del fenómeno hidrodinámico que se produce en la línea de alta presión de los sistemas de inyección Diesel de tipo separado; siendo de mucha utilidad en regímenes de pequeñas y medias cargas cercanas al vacío y en vacío. Opera con el sistema eléctrico de 12 ó 24 voltios, el cual envía corriente a una bobina electromagnética que acciona una válvula, levantándola, permitiendo la derivación del combustible en los cilindros que se desea desconectar; simultáneamente los cilindros que están trabajando lo hacen a plena carga y en ellos se suministra gas natural comprimido (GNC) logrando la disminución de las emisiones tóxicas y el reemplazo del petróleo Diesel por GNC. Los ensayos experimentales se realizaron en 1994 en un motor Diesel de cuatro cilindros (S/D = 12.5/11), en la versión Diesel y en la versión gas-Diesel ambos en el laboratorio de la Cátedra de Motores Combinados de la Universidad Rusa de Amistad de los Pueblos, Moscú.*

### ABSTRACT

*The method of the cylinder cutting is based on the utilization of the hydrodynamic phenomenon originated in the high pressure line of the injection system of separate type. This is a very useful method when the motor operates at small an partial loads. It uses an electrical system of 12 or 24 V, which sends a current to an electromagnetic coil which lift a valve, such a way, that the fuel oil is diverted to the cylinders one wish to be disconnected. At the same time the operative cylinders are working at full load using the supplied natural gas at high pressure, achieving this way two simultaneous effects: the decrease of the toxic emissions and the replacement of the Diesel oil by GNC. The experimental tests were carried up in 1994 at the Institut of Combined Engines at the Russian Friends People University, Moscow. For this purpose a four cylinders Diesel engine with S/D = 12.5/11 as a Diesel version and then as a gas-diesel version was employed.*

### INTRODUCCION

En los últimos años han aparecido problemas respecto al abastecimiento de petróleo Diesel; en el mundo y particularmente en el Perú, debido a ello es cada vez más necesario el reemplazo total o parcial por combustibles alternativos (GLP, GNC, biogas, gasolina de bajo octanaje, alcohol, etc.); en ese sentido es de mucha actualidad la explotación de las reservas de gas de Camisea ubicadas en el Departamento del Cusco [7].

En el Perú el parque automotor se caracteriza por el estado técnico deficiente de los motores Diesel [3], la carencia de sistemas de control, con respecto a las emisiones tóxicas y de humeado de los motores de diversa aplicación han desmejorado la preservación del medio ambiente, es por ello necesario encontrar sistemas que contribuyan a disminuir los efectos nocivos de las emisiones producidas por los motores de combustión interna. En este artículo, se plantea un nuevo método que consiste en desconectar cilindros cuando el motor

trabaja en regímenes de carga parcial y en vacío [6], de tal forma que los cilindros que no se desconectan trabajen a plena carga (carga nominal) y a la vez se reemplace parcialmente en estos cilindros el petróleo Diesel por gas natural comprimido (GNC); logrando que el proceso de combustión sea más eficiente y limpio.

### FUNDAMENTO TEORICO

El método de regulación del motor gas-Diesel, mediante la desconexión de cilindros, es conocido en la industria de motores y sobre todo se le utiliza para el incremento de la economía de combustible del motor Diesel en los regímenes de pequeñas cargas y de vacío. Este método de desconexión de cilindros se basa en el aprovechamiento del fenómeno hidrodinámico que ocurre en la línea de alta presión de todo sistema de inyección de tipo separado y mediante el accionamiento de una válvula de un solo paso accionada

electromagnéticamente [7]. Empleando únicamente entre 7 y 15 watts de potencia se logra derivar el combustible (líquido o mezcla) desde la línea de alta presión hacia la línea de baja presión.

Este sistema puede ser empleado como un sistema de regulación para motores gas-Diesel en regímenes de carga parcial cercanos al vacío y en regímenes de vacío o ralentí

El proceso de trabajo de los motores gas-Diesel en regímenes de carga parcial es deficiente debido al empeoramiento del proceso de formación de la mezcla, como consecuencia de un empeoramiento de la pulverización del combustible; asimismo, aumenta el período de retardo a la inflamación del combustible, produciendo un funcionamiento rígido del motor, empeorando los índices de toxicidad y humeado; ya que, en muchos casos el motor se ve obligado a trabajar por debajo de la temperatura óptima de funcionamiento [1], [5] y [8].

Los trabajos orientados al mejoramiento de las características de economía de los motores cuando funcionan con cargas parciales se pueden clasificar en dos grupos [4]:

. El primer grupo describe y estudia la estabilidad del proceso de combustión cuando el motor funciona con cargas parciales.

. El segundo grupo describe y estudia el sistema de regulación del suministro de combustible, o de la distribución de gases, variando la potencia total del

motor, de acuerdo con la carga, dejando que cada ciclo se desarrolle óptimamente. Aquí cabe mencionar el empleo del sistema de encendido por dardo, la separación de la mezcla por capas (estratificación), la intensificación del proceso de combustión y de inyección del combustible.

Un método efectivo para aumentar la eficiencia del motor consiste en regular la potencia del mismo optimizando el número de cilindros que trabajan (economía de combustible) [2]; es decir, desconectando una parte de los cilindros, los otros al seguir funcionando se ven obligados a desarrollar mayor trabajo, debido a que la potencia total desarrollada por el motor en dicho régimen se distribuye en menor número de cilindros, lo que provoca el mejoramiento de la pulverización y la disminución de la desigualdad del suministro de combustible por cilindros.

La Fig.1, muestra las zonas según la composición de la mezcla (•) para el empleo del sistema de desconexión de cilindros (SDC), se aprecia que disminuye el contenido de hollín en los gases de escape (unidades Bosch); cuando el motor trabaja con un menor número de cilindros, estos trabajan a plena carga, obteniendo una mejora en el proceso de formación de la mezcla y la pulverización del combustible en estos cilindros logrando el incremento de la economía de combustible del motor Diesel [7].

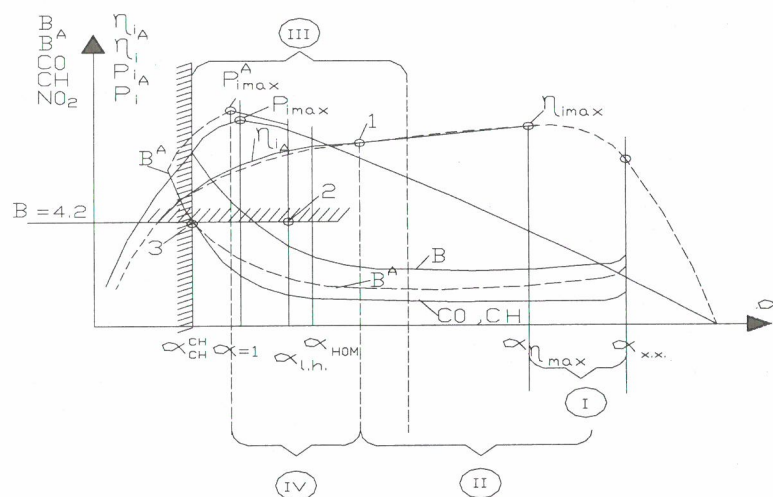


Fig. 1. Esquema de las zonas (rango para •) para el sistema de desconexión de cilindros.  
I. Regimen de vacío; II. Menor toxicidad y humeado con GNC; III. Zona óptima con el empleo de GNC; IV. Disminución de • con el empleo de GNC.

En la Fig. 2, se aprecia el aumento de la efectividad del motor, mediante el empleo del sistema de desconexión de cilindros y el suministro de un combustible alternativo de bajo punto de inflamación y menor número de cetano que el petróleo Diesel 2 [7]; como es el caso del gas licuado de petróleo (GLP), gas natural comprimido (GNC) y el biogas. Se aprecia que cuando disminuye la carga por debajo aproximadamente del (20 - 40)% ocurre un brusco crecimiento de las emisiones de CO y CH con un aumento simultáneo del suministro de combustible. Esto se debe a la aparición de un trabajo inestable del motor en los regímenes de pequeñas cargas y debido a ello no es conveniente el empleo de combustibles alternativos, sino únicamente en las zonas de plena

carga en donde los cilindros que trabajan tienen cargas elevadas y también es elevado su régimen térmico; condiciones que conducen a optimizar el proceso de combustión del motor Diesel.

La variación que sufre la presión máxima de los gases ( $P_g$ ) con diferentes proporciones de suministro de gas (0% hasta 60%), incrementa el período de retardo a la inflamación, según el incremento del porcentaje de suministro de gas, lo cual justifica el empleo del sistema de desconexión de cilindros en los regímenes de carga parcial y cercanas al vacío para obligar a los cilindros restantes a trabajar a plena carga y lograr el mayor suministro de GNC [6] y [7].

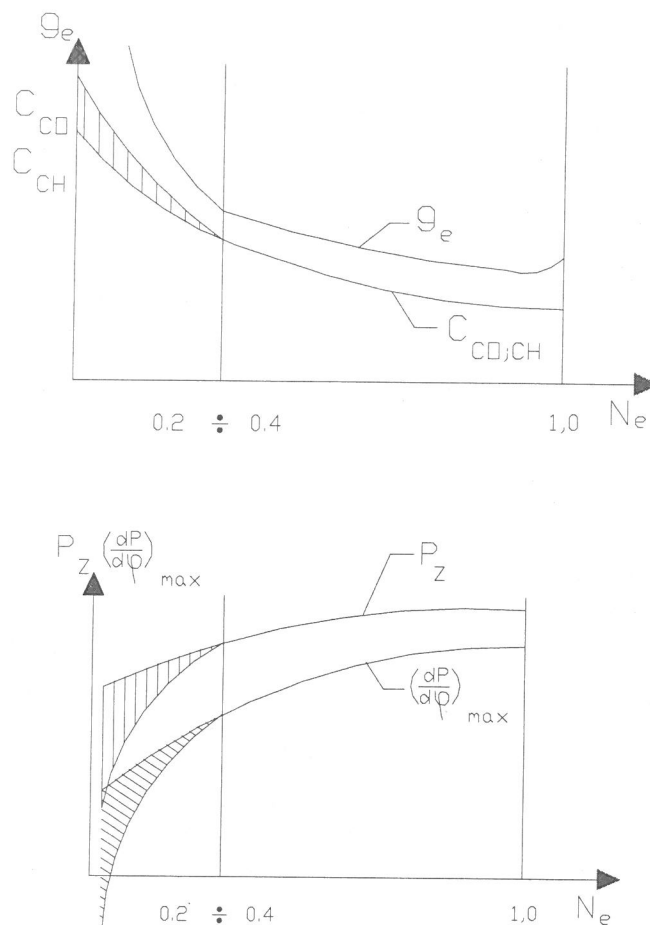


Fig. 2. Características de carga del motor Diesel, trabajando con combustible Diesel y suministro de combustibles alternativos (GLP, GNC, alcohol, etc.).



### CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) EMPLEADO EN LOS MOTORES DIESEL.

El GNC ofrece buenas perspectivas para ampliar las reservas de combustible diesel, la composición y también las propiedades físico-químicas del gas natural y del GLP dependen del lugar de extracción y del proceso de transformación. La calidad y tipo

de GNC está determinado por la composición del gas puro y por los condensados de gas. El problema de utilizar GNC en los motores Diesel consiste en su baja capacidad de autoencendido (número de cetano: 3-10), es por eso que éstos se suministran al motor Diesel conjuntamente con el aire en el múltiple de admisión, mientras que el sistema convencional de inyección de petróleo Diesel sólo sirve como fuente de encendido.

Tabla 1. Propiedades físico - químicas del gas natural comprimido:

Característica	GNC (tipoA)	GNC (tipoB)
Presión del gas de los balones, MPa (kg/cm <sup>2</sup> ), mínima	19.62 (200)	19.62 (200)
Temperatura de suministrado en la estación de servicio, ° C, mínima - Para climas fríos - Para climas cálidos	+40 +45	+40 +45
Composición, % en volumen		
Metano	95	90
Etano, máx	4,0	4,0
Propano, máx	1,5	1,5
Butano, máx	1,0	1,0
Pentano, máx	0,3	0,3
Dióxido de carbono, máx	1,0	1,0
Oxígeno, máx	1,0	1,0
Nitrógeno, máx	0,4	0,4

### SISTEMA DE DESCONEXION DE CILINDROS EN LOS MOTORES DIESEL

En todos los motores Diesel (fig. 3), se puede emplear el sistema de desconexión de cilindros debido a las siguientes ventajas [7]:

- . Permite desconectar cilindros sin ningún cambio en el sistema de inyección Diesel.
- . Es de fácil instalación
- . No existe la posibilidad de desgaste anormal de los elementos del sistema de inyección.

Al aplicar el control y regulación electrónica al sistema de inyección Diesel, disminuye el tiempo de envío de las señales que ordenan el momento

preciso de derivación de combustible hacia los cilindros del motor Diesel, estos datos son tomados con ayuda de sensores; enviadas a un comparador, quién emite señales lógicas hacia un bloque electrónico y ordena al comando eléctrico de la bobina del desconector en que momento derivará el combustible (desconexión del suministro de combustible) hacia la línea de baja presión [6], [7] y [2].

El método propuesto aprovecha el fenómeno hidrodinámico que se origina en la línea de alta presión del sistema de inyección de tipo separado; puede ser aplicado en los siguientes sistemas de suministro de combustible para motores Diesel:

N°	ESQUEMA	DENOMINACION
1		<p>Motor gas-Diesel con suministro de mezcla a través de la bomba de inyección (notése la derivación de la mezcla desde la línea de alta presión hacia la línea de baja presión mediante el SDC).</p>
2		<p>Motor gas-Diesel que emplea la bomba de transferencia para suministrar Diesel con GLP previamente mezclado con Diesel 2 o aceite para incrementar la viscosidad y evitar el desgaste de los elementos de precisión del sistema de inyección.</p>
3		<p>Motor gas-Diesel con sistemas de inyección separados: inyección de Diesel 2 e inyección de GNC con aceite.</p>
4		<p>Motor gas- Diesel con suministro de gas a través del conducto de admisión</p>

Fig. 3. Esquemas de los motores gas-Diesel con el sistema de desconexión de cilindros (SDC)

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los ensayos realizados en la Universidad Rusa de la Amistad de los Pueblos en un motor Diesel de 4 cilindros ( $S/D=12.5/11$ ); verifican que cuando el motor trabaja con la versión gas-Diesel con diferentes mezclas de gas y con el sistema de desconexión de cilindros se obtiene niveles de humeado menores a los obtenidos con petróleo Diesel; esto se debe al incremento del régimen térmico del motor y a la mejora del proceso de combustión en los cilindros no desconectados.

B, U. Bosch

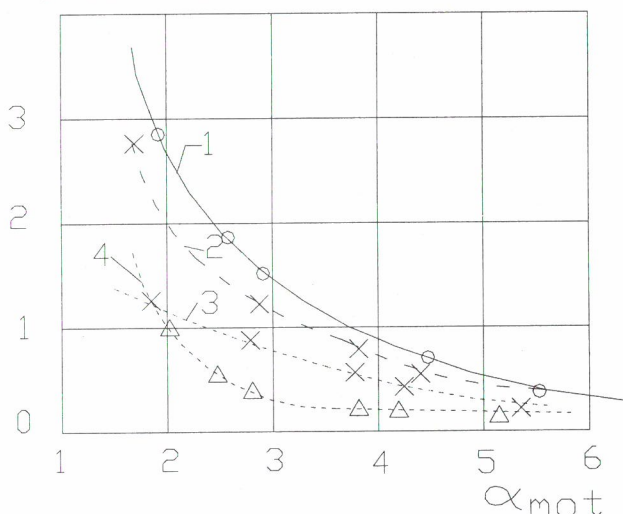


Fig. 4. Características de humeado en función a la composición de la mezcla (•).  
1: Diesel 2; 2: 80%D2 + 20%GAS; 3: 50%D2 + 50%GAS; 4: 50%D2 + 50%GAS + SDC

En la fig. 5 se muestra la variación de los componentes tóxicos del motor, en partes por millón (ppm), nótese que si la carga disminuye por debajo de 0,2 MPa., el proceso de trabajo es inestable, la formación de la mezcla empeora, y debido a ello se incrementan las emanaciones tóxicas en los gases de escape del motor ( $C_{NO_x}$ ,  $C_{CO}$ ,  $C_{CH}$ ); se gráfica también como disminuye la rigidez de funcionamiento durante el trabajo a bajas cargas y cercanas al vacío; y debido a ello el motor trabaja frío.

Se establece que el SDC es empleado como un método eficiente de regulación del trabajo del motor; nótese que no es conveniente desconectar 4

o 5 cilindros; por qué, la eficiencia del motor baja notablemente. Asimismo, se comprobó que el SDC puede ser usado para la regulación de la carga del motor gas-Diesel multicilindrico y lograr el incremento del suministro del combustible líquido, debido ha que los cilindros que trabajan lo hacen a plena carga.

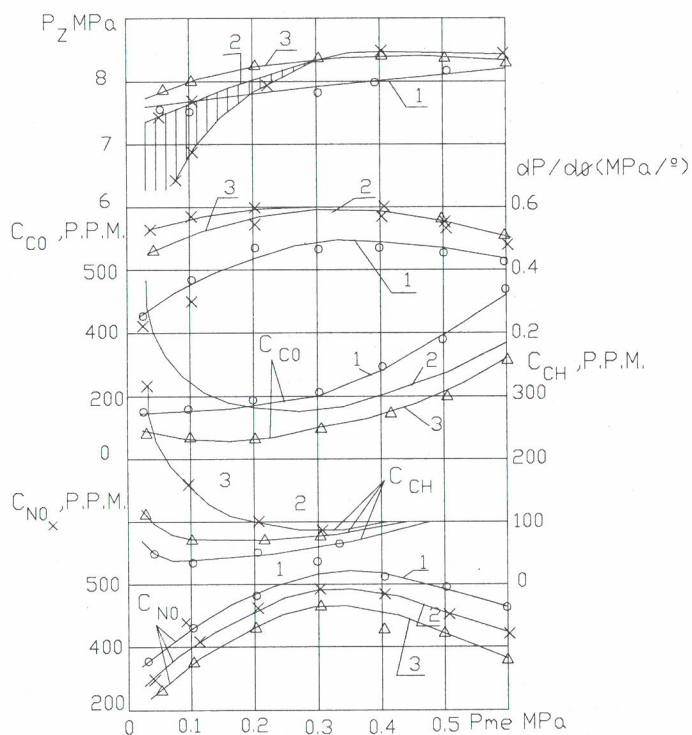


Fig. 5. Característica de carga del motor de 4 cilindros ( $S/D=12.5/11$ ) con:  
1: Diesel 2; 2- 50%D2 + 50%GAS; 3: 50%D2 + 50%GAS + SDC.

## CONCLUSIONES

1. El sistema propuesto es sencillo en su construcción y de fácil instalación.
2. El sistema de desconexión de cilindros, permite bajar los niveles de humeado hasta 100% y asimismo disminuir los niveles de concentración de CO, CH y  $NO_x$ .
3. El sistema de desconexión de cilindros propuesto permite ahorrar petróleo Diesel 2 y ser parcialmente reemplazado por gas natural comprimido (GNC).

## REFERENCIAS

1. Jóvaj, M.S., "Motores de automóvil", Editorial Mir, Moscú, 1982.
2. Patrakhaltsev, N.N., Pavlov V.G., Oliesov, I.Y., "Sistema de suministro de combustible en el motor Diesel", Universidad Rusa de la Amistad entre los Pueblos, Moscú, 1977 (en ruso).
3. Valderrama, A.; Patrakhaltsev, N.N., "Ahorro de combustible y disminución del humeado en los motores Diesel, mediante la desconexión de cilindros en los vehículos de carga", XIII Conimera (Lima), II COBEM y III CIDIM (Belo Horizonte), 1995.
4. Lastra Espinoza, L., Valderrama Romero, A., "Mejoramiento de las cualidades económicas y ecológicas de los motores Diesel mediante la desconexión de cilindros", TECNIA, Sept. 1992, Vol. 5, N° 1, UNI, Lima.
5. Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", Mc Graw Hill, New York, 1988.
6. Patrakhaltsev, N.N., Emmil, M.V., Oliesov, I.Y., "Incremento de la economía de combustible de los motores Diesel, mediante el método de desconexión de cilindros y ciclos", Editorial RUDN, Moscú, N°621,43 (en ruso).
7. Valderrama Romero, A., "Incremento de las cualidades económicas y ecológicas de los motores Diesel, mediante el sistema de desconexión de cilindros y ciclos", tesis doctoral, Universidad Rusa de la Amistad entre los Pueblos, Moscú, 1995 (en ruso).
8. Lukanin, V.N., "Motores de Combustión Interna", Editorial Mir, Moscú, 1985.

