

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA

# **Metodología para la evaluación de la tendencia de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor Ford 2.3 L a gasolina.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTA  
**ING. RAFAEL YÁÑEZ SÁNCHEZ**

BAJO LA OPCIÓN I:  
TESIS

DIRECTOR:  
DR. CELERINO RESÉNDIZ ROSAS

CO-DIRECTORES:  
DR. ABDIEL GÓMEZ MERCADO  
M. en P.D. AGUSTÍN HERNÁNDEZ MUÑOZ

109 Páginas

Pachuca de Soto, Hidalgo Junio de 2015.



## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por escucharme, estar a mi lado y guiado a lo largo de mi vida, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Esta tesis la dedico con todo mi amor a mis hijas Ximena y Michelle, a mi esposa Idcel quien tanto me apoyó con su amor, dedicación, paciencia y comprensión.

A la memoria de mis padres por darme la vida, una maravillosa formación, comprensión, por todo su amor y por contagiarme de sus mayores fortalezas.

Agradezco a todo el núcleo académico de la maestría en Ingeniería Mecánica pero especialmente al Dr. Celerino Reséndiz Rosas y al Dr. Abdiel Gómez Mercado por sus asesorías y enorme ayuda para hacer de esta tesis un buen trabajo, por su tiempo y dedicación muchas gracias.

Al M.P.D. Agustín Hernández Muñoz por contribuir fuertemente no solo en mi desarrollo profesional que ahora llega a una gran meta, si no también en lo personal, gracias por aconsejarme en cualquier momento y por todo lo que he aprendido de usted.

Y al Instituto Mexicano del Petróleo por el apoyo económico que me brindaron durante mis estudios de maestría.

# ÍNDICE

	Página.
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	9
1.1 Problema a investigar	12
1.2 Justificación y delimitación de la investigación	13
1.3 Objetivo general y específicos	14
1.4 Hipótesis	14
<b>2.- MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Breve panorama de las máquinas reciprocantes	15
2.2 Ciclo Otto	16
2.3 Tipos de pruebas para desempeño de aditivos	18
<b>3.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	21
<b>4.- METODOLOGÍA</b>	
4.1 Alcance	22
4.2 Terminología	22
4.2.1 Definiciones y términos específicos de esta metodología	22
4.3 Uso y significado	24
4.3.1 Validez de la prueba	24
4.4 Aparatos	25
4.4.1 Facilidades en el laboratorio	25
4.4.2 Equipo de laboratorio del área de prueba	26
4.4.3 Localización y equipos de medición	30
4.4.4 Accesorios del motor de prueba	35
4.4.5 Equipo de medición especial	37
4.5 Materiales y reactivos	40
4.5.1 Combustible	40
4.5.2 Solventes y limpiadores	42
4.6 Riesgos	43

4.7 Combustible de referencia	43
4.8 Preparación de aparatos	46
4.8.1 Preparación del área de prueba	46
4.8.2 Preparación del monoblock	47
4.8.3 Preparación de las partes que componen el motor	48
4.8.4 Preparación de la cabeza de cilindros	51
4.8.5 Armado de la cabeza de cilindros	53
4.8.6 Instalación de la cabeza de cilindros	54
4.8.7 Ensamble final del motor	55
4.9 Calibración	58
4.9.1 Calibración y verificación del área de prueba	58
4.10 Procedimiento	60
4.10.1 Procedimiento previo a la prueba	60
4.10.2 Procedimiento de operación del motor	64
4.10.3 Funciones y mediciones periódicas	66
4.10.4 Procedimientos finales de la prueba	68
4.11 Determinación de los resultados de la prueba	70
4.11.1 Procedimiento posterior a la prueba para pesar las válvulas	70
4.12 Criterios de aceptación	74
4.13 Reporte	75
<b>5.- RESULTADOS</b>	<b>77</b>
<b>6.- CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS</b>	
A1 Especificaciones detalladas y fotografías de los aparatos	88
A2 Lista de número de partes del motor	99
A3 Trabajo resultado de la investigación	101
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>108</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1. Afectación a causa de la formación de depósitos en válvulas de admisión e inyector de combustible.	9
Figura 2. Nomenclatura para motores recíprocos.	15
Figura 3. Volúmenes de desplazamiento y de espacio libre en un motor recíproco.	16
Figura 4. Ciclo real e ideal en motores de encendido por chispa	17
Figura 5. Depósitos en válvulas de admisión, cámara de combustión y cilindros.	85
Figura A1.1 Área típica de prueba (vista frontal).	88
Figura A1.2 Área típica de prueba (vista lado derecho).	89
Figura A1.3 Área típica de prueba (vista lado izquierdo).	90
Figura A1.4 Sistema de suministro de aire de admisión.	91
Figura A1.5 Localización de la medición de la presión absoluta del múltiple de admisión.	92
Figura A1.6 Diseño y orientación de la línea del sistema de escape.	93
Figura A1.7 Sistema de combustible.	94
Figura A1.8 Sistema de enfriamiento del aceite.	95
Figura A1.9 Sistema de enfriamiento, sensor de temperatura, presión y tubo de la bayoneta del aceite.	96
Figura A1.10 Aparato para la prueba de la válvula PCV.	97
Figura A1.11 Sistema de enfriamiento del motor.	98

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Parámetros y especificaciones de operación de la prueba.	27
Tabla 2. Propiedades típicas de un lote de combustible base referencia para prueba IVD y sus límites de precauciones de almacenamiento y transportación.	45
Tabla 3. Ciclo Break-in en prueba de dinamómetros IVD.	63
Tabla 4. Análisis estadístico de los promedios de pesos de los depósitos obtenidos por grupo de válvulas.	78
Tabla 5. Cuadro comparativo de las tres pruebas a lo que hace referencia esta metodología.	86
Tabla A2.1 Partes del área de prueba	99
Tabla A2.2 Partes críticas	99
Tabla A2.3 Partes del motor	100

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página.
Gráfica 1: Comportamiento de temperaturas.	77
Gráfica 2: Gráfico de control.	84

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología para la evaluación en la tendencia de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor de combustión interna. Para tal efecto se usará la infraestructura utilizada en el método ASTM D6201 [1].

Esta metodología utiliza un motor FORD 2.3 litros en línea, modelo 1994 de cuatro cilindros utilizado en camionetas Ford Ranger Americanas. El monoblock y la cabeza de cilindros están hechos de hierro fundido; la cabeza del motor está diseñada con árbol de levas a la cabeza, con combustión rápida y con inyección electrónica de combustible en el puerto de admisión.

Cada motor de prueba es armado bajo estrictas especificaciones, usando un kit de partes de las válvulas de admisión especialmente diseñado por Ford Motor Co. Las válvulas de admisión deberán ser nuevas y pesadas para armar la cabeza de cilindros. Se utilizará un aceite para motor estándar y se instalará un filtro nuevo para cada prueba. La prueba del motor está sujeta a un riguroso procedimiento de control de calidad para verificar su operación. Para asegurar la confiabilidad de esta prueba, se utilizará un sistema de adquisición de datos para controlar los parámetros de operación de la prueba.

El sistema de combustible se deberá lavar previo a la prueba con el combustible de prueba, y a su vez deberá ser llenado con el mismo lote de combustible.

El motor será operado sobre un solo ciclo, consistiendo en lo siguiente: el motor opera a  $2000 \pm 25$  rpm con una presión absoluta en el múltiple de admisión de 30.6 kPa (230 mm Hg) y una temperatura de aire de admisión de  $50 \pm 2$  °C. El tiempo de operación será de 16 horas.

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to develop a methodology for assessing the trend of deposit formation on intake valves for internal combustion engines. To this end the employed infrastructure is the same as that utilized in the ASTM D6201 method [1].

This methodology utilizes a 1994 2.3 L in-line Ford motor with four cylinders. This motor is used in Ford Ranger American trucks. The cylinder block and cylinder head are built in cast iron. The engine features an overhead camshaft, fast burn cylinder head design, and electronic port fuel injection.

Each test follows a strict set of specifications, using a specially designed intake valve deposit parts kit produced by the Ford Motor Co. The intake valves should be brand new and must be weighted before building the cylinder head. For each test standard engine oil must be used and new oil filters should be installed. The test engine is subjected to a rigorous quality control procedure to verify proper engine operation. To ensure compliance with the test goals a data acquisition system of key parameters is utilized during test operation.

Test fuel from previous tests should be flushed out of the system, and then the system should be filled again with new test fuel.

The engine will be operated on a single cycle under the following conditions: a speed of the motor of  $2000 \pm 25$  rpm, a pressure at the manifold intake of 30.6 kPa (230 mm Hg), a temperature of the air at the inlet of  $50 \pm 2$  °C and a time for a test of 16 hr.



## 1 INTRODUCCIÓN

Un problema que se presenta en los motores de combustión interna por el uso de combustible derivado del petróleo como es la gasolina, es que durante la operación se presenta formación de depósitos de carbono, gomas y barnices que obstruyen el sistema de admisión del motor; es decir en los inyectores de combustible, en el puerto de admisión, válvulas y en la cámara de combustión. Aún pequeñas cantidades de estos depósitos pueden obstruir la atomización del combustible o impedir la hermeticidad en la cámara de combustión como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Afectación a causa de la formación de depósitos en válvula de admisión e inyector de combustible

En esta figura se aprecia una evaluación cualitativa de los depósitos en válvulas de admisión calificando con 1 a lo indeseable y con 10 a la válvula sin depósitos, es decir lo más deseable. Así mismo se observa una distorsión en la atomización en el inyector de la izquierda por depósitos, mientras que en el inyector de la derecha muestra una atomización correcta.

Lo anterior provoca una baja eficiencia de combustión que trae como consecuencia el desempeño deficiente del vehículo, un alto consumo de combustible y un incremento de las emisiones contaminantes productos de la combustión tales como hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, debidas a la calidad del combustible y las condiciones del vehículo. Por todo esto, al inicio de la década de los 80's, la empresa paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) inicia con un proceso de mejora de combustibles y aditivos detergentes, principalmente cuando la empresa de vehículos automotores Volkswagen de México emitió una no conformidad porque los motores de sus automóviles presentaban fallas por causa del combustible.

La empresa PEMEX para mejorar sus combustibles, se ve obligado por normas internacionales a aplicar aditivos multifuncionales mejoradores de la combustión en motores a gasolina, convirtiéndose en una razón más para el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) sea considerado como brazo tecnológico de PEMEX, derivado a que se encargó de desarrollar una gama de aditivos detergentes basados en productos químicos que le permiten encontrar un mejoramiento en el desempeño y limpieza en el sistema de admisión. Estos aditivos son evaluados y certificados actualmente bajo un método estandarizado ASTM D6201 [1] que tiene como título "Evaluación de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor de ignición por bujía acoplado a un dinamómetro utilizando gasolina sin plomo".

El IMP tiene instalada toda la infraestructura y cuenta con personal altamente calificado para llevar a cabo el desarrollo de las pruebas de la metodología ASTM antes mencionada.

Este método se implantó en el Laboratorio de Tratamientos Químicos del IMP, localizado en la ciudad de Pachuca, Hidalgo con un costo de infraestructura de 1.3 millones de dólares, utilizando un motor de combustión interna de 4 tiempos tipo Otto Ford 2.3 litros en línea, modelo 1994.

Para dar seguimiento a la calidad del aditivo suministrado en los combustibles, se está empleando una metodología 05LA-0417-RF-MP-01 [2] basada en la operación de un motor a gasolina, mono cilíndrico marca Kohler de 4 HP.

Actualmente, por su tiempo de operación, se tiene un promedio de 40 pruebas anuales ASTM. Los requerimientos de los clientes, sin embargo, sobrepasan este número de pruebas; además se requiere una mayor precisión para el monitoreo de aditivos. Se detecta así la necesidad de generar una metodología de menor tiempo de operación y costo para ofrecer en el catálogo de servicios del IMP que permita ser atractiva para los clientes y con una gran confiabilidad de los resultados al utilizar la infraestructura de la prueba ASTM D6201 [1].

## 1.1 Problema a investigar

En términos generales el Instituto Mexicano del Petróleo cuenta con sólo dos vertientes para evaluar la eficiencia de los aditivos para combustibles. Una de ellas es la prueba ASTM D6201-04 [1] que tiene una duración de 100 horas de operación resultando muy costosa; la otra es la prueba 05LA-0417-RF-MP-01 [2] para indicar tendencias. Esto hace que el catálogo de servicios sea muy limitado para los clientes que requieren la evaluación y tendencias de los aditivos, derivado a que muchos de ellos, investigadores o comercializadores de estos productos químicos, llegan con una gama de hasta diez aditivos o uno solo pero con diferentes concentraciones solicitando una gran cantidad de pruebas.

Por el costo de la prueba ASTM D6201-04, que es alrededor de \$300,000 pesos, se ven obligados a reducir el número de pruebas ya que el método 05LA-0417-RF-MP-01 solo dictamina en tendencia y no se puede considerar como un resultado concreto que indique la eficiencia de algún aditivo. Además que en esta última prueba los parámetros de calidad del ambiente no se pueden controlar, resultando restringida también en cuestión técnica. Como resultado de estas problemáticas la nueva metodología desarrollada en este trabajo para la evaluación de la tendencia de la formación de depósitos queda justificada de la siguiente manera.

## **1.2 Justificación y delimitación de la investigación**

La metodología para la evaluación de la tendencia de la formación de depósitos para garantizar técnicamente la confiabilidad de los resultados utilizará todos los requerimientos para el acondicionamiento de la prueba en base al método ASTM D6201 [1]. Éste es un estándar aplicable y como tal requiere definir las características de los equipos y áreas de trabajo, por lo que respecta a la infraestructura, dando lugar a que este trabajo defina en forma precisa cómo se deben realizar los procedimientos y desarrollo de la prueba documentando con fotografías. La duración de la prueba será de 16 horas, tiempo que disminuye el costo de operación en un 75% respecto a la prueba ASTM D6201 y que fue obtenido a base de realizar cinco pruebas preliminares de 50, 24, 16, 12 y 8 horas, encontrándose que con 16 horas se obtiene la cantidad de depósitos que de acuerdo a la experiencia nos permite encontrar resultados representativos.

El procedimiento se aplica únicamente a los motores preparados y armados bajo las características de esta metodología. Cabe mencionar también que el Laboratorio de Tratamientos Químicos del Instituto Mexicano del Petróleo es la única dependencia de todo Centro y Sudamérica que cuenta con esta infraestructura. La meta y los objetivos de este trabajo se describen a continuación.

### **1.3 Objetivo general y específicos**

#### Objetivo general

- Desarrollar una nueva metodología que sustituya al método actual aplicado en el Instituto Mexicano del Petróleo 05LA-0417-RF-MP-01 [2] de la prueba de motores monocilíndricos, y que permita evaluar la tendencia en el desempeño de los aditivos detergentes en gasolinas de uso automotriz, utilizando la infraestructura actual que se tiene del método ASTM D6201 [1], para obtener resultados confiables y más representativos a las de un vehículo con tecnología de inyección electrónica de combustible.

#### Objetivos específicos

- Desarrollar la metodología de la prueba en un tiempo de 16 horas.
- Migrar a una tecnología de inyección electrónica que muestre tendencias confiables.
- Ingresar la prueba al catálogo de servicios que ofrece el IMP.

### **1.4 Hipótesis**

La prueba en el motor Ford 2.3 L se realizará a velocidad mínima de operación con arrastre inercial del dinamómetro (2000 RPM) durante 16 horas continuas. La temperatura de aire de admisión será de 50°C para generar la mayor cantidad de depósitos y así poder obtener una tendencia confiable, que permita tomar decisiones a investigadores y comercializadores de aditivos. Se plantea así la siguiente pregunta de investigación ¿El desarrollo de una nueva metodología para la evaluación de aditivos permite abatir los costos y tiempo de operación de la prueba con una desviación no mayor al 5%?

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1. Breve panorama de las máquinas reciprocantes

Los componentes básicos de una máquina reciprocante [3] se muestran en la Figura 2. El pistón reciprocante en el cilindro se alterna entre dos posiciones fijas llamadas punto muerto superior (PMS) que es la posición del pistón cuando se forma el menor volumen en el cilindro; y el punto muerto inferior (PMI) que es la posición del pistón cuando se forma el mayor volumen en el cilindro. La distancia entre el PMS y el PMI es la más larga que el pistón puede recorrer y recibe el nombre de carrera. El diámetro del pistón se llama calibre. El aire o una mezcla de aire y combustible se introducen al cilindro por la válvula de admisión, y los productos de la combustión se expelen del cilindro por la válvula de escape.

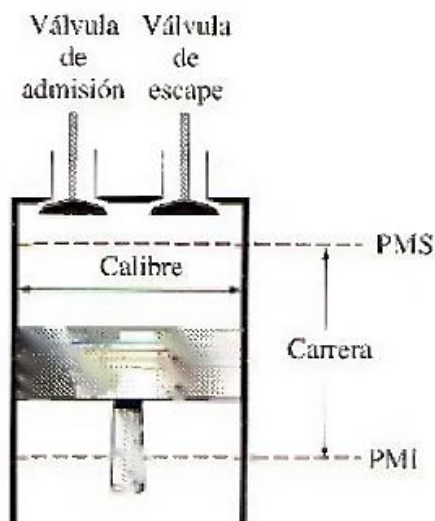


Figura 2. Nomenclatura para motores reciprocantes

El volumen mínimo formado en el cilindro cuando el pistón está en el PMS se denomina volumen de espacio libre y el volumen desplazado por el pistón entre el

PMS y el PMI se llama volumen de desplazamiento como se muestra en la Figura 3.

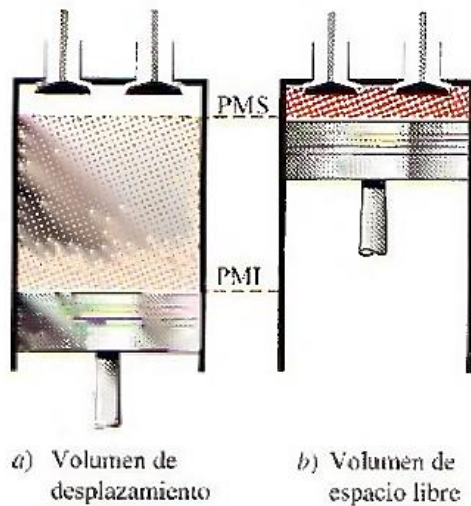


Figura 3. Volúmenes de desplazamiento y de espacio libre en un motor recíprocante

La relación entre el máximo volumen formado en el cilindro y el volumen mínimo recibe el nombre de relación de compresión  $r$  del motor:

$$r = \frac{V_{m\acute{a}x}}{V_{m\acute{i}n}} \quad (2.1)$$

## 2.2. Ciclo Otto

Para tener un panorama general del funcionamiento del motor de combustión interna, así como de sus aspectos físico-químicos, es indispensable mencionar el ciclo Otto el cual recibe ese nombre en honor a Nikolaus A. Otto, quien en 1876, en Alemania, construyó una exitosa máquina de cuatro tiempos, utilizando el ciclo propuesto por Frenchman Beau de Rochas en 1862. En la mayoría de las máquinas de encendido por chispa el pistón ejecuta cuatro tiempos completos (dos ciclos mecánicos) dentro del cilindro, y el cigüeñal completa dos revoluciones por cada ciclo termodinámico. Estas máquinas son llamadas motor de combustión interna de



cuatro tiempos. Un diagrama esquemático de cada tiempo, así como el diagrama  $P - v$  para un proceso real se presenta en la Figura 4.

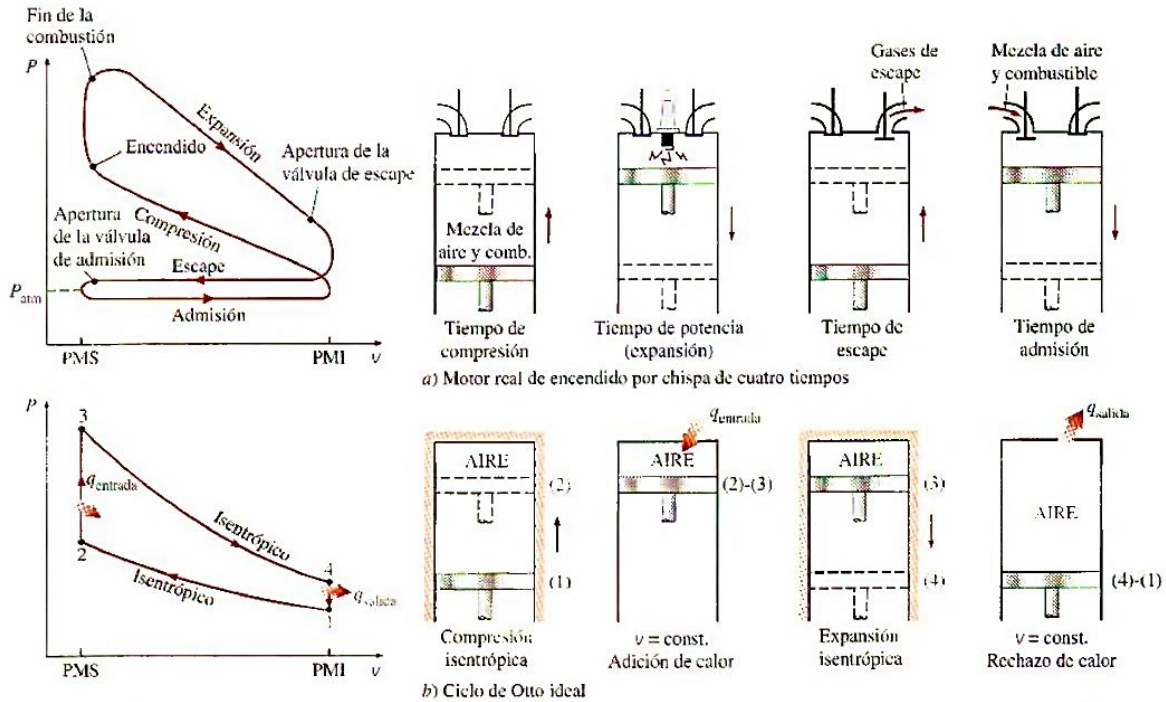


Figura 4. Ciclo real e ideal en motores de encendido por chispa

Inicialmente, tanto la válvula de admisión como la de escape están cerradas y el pistón se encuentra en posición más baja (PMI). Durante la carrera de compresión, el pistón se mueve hacia arriba y comprime la mezcla de aire y combustible. Un instante antes de que el pistón alcance su posición más alta (PMS), la bujía produce una chispa y la mezcla se enciende, con lo cual aumenta la presión y la temperatura del sistema. Los gases de alta presión productos de la combustión impulsan al pistón hacia abajo, el cual a su vez obliga a rotar al cigüeñal, lo que produce una salida de trabajo útil durante la carrera de expansión o carrera de potencia. Al final de esta carrera, el pistón se encuentra en su posición más baja (la terminación del primer ciclo mecánico) en este punto el cilindro está lleno con los productos de la combustión. Después el pistón se mueve hacia arriba una vez más y evacua los gases por la válvula de escape (carrera de escape), para descender por segunda

vez aspirando una mezcla fresca de aire y combustible a través de la válvula de admisión (carrera de admisión).

### **2.3. Tipos de pruebas para desempeño de aditivos**

Los aditivos para gasolinas están formulados con varios componentes que cumplen con una función específica, y de cuyo balance depende el buen desempeño del producto.

Existen varias pruebas de laboratorio, motores de banco y vehículos para evaluar el desempeño de los aditivos para gasolina y para determinar su efectividad como controladores de depósitos. Algunas de ellas se mencionan a continuación.

#### **Prueba de corrosión**

Define la capacidad del inhibidor de corrosión para proteger las superficies metálicas.

#### **Pruebas de desemulsión**

La presencia de compuestos polares en el combustible como son los aditivos detergentes, puede incrementar la susceptibilidad al agua de la gasolina. Este efecto debe ser contrarrestado por la acción del desemulsionante que participa en la formulación.

#### **Pruebas de detergencia ISD**

Se simulan las condiciones en las cuales la mezcla aire-combustible entra en contacto con las superficies metálicas calientes. El peso de los depósitos formados es indicativo del comportamiento del combustible con y sin aditivo. Se simula la operación de inyectores de combustible considerando los ciclos a los cuales opera:

calentamiento, inyección, enfriamiento. Se evalúa la obstrucción en el paso de combustible cuando se utiliza gasolina con y sin aditivo.

### **Prueba de detergencia en motor de banco**

La capacidad detergente dispersante para llevar a cabo la limpieza de las válvulas de admisión, se evalúa en la celda de prueba IVD (intake valve deposit) por sus siglas en inglés (depósitos en válvulas de admisión), y consiste en determinar la cantidad de depósitos formados en estos sistemas cuando se utiliza gasolina sin aditivo, comparativamente con la que ha sido aditivada.

El reconocimiento, por parte de las autoridades ambientales y los fabricantes de automóviles, es que los depósitos en los sistemas de admisión provocan mal funcionamiento en los vehículos, incremento en las emisiones de escape y disminución del rendimiento de combustibles, situación que motivó el establecimiento de pruebas estándar para la evaluación del desempeño de los aditivos detergentes-dispersantes.

En Estados Unidos de América la Agencia de Protección Ambiental EPA<sup>1</sup> y la Oficina Ambiental de California CARB exigen las siguientes pruebas:

**ASTM D5500 [4].-** Para esta prueba se utiliza un vehículo BMW 318i modelo 1985 de 1.8 L con transmisión automática. Para aprobar la prueba la formación de depósitos debe ser menos de 100 mg de depósitos en válvulas de admisión después de un recorrido de 16090 km (10,000 millas), utilizando la gasolina aditivada.

---

<sup>1</sup>Agencia de Protección Ambiental Ratificado en 1990 en el Acta de Aire Limpio, Aceptado por el Superintendente de Documentos, Impreso por la Oficina de Gobierno de los Estados Unidos, Washington, D.C. 20402.

**ASTM D5598 [5].-** Para esta prueba se utiliza un vehículo CRYSLER 2.2 L Modelo 1985-1987 con motor turbocargado y transmisión automática. Para aprobar la prueba la restricción de flujo en inyectores no debe ser mayor de 5%, después de un recorrido de 16090 km (10,000 millas), utilizando la gasolina aditivada. En un auto con restricción de flujo mayor al 10%, el aditivo debe ser capaz de remover depósitos de tal manera que la restricción de flujo sea menor al 5% después de un recorrido de 16090 km (10,000 millas).

**ASTM D6201 [1].-** El equipo consiste de un motor Ford 2.3 litros acoplado a un dinamómetro e instrumentado para el control de temperaturas de operación, inyección de combustible y recirculación de gases de combustión. La prueba tiene una duración de 112 horas de operación continua, equivalente a 1680 ciclos.

Pemex Refinación, en sus diferentes especificaciones para gasolinas Pemex Premium y Pemex Magna, establece que el aditivo detergente/dispersante que se adicione a la gasolina cumpla con los requerimientos que establece la EPA.

### 3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este método utiliza un motor FORD 2.3 litros en línea, modelo 1994 de cuatro cilindros, utilizada en camionetas Ford Ranger Americana. El monoblock y la cabeza de cilindros están hechas de fierro fundido. La cabeza del motor está diseñada con árbol de levas a la cabeza, con combustión rápida y con inyección electrónica de combustible en el puerto de admisión.

Cada motor es armado bajo estrictas especificaciones, usando un juego de partes para el acondicionamiento del motor (juntas, sellos, válvulas, resortes, etc.) fabricadas por Ford Motor Co. Las válvulas de admisión deberán ser nuevas y pesadas para armar la cabeza de cilindros. La prueba del motor está sujeta a un riguroso procedimiento de control de calidad para verificar su operación. Para asegurar la confiabilidad de esta prueba se utilizará un sistema de adquisición de datos para controlar los parámetros de operación de la prueba, y la preparación de ésta será en base al método ASTM D6201 [1].

Se utilizarán 5 L de aceite tipo multigrado para motor SAE-10W-30 (para facilitar el arranque en frío, protegiéndolo contra el desgaste, su viscosidad se mantiene estable a diferentes temperaturas de operación). El sistema de combustible se deberá lavar previo a la prueba con el combustible de prueba, y a su vez deberá ser llenado con el mismo lote de combustible.

El motor será operado sobre un solo ciclo, consistiendo en lo siguiente: el motor opera a  $2000 \pm 25$  rpm con una presión absoluta en el múltiple de admisión de 30.6 kPa (230 mm Hg) y una temperatura de aire de admisión de  $50 \pm 2$  °C. El tiempo de transición para alcanzar la velocidad de operación es de 30 s y es independiente del tiempo de la prueba. El tiempo de operación será de 16 horas. Si la operación del motor no cumple con estos requerimientos la prueba quedará invalidada.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1. Alcance

- Esta metodología IMP de prueba describe el procedimiento para la evaluación de la tendencia de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor Ford Ranger 2.3 L a gasolina, de cuatro cilindros.
- Esta metodología sirve para describir tendencias de la formación de depósitos de una gasolina de prueba con o sin aditivo.
- Los valores deberán estar en el SI de unidades y entre paréntesis se mostrará el valor aproximado en el sistema Inglés.
- Esta metodología no aborda todo lo concerniente a la seguridad, siendo esto responsabilidad del usuario quien establecerá el estándar apropiado a las normas de seguridad e higiene. Las precauciones específicas están dadas en este método.

### 4.2. Terminología

#### 4.2.1. Definiciones y términos específicos de esta metodología

**Combustible base:** Gasolina sin plomo para vehículos de ignición por bujía que no contiene aditivos para el control de depósitos, pero puede contener antioxidantes, inhibidores de corrosión, desactivadores de metal u oxigenantes, o una combinación de ambos.

**BlowBy:** Productos de la combustión y la mezcla de aire/combustible que entran al cárter.

**Aditivo para el control de depósito:** Material agregado al combustible base para prevenir o remover los depósitos en la entrada del sistema de admisión del motor<sup>2</sup>.

**Emisiones de escape:** Gases productos de la combustión, incluyendo hidrocarburos no quemados (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

**Sistema de admisión:** Componentes del motor que tienen como función preparar y verter la mezcla de aire/combustible hacia la cámara de combustión incluyendo el cuerpo de aceleración, múltiple de admisión, recirculación de gases de escape (EGR), la válvula PCV, válvulas de admisión, puertos de admisión e inyectores de combustible.

**Depósitos en válvula de admisión:** Material acumulado en el área del tulipán de la válvula de admisión, generalmente compuesto de carbón, otros combustibles, lubricante, productos de la descomposición del aditivo y contaminantes atmosféricos.

**Combustible de prueba:** Combustible base con o sin aditivo para el control de depósito.

---

<sup>2</sup> Para la propuesta de esta metodología, la evaluación de los aditivos para controlar los depósitos está limitada al área del tulipán de las válvulas de admisión.

### 4.3. Uso y significado

**Método de prueba:** El laboratorio de tratamientos químicos del Instituto Mexicano del Petróleo es el responsable del desarrollo de esta metodología para evaluar la tendencia de formación de depósitos en las válvulas de admisión. Cabe hacer notar que las condiciones de operación y diseño del motor usado en esta metodología de prueba no son representativas para todos los motores. Estos factores tendrán que ser considerados cuando se interpreten los resultados.

#### 4.3.1. Validez de la prueba

**Conformidad del procedimiento:** Los resultados de las pruebas no serán considerados validos si no cumplen con todos los requerimientos de la metodología. Los límites de desviación de los parámetros presentados en las secciones 4.10, 4.11 y 4.12 serán determinantes para invalidar la prueba. Se aplicará los juicios de ingeniería durante el desarrollo del método de prueba cuando se aprecien algunas anomalías para asegurar la validez de los resultados de la prueba.

**Requerimientos del motor:** Una prueba no se considerará válida si el motor no cumple con los requerimientos de inspección de calidad descritos en las secciones 4.8 y 4.10.



## 4.4. Aparatos

### 4.4.1. Facilidades en el laboratorio

**Área de medición y armado de la cabeza de cilindros y motor:** En el motor y la cabeza de los cilindros deberán verificarse sus mediciones y tolerancias; y tendrán que armarse en un lugar libre de impurezas bajo condiciones de temperatura de 10 a 27 ° C (50 a 80 °F) manteniéndola uniforme a  $\pm 3$  °C ( $\pm 5$  °F).

**Área de operación del motor:** El área de operación del motor tendrá que ser relativamente libre de contaminantes. Los niveles de temperatura y humedad del área de operación no se especifican. Se utilizará un sistema de inyección y extracción de aire cuya temperatura debe ser controlada.

**Área de prueba de los inyectores de combustible:** El área de prueba de los inyectores de combustible tendrá que estar libre de contaminantes; la humedad deberá ser además mantenida a un nivel de confort (**precaución**-mantener y proveer adecuada ventilación, así como un sistema contra incendio).

**Área de limpieza para las partes y válvulas de admisión:** Esta área tendrá que estar razonablemente libre de contaminantes, la humedad deberá mantenerse en un nivel confortable, porque la naturaleza de los depósitos son delicados, y no deben estar sujetos a cambios bruscos de humedad y temperatura (**precaución**- en adición a otras precauciones, proveer adecuada ventilación y protección contra incendio en las áreas en donde se trabaje con solventes y líquidos flamables).

**Área para pesar las válvulas de admisión y calificación de las partes:** El área de calificación de las partes tendrá que estar razonablemente libre de

contaminantes; la humedad y temperatura deberán además mantenerse en un nivel confortable.

#### **4.4.2. Equipo de laboratorio del área de prueba.**

**Configuración del área de prueba:** Un ejemplo similar de configuración del área de prueba está descrito en el método D 5302 [6] (secuencia VE, método de prueba para lubricantes), el cual usa la misma base para el motor Ford 2.3 litros. El motor está instalado sobre la base y tendrá que estar acoplado por una flecha cardan al dinamómetro, que permite un realineamiento máximo de  $4.0 \pm 0.5^\circ$ . El alternador únicamente se usa como polea, no se encuentra energizado.

**Sistema de control de carga y velocidad del dinamómetro:** El dinamómetro utilizado para esta prueba es un Midwest 1014, de 175 H.P. El dinamómetro deberá ser, en el sistema de control, capaz de controlar la velocidad del motor. Ver detalle en Tabla 1 y las especificaciones de operación.

**Tabla 1. Parámetros y especificaciones de operación de la prueba en dinamómetro IVD (depósitos en válvulas de admisión)**

PARÁMETRO		ESPECIFICACIÓN
Etapa	-	1
Tiempo	Duración de la etapa, (hrs)	16
Motor	Velocidad del motor (rpm)	2000 ± 25
Carga	Carga del motor (kW)	< 5
Aceite del Motor	Temperatura de entrada (°C)	80 ± 5
	Temperatura de salida (°C)	Record
	Presión de entrada (kPa) relativa	Record
Enfriamiento del motor	Temperatura de salida (°C)	90 ± 3
	Temperatura de entrada (°C)	Record
	Rango de flujo (L/min)	Record
Aire de admisión	Temperatura de admisión (°C)	50 ± 2
	Presión de admisión (kPa) relativa	0.05 ± 0.01
	Humedad en la admisión (g/kg)	11.4 ± 0.7
Múltiples del Motor	Presión absoluta de admisión (kPa)	30.6 ± 1.3
	Presión gases de escape (kPa) abs.	78 ± 1
Datos del combustible del motor	Flujo (kg./h)	Record
	Flujo total (kg.)	Record
	Temperatura de admisión (°C)	28 ± 5
Emisiones de gases de escape	O <sub>2</sub> (% vol)	Record
	CO <sub>2</sub> (% vol)	Record
	CO (% vol)	Record
Otros	Rango corregido del blowby (L/min)	Record

**NOTA:**

Mantener todos los parámetros tan cercanos como sea posible a la mitad del rango.

La carga del motor tendrá que ser menor que 5kW.

El tiempo de la rampa para alcanzar la velocidad de operación es 30 s.

**Sistema de suministro de aire de admisión:** El sistema de suministro de aire de admisión del laboratorio tendrá que ser capaz de controlar el contenido de humedad, la temperatura de bulbo seco y la presión de aire de admisión como se especifica en la Tabla 1. Ver sección 4.8.7. y Figura A1.4 para los detalles de la conexión del sistema de aire de admisión del laboratorio al motor.

**Humedad del aire de admisión:** La determinación del punto de rocío deberá ser medido dentro del ducto del sistema de admisión del laboratorio o en el área de prueba. Se deberá corregir cada lectura para las condiciones barométricas usando la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (corregido), g/kg} = 621.98 * (P_{\text{sat}} / (P_{\text{bar}} - P_{\text{sat}})) \quad (4.1)$$

donde:

$P_{\text{sat}}$  = Presión de saturación, mm Hg

$P_{\text{bar}}$  = Presión barométrica, mm Hg

**Sistema de escape.** El sistema de escape del laboratorio tendrá que ser capaz de controlar la contrapresión de los gases de escape como se especifica en la Tabla 1. El sistema de escape tendrá que incluir una válvula de control para la contrapresión de los gases, una toma de muestreo y un sensor de oxígeno. El múltiple de escape deberá estar conectado al sistema de escape del laboratorio. La Figura A1.6 y la sección 4.4.3. muestran los detalles de la configuración y localización de la línea de muestreo de gases. La Figura A1.6 proporciona también los detalles de la localización y configuración del muestreo de emisiones de escape. Puede ser instalado un convertidor catalítico a contraflujo de los gases de escape y un muestreo para la relación aire – combustible. Para este caso en particular no se

instala dicho convertidor derivado a que es una sola celda de prueba y la cantidad de emisiones no son representativas.

**Sistema de suministro de combustible:** En la Figura A1.7 se muestra el diagrama de un sistema típico de combustible. Este sistema sirve para suministrar un volumen excesivo de combustible al riel de combustible, al mismo tiempo que introduce el combustible (combustible usado para el motor) dentro del sistema de tubería proveniente de una fuente externa. Se mezcla el combustible de entrada con el que se retorna del riel (combustible no usado por el motor). El combustible es bombeado y pasa a través de una cámara o pequeño intercambiador de calor, el cual es usado para mezclar las dos corrientes y así poder proveer de combustible con temperatura controlada, de acuerdo a lo establecido en las especificaciones de la Tabla 1. El combustible se distribuye con una bomba de alta presión y se suministra al riel de combustible. La temperatura tendrá que ser medida después de pasar por la bomba de alta presión.

**Calibración para el control del motor:** La calibración para el control del motor especificado para esta prueba es la modificación del procesador EEC-IV, fabricado por OH Technologies, Inc. [7] ya que ésta es para una Ford Ranger de Transmisión Manual, como se detalla en el anexo A2. El sistema podrá propiamente controlar la relación aire/combustible a lo largo de la prueba. No podrá ser usado otro método para ajustar la relación aire/combustible, EGR, o avance de ignición de la chispa, si no es utilizado el procesador EEC-IV. No obstante, el procesador EEC-IV no modificado (número de parte F47F-12A650-BGC), como se detalla en el anexo A2, tendrá que ser usado para la prueba del BREAK-IN, como se describe en la sección 4.10.1.

**Sistema de ignición:** Para esta prueba se usa el procesador modificado EEC-IV. Ver anexo A2.

**Sistema de enfriamiento del motor:** Este sistema se muestra detallado en la Figura A1.11. El control de la temperatura de salida y rango de flujo es de acuerdo a las especificaciones listados en la Tabla 1. Para este caso no se usa el termostato y la capacidad del refrigerante es de  $21 \pm 4$  L.

**Sistema externo de aceite:** El sistema externo de aceite está ilustrado de acuerdo con las fotografías mostradas en la Figura A1.8 y A1.9. El intercambiador de calor deberá estar instalado en un plano vertical, y asegurarse que todas las mangueras y conexiones del intercambiador de calor del aceite estén bien conectadas y seguras.

#### **4.4.3. Localización y equipos de medición**

**Localización y equipos para la medición de las temperaturas:** Se requiere de la especificación de la localización de los equipos para la medición de las temperaturas. El equipo para esta medición no está especificado. Esta es una buena razón para adaptar un buen equipo en el área de prueba. La precisión y resolución de los sensores de medición de temperaturas y de los sistemas de medición, tendrán que seguir los lineamientos detallados en el reporte de investigación de ASTM D02-1218 [8]. Los termopares pueden ser rehusados, excepto el termopar del sistema de aire de admisión que tendrá que ser nuevo. El termopar de aire de admisión tendrá que ser del tipo abierto y los termopares con diámetro de 3.0 y 6.5 mm (0.125 y 0.25 in) podrán ser usados. No obstante, los termopares de diámetros menores serán recomendados en localizaciones donde se requieran un mínimo de inmersión (penetración) para prevenir gradientes indeseables de temperatura. Los termopares y cables de los mismos, deberán cubrir las especificaciones de acuerdo con los límites de error definidos por ANSI [9] en su publicación MC96.1-1975. Los termopares pueden ser usados del tipo J (hierro- constante), tipo T (forrado de cobre- constante) o tipo K (cromo- aluminio).

**Aceite de entrada al motor:** Se deberá instalar el termopar al centro del flujo de aceite de entrada al motor, a través del adaptador del filtro de aceite (ver Figuras A1.8 y A1.9 y sección 4.4.3.).

**Aceite de salida del motor:** Se deberá instalar el termopar al centro de flujo de aceite de salida, a través de la tubería inferior del intercambiador de calor (ver Figura A1.8).

**Entrada del refrigerante al motor:** Se deberá instalar el termopar en el centro del flujo del refrigerante proveniente del intercambiador de calor, a una distancia del motor de  $430 \pm 100$  mm de la entrada del refrigerante.

**Entrada de aire de admisión:** Se deberá instalar el termopar en el orificio del portafiltro a una profundidad de  $50 \pm 10$  mm y perpendicular al orificio (ver Figura A1.4).

**Temperatura de combustible:** Se deberá instalar el termopar al centro de la corriente de flujo de combustible, después de haber pasado por la bomba lo más cercano al riel de combustible (ver Figura A1.7).

**Salida del refrigerante del motor:** Se deberá instalar el termopar al centro del flujo a través del orificio del termostato, a una distancia de 50 mm del orificio de salida de la cabeza del cilindro.

**Localización y equipos para la medición de presión:** La localización para la medición de presión requerida para este procedimiento estarán especificadas. El equipo de medición no se menciona por lo que esta es una buena razón para instalar la existencia de instrumentos en el área de prueba. La precisión y resolución de los

sensores de presión y el sistema tendrán que seguir los lineamientos detallados en el Reporte de Investigación ASTM (RR: D02-1218) [8].

**Entrada del aceite:** Se deberá medir la presión del aceite a la entrada en el orificio del adaptador del filtro (ver Figura A1.9 y sección 4.4.2).

**Diferencia de presión del refrigerante (salida – entrada):** La diferencia de presión del refrigerante determina la restricción del flujo del sistema de enfriamiento externo. Esta medición es el resultado del valor absoluto de la diferencia entre la presión medida del refrigerante existente en la cabeza del cilindro y la de entrada a la bomba de agua. Para asegurar estas mediciones deberá haber una distancia de 300 mm entre ambas.

**Aire de admisión:** La medición de la presión del aire de admisión está detallada en la sección 4.4.2. El muestreo estará localizado en el filtro de aire y el múltiple de admisión. El termopar estará instalado a  $5 \pm 3$  mm dentro del barreno.

**Presión absoluta del múltiple de admisión:** La presión absoluta del múltiple de admisión estará comprendido entre las líneas (árbol) de vacío y el múltiple de admisión (ver Figura A1.5).

**Contrapresión de los gases de escape:** La medición de la contrapresión de los gases de escape se realiza a una distancia del sensor de oxígeno no mayor de 400 mm y al centro del tubo de escape en la dirección del flujo (ver Figura A 1.6). Una trampa de condensados deberá ser instalado entre la línea de muestreo de gases y el sensor, para acumular los condensados del agua formados en los gases de escape.



**Presión en el cárter:** La medición de la presión del cárter se hará en el tubo de la bayoneta. El sensor tendrá que ser capaz de medir presiones positivas y negativas.

**Localización y equipos para la medición de flujo:** Las localizaciones para medir flujos para este procedimiento requiere que los flujos estén especificados. El equipo de medición no se especifica por lo que esta es una razón para adaptar los instrumentos existentes en nuestra área de prueba. La precisión y resolución de estos sensores tendrán que cumplir los lineamientos detallados en el reporte de investigación de ASTM RR: D02- 1218 [8].

**Refrigerante del motor:** La medición del flujo del refrigerante del motor deberá de estar dentro de un margen aceptable.

**Combustible:** La medición del rango del flujo del combustible deberá de estar dentro de un margen aceptable. El flujo de combustible tendrá que tener un retorno a partir del riel de combustible (ver Figura A1.7).

**Localización y equipos para medir la velocidad y carga:** Los puntos de localización para medir la velocidad y carga para este procedimiento no están especificadas, por tal motivo podemos adaptar los instrumentos existentes en nuestra área de prueba. La precisión y resolución de estos sensores tendrán que cumplir los lineamientos detallados en el Reporte de Investigación de ASTM RR: D02- 1218.

**Localización y equipos para la medición de las emisiones de los gases de escape:** La relación aire-combustible del motor podrá ser monitoreada cualquiera de los dos por un sistema de medición de relación equivalente en “tiempo real” o por análisis de gases de escape (medición de O<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub>). Con cualquiera de los dos sistemas, las mediciones se realizarán en dirección del flujo de gases de escape

a una distancia no mayor de 400 mm del sensor de oxígeno y al centro de la línea de la tubería de los gases de escape.

**Sistema de medición de la relación equivalente – tiempo real:** Es recomendado que el sistema de medición de la relación equivalente en tiempo real sea utilizado. Un ejemplo de un sistema típico es el modelo HORIBA MEXA 110. El sistema utiliza un rango extendido para los gases de escape del sensor de oxígeno (HEGO). El sensor de aire-combustible está insertado dentro de la línea de los gases de escape. Los instrumentos proporcionan las mediciones de la relación equivalente instantáneas para detectar cuando el motor no está operando en condiciones normales de relación (generalmente indica un problema en el motor o en el sistema de manejo del mismo). De este modo, se detectó el problema y quien lo ocasionó. Si un sistema de relación equivalente es utilizado, la relación de los hidrocarburos (H/C) para un combustible específico podría cargarse al equipo antes de iniciar la prueba del motor.

**Análisis de los gases de escape:** La repetibilidad de los instrumentos para medir el O<sub>2</sub>, CO y CO<sub>2</sub> serán requeridos si las emisiones de los gases son medidos por determinación de la relación aire-combustible. La medición de los NO<sub>x</sub> es opcional. Es recomendado utilizar analizadores para emisiones de tipo vehicular. Se sugiere que para medir el CO se utilice un analizador a base de infrarrojos, y un analizador polarográfico para medir el O<sub>2</sub> (ver SAE J254 [10]). El tiempo de respuesta es una consideración importante en la eficiencia de esta instrumentación. La medición de los gases de escape se debe realizar en el sentido del flujo de los gases del motor; el sensor de oxígeno no deberá estar a una distancia mayor de 400 mm a la toma de muestreo de gases. La Figura A1.6 muestra detalles de la localización y configuración de la línea de muestreo.

**Localización y equipo de medición de voltaje (DPFE) (EGR):** La localización para la medición de voltaje en este procedimiento tendrá que ser medido en el Pin 27 del

procesador EEC-IV y la señal de retorno estará en el Pin 46 (tierra). Cabe hacer notar que el equipo para la medición no está especificado por lo que la precisión y resolución del DPFE tendrá que cumplir los lineamientos detallados en el Reporte de Investigación de ASTM RR: D02- 1218 [8].

**Localización y equipo para la medición del avance de tiempo de encendido:**

La localización y el equipo para esta medición no están especificados por lo que es necesario utilizar un equipo externo.

**4.4.4. Accesorios del motor de prueba.**

**Partes del motor de prueba:** Las partes del motor de prueba están detalladas en el anexo A2. La relación de las partes está en la Tabla A2.3. correspondiente a una cabeza de cilindros y las partes necesarias para ensamblar la cabeza para cuatro pruebas.

**Partes requeridas para motor nuevo:** El siguiente listado contiene todas las partes requeridas que se usarán para armar el motor nuevo:

- Banda de distribución
- Tornillos de cabeza
- Filtro para aire
- Filtro para combustible
- Filtro para aceite
- Junta para válvula EGR
- Junta para múltiple de escape
- Junta para cabeza
- Junta para múltiple de admisión
- Junta intermedia del múltiple de admisión
- Junta para tapa de balancines
- Junta para el cuerpo de aceleración
- Junta para la conexión de salida del agua
- Válvula PCV
- Reten de árbol de levas

- Sellos de válvulas de escape
- Sellos de válvulas de admisión
- Bujías
- Válvulas de escape
- Válvulas de admisión

**Partes reutilizables del motor:** La siguiente lista de partes pueden ser reutilizadas.

La frecuencia de reemplazamiento de las partes está indicada en los pies de página.

Se debe descartar todas las partes cuando comiencen a ser inservibles.

- El tubo de salida del portafiltro de aire
- El tubo de entrada del portafiltro de aire
- Portafiltro de aire
- Alternador o polea
- Banda de alternador o polea
- Tornillo del engrane del árbol de levas
- Árbol de levas
- Bobinas
- Cabeza de cilindros
- Procesador EEC-IV
- Monoblock
- Harness de cables
- Inyectores de combustible
- Filtro para aire
- Tapa de banda de distribución
- Mangueras del sensor DPFE
- Control de ignición
- Cables de ignición
- Retenedores de los resortes de válvulas
- Tensor de banda de distribución
- Seguro del árbol de levas
- Polea de la bomba de agua
- Regulador de vacío del EGR
- Seguro de válvula
- Balancines
- Sensor de temperatura de aire (ACT)
- Sensor de tiempo de ignición del cigüeñal
- Sensor de temperatura del motor (ECT)
- Sensor de oxígeno (HEGO)
- Sensor de flujo másico de aire (MAF)
- Sensor de presión de recirculación de los gases de escape (EGR)
- Sensor de posición de aceleración (TPS)
- Engrane de árbol de levas
- Válvula EGR

- Resortes de válvulas y buzos hidráulicos
- Guía de la banda de distribución en el árbol de levas

#### 4.4.5. Equipo de medición especial

**Probeta graduada:** Se requerirá de una probeta graduada para la medición del aditivo, usándose un tamaño adecuado acorde a la cantidad a medir.

**Balanza analítica:** Requerida para pesar los aditivos de acuerdo a su concentración. Esta balanza será capaz de tener una resolución de 0.01 g con una capacidad máxima de 2000 g. También esta balanza se requiere para determinar los pesos de las válvulas de admisión de aproximadamente 100 g, con una precisión de 0.25 % del total de la escala y con una resolución de 0.0001 g. La balanza se calibrará de acuerdo al procedimiento y recomendaciones del fabricante.

**Desecador:** Una cámara de vacío deberá contener el suficiente desecante para mantener relativamente libre de contaminantes las válvulas de admisión con depósitos.

**Horno:** Usar un horno convencional que sea capaz de mantener la temperatura de  $93 \pm 5^\circ \text{C}$  ( $200 \pm 9^\circ \text{F}$ ) para evaporar los solventes utilizados para la limpieza de las válvulas. El horno deberá tener suficiente espacio para introducir las válvulas, y estas no podrán estar en contacto directo con el horno.

**Carda:** Se requiere usar una carda fina de 150 mm (6 in) de diámetro de alambre de acero para limpiar las válvulas como se especifica (ver sección 4.11.1.)

**Equipo de limpieza a presión:** Se debe contar con un equipo similar al sandblasteo por arena requerido para la limpieza de la cabeza y válvulas, para remover el exceso de carbón depositado en esas áreas o usar brochas de alambre para remover las partes más recónditas de la cabeza.

**Equipo de medición para las guías y vástagos de válvulas:** El equipo especificado para la medición del vástago y las guías de válvulas están requeridos en esta metodología de prueba. Usar equipo comercialmente conocido para uso automotriz que tenga la capacidad de medir las especificaciones y tolerancias indicadas en la sección 4.8.4.

La precisión en la medición es obligatoria para determinar la holgura del vástago a la guía, ya que estos parámetros pueden afectar en el consumo de aceite y en la acumulación de los depósitos en válvulas de admisión.

**Calibrador Vernier:** Es necesario un calibrador Vernier para medir el ancho de los asientos de válvulas localizados en la cabeza del cilindro como lo requiere este método de prueba (ver sección 4.8.4.).

La precisión de la medición del ancho del asiento de válvula puede afectar en la transferencia de calor de las válvulas, particularmente en la válvula de admisión y en la superficie donde se pueden acumular los depósitos; esto último afecta la acumulación de depósitos.

**Equipo para la medición de la compresión de los resortes de válvulas:** Este equipo tendrá la capacidad de realizar las pruebas de compresión de los resortes de válvulas como se requiere en el punto 4.8.4. Este equipo tendrá una precisión del 2 % y una resolución de 0.45 kg (1 lb).

**Opresor de resortes de válvulas:** Se debe usar un aparato para rotar u oscilar las válvulas sobre sus asientos. Es aceptable utilizar una herramienta de uso automotriz (ver 4.8.4.).

**Equipo para rectificar las válvulas y los asientos de válvula en cabeza:** Es necesario contar con un equipo para rectificar (desbastar) las válvulas y los asientos de válvula, manteniendo la calidad como se muestra en la sección 4.8.4. Es aceptable utilizar herramienta de uso automotriz.

**Medidor de Blowby:** El medidor del blowby es un aparato para medir el rango de flujo de los gases que se fugan a través de los anillos del pistón hacia el cárter. Este rango de flujo nos indica las condiciones de los anillos y cilindros, y es usado como un criterio de aseguramiento de calidad. Este aparato tendrá una precisión del 5 % del total de la escala y una resolución de 0.3 L/min. (0.01 ft<sup>3</sup>/min).

**Equipo para prueba de inyectores:** Este aparato será capaz de precisar la repetibilidad de las mediciones de flujo de los inyectores de combustible (ver sección 4.8.3.).

**Equipo para determinar el rango de flujo en la válvula PCV:** Este aparato es usado para verificar el rango de flujo de las válvulas PCV. Para fabricar este aparato ver detalles mostrados en la Figura A1.10.

**Lámpara de tiempo:** Es un aparato con luz estroboscópica para medir el tiempo de ignición.

## 4.5. Materiales y reactivos

### 4.5.1. Combustible

**Manejo de combustible:** El manejo del combustible es crítico en esta prueba por lo que los siguientes procedimientos tendrán que ser usados cada vez que se use un nuevo combustible por cada prueba:

Los contenedores de almacenamiento de combustible base tendrán que estar relativamente libres de contaminantes.

Tomar una muestra de 900 ml del combustible de prueba antes de depositarlo en los contenedores de almacenamiento. La muestra del combustible será representativa del total.

Lavar los contenedores de almacenamiento con combustible base.

Agregar combustible base a los contenedores.

Tomar una muestra de 900 ml del combustible después de haberse llenado los contenedores, esta muestra será representativa del total.

**Cantidad de combustible de prueba:** Aproximadamente se requerirán 160 L (41.3 gal) de combustible de prueba.

**Combustible aditivado:** Algunas pruebas requieren o pueden requerir que la aditivación del combustible se efectúe en el laboratorio de la prueba. La prueba requerirá la aditivación del combustible base, en volúmenes cuantificados y se debe asegurar un buen manejo durante la aditivación. Esto significa que al combustible



base se le suministrara un aditivo, y se obtiene así un combustible aditivado. Se recomienda que la aditivación se efectúe por recipientes individuales para obtener una mejor homogeneización de la mezcla. Finalmente se deberá identificar cada combustible aditivado.

**Combustible de prueba:** Es el combustible que contiene los aditivos para controlar la formación de depósitos y deberá mezclarse en forma homogénea. Antes de iniciar la prueba, se debe contar con suficiente combustible mezclado con el aditivo. El combustible puede almacenarse en tanques o tambores y tendrán que estar identificados y en lugares seguros. Se deberá medir y registrar el volumen inicial, para determinar al final de la prueba el consumo de combustible.

**Combustible para la prueba de aflojamiento del motor (Engine Break-in):** El combustible para esta prueba tendrá que cumplir con las especificaciones requeridas en ASTM D4814 [11] o equivalente. Se requerirá de aproximadamente 380 L (100 gal) de combustible<sup>3</sup>.

**Combustible de referencia:** Las especificaciones y requerimientos del combustible de referencia se muestran en la sección 4.7.

**Aceite lubricante para el motor/ armado del motor:** Se tendrá que usar Aceite Referencia IVD (Aceite Referencia para Dinamómetro IVD)<sup>4</sup> para motor estándar y para el armado. Se requerirá de aproximadamente 4.7 L (5 qt). Esto es necesario para este método, incluyendo el utilizado para el armado y el llenado del Carter.

---

<sup>3</sup> Considere usar un combustible con un rango mínimo de 92 octanos ((R+M)/2) para evitar detonaciones durante el período de la prueba de aflojamiento del motor.

<sup>4</sup> Aceptado por Aceite Conoco Co., P.O. Box 80430, Rochester, MI 48308.

**Refrigerante del motor:** El refrigerante es una mezcla de volúmenes iguales de etilenglicol comercial bajo en silicatos y agua destilada o desmineralizada. *No usar inhibidor en el etilenglicol.*

#### **4.5.2. Solventes y limpiadores**

**Hexano normal o ciclohexano:** Las válvulas serán lavadas cada una con hexano o ciclohexano. (**precaución-** estar provisto de una ventilación adecuada y equipo contra incendio en las áreas de líquidos volátiles, solventes y flamables. Utilizar ropa adecuada).

Se usará el grado reactivo químico para todos los procedimientos de la prueba. Bajo otras consideraciones, se intentó que todos los reactivos cumplan con las especificaciones del Comité de Reactivos Analíticos de la Sociedad Americana de Química donde cada especificación es aceptable. Otros grados pueden ser usados verificando su aceptación de que el reactivo es lo suficientemente puro para permitir su uso en menor precisión de determinación.

**Solvente naphtha:** Es recomendado el solvente Stoddard conforme al Tipo I o la especificación D235 [12]; propiamente los solventes de este tipo pueden ser usados en general. Este fluido puede ser usado para la limpieza de las partes del tren de válvulas, cabeza, múltiple de admisión, cuerpo de aceleración y como un fluido para prueba de inyectores.

**Fluido para pruebas de inyectores de combustible:** Use solvente Naphtha (ver sección 4.5.).

**Componente de limpieza de la válvula:** Usar como compuesto para la limpieza de la válvula a la grasa silicón Fel Pro Clover 320 Grado 1A (No. parte 1A51804). Este se podría sustituir por hexano.

**Limpieza con removedores:** Se podrá usar un equipo de granalladora para remover los depósitos de carbón de la cabeza de cilindros. Usar removedores limpiadores comerciales para aplicación automotriz.

**Desecantes:** Usar anhídrido de sulfato de calcio en forma granular ( $\text{CaSO}_4$ ). Cuando no esté en uso, almacenar el desecante en un recipiente hermético.

#### **4.6 Riesgos**

**Riesgos específicos:** El personal estará expuesto a varios riesgos cuando permanezca en el área de prueba, por tal motivo se recomienda tomar las medidas de seguridad apropiadas como son el uso de equipo de protección personal, verificar las hojas de seguridad de los solventes y contar con un sistema contra incendio.

#### **4.7 Combustible referencia**

**Procesos de aprobación del lote de combustible base o referencia:** Cada lote nuevo de combustible referencia de IVD estará aprobado por los siguientes procesos:

Antes de iniciar la mezcla de la gasolina con el aditivo, se tomará una muestra de combustible base para analizarse. Posteriormente se efectuará la mezcla y se tomará una pequeña muestra y esta será analizada de acuerdo a los métodos descritos a continuación.

**Análisis del lote de combustible:** Tomar la muestra del combustible base de referencia IVD enviada por el proveedor, y enviarla a laboratorio para determinar el valor de los parámetros mostrados en la Tabla 2. Comparar los resultados de los valores obtenidos del proveedor del lote en particular. Los resultados deberán estar dentro de los rangos indicados en cada parámetro. Está provisto un método para determinar si el lote de combustible es enviado para realizar la prueba. Si algunos resultados están fuera de los rangos mostrados en la Tabla 2, el laboratorio podrá contactar al cliente para la sustitución del lote de combustible. Estos parámetros señalan los análisis fácilmente medidos en todos los puntos y está generalmente dirigido para detectar alguna contaminación del combustible o un deterioro significativo por envejecimiento, calor u oxidación, cuando es comparado con los análisis de los valores iniciales del lote de combustible. Las fuentes primarias de las especies de los depósitos de la válvula de admisión contenidas en el combustible están imperfectamente definidas, pero son controlados en la producción inicial del combustible por el fabricante, y verificado por el grupo de usuarios bajo el proceso descrito.

En resumen, el combustible suministrado tendrá que analizarse cada dos meses para cada tanque de almacenamiento que contenga el combustible base referencia IVD usado para la calificación de las pruebas IVD, para asegurarse de que no esté deteriorado excesivamente o haya sido contaminado en su almacenamiento. Los laboratorios podrán tomar muestras compuestas usando un procedimiento de prácticas D4057 [13]. Tendrá que proveerse una suficiente cantidad de muestra del combustible del proveedor y etiquetar en el recipiente de embalaje las características del mismo, por cada laboratorio. Al recibir formalmente las muestras de combustible de los laboratorios, el combustible del proveedor contendrá los siguientes análisis, el reporte de los resultados del laboratorio que lo realizó y los resultados tabulados en una base de datos.

## Método de Prueba

D 4953 [14], D5190 [15], D5191 [16] o D 5482 [17] Presión de Vapor  
D 287 [18] Gravedad API  
D 86 [19] Destilación  
D 381 [20] Contenido de Gomas  
D 525 [21] Estabilidad a la Oxidación

En situaciones en donde los resultados de las pruebas físicas y químicas aparecieran con una variación significativa de los resultados esperados, una segunda muestra será analizada, o las siguientes pruebas también pueden ser ejecutadas, o ambas:

- Método de Prueba D 2427 [22], determinación de hidrocarburos por cromatografía de gases C2 a través de C5.
- Método de Prueba D 873 [23], Potencial de Gomas.

**Almacenamiento y envío del lote de combustible:** Enviar el combustible en contenedores y almacenarlos en áreas con ventilación dictados por regulaciones ambientales y de seguridad. Especialmente cuando los tiempos de envío son anticipados, aplicar las regulaciones ambientales y de seguridad.

**Tabla 2. Propiedades típicas de un lote de combustible base referencia para prueba IVD y sus límites de precauciones de almacenamiento y transportación.**

Parámetro	Valores típicos de análisis inicial	Límites de precaución de almacenamiento y transportación
Gravedad API <sup>A</sup>	59.9	58.7 – 61.2
Presión de Vapor <sup>B</sup>	61.5 kPa	60 – 63 kPa
Total de azufre <sup>C</sup>	0.025 wt. %	0.01 – 0.04 wt % max
Contenido de gomas <sup>D</sup>	1.2 mg/100 mL	5 mg/100 mL, max
Destilación <sup>E</sup>	-----	-----
IBP	30.1 °C	25 – 35 °C
10% evaporado	52.5 °C	50 – 55 °C

50 % evaporado	102.5 °C	95 – 110 °C
90 % evaporado	154.9 °C	150 – 160 °196 – 212 °C
EP	204.0 °C	-----
Tipo de hidrocarburo <sup>F</sup>	-----	-----
Aromáticos	31.0 vol %	27 – 35 vol %
Olefinas	7.0 vol %	5 –10 vol %
Saturados	62.0 vol %	55 – 68 vol %
Los siguientes parámetros fueron analizados sobre base absoluta.		
Apariencia	Limpio y transparente	Limpio y transparente
Agua <sup>G</sup>	0.001 vol %	0.01 vol %, max
Plomo <sup>H</sup>	< 0.002 mg/L	10 mg/L, max
Estabilidad a la oxidación <sup>I</sup>	1440 + minutos	1440 minutos

- (A) De acuerdo con el método D 1298 [24] o D287 [18]  
 (B) De acuerdo con el método D4953 [14], D5190 [15], o D5482 [17] Presión de vapor.  
 (C) De acuerdo con el método D4294 [25] o D2622 [26].  
 (D) De acuerdo con el método D381 [20].  
 (E) De acuerdo con el método D86 [19].  
 (F) De acuerdo con el método D1319 [27].  
 (G) De acuerdo con el método D1744 [28].  
 (H) De acuerdo con el método D3237 [29].  
 (I) De acuerdo con el método D525 [21].

## 4.8. Preparación de aparatos

### 4.8.1. Preparación del área de prueba

**Calibración de la instrumentación:** Se calibran todos los sensores e indicadores antes o durante la prueba como sea requerido por el tipo de instrumentación utilizado. La sección 4.9 nos proporciona más detalles con respecto a todas las calibraciones.

**Inspección de las líneas de muestreo de los gases de escape y contrapresión de los gases de escape:** Las líneas de muestreo y de contrapresión de los gases de escape podrán ser usados hasta su tiempo de vida útil. Verificar que las líneas de muestreo de las emisiones de los gases de escape se encuentren en condiciones libres de residuos, o en su defecto reemplazarlos.

**Inspección de la tubería externa:** Inspeccionar que todas las líneas de muestreo se encuentren en óptimas condiciones y reemplazar en caso necesario.

**Inspección del cableado del motor:** Inspeccionar que todos los cables y conectores en general no se encuentren rotos, quemados o deteriorados, o en su defecto repararlos o reemplazarlos.

**Alimentación del voltaje al sensor EGR:** La señal alimentación del voltaje del EGR está localizado en el Pin 27 del Procesador Ford EEC-IV. Conectar la lectura de salida de voltaje al Pin 27 (salida) y de la señal de retorno en el Pin 46 del Procesador Ford EEC-IV.

#### **4.8.2. Preparación del monoblock**

**Inspección y preparación del monoblock:** Inspeccionar íntegramente las caras de los pistones. Asegurarse de que no existe muestra de desgaste en las caras de los pistones (poros, ralladuras o algo anormal). Asegurarse que se encuentre libre de impurezas o fracturas. Usar solventes apropiados (ver sección 4.5.), removedores de grasas, u otras herramientas especiales para limpiar las caras de los pistones. Asegurarse que las herramientas empleadas no alteren el acabado de las superficies del pistón, y que las paredes del pistón y cilindros se encuentren libres de impurezas.

**Inspección de los cilindros:** Inspeccionar los cilindros (poros, ralladuras, etc.), para asegurar que el desgaste se mantenga dentro de los límites de tolerancia indicados por el fabricante. Inspeccionar la integridad del monoblock para medir la compresión del motor, la fuga de compresión y consumo de aceite por desgaste excesivo (ver sección 4.10.3.). Si el desgaste rebasa los límites establecidos, se deberá de remplazar el monoblock.

**Inspección del monoblock:** Inspeccionar la integridad del monoblock, monitoreando la presión de compresión (ver sección 4.10.3.), porcentaje de fuga de compresión (ver sección 4.10.3.), y consumo de aceite (ver sección 4.10.3.). El monoblock se deberá reemplazar cuando el desgaste es detectado.

**Acabado de la superficie de la cabeza del lado de contacto con el monoblock:** Limpiar la superficie de la cabeza de cilindros del lado de contacto con el monoblock, eliminando residuos de junta o de depósitos, usando una espátula y solvente apropiado (ver sección 4.5.), un desengrasante u otra herramienta apropiada.

#### **4.8.3. Preparación de las partes que componen el motor**

**Preparación de los inyectores de combustible:** Previo a su instalación en el motor, los inyectores deberán ser evaluados (nuevos o usados) en lo que respecta a la atomización y a su rango de flujo, usando un aparato como está definido en el punto 4.4.5. El procedimiento de evaluación está resumido en esta sección. Los inyectores pueden ser limpiados y reusados si cumplen con el criterio resumido en esta sección.

**Lavado de inyectores nuevos y usados:** Los inyectores nuevos se deben lavar antes de iniciar la prueba de flujo, por espacio de 30 s para remover algún residuo.



**Equipo para medición de flujo:** Usar un equipo como el descrito en la sección 4.4.5. Encender la bomba de combustible, medir el flujo y el tiempo. Después de encender la bomba de combustible, el fluido de prueba (ver sección 4.7.) comenzará a pasar a través del inyector en cuestión. Mantener la presión del fluido de prueba suministrado al inyector a  $269 \pm 3.4$  kPa ( $39 \pm 0.5$  psi) durante el tiempo de prueba. El mantener esta presión es muy crítico, porque un pequeño cambio en la presión tendría un dramático efecto en el rango de flujo y en la atomización.

**Prueba de flujo de inyectores:** Se efectuarán tres pruebas de flujo en cada inyector por un periodo de 60 s. Se deben registrar tres mediciones por cada inyector y el rango de flujo final del inyector estará basado en el promedio de estas tres.

**Observar la calidad de atomización:** Cuando en el inyector está fluyendo combustible, realizar una observación de la calidad de atomización. Registrar esta observación para cada uno y rechazar algún inyector que registre alguna atomización anormal. Cuando el inyector no esté abierto (fluyendo combustible), los inyectores no deberán fugar o gotear por la tobera estando sometidos a presión con el fluido de trabajo durante 30 s. Reemplazar algún inyector que presente fugas o goteo.

**Criterio de aceptación:** Observando los siguientes lineamientos permitirá conocer cuándo seleccionar los inyectores que se usarán para este método. No usar grupo de inyectores o inyectores en forma individual que no cumplan con los siguientes lineamientos:

- (a) **Especificación para flujo en inyectores individuales:** El flujo de prueba en inyectores individuales debe de estar en las siguientes condiciones: Mantener la presión del fluido a  $269 \pm 3.4$  kPa ( $39 \pm 0.5$

psi), usando un solvente Stoddard como fluido en un rango de temperatura de 15 a 25 °C (59 a 77 °F) y una gravedad específica de 0.754 a 0.82. Ajustar las condiciones de presión y temperatura para las pruebas de rango de flujo. Los inyectores medidos en forma individual tendrán que tener un rango de flujo de 1.82 a 2.23 mL/ s.

(b) **Especificaciones para flujos en grupos de inyectores:** El grupo de los cuatro inyectores no podrán tener algún inyector con una desviación de flujo promedio de los cuatro mayor del 3 %.

(c) **Criterio de inspección visual:** Los inyectores no deberán gotear cuando no estén presurizados durante los siguientes 30 s. Si algún inyector presentara una atomización anormal durante la prueba como goteo o toberas obstruidas, no podrá ser usado.

**Preparación del múltiple de admisión:** Debe asegurarse que el múltiple de admisión esté limpio antes de cada prueba. Use un solvente limpiador comercial aceptable para carburador o solvente Stoddard. Se debe también inspeccionar la integridad del múltiple de admisión. El múltiple de admisión podrá ser utilizado en repetidos armados hasta su vida útil.

**Preparación de la válvula PCV:** Respecto al uso de la válvula PCV requerida, se debe verificar el rango de flujo antes y después de cada prueba. Medir el rango de flujo dos veces y promediar las lecturas. Se rechazará una válvula PCV cuando no cumpla con las siguientes especificaciones:

- a) 24.1 a 32.6 L/min (0.85 a 1.15 ft<sup>3</sup>/min) a 60.8 kPa de vacío (18 in Hg).
- b) 52.4 a 60.9 L/min (1.85 a 2.15 ft<sup>3</sup>/min) a 27.0 kPa de vacío (8 in Hg).

#### 4.8.4. Preparación de la cabeza de cilindros

**Etiquetar las válvulas:** Usar válvulas nuevas de admisión y escape para cada prueba, marcar cada válvula antes de ser pesada. Por ejemplo, una válvula de admisión que va a ser usada en la Prueba Numero 5 e instalada en el Cilindro Numero 1, tendrá que ser marcada como: P5No1A. El área donde será marcado este número es en la parte superior del vástago.

**Rectificación (corte) de la superficie y asiento de la válvula:** Se deberán rectificar las superficies de las válvulas de admisión y escape (área de contacto del asiento de la válvula) a un ángulo de corte de 45°. Una doble rectificada se le aplicará a los asientos de las válvulas (cabeza). El primer corte tendrá que ser a un ángulo de 45°. El segundo corte tendrá que ser a un ángulo de 30° perpendicular al eje de la guía de la válvula y localizado en el diámetro exterior del asiento. Un corte a un ángulo de 60° podrá ser utilizado en la superficie de la válvula para ajustar el asiento de la válvula como sea requerido.

**Limpieza de la superficie y asiento de válvula:** Se deberá limpiar cada válvula de admisión y escape, usando un compuesto de grasa silicón Carbide Fel Pro Clover 320 Grado 1A (no. parte.1A51804) por 20 s.

**Lavado de la superficie y asiento de válvula:** Se deberán sumergir las válvulas en solvente Stoddard y secarlos con una toalla tersa. Limpiar los asientos de las válvulas con solvente Stoddard y secarlos con una toalla tersa. Lavar las válvulas con n-hexano o ciclohexano. Sacudir delicadamente el remante del solvente. Colocar las válvulas en un horno (ver sección 4.4.4.) a una temperatura de  $93 \pm 5$  °C ( $200 \pm 9$  °F) durante 5 minutos. Posteriormente, colocarlos en un desecador por un espacio de 1 hora.

**Pesar válvulas:** Se deben pesar y recabar los pesos de las válvulas con una precisión de 0.0001 g.

**Mediciones de espacio (tolerancias) entre guía y vástago:** Se deberán tomar medidas en las partes de arriba, el centro y debajo de cada vástago, y la guía de válvula, con la finalidad de determinar la tolerancia. Se tendrán que tomar dos formas de medidas en cada guía. La primera se hará a 3mm de la parte de arriba, al centro de la guía y a 3 mm de la parte de abajo. La otra forma, se hará de acuerdo a la primera, pero a 90 °; es decir en forma perpendicular a la primera. Los espacios de tolerancias tendrán que estar dentro de las siguientes especificaciones y de acuerdo a las dimensiones de las guías de válvulas:

**Especificaciones de tolerancias entre la guía y el vástago:**

*Tolerancia en escape: 0.038 – 0.140 mm (0.0015 – 0.0055 in)*

*Tolerancia en admisión: 0.025 – 0.069 mm (0.0010 – 0.0027 in)*

**Mediciones del ancho del asiento de válvula:** Se deberán medir y registrar los valores del ancho del asiento de válvula, y que se encuentre lo más cercano a 0.025 mm (0.0009 in).

**Especificaciones del ancho de los asientos de válvulas en cabeza:**

*Admisión: 1.524 – 2.032 mm (0.060 – 0.080 in)*

*Escape: 1.778 – 2.286 mm (0.070 – 0.090 in)*

**Medición de los resortes de válvulas libre de carga:** Medir y registrar las medidas de los resortes en su longitud. La experiencia nos ha mostrado que los resortes deberán estar dentro de las especificaciones siguientes.

**Longitud del resorte sin carga:** 50.3 a 53.8 mm (1.98 a 2.12 in)

**Medición de resortes de válvulas con carga:** Si los resortes medidos sin cargas están dentro de las especificaciones, entonces estos podrán ser sometidos a cargas de compresión, y así, tomar las mediciones con carga, y deberán estar dentro de 29.5 mm (1.16 in). La experiencia ha mostrado que los parámetros aplicados a los resortes de válvulas deberán estar dentro de las siguientes especificaciones mostradas a continuación.

**Carga aplicada al resorte:**  $67.3 \pm 3.6$  kg. para obtener una deflexión de  $29.5 \pm 0.76$  mm. ( $48 \pm 8$  lb para obtener una deflexión de  $1.16 \pm 0.03$  in).

#### **4.8.5. Armado de la cabeza de cilindros**

**Instalación de válvulas y sus sellos:** Se deberán lubricar cada sello y vástago de válvula con aceite especificado para el armado. Luego se debe introducir cada válvula dentro de la cabeza de cilindros. Finalmente hay que instalar cuidadosamente los sellos al final del vástago de la válvula y asentarlos utilizando herramienta especial.

**Instalación de los resortes y retenedores de válvulas:** Se deben instalar los resortes de válvulas (limpios) y sus retenedores (arandelas). Cuando se estén instalando (comprimiendo los resortes para instalar los retenedores), hay que evitar comprimir demasiado los resortes, ya que esta carga puede dañar los sellos de las válvulas.

**Mediciones de la longitud de los resortes de válvula ensamblado:** Se deben medir y registrar la longitud de los resortes de válvulas ya ensamblados, de acuerdo al procedimiento descrito en el Manual de Servicio de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994. La longitud de los resortes de válvulas ensamblados, tendrá que estar entre 37.85 y 39.37 mm (1.49 y 1.55 in).

**Verificación de fuga de compresión a través de válvulas:** Es recomendable checar la fuga de compresión a través de las válvulas de la cabeza de cilindros. Para esto se procede a sellar con una placa ciega y una junta entre la cabeza de cilindros y la cámara de combustión, con el objeto de mantener hermético la zona de la cabeza de cilindros. Se aplica aire a una presión de 480 kPa (70 psi) en cada cámara de combustión a través de cada bujía y se registra el porcentaje de fuga de compresión. El porcentaje de *fuga de compresión no podrá ser mayor del 5%* en alguna de las cámaras de combustión. Si el porcentaje de fuga de compresión es mayor que 5% en alguna de las cámaras de combustión, entonces se sospechará que alguna de las válvulas no fueron bien asentadas o rectificadas o ambas; por tal motivo, se procederá a rechazar hasta que la fuga de compresión sea menor del 5%.

#### **4.8.6. Instalación de la cabeza de cilindros**

**Aplicación de torque en cabeza de cilindros:** Se deberá instalar en el motor la cabeza de cilindros una vez que haya sido ensamblada. No utilizar algún sellador en la junta de la cabeza. Posteriormente hay que instalar y aplicar torque a los tornillos de la cabeza de acuerdo a lo descrito en el Manual de Servicios de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994.

**Instalación de las bujías:** Se deberá instalar bujías nuevas en la cabeza de cilindros, de marca Motorcraft F3TE-12405-BA. Verificar que la calibración esté dentro de las especificaciones: 1.06 a 1.17 mm (0.042 a 0.046 in). Finalmente se debe aplicar un torque de 6.8 a 13.6 N-m (5 a 10 lb-ft).

#### **4.8.7. Ensamble final del motor**

**Instalación del árbol de levas, balancines y engrane de sincronización:** Se deberá instalar el árbol de levas, los balancines y el engrane de sincronización, e instalar la banda de sincronización del tiempo de encendido.

**Instalación del engrane de sincronización:** Se debe instalar el tornillo del árbol auxiliar y alinear el engrane del árbol de levas. Aplicar torque a los tornillos de acuerdo al Manual de Servicios de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994. Se debe instalar también la banda de distribución. Se deberá usar un engrane nuevo para cada prueba. Hay que tensionar la banda de distribución de acuerdo al procedimiento de Manual de Servicios de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994.

**Instalación de la bomba de agua y polea:** Se deberá instalar la bomba de agua y polea.

**Instalación de la polea del cigüeñal y la cubierta de la banda de distribución:** Se deberá instalar la tapa de la banda de distribución y posteriormente instalar la polea del cigüeñal. Es importante hacer referencia, que la marca del engrane del cigüeñal nos representa el punto muerto superior de los pistones uno y dos. Esta marca nos ayuda a posicionar los pistones en el PMS en la prueba de fuga de compresión de la prueba.

**Instalación del múltiple de admisión:** Se debe instalar el múltiple de admisión inferior a la cabeza de cilindros. El múltiple de admisión inferior tendrá que ser instalado hasta que la cabeza de cilindros este instalado al monoblock.

**Instalación del riel de combustible con los inyectores:** Hay que instalar los inyectores y el riel de combustible en la parte inferior del múltiple de admisión. Los inyectores se instalarán de tal forma que las conexiones eléctricas queden en la posición horaria, como si fuera las 12 en punto. Hay que escribir las marcas de localización en cada inyector y cabeza, para poder ubicarlas en cada prueba.

**Instalación de la tapa de balancines y cuerpo de aceleración:** Se deberá instalar la tapa de balancines y el cuerpo de aceleración.

**Instalación del sistema de aire de admisión:** Instálese el sistema de aire de admisión especificado. Para la prueba específica que el sistema de aire de admisión esté integrado por: manguera para aire limpio, portafiltro, filtro para aire y manguera para conectar al cuerpo de aceleración (referirse a la Figura A1.4). Las condiciones para la temperatura y humedad del aire de admisión están especificadas en la Tabla A2.1. Los filtros de aire deberán remplazarse para cada prueba.

**Instalación de las partes complementarias:** Instálese el múltiple de escape, el sistema para tensionar la banda de distribución, los accesorios de la banda, bobinas y cables para bujías.

El sistema para tensionar la banda tendrá que consistir de la polea de bomba de agua y polea del cigüeñal como está especificado en la lista de partes detallado en el anexo A2. Otras partes usadas en el sistema para tensionar la banda tendrán que estar libres del volante y no podrá aplicarse otra carga al motor u otra forma de pérdida de carga por fricción.

**Instalación del sistema de enfriamiento del motor:** Un sistema típico de enfriamiento del motor está detallado en la Figura A1.11. Se tendrá que usar para el sistema de enfriamiento etilenglicol comercial bajo en silicatos y agua destilada o



desmineralizada. La capacidad del refrigerante esta especificada en la sección 4.4.2.

**Instalación del sistema externo de aceite:** Referirse a la sección 4.4.2. donde se propone la configuración e instalación del sistema externo para el aceite lubricante.

**Instalación del sistema de combustible:** Referirse a la sección 4.4.2. donde se ve la propuesta de la configuración e instalación del sistema de combustible.

**Instalación de los termopares o resistencias detectoras de temperaturas (RDT):** Instalar todos los RDTs o termopares, o ambos, dentro de sus respectivas localizaciones. Referirse a la Sección 4.4. para verificar estas localizaciones.

**Instalación de las líneas de presión y vacío:** Se deberán instalar todas las líneas de presión y vacío dentro de sus respectivas localizaciones. Referirse a la sección 4.4. para las localizaciones apropiadas.

**Instalación de las líneas de emisiones y contrapresiones de los gases de escape:** Instalar las líneas de emisiones de gases de escape, así como la línea de contrapresión de los gases. Referirse a la sección 4.4. para verificar su localización.

**Instalación de los cables Harness del motor:** Conectar en el motor y en los componentes del motor todos los cables harness en sus respectivas localizaciones.

## 4.9. Calibración

### 4.9.1 Calibración y verificación del área de prueba

Confirmar que la verificación del área de prueba sea desarrollada con gasolina referencia propuesta por el laboratorio de Tratamientos Químicos del IMP. La verificación del área de prueba normalmente expira cada 180 días.

**Cálculo del combustible de referencia:** El laboratorio de Tratamientos Químicos del IMP dirigirá las pruebas de verificación e identificarán y calcularán las cantidades requeridas de combustibles bases de referencia para realizar la prueba de verificación.

**Formato de pruebas:** El número de prueba tendrá que seguir el formato del laboratorio de Tratamientos Químicos del IMP.

**Pruebas rechazadas o abortadas:** Si una calificación de una prueba es abortada en sus resultados será porque están fuera de los límites aceptables.

**Calibración de la instrumentación:** La instrumentación descrita abajo deberá calibrarse una vez cada cuatro pruebas o cada seis semanas, cualquiera que ocurra primero, o como se indica a continuación.

**Sistema de medición de velocidad del motor:** Calibrar el sistema de medición de velocidad cada 180 días. Calibrar sobre los rangos de operación indicadas en la Tabla 1.

**Sistema de medición de la presión absoluta del múltiple admisión del motor:**

Calibrar el sistema de la presión absoluta cada 180 días. Calibrar sobre los rangos de operación (ver Tabla 1).

**Sistema de medición del consumo de combustible:** Calibrar el sistema de consumo de combustible cada 180 días. Calibrar sobre los rangos de operación (ver Tabla 1).

**Sistema de medición de la relación equivalente en “tiempo real” del motor:**

Calibrar el sistema de medición de la relación equivalente en cada prueba.

**Calibración de los analizadores de gases de escape:** Si los equipos analizadores de gases de escape son usados, calibrar los analizadores antes de tomar cada medición. La técnica de calibración deberá estar compensada por la sensibilidad del flujo de los gases.

**Sistema de medición para temperaturas y presiones:** Calibrar el sistema de medición de temperaturas y presiones usando los datos adquiridos de temperatura y presión detallados en la Tabla 1. Calibrar cada 180 días, sobre el rango de operación.

**Sistema de humedad:** Calibrar el sistema primario de humedad del laboratorio en cada área de prueba.

Se deberá usar un higrotermógrafo con una precisión mínima del punto de rocío de  $\pm 0.55$  °C a 16°C ( $\pm 1$  °F a 60 °F). La muestra de aire de admisión se tomará de la línea al motor a una distancia de 0.6 m (2 ft) antes de llegar al filtro de aire.

Verificar que el rango de flujo esté dentro de las especificaciones del fabricante y que las líneas de aire no contenga demasiada humedad.

#### **4.10. Procedimiento**

##### **4.10.1. Procedimiento previo a la prueba**

**Cargar el sistema de enfriamiento del motor:** Esto se hace agregando volúmenes iguales de anticongelante etilenglycol comercial bajo en silicatos y agua destilada o desmineralizada al sistema de enfriamiento del motor. La capacidad del sistema de enfriamiento deberá ser de  $21 \pm 4$  L.

**Carga de aceite de prueba:** El procedimiento de carga de aceite al motor es el siguiente:

Cargar el sistema con  $4.1 \pm 0.025$  kg ( $9.0 \pm 0.06$  lb) del aceite especificado para la prueba.

A las 0.6 h, correspondientes a la inspección de la compresión y fuga de compresión (ver sección 4.10.3.), drenar el aceite lubricante durante 20 minutos a través de la purga de fondo del cárter.

Agregar aceite de prueba al aceite drenado para que al final sean  $4.1 \pm 0.025$  kg ( $9.0 \pm 0.06$  lb).

Cargar el sistema con  $4.1 \pm 0.025$  kg. ( $9.0 \pm 0.06$  lb) del aceite derivado del paso de la sección 4.10.1.

Después de 20 minutos, checar el nivel de aceite con la bayoneta hasta que indique en la marca de lleno.

**Preparación del sistema de combustible:** Se deberán cambiar todos los filtros del sistema de combustible antes de cada prueba. El tanque o contenedor del sistema de combustible deberá de estar lo suficientemente lavado. Purgar las líneas de combustible, para asegurarse que no se encuentre contaminado o presente alguna fuga. Tomar una muestra de 900 mL en el área del motor, después de que el sistema haya sido purgado y antes de iniciar la prueba.

**Instalación de la válvula PCV:** Referirse a la sección 4.8.3. para la preparación apropiada de la válvula PCV. Instálese la válvula PCV, verificando que no presente fugas entre las mangueras y válvula. La válvula PCV deberá tener la misma orientación como se diseñó en el armado (orientación vertical).

**Restablecer la memoria de alivio (KAM):** Se deberán desconectar los cables de la memoria KAM por 5 minutos antes de iniciar cada prueba.

**Procedimiento del Break-in del motor:** Utilizar un monoblock nuevo (menos la cabeza de cilindros, válvulas, árbol de levas y accesorios del motor) para efectuar el procedimiento del break-in. Con excepción de una cabeza de cilindros esclava, y un Procesador EEC-IV no modificado (No. parte F47F-12A650-BGB) utilizar todo el hardware del motor y del área de prueba durante el período del break-in.

El período del break-in consiste de 6 ciclos de 4 horas cada uno donde cada ciclo consta de trece pasos. La rampa entre cada paso se desarrolla en dos minutos, y esta no cuenta en el tiempo del período del break-in. El tiempo total del período del break-in es de 26 horas, 36 minutos (6 ciclos duran 24 horas, mientras que el tiempo total de la rampa es de 2 horas con 36 minutos).

Los parámetros de operación para la realización del break-in están detallados en la Tabla 3. Durante las primeras etapas o pasos del break-in, las temperaturas de refrigerante y aceite pueden estar por debajo de las especificaciones de baja carga y velocidad. Esto es aceptable a medida que los intercambiadores de calor del refrigerante y del aceite no estén funcionando (esto es, no ocurrirá un enfriamiento). El refrigerante y el aceite no deben ser enfriados para alcanzar las especificaciones.

Cargar el sistema de enfriamiento del motor como se describe en 4.10.1. Cargar el sistema de aceite con  $4.1 \pm 0.025$  kg. ( $9.0 \pm 0.06$  lb).

Después de haberse completado el periodo del Break-in, ejecutar la verificación del consumo de aceite de la prueba.

Drenar el aceite del período del break-in. Pesar el aceite.

Agregar el aceite de prueba al aceite usado hasta completar  $4.1 \pm 0.025$  kg. ( $9.0 \pm 0.06$  lb).

Cargar el sistema de aceite con  $4.1 \pm 0.025$  kg. ( $9.0 \pm 0.06$  lb) del aceite derivado del paso 4.10.1.

Operar el motor de acuerdo a las condiciones de prueba establecidas en la Tabla 1 por un período de 16 horas.

Drenar el aceite durante un periodo de 20 minutos y registrar el peso.

Calcular el consumo de aceite por diferencia de pesos del aceite derivado en la sección 4.10.1. y del suministro de aceite establecido.

Inusualmente un alto consumo de aceite ocurre cuando este es mayor a 0.4 kg.

**Tabla 3. Ciclo Break-in en prueba de dinamómetro IVD.**

Paso No.	Tiempo por paso (min)	Tiempo Total (h)	Velocidad (rpm)	Presión Absoluta en el múltiple de admisión (kPa)
1	15	0.25	1000	35.2
2	15	0.50	1200	36.6
3	15	0.75	1400	38.6
4	15	1.00	1600	40.6
5	15	1.25	1800	43.9
6	30	1.75	2000	47.2
7	15	2.0	2200	50.5
8	15	2.25	2400	53.8
9	15	2.50	2600	57.2
10	15	2.75	2800	60.5
11	45	3.50	3000	67.1
12	15	3.75	3200	70.5
13	15	4.0	3400	73.8

- Temperatura de aceite de entrada al motor  $101 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de aceite de salida del motor Récord ( $^\circ\text{C}$ )
- Presión de aceite de entrada al motor Record (kPa)
- Temperatura del refrigerante de salida  $90^\circ \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$

• Temperatura del refrigerante de entrada	Record (°C)
• Temperatura de aire de admisión	32° ± 3 °C
• Humedad del aire de admisión	11.4 ± 0.7 g/kg.
• Presión absoluta del múltiple de admisión	(kPa)
• Presión en los gases de escape	105 ± 1 kPa abs a 2800 rpm, 71.8 kPa MAP
• Flujo total de combustible	Record (total en kg.)
• Temperatura del combustible	32 °C máximo
• Gradiente de presión del refrigerante	< 41 kPa
• EGR	Record (voltaje)
• Presión de aire de admisión	0.05 ± 0.01 kPa máxima

#### 4.10.2. Procedimiento de operación del motor

**Especificaciones y parámetros de operación del motor:** Las especificaciones y parámetros de especificación de operación del motor están detallados en la Tabla 1. Monitorear los parámetros y sus límites especificados de acuerdo a lo siguiente:

**Tiempo de prueba:** El tiempo de prueba está definido como el tiempo en el cual el motor es controlado en forma automática (cuando el sistema de control del área del motor está funcionando y nos marca el tiempo de prueba). En algún momento en el cual el motor es controlado en forma manual, no cuenta en el tiempo de prueba. El tiempo máximo aceptable en que el motor puede operar en situaciones manuales es de 1 hora por prueba. Cuando un motor es operado en situaciones manuales, operar en las condiciones de vacío (sin carga).

En este caso justificar el paro del motor en condiciones de operación automática y los parámetros que no hayan alcanzado la especificación, el tiempo acumulado contará en el tiempo de prueba. Durante ese tiempo, tomar en consideración los parámetros alcanzados en los límites de la especificación tan rápido como sea posible. Las dos excepciones son la presión absoluta del múltiple de admisión y la



velocidad, donde los tiempos de rampa tendrán que ser de 30 s; ambas rampas tendrán que ser lineales.

**Duración de la prueba:** La duración de la prueba es de 16 horas.

**Duración de paros del motor:** El tiempo máximo permisible que puede pararse el motor durante la prueba es de 2.5 horas acumuladas, incluyendo todos los paros programados e imprevistos.

**Máximo número de paros del motor:** El máximo número de paros que deberán ocurrir durante la prueba, incluyendo los paros programados y de emergencia son cuatro.

**Paros programados y no programados:** Un paro programado ocurre a las 0.6 horas de prueba, cuando se verifica la compresión y fuga de compresión del motor. A menos que haya un paro de emergencia del motor, todos los paros tendrán que realizarse dentro de la primera hora.

**Inicio y reinicio de operación del motor:** Los inicios y reinicios de arranques del motor ocurren al comienzo de la prueba, después de las 0.6 h para la verificación de la compresión y fuga de compresión, después ocurren por algún paro no programado. Después de que el motor ha sido arrancado, tendrá que ser checado durante su operación (presión de aceite y combustible). El tiempo máximo en que un motor puede operar en condiciones manuales es de 1 h por prueba. Cuando un motor es operado en condiciones manuales, tendrá que operar en condiciones de vacío. Después de que el motor fue checado para su operación, tendrá que ponerse en operación (controlarlo en forma automática) tan rápido como sea posible. El motor al ser puesto en operación en condiciones de control automático, continuará

acumulando tiempo para la prueba, es decir, a partir del tiempo en donde se quedó fuera de operación.

**Tiempo fuera de especificación:** Si en el análisis de los gases de escape ( $O_2$ , CO o  $CO_2$ ), la relación equivalente o el tiempo de encendido estuvieran fuera de especificaciones cuando es tomada la lectura (Tabla 1) el tiempo acumulado del paro actual con respecto al último paro deberá durar como máximo 1 hora y no más.

#### **4.10.3. Funciones y mediciones periódicas**

**Procedimiento de revisión del nivel de aceite:** La verificación del nivel de aceite durante la prueba es opcional. Si se pretende revisarlo, se hará de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a) Parar el motor.
- b) Esperar 20 minutos después de que el motor ha sido parado.
- c) Realizar la medición del nivel de aceite usando la bayoneta calibrada.
- d) Si el nivel de aceite está por debajo de 473 ml (16 fl. oz), agregar al motor  $0.41 \pm 0.01$  kg. ( $0.9 \pm 0.02$  lb) y continuar la prueba.
- e) Si el nivel de aceite está en los 473 ml, continuar la prueba.
- f) Registrar el nivel de aceite y las cantidades de aceite agregado.

**Procedimiento para el registro de datos:** utilizar un minuto en condiciones automáticas de operación para los registros de datos sobre los parámetros mostrados abajo. Registrar los datos en intervalos de un minuto durante tres ocasiones en la Etapa 1 para todos los parámetros mostrados en la Tabla 1, excepto para los parámetros anotados a continuación:

<b>Parámetro</b>	<b>Intervalo de colección de datos</b>
Emisiones de gases de escape	Como mínimo una vez cada 4 h
Voltage EGR	Como mínimo una vez cada 4 h
Blowby	Una vez dentro de las primeras 2 horas y una segunda vez antes de finalizar la prueba
Flujo de combustible	Continuo

**Verificación de la presión de compresión y fuga de compresión:** Realizar la verificación de la presión de compresión y fuga de compresión dentro de las  $0.6 \pm 0.2$  horas de prueba. El procedimiento para realizar la verificación de presión de compresión y fuga de compresión es como sigue:

**Verificar la presión de compresión:**

- a) Desconectar el combustible
- b) Desconectar la energía de ignición
- c) Quitar una bujía de cada cilindro
- d) Verificar que la placa del cuerpo de aceleración permanezca abierta
- e) Instalar en la entrada de la bujía el equipo para medir la presión de compresión
- f) Arrancar el motor hasta que la presión se estabilice
- g) Registrar las lecturas de presión de compresión y fuga de compresión

- h) La presión de compresión tendrá que ser igual o mayor que 1034 kPa (150 psi) en todos los cilindros y la presión de compresión en ningún cilindro podrá ser menor del 80 % de la presión de compresión registrada más alta.
- i) Repetir la prueba para cada cilindro.

**Verificación del porcentaje de fuga de compresión:**

- a) Desconectar el combustible.
- b) Desconectar la energía de ignición.
- c) Quitar una bujía de cada cilindro.
- d) Girar el cigüeñal hasta que las válvulas de admisión y escape permanezcan cerradas.
- e) Instalar el equipo para verificar la fuga de compresión.
- f) Suministrar aire a una presión de 689 kPa (100 psi).
- g) Registrar los datos obtenidos.
- h) La fuga de compresión tendrá que ser menor que el 15 % en cualquiera de los cilindros.

**Medición del Blowby:** Cuando se haga la medición del Blowby del motor, mantener la presión de cárter en  $0.0 \pm 25$  Pa ( $0.0 \pm 0.1$  in H<sub>2</sub>O).

**4.10.4. Procedimientos finales de la prueba.**

**Desmontaje de la cabeza de cilindros.** Drenar completamente el sistema de enfriamiento. Drenar el aceite de acuerdo a 4.10.4. Desmontar los accesorios del

motor expuestos directamente en la cabeza de cilindros. Quitar los tornillos de la cabeza de cilindros. Retirar cuidadosamente la cabeza de cilindros del monoblock. Quitar la junta de cabeza de cilindros. Evitar que se contaminen de refrigerante y aceite o de ambos la cámara de combustión de la cabeza de cilindros y pistones. Secar los residuos de refrigerante y aceite o ambos, que se encuentran en la cabeza de cilindros y monoblock. Tapar la cabeza de cilindros y motor para protegerlos de la contaminación.

Pesar (ver 4.11.1), fotografiar y si se requiere calificar las válvulas de admisión dentro de las 48 horas después de haber finalizado la prueba. Depositarlas en un desecador para mantenerlos libres de impurezas.

**Drenar el aceite al final:** Después de haber terminado la prueba, drenar el aceite del cárter durante 20 minutos. Pesar el aceite y registrar el peso.

**Consumo final de aceite:** El consumo de aceite es determinando calculando la diferencia entre la carga inicial (4.1 kg) más algunas adiciones de aceite y el aceite drenado al final de la prueba (consumo final de aceite = 4.1 kg + aceite agregado – peso del aceite drenado al final). Si el consumo final de aceite es mayor de 1.0 kg (aproximadamente 2.2 lb), la prueba es invalidada.

**Consumo final de combustible:** El consumo final de combustible, es el total de combustible usado durante la operación en condiciones manual y automática de la prueba.

**Inspección del motor:** Sobre la terminación de la prueba y después de haber sido desmontada la cabeza de cilindros, se debe inspeccionar visualmente los desgastes de los cilindros. Se debe también inspeccionar y reemplazar las partes del hardware que sean necesarias.

## 4.11. Determinación de los resultados de la prueba

### 4.11.1. Procedimientos posteriores a la prueba

**Procedimiento posterior a la prueba para pesar las válvulas de admisión:** Se deben preparar las válvulas para pesarlas de acuerdo al siguiente procedimiento; remover los depósitos de carbón de las orillas de las válvulas del lado de la cámara de combustión (superficie de la válvula), utilizando herramienta adecuada; realizar el proceso de limpieza de la superficie de la válvula, rotando la válvula en la carda con suficiente presión para remover los depósitos; evitar remover los depósitos de alguna área no especificada.

**Enjuagar las válvulas:** Enjuagar cuidadosamente las válvulas con ciclohexano o n-hexano (realizar este procedimiento una sola vez). Descargar en forma manual el solvente con una pizeta directamente a la válvula. Cuidadosamente enjuagar las válvulas, direccionando el flujo del solvente en la parte superior del vástago y terminar en la sección del tulipán. Cuando se esté descargando el solvente, rotar la válvula (utilizar guantes) para asegurar únicamente la remoción de los residuos de aceite. Continuar con el proceso de lavado hasta que el solvente escurra en forma transparente. Sacudir cuidadosamente el remanente de solvente en la válvula. (**Precaución-** proveer con adecuada ventilación y protecciones contra incendio en áreas donde se usen solventes y líquidos inflamables, es recomendable usar ropa adecuada).

**Removiendo los residuos:** Inmediatamente después de haber lavado las válvulas, introducirlas en un horno (ver sección 4.4.5.) durante un tiempo de 5 minutos para evaporar los residuos de solventes. El horno tendrá que estar a una temperatura de  $93^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  ( $200^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{F}$ ).

**Técnica para el manejo de las válvulas:** Usar pinzas para transportar las válvulas del horno e introducirlas al desecador.

**Desecador:** Las válvulas tendrán que permanecer en el desecador por un tiempo de 1 hora y no más de 48 horas en un área de temperatura controlada. Verificar periódicamente que el desecante se encuentre en óptimas condiciones. Monitorear el cambio del color y que éste se mantenga de acuerdo a lo establecido por el fabricante.

**Pesando las válvulas:** Después de que las válvulas hayan sido secadas y enfriadas en el desecador, éstas estarán listas para ser pesadas. Cuando las válvulas sean transferidas a la balanza, usar guantes para eliminar cualquier contaminación que afecte al peso de la válvula. Tomar las válvulas de los vástagos, pesar las válvulas con una precisión de 0.0001 g usando una balanza previamente calibrada y registrar los pesos (ver 4.4.5.).

Confirmar la repetibilidad de la balanza entre el inicio y el final de este procedimiento, pesando y registrando una válvula referencia antes y después de pesar las cuatro válvulas. Al inicio y al final del pesado no podrá haber una diferencia mayor que 0.0010 g. Si la diferencia absoluta es mayor que 0.0010 g, entonces repetir los pasos anteriores.

**Calculo del peso de los depósitos:** Calcular los depósitos por diferencia de pesos de depósitos iniciales y de los pesos de depósitos al final de la prueba para cada válvula.

Para pesos de depósitos menores que 0.0005 g (incluyendo los valores negativos), limpiar las válvulas y volver a pesar como se describe en (4.8.4.). Sustituir este peso

de la válvula limpiada al final de la prueba, por el peso de la válvula al inicio de la prueba, para calcular los depósitos en esas válvulas. Tomar las fotografías antes de que las válvulas sean limpiadas. Limpiar las válvulas usando una carda, lavar como se describe en esta sección.

Si usando el peso de la válvula limpiada al final de la prueba, (para calcular los depósitos), y los pesos de los depósitos se encontrara que serían menor que  $-0.0010$  g, el peso de la válvula tendrá que ser invalidada. Las válvulas que tienen un peso de depósitos entre  $-0.0010$  g y  $0.0000$  g tendrán que ser consideradas y  $0.0000$  g tendrá que ser usado para calcular el peso promedio de los depósitos. Los pesos promedios de las válvulas con valor negativo no podrán ser usados para calcular los pesos promedios de los depósitos.

Fuera de este criterio de rechazo, no podrá ser usado para omitir los pesos de los depósitos. Para validar la prueba, serán necesarios los cuatro pesos de los depósitos de las válvulas de admisión.

**Fotografías de las partes en general:** Lo más importante de los resultados de la prueba, es tomar las fotografías de las partes del motor en un orden determinado. Las fotografías tendrán que ser lo suficientemente claras para asegurar la precisión de las áreas de depósitos. Reproducir las fotografías en color usando tamaño de impresión estándar. Tomar las precauciones apropiadas para que los depósitos no se dañen al fotografiarlos.

**Válvulas de admisión:** Tomar las fotografías de las válvulas después de haber obtenidos los pesos. Tomar una fotografía de todas las cuatro válvulas agrupadas secuencialmente, y tomar una fotografía individual de cada válvula directamente al vástago de la válvula. Marcar las válvulas de acuerdo a su posición en el motor.



**Puertos de admisión:** Tomar las fotografías de todos los puertos de admisión, vistas desde la cámara de combustión. Tomar una fotografía en forma individual de cada puerto directamente en frente del cilindro en particular. La fotografía en forma individual puede ser combinada con la fotografía de los puertos de la pre-cámara del múltiple de admisión.

**Puertos de la pre-cámara de admisión del múltiple de admisión:** Tomar las fotografías a los puertos de admisión en la entrada del múltiple de admisión, vistas del múltiple de admisión del lado de la cabeza de cilindros. Tomar las fotografías en forma individual de cada puerto de la pre-cámara del múltiple de admisión, directamente en el frente de cada puerto en particular.

**Calificación del sistema de inducción:** Calificar en forma visual las válvulas de admisión, los puertos de la pre-cámara del múltiple de admisión y los puertos de admisión de la cabeza, usando el Manual 16 del CRC [30].

**Calificación de los puertos de admisión:** Éstos son el área definida por una proyección cilíndrica de los asientos de las válvulas concéntricas con la guía de las válvulas y se extiende del asiento de la válvula hacia el piso e incluyendo las paredes.

**Calificación de los puertos de la pre-cámara del múltiple de admisión:** Son el área extendida a 25 mm dentro del múltiple de admisión del lado de conexión con la cabeza de cilindros.

**Tulipán de la válvula:** Es el área inferior en donde se concentran los depósitos de las válvulas de admisión, sobre las áreas de contacto de la válvula con los asientos.

**Determinación de la validez de la prueba- sometido al motor:** Durante cada prueba, se deben cumplir estrictamente las condiciones de operación para el motor y condiciones de monitoreo.

#### **4.12. Criterios de aceptación.**

##### **Velocidad del motor.**

**Criterio de validación de la prueba:** La velocidad promedio del motor tendrá que ser de  $2000 \pm 25$  RPM. Si la operación del motor no cumple con estos requerimientos, la prueba queda invalidada.

##### **Presión Absoluta del múltiple de admisión.**

**Criterio de validación de la prueba:** La presión absoluta promedio del múltiple de admisión tendrá que ser de  $30.6 \pm 1.3$  kPa ( $230 \pm 10$  mm Hg). Si la operación del motor no cumple con estos requerimientos, la prueba es inválida.

##### **Consumo total de aceite en el motor.**

**Criterio de validación de la prueba:** El consumo total del aceite no tendrá que ser mayor de 1.0 kg. Una prueba quedará invalidada si el consumo de aceite es mayor de 1.0 kg.

## **Duración total de la prueba.**

**Criterio de validación de la prueba:** Operar el motor por un tiempo de 16 horas usando el mismo lote de combustible de prueba.

**Paros de la prueba:** Se debe detener la prueba después de 0.6 h para verificar la presión de compresión y fuga de compresión; podrá transcurrir un máximo de 48 h antes de reiniciar la prueba. Una vez que el motor ha comenzado a operar de acuerdo al método de prueba, completar la prueba con un mínimo de paros.

**Criterio de validación de la prueba:** El tiempo total de paros (tiempo fuera) en cada prueba no debe exceder de 2.5 horas. Si la operación del motor no cumple con estos requerimientos, la prueba será invalidada. Cuatro paros máximos del motor son los permitidos. Si la operación del motor no cumple con estos requerimientos, la prueba será invalidada.

**Desarmado del motor durante la prueba:** El motor no podrá ser desarmado para alguna inspección durante el periodo de la prueba. Si es desarmado el motor, la prueba será invalidada.

### **4.13. Reporte**

Un reporte estándar de la prueba deberá incluir las secciones mencionadas abajo. Comenzar cada sección en una nueva página, e insertar las secciones como se indica en la lista de abajo. No está permitido marcar las desviaciones en el formato. No obstante, pueden hacerse los detalles y pueden anexarse en los apéndices.

En la página del título deberá estar incluido el nombre del laboratorio de prueba, descripción de la prueba, número de prueba, fecha de inicio y terminación de la prueba, aceite de prueba, combustible de prueba, nombre o código del aditivo o ambos para la gasolina empleada para la prueba, nombre de la compañía.

Resumir los paros de la prueba, incluyendo la hora de paro del motor y los motivos del paro.

Resumen de los pesos de los depósitos en las válvulas de admisión, incluyendo los pesos de las válvulas nuevas iniciales y el de las válvulas sucias finales y la diferencia de los pesos entre las válvulas nuevas y usadas.

Resumir las calificaciones de mérito del sistema de inducción incluyendo el tulipán de la válvula, puertos de admisión y de los puertos del múltiple de admisión.

Resumir los datos de las mediciones antes y después de la prueba de los flujos en inyectores, guías de las válvulas, vástagos de las válvulas, flujo en la válvula PCV, presión de compresión y porcentaje de fuga de compresión, el consumo de aceite y el consumo de combustible.

**Fotografías de las partes específicas:** incluir las fotografías de las partes del motor en el siguiente orden:

Grupo de las válvulas de admisión.

Válvula de admisión del cilindro 1 y 2.

Válvula de admisión del cilindro 3 y 4.

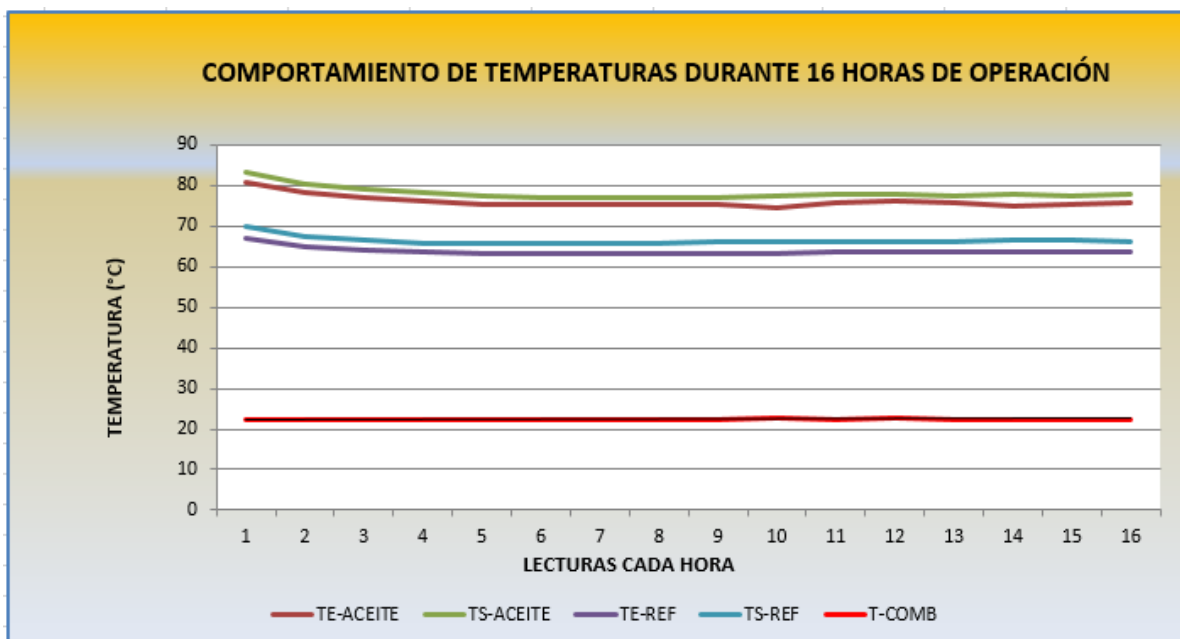
Puerto de admisión y pre-cámara del múltiple de admisión del cilindro 1 y 2.

Puerto de admisión y pre-cámara del múltiple de admisión del cilindro 3 y 4.

## 5. RESULTADOS

Siguiendo los parámetros de operación descritos en la Tabla 1 y considerando los criterios de validación de las pruebas realizadas se pudo observar que los datos se mantuvieron constantes como se muestra en la Gráfica 1.

**Gráfica 1. Comportamiento de temperaturas durante 16 horas de operación del motor de la prueba No. 3.**



Los resultados del desarrollo de la metodología incluyen el análisis estadístico de los promedios de pesos de los depósitos obtenidos por grupo de válvulas, realizando 12 pruebas como se muestra en la Tabla 4, con una media de 52.975 mg, una desviación estándar de 1.265 y coeficiente de variación de 2.38792, lo cual indica repetibilidad en los resultados, utilizando el siguiente procedimiento.

### Preparación de la prueba

Efectuar los procedimientos para la preparación de la prueba especificada en la metodología para la evaluación de la tendencia de la formación de depósitos.

### Seleccionar el tipo de combustible

Utilizar una gasolina PEMEXMAGNA formulada sin aditivo.

**Programar las pruebas** (12 pruebas en total para que sea representativo).

### Analizar los resultados

Determinar la media ( $\bar{Y}$ ), la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación de los resultados (CV) y aplicar el criterio del coeficiente de variación.

**Tabla 4. Análisis estadístico de los promedios de pesos de los depósitos obtenidos por grupo de válvulas.**

Prueba No.	Gasolina formulada (mismo lote)	Respuesta Y (mg)	Grupo de técnicos	No. días de prueba	$Y^2$
1	Sin aditivo	55.8	1	1	3113.64
2	Sin aditivo	52.3	1	2	2735.29
3	Sin aditivo	51.2	1	3	2621.44
4	Sin aditivo	54.9	1	4	3014.01
5	Sin aditivo	53.1	1	5	2819.61
6	Sin aditivo	52.5	1	6	2756.25
7	Sin aditivo	51.9	2	7	2693.61
8	Sin aditivo	52.1	2	8	2714.41
9	Sin aditivo	53.2	2	9	2830.24
10	Sin aditivo	52.7	2	10	2777.29
11	Sin aditivo	53.1	2	11	2819.61
12	Sin aditivo	52.9	2	12	2798.41
$\Sigma$	Sumatoria	635.7			33693.81
$\hat{Y}$	Media	52.975	$\hat{Y} = \frac{\Sigma Y}{n}$		
DE	Desviación estándar	1.265	$DE = \sqrt{\frac{n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2}{n(n-1)}}$		
CV	Coeficiente de variación	2.38792	$CV = \frac{DE}{\hat{Y}} * 100$		

## **Aplicación de la norma NMX-CH-5725-IMNC-2006 [31]**

Se aplicará este procedimiento para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad del método de medición normalizado usado en este trabajo. El procedimiento consta de los siguientes puntos:

- a) Verificación del desempeño del equipo.

El laboratorio cumple con todos los requerimientos de este método

- b) Uso de los materiales de referencia requeridos por el método, cuando aplique.

Gases para verificación del analizador de gases FICS 2000.

- c) Conformidad de las instalaciones y condiciones ambientales del laboratorio con lo establecido en el método.

En el caso de este método el laboratorio cumple con las condiciones ambientales y con las instalaciones especificadas.

- d) Perfil, competencia y habilidades del personal que realiza el método conforme a lo establecido por el propio laboratorio o los requerimientos del método o procedimiento.

El personal del laboratorio está calificado y autorizado por el ejecutivo para el manejo y operación del equipo para realizar la prueba conforme al método.

- Examen teórico-práctico del método de prueba (evaluación del desempeño del personal).
- Oficio de autorización para realizar la prueba.

El personal que realiza la prueba cumple con las actividades y responsabilidades de acuerdo a lo establecido en el sistema de gestión del laboratorio.

- e) Estudio de repetibilidad y reproducibilidad en cumplimiento con los criterios de aceptación cuando lo especifique el método o en su caso los criterios establecidos por el laboratorio mediante los datos del desempeño o mediante la aplicación de cualquier técnica estadística reconocida.

Se realizó el estudio r&R para el desempeño técnico-práctico sobre el método por cada persona que realiza la prueba en el que se obtuvo que el sistema instrumento-operario funciona bien.

### Confirmación del método ( r y R )

Resumen de pruebas											
Técnico	Mediciones (mg)						$\bar{Y}_i$	$\bar{Y}_i^2$	$n_i \bar{Y}_i^2$	$S_i$	$(n_i-1) S_i^2$
1	55.8	52.3	51.2	54.9	53.1	52.5	53.3	2840	17045	1.726	14.895
2	51.9	52.1	53.2	52.7	53.1	52.9	52.7	2772	16632	0.538	1.447

### Nomenclatura

$n_i$  = número de réplicas = 6

$p$  = número de técnicos = 2

$r$  = repetibilidad

$R$  = reproducibilidad

$S_i$  = valor estimado de una desviación estandar

$T$  = total o suma de expresión

$S_L^2$  = valor estimado de la varianza interlaboratorios

$S_r^2$  = valor estimado de la varianza de repetibilidad

$S_R^2$  = valor estimado de la varianza de reproducibilidad



Aplicando las siguientes ecuaciones matemáticas se determinan la repetibilidad ( r ) y reproducibilidad ( R ) del método implantado en el laboratorio:

$$T_1 = \sum n_i * \hat{Y}_i \quad (5.1)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.1)

$$T_1 = (6 * 53.3) + (6 * 52.7) = 636 \text{ mg}$$

$$T_2 = \sum n_i * \hat{Y}_i^2 \quad (5.2)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.2)

$$T_2 = (6 * 2840) + (6 * 2772) = 33,672 \text{ mg}^2$$

$$T_3 = \sum n_i \quad (5.3)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.3)

$$T_3 = (6 + 6) = 12$$

$$T_4 = \sum n_i^2 \quad (5.4)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.4)

$$T_4 = (36 + 36) = 72$$

$$T_5 = \sum (n_i - 1)S_i^2 \quad (5.5)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.5)

$$T_5 = (6 - 1)1.726^2 + (6 - 1)0.538^2 = 16.342$$

$$S_r^2 = \frac{T_5}{T_3 - p} \quad (5.6)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.6)

$$S_r^2 = \frac{16.342}{12 - 2} = 1.6342$$

$$S_L^2 = \left[ -\frac{T_2 T_3 - T_1^2}{T_3(p - 1)} - S_r^2 \right] \left[ \frac{T_3(p - 1)}{T_3^2 - T_4} \right] \quad (5.7)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.7)

$$S_L^2 = \left[ -\frac{(33,672)12 - 636^2}{12(2 - 1)} - (1.6342)^2 \right] \left[ \frac{12(2 - 1)}{12^2 - 72} \right] = 6.445$$

$$S_R^2 = S_r^2 + S_L^2 \quad (5.8)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.8)

$$S_R^2 = 1.6342 + 6.445 = 8.0792$$

$$r = 2\sqrt{2} \sqrt{S_r^2} \quad (5.9)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.9)

$$r = 2\sqrt{2} \sqrt{1.6342} = 3.6157 \text{ mg}$$

$$R = 2\sqrt{2} \sqrt{S_R^2} \quad (5.10)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (5.10)

$$R = 2\sqrt{2} \sqrt{8.0792} = 5.3782 \text{ mg}$$

El criterio de aceptación del método es:

$$r \leq R \quad (5.11)$$

Sustituyendo en la ecuación (5.11) se tiene y concluye lo siguiente:

***3.6157 mg ≤ 5.3782 mg por lo que se acepta la confirmación del método***

Se concluye que la repetibilidad y la reproducibilidad de los resultados obtenidos son aceptables de acuerdo con los criterios de aceptación. La diferencia no puede atribuirse únicamente a la precisión del método de prueba, si no a la variación química de los componentes del lote de gasolina. Queda por lo tanto confirmado que el laboratorio puede operar adecuadamente este método no normalizado.

Lo anterior quiere decir que se tiene que verificar el método cada vez que se utilice un nuevo lote de gasolina de referencia (BLANCO), para determinar con pruebas de repetibilidad los resultados que se encuentre dentro de los límites permisibles de aceptación para ese lote de gasolina en cuestión. No obstante, se deberá aplicar el criterio de aceptación o rechazo para la prueba de verificación de acuerdo a lo establecido en el criterio de la confirmación del método.

### **Determinación del gráfico de control por reproducibilidad**

Es necesaria la determinación de los límites de control, aplicando el criterio del método para el caso de la prueba de reproducibilidad y la obtención del gráfico de control (como se muestra en la Gráfica 2).

Derivado de lo anterior, se aplicaron las siguientes ecuaciones matemáticas:

$$Rango = valor\ max - valor\ min \quad (5.12)$$

Sustituyendo en la ecuación (5.12)

$$Rango = 55.8 - 51.2 = 4.6$$

$$LSC = \left( \hat{Y} + \frac{Rango}{2} \right) \quad (5.13)$$

Sustituyendo en la ecuación (5.13)

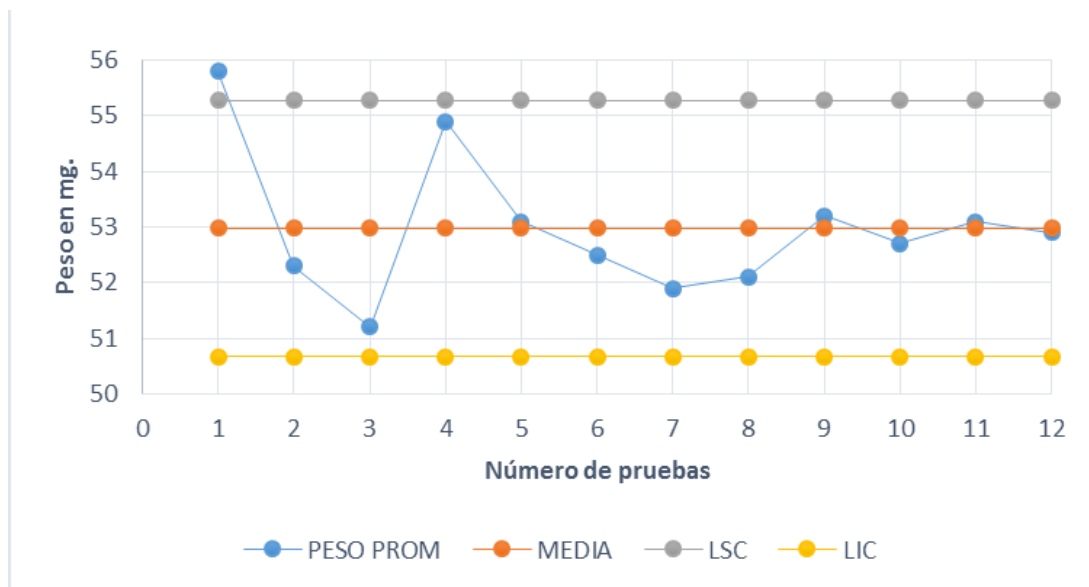
$$LSC = \left( 52.975 + \frac{4.6}{2} \right) = 55.275 \text{ mg}$$

$$LIC = \left( \hat{Y} - \frac{Rango}{2} \right) \quad (5.14)$$

Sustituyendo en la ecuación (5.14)

$$LIC = \left( 52.975 - \frac{4.6}{2} \right) = 50.675 \text{ mg}$$

**Gráfica 2. Gráfico de control**



Se observa en el gráfico que la repetibilidad de los resultados obtenidos son congruentes con el criterio aplicado, debido a que la diferencia absoluta rango entre los doce resultados es de 4.6 mg y no excede el valor de la reproducibilidad del laboratorio de 5.3782 mg. Queda por lo tanto confirmado que el laboratorio puede operar adecuadamente este método no normalizado.

## Fotografías de la prueba número tres

En la Figura 5 se muestran los depósitos en las válvulas de admisión, cámara de combustión y cilindros de la prueba número tres correspondiente a gasolina formulada sin aditivo (blanco); se puede apreciar la acumulación de los depósitos de carbono obtenidos en 16 horas de operación.

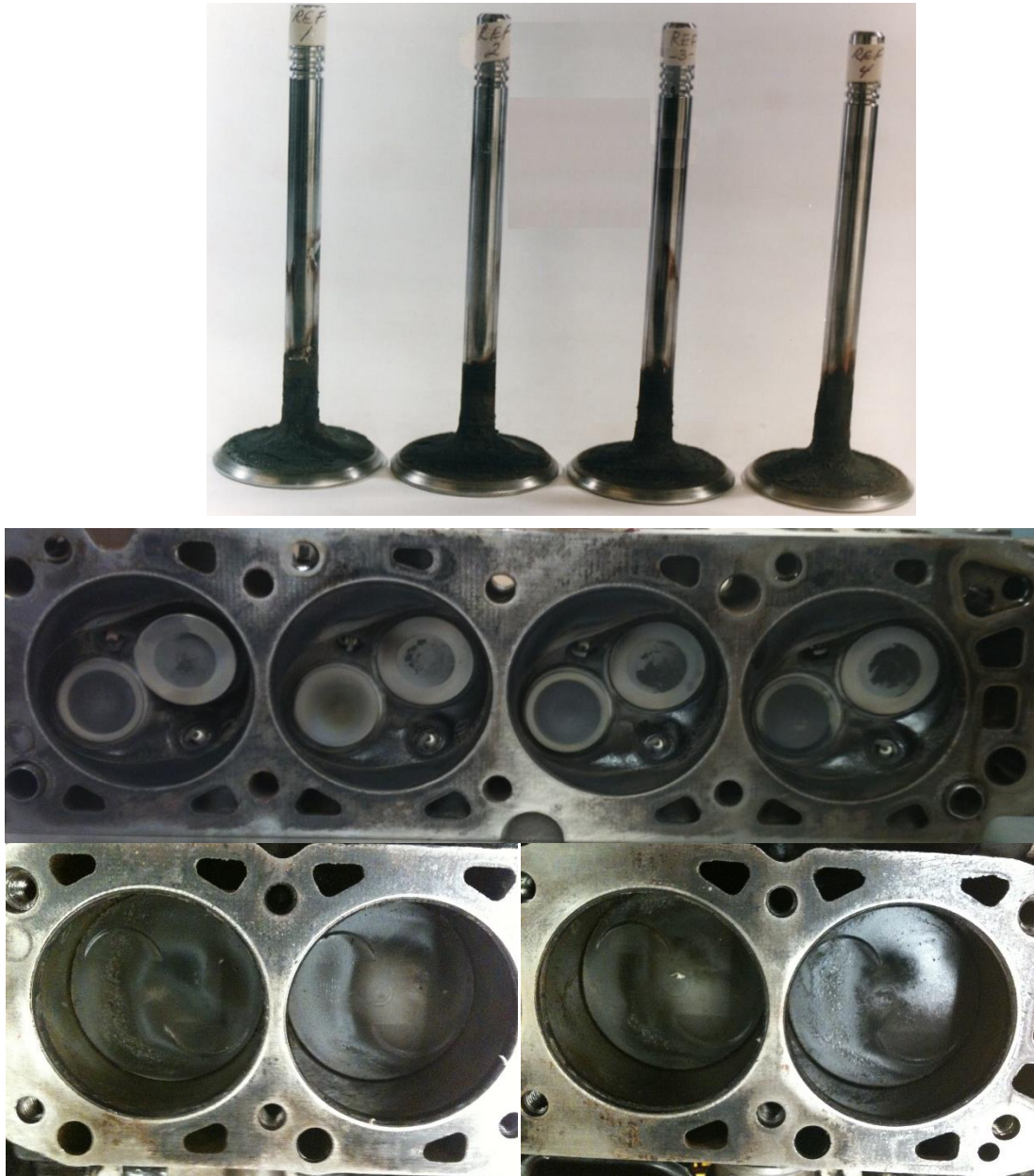


Figura 5. Depósitos en válvulas de admisión, cámara de combustión y cilindros.

## 6. CONCLUSIONES

Los resultados de investigación demuestran un coeficiente de variación menor al 3% en las pruebas realizadas. Se demostró no obstante mediante un estudio de repetibilidad (r) y reproducibilidad (R) con criterio de aceptación del método  $r \leq R$  que se obtienen resultados de  $3.6157 \text{ mg} \leq 5.3782 \text{ mg}$ , demostrando la aceptación del método de acuerdo con los criterios de normatividad de métodos no normalizados. Además se observa en el gráfico de control que la reproducibilidad de los resultados obtenidos son congruentes con el criterio aplicado, debido a que la diferencia absoluta rango entre los doce resultados es de 4.6 mg y no excede el valor de la reproducibilidad del laboratorio de 5.3782 mg. Se concluye por lo tanto que esta metodología sirve para dictaminar la eficiencia a nivel de tendencias de aditivos detergentes para gasolinas automotrices, resultando esto benéfico para investigadores y comercializadores de aditivos que pretendan aditivar el combustible nacional. Sirve además como prueba de seguimiento de la calidad del aditivo suministrado en los combustibles de PEMEX. En la siguiente Tabla 5 se muestra el comparativo de las tres pruebas donde se verifica que esta metodología ofrece muchas ventajas respecto a las otras dos.

**Tabla 5. Cuadro comparativo de las tres pruebas a la que hace referencia esta metodología, marcando con verde las ventajas y en rojo las desventajas.**

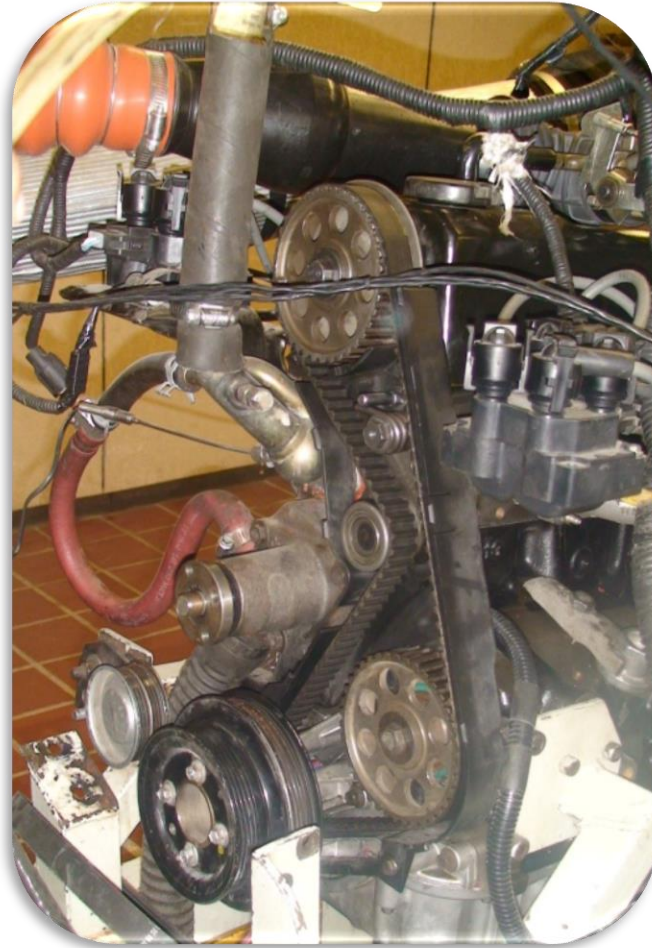
MÉTODO	ASTM D6201	05LA-0417 RF-MP-01	NUEVO MÉTODO
Costo de la prueba [MXN]	300,000	20,000	30,000
Tiempo de operación [HRS]	100	16	16
Número de cilindros	4	1	4
Inyección de combustible	Electrónica	Carburador	Electrónica
Control de parámetros	Si	No	Si

confiabilidad de resultados	Si	Tendencia	Si Tendencia
Peso prom. grupo de válvulas [mg]	100	30	55
Coefficiente de desviación [%]	< 3	≤ 10	< 4

Estos resultados fueron entregados a la dirección de Productos Químicos del IMP donde fueron evaluados y ahora esta metodología está ingresada en su cartera de servicios. Se concluye así que el desarrollo de este proyecto innovador será de alto impacto tecnológico para Pemex donde podrá utilizarse para realizar pruebas de seguimiento de la calidad de sus gasolinas automotrices y aditivos.

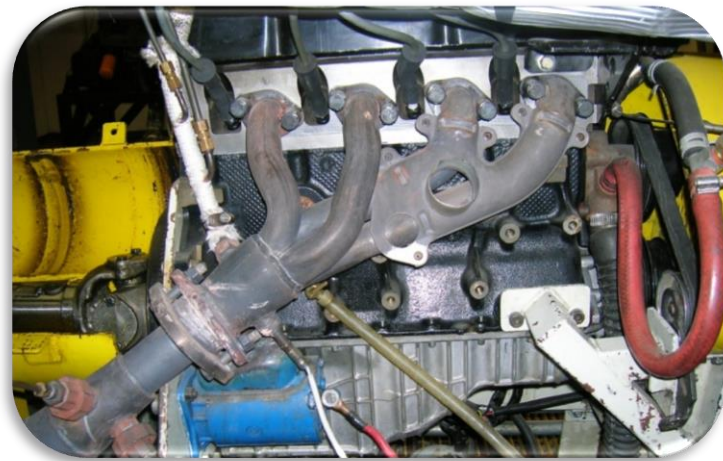
## ANEXOS

### A1 Especificaciones detalladas y fotografías de los aparatos



**Figura A1.1 Área típica de prueba (vista frontal)**

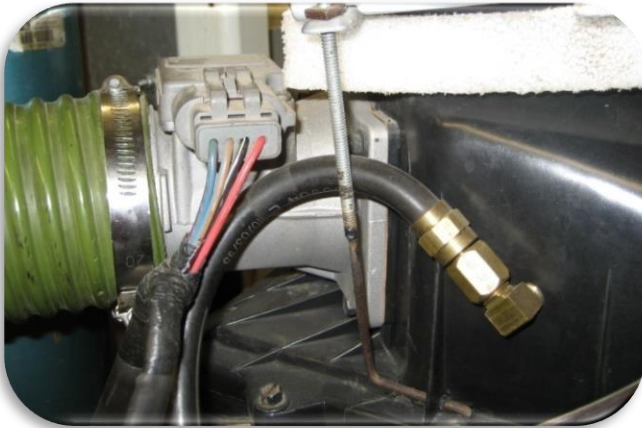




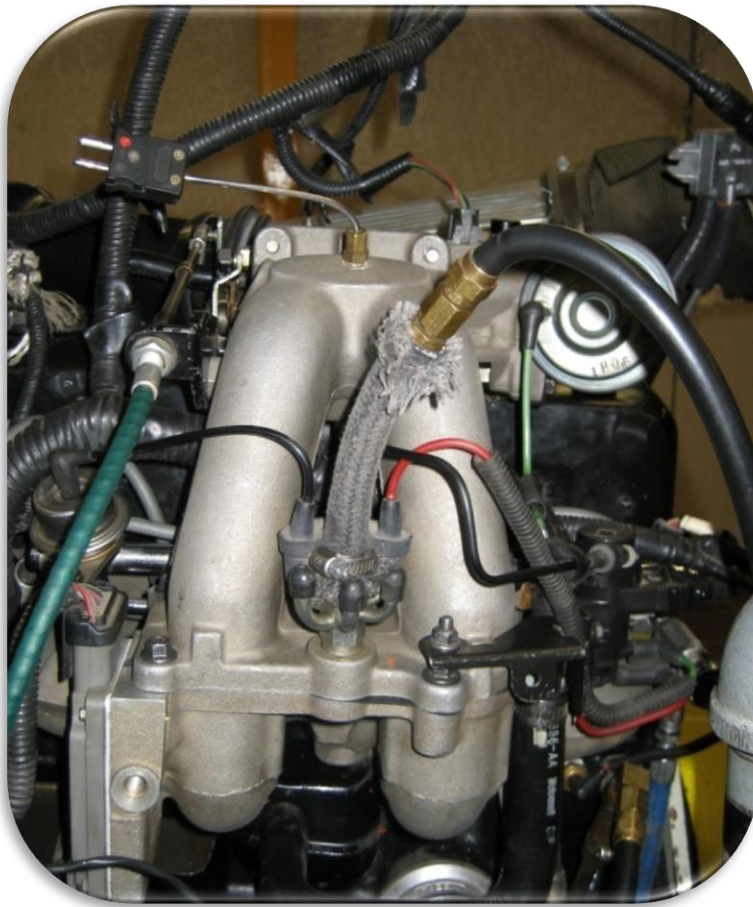
**Figura A1.2 Área típica de prueba (vista lado derecho)**



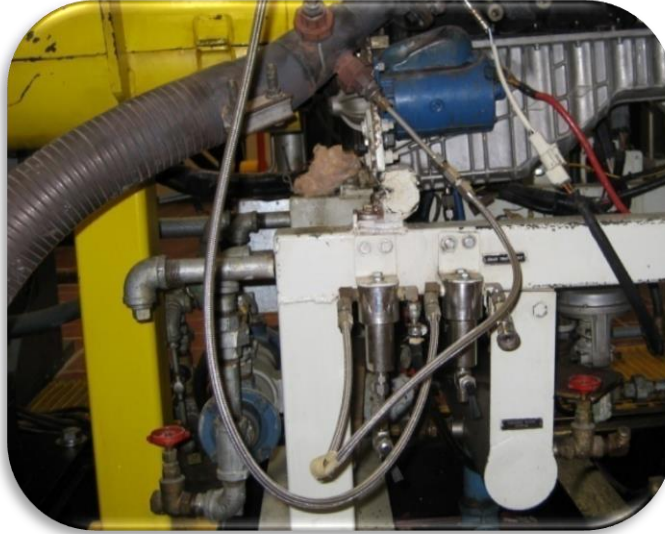
**Figura A1.3 Área típica de prueba (vista lado izquierdo)**



**Figura A1.4 Sistema de suministro de aire de admisión**



**Figura A1.5 Localización de la medición de la presión absoluta del múltiple de admisión**



**Figura A1.6 Diseño y orientación de la línea del sistema de escape para medir la presión de los gases y emisiones**



**Figura A1.7 Sistema de combustible**



**Figura A1.8 Sistema de enfriamiento del aceite**



**Figura A1.9 Sistema de enfriamiento, sensor de temperatura, presión y tubo de la bayoneta del aceite.**





**Figura A1.10 Aparato para la prueba de la válvula PCV**



**Figura A1.11 Sistema de enfriamiento del motor**

## A2– Lista de número de partes del motor

**Tabla A2.1 Partes del área de prueba Grupo: Z-060-150**

Número de parte	Cantidad	Descripción
F27E-9F805-AC	1	Línea de salida del aire de admisión
F27E-9A673-AA	1	Línea de entrada del aire de admisión
F37E-9600-DD	1	Purificador de aire
E9PF-10346-BA	1	Alternador
E97A-10145-AA	1	Brazo del alternador
E27E-8620-AB	1	Banda del alternador
390785-S36	1	Tornillo para ajustar alternador
389483-S36	1	Tornillo del alternador
N605545-S100	2	Tornillo del brazo del alternador al motor
N605799-S2	3	Tornillo de ajuste del alternador al motor
N606043-S2	3	Tornillo del alternador al motor
E87A-10B315-CA	1	Soporte del alternador
E97A-10239-AB	1	Abrazaderas del alternador
F5JL-12A200-BA	1	Cables Harness del motor
E69A-8509-CD	1	Polea de la bomba de agua
F0TE-9J459-A1A	1	Regulador de vacío EGR
F0SF-9F472-AA	1	Sensor de oxígeno
F37E-9J433-BA	1	Sensor del EGR
F47E-9E494-BA	1	Abrazaderas
F1AE-9J460-AA	1	Sensor

**Tabla A2.2 Partes críticas**

Número de parte	Cantidad	Descripción
F27E-6049-A11B	1	Cabeza de cilindros
F47F-12A650-BGB	1	Procesador EEC-IV
OHTIVD-001-1	1	Procesador modificado EEC-IV
F5JL-12A200-BA	1	Cables Harness del motor
F03E-9F593-A2B	1	Inyector de combustible
F47B-9D930-AA	1	Harness de los inyectores
F37U-12029-AA	1	Bobina
F2ZE-12A166-DA	1	Abrazaderas de la bobina
N606502-S36	1	Tornillo de la abrazadera de la bobina
E8TF-12A297-AA	1	Control de ignición armado
F37E-12280-BD	1	Cable de ignición (lado derecho)
F37E-12281-CA	1	Cable de ignición (lado izquierdo)
F37E-6A517-CA	1	Sella de válvula de escape
F37E-6A517-AA	1	Sello de válvula de admisión
F32F-12A697-AA	1	Sensor de temperatura del aire
F27E-6C351-BA	1	Sensor del tiempo del cigüeñal
F2AF-9B989-AA	1	Sensor TPS
F2AF-12A648-AA	1	Sensor de temperatura del refrigerante
F37F-12B549-FA	1	Sensor MAF

F47E-9E494-BA	1	Abrazadera de la válvula EGR
F1AE-9J460-AA	1	Sensor del EGR
F0SF-9F472-AA	1	Sensor de oxígeno
F37E-6507-A2A	1	Válvula de admisión
F37E-6505-A2A	1	Válvula de escape

**Tabla A2.3 Partes del motor Grupo: Z-060-151**

Número de parte	Cantidad	Descripción
EK-191-AA	1	Motor
F7JL-6006-AA	1	Monoblock armado
<b>Partes del motor</b>		
<b>Grupo: Z-060-151-A01</b>		
F27E-6019-A11B	1	Cabeza de cilindros
F03E-9F593-A2B	4	Inyector de combustible
F37E-6A517-AA	16	Sello de válvula de admisión
F37E-6507-A2A	16	Válvula de admisión
N600414-S100	1	Tornillo del engrane del árbol de levas
F3ZZ-6065-F	40	Tornillo para cabeza de cilindros
E77E6251-AA	1	Árbol de levas
E2AE-6714-B2A	4	Filtro para aceite
E6AE-9601-BC	4	Filtro para aire
F1TE-9D476-CA	4	Junta para válvula EGR
E89E-9439-AC	4	Junta inferior del múltiple - cabeza
E59E-9E936-AA	4	Junta superior del cuerpo aceleración
F47E-6051-A5A	4	Junta de cabeza
F37E-9448-AB	4	Junta de múltiple de escape
E87E-8255-AA	4	Junta de salida del refrigerante
F47E-9H486-AA	4	Junta superior e inferior del múltiple
F57E-6584-AA	4	Junta de la tapa de balancines
D42E-6B260-AA	1	Banda de distribución
F57E-12281-CA	2	Cables para bujía (lado derecho)
F57E-12280-BC	2	Cables para bujía (lado izquierdo)
DOAE-6518-B3	16	Retenedores del resorte de válvula
F67E-6C501-AA	8	Rondanas de sujeción
D8DE-6A666-BA	1	Válvula PCV
F37E-6A222-A3A	1	Placa de sujeción del árbol de levas
E43E-6514-AC	8	Retenedores de válvulas
FO7E-6529-AA	8	Balancines
N604465-S	2	Tornillos de sujeción del árbol de levas
F37E-6A517-CA	16	Sello de válvula de escape
E6ZE-6700-A1A	4	Retenedor del árbol de levas
F37E-12405-BA	4	Bujía
F17E-6256-AA	1	Engrane del árbol de levas
FOEE-8575-AA	1	Termostato
F57E-8575-AB	16	Válvula de escape
E59E-6A511-A2A	8	Resorte de válvula
D42E-6278-A	1	Guía del engrane del árbol de levas

## A3- Trabajo resultado de la investigación



Congreso Internacional de Investigación de  
**Academia Journals Chiapas 2014**

❧

*Certificado*

Otorgado a

**Ing. Rafael Yáñez Sánchez**

**Dr. Celerino Reséndiz Rosas**

**M. en P.D. Agustín Hernández Muñoz**

*por su ponencia intitulada*

❧

Metodología para la evaluación de tendencias de la formación de depósitos en válvulas de admisión  
en un motor Ford 2.3 L a gasolina.

❧

que fue presentada en el Congreso Internacional de Academia Journals Chiapas 2014  
desarrollado los días 17 al 19 de septiembre de 2014  
en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, y publicada en el portal de Internet  
*Chiapas.AcademiaJournals.com* con ISSN 1946-5351 Online y 1948-2353 CD ROM

❧

Ponencia número  
**061C**

Dr. Sabino Velázquez Trujillo  
Presidente de la Comisión Organizadora  
Profesor  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez  
Universidad Autónoma de Chiapas

Dr. Rafael Moras  
Jefe Comité de Programa del Congreso  
Editor, AcademiaJournals.com  
Profesor y Director Maestrías Ing. Industrial y Administrativa  
St. Mary's University, San Antonio, TX, EEUU

# Metodología para la evaluación de tendencias de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor Ford 2.3 L a gasolina.

Ing. Rafael Yáñez Sánchez <sup>1</sup>, Dr. Celerino Reséndiz Rosas <sup>2</sup> y  
M. en P.D. Agustín Hernández Muñoz <sup>3</sup>

**Resumen**—Para este proyecto se usara la infraestructura utilizada en el método ASTM D6201 <sup>4</sup>, teniendo como objetivo el desarrollar una metodología para la evaluación en la tendencia de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor Ford 2.3 L a gasolina modelo 1994 acoplado a un dinamómetro, consistiendo en un solo ciclo de prueba en modo estable del motor, operando a una velocidad de  $2000 \pm 25$  RPM, una presión absoluta de admisión de  $30 \pm 1.3$  kPa y una carga del dinamómetro  $< 5$  kW durante 16 horas con un consumo de combustible aproximadamente de 50 L donde los resultados son reportados por peso de los depósitos en las válvulas de admisión.

**Palabras clave**—Motor, aditivos, válvulas, depósitos.

## Introducción

Un problema que se presenta en los motores de combustión interna por el uso de combustible derivado del petróleo como es la gasolina, es que durante la operación se presenta formación de depósitos de carbono, gomas y barnices que obstruyen el sistema de admisión del motor, es decir en los inyectores de combustible, en el puerto de admisión, válvulas y en la cámara de combustión, aún con pequeñas cantidades de estos depósitos, pueden obstruir la atomización del combustible o impedir la hermeticidad en la cámara de combustión. Con ello se provoca una baja eficiencia de combustión que trae como consecuencia, el desempeño deficiente del vehículo, alto consumo de combustible e incremento de las emisiones contaminantes productos de la combustión tales como hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, debido a la calidad del combustible y las condiciones del vehículo.

La premisa fundamental de esta metodología, es desarrollar un procedimiento para la evaluación de tendencias de la formación de depósitos en válvulas de admisión que sustituya al método actual aplicado en el Instituto Mexicano del Petróleo con clave de identificación 05LA-0417-RF-MP-01 <sup>5</sup> de la prueba de motores mono-cilíndricos de carburador, permitiendo fomentar o contribuir en el ensuciamiento del sistema de admisión o ser precursor en la formación de depósitos en las válvulas de admisión al utilizar gasolina sin aditivos detergentes (blanco), en un periodo de 16 horas continuas de operación; para que posteriormente, sean evaluados los aditivos detergentes en lo que respecta al desempeño de limpieza en las válvulas de admisión. Se estima un consumo de gasolina de aproximadamente 50 L por prueba; así como, la utilización de refacciones de fabricación nacional para reducir los costos operacionales.

Esta metodología utiliza un motor Ford 2.3 litros en línea, modelo 1994 de cuatro cilindros, utilizada en camionetas Ford Ranger Americana. El monoblock y la cabeza de cilindros están hechas de fierro fundido, la cabeza del motor están diseñada con árbol de levas a la cabeza, con combustión rápida y con inyección electrónica de combustible en el puerto de admisión.

Cada motor es armado bajo estrictas especificaciones, usando un juego de partes para el acondicionamiento del motor (juntas, sellos, válvulas, resortes, etc.) fabricadas por Ford Motor Co. Las válvulas de admisión deberán ser nuevas y pesadas para armar la cabeza de cilindros. La prueba del motor está sujeta a un riguroso procedimiento de control de calidad para verificar su operación. Para asegurar la confiabilidad de esta prueba, se utilizará un sistema de adquisición de datos para controlar los parámetros de operación de la prueba.

<sup>1</sup> El Ing. Rafael Yáñez Sánchez es Estudiante de Posgrado del Instituto Tecnológico de Pachuca, México ryanez@imp.mx

<sup>2</sup> El Dr. Celerino Reséndiz Rosas es Profesor de Posgrado del Instituto Tecnológico de Pachuca, México rcelerino@yahoo.com

<sup>3</sup> El M. en P.D. Agustín Hernández Muñoz es Responsable del Laboratorio de Tratamientos Químicos del Instituto Mexicano del Petróleo Sección La Reforma ahernan@imp.mx

<sup>4</sup> Método ASTM D6201-04 re-aprobado 2009, Esta bajo jurisdicción de ASTM del Comité D02 en Lubricantes y Productos del Petróleo y es responsabilidad directa del Subcomité D02.A0 en Gasolina y Combustibles Oxigenados.

<sup>5</sup> Método 05LA-0417-RF-MP-01 Patente de invención No. 184372

Durante cada prueba, se deberán mantener las condiciones de estado estable del motor controlando los límites de velocidad, torque, presiones y temperaturas con la finalidad de evaluar las tendencias en el desempeño de los aditivos detergentes en el sistema de admisión del motor de combustión interna, bajo las dos siguientes modalidades

- 1) **Ensuciamiento de las válvulas de admisión.**  
Generar mayor cantidad de depósitos al utilizar gasolinas sin aditivos (blancos) para tener un valor de referencia como comparativo del lote de combustible.
- 2) **Mantener limpio las válvulas de admisión.**  
Evaluar las tendencias del desempeño de los aditivos detergentes en gasolinas del mismo lote, utilizando válvulas nuevas.

La metodología, estará soportada por los procedimientos de preparación, evaluación cuantitativa y de la aplicación de la infraestructura actual que se tiene del método ASTM D6201, con la finalidad de obtener resultados confiables y más representativos a las de un vehículo con tecnología de inyección electrónica de combustible.

### **Descripción del Método**

#### ***Preparación del monoblock***

**Inspección y preparación del monoblock:** Inspeccionar íntegramente las caras de los pistones. Asegurarse de que no existe muestra de desgaste en las caras de los pistones (poros, ralladuras y algo anormal). Asegurarse que se encuentre libre de impurezas o fracturas.

**Inspección de los cilindros:** Inspeccionar los cilindros (poros, ralladuras, etc.), para asegurar que el desgaste se mantenga dentro de los límites de tolerancia indicados por el fabricante. Inspeccionar la integridad del monoblock para medir la compresión del motor, la fuga de compresión y consumo de aceite por desgaste excesivo. Si el desgaste rebasa los límites establecidos, se deberá de remplazar el monoblock.

#### ***Preparación de las partes que componen el motor***

**Preparación de los inyectores de combustible:** Previo a su instalación en el motor, los inyectores deberán ser evaluados (nuevos o usados) en lo que respecta a la atomización y a su rango de flujo.

**Lavado de inyectores nuevos y usados:** Lavar los inyectores nuevos antes de iniciar la prueba de flujo, por espacio de 30 s para remover algún residuo.

**Equipo para medición de flujo:** Después de encender la bomba de combustible, el iso-octano iniciara a pasar el flujo a través del inyector en cuestión. Mantener la presión del fluido de prueba suministrado al inyector a  $269 \pm 3.4$  kPa ( $39 \pm 0.5$  psi) durante el tiempo de prueba.

**Prueba de flujo de inyectores:** Se efectuaran tres pruebas de flujo en cada inyector por un periodo de 60 seg. Registrar tres mediciones por cada inyector. El rango de flujo final del inyector estará basado en el promedio de estas tres.

**Observar la calidad de atomización:** Cuando el inyector esta fluyendo, realizar una observación de la calidad de atomización. Registrar esta observación para cada uno. Rechazar algún inyector que registre alguna atomización anormal. Cuando el inyector no este abierto (fluyendo combustible), los inyectores no podrán fugar o gotear por la tobera cuando estén sometidos a presión con el fluido de trabajo durante 30s. Reemplazar algún inyector que presente fugas o goteo.

**Criterio de aceptación:** Siguiendo los siguientes lineamientos conocerá cuando seleccionar los inyectores que se usaran para este método. No usar grupo de inyectores o inyectores en forma individual que no cumplan con los siguientes lineamientos:

- (d) **Especificación para flujo en inyectores individuales:** El flujo de prueba en inyectores individuales debe de estar en las siguientes condiciones: Mantener la presión del fluido a  $269 \pm 3.4$  kPa ( $39 \pm 0.5$  psi), usando iso-octano como fluido en un rango de temperatura de 15 a 25 °C (59 a 77 °F) y una gravedad específica de 0.754 a 0.82. Ajustar las condiciones de presión y temperatura para las pruebas de rango de flujo. Los inyectores medidos en forma individual tendrán que tener un rango de flujo de 1.82 a 2.23 mL/ s.
- (e) **Especificaciones para flujos en grupos de inyectores:** El grupo de los cuatro inyectores no podrán tener algún inyector con una desviación promedio de los cuatro mayor del 3 %.
- (f) **Criterio de inspección visual:** Los inyectores no deberán gotear cuando no estén presurizados durante los siguientes 30 seg. Si algún inyector presentara una atomización anormal durante la prueba, no podrá ser usado.

**Preparación del múltiple de admisión:** Asegurarse que el múltiple de admisión este limpio antes de cada prueba.

**Preparación de la válvula PCV:** Usar una válvula PCV, verificar el rango de flujo antes y después de cada prueba. Rechazar una válvula PCV cuando no cumpla con las siguientes especificaciones:

- c) 24.1 a 32.6 L/min (0.85 a 1.15 ft<sup>3</sup>/min) a 60.8 kPa de vacío (18 in Hg).
- d) 52.4 a 60.9 L/min (1.85 a 2.15 ft<sup>3</sup>/min) a 27.0 kPa de vacío (8 in Hg).

#### *Preparación de la cabeza de cilindros*

**Etiquetar las válvulas:** Usar válvulas nuevas de admisión y escape para cada prueba, marcar cada válvula antes de ser pesado.

**Limpieza de la superficie y asiento de válvula:** Limpiar cada válvula de admisión y escape, usando hexano por 20 s.

**Lavado de la superficie y asiento de válvula:** Sumergir las válvulas, en solvente hexano y secarlos con una toalla tersa. Limpiar los asientos de las válvulas con solvente hexano y secarlos con una toalla tersa. Lavar las válvulas con hexano. Sacudir delicadamente el remante del solvente. Colocar las válvulas en un horno a una temperatura de  $93 \pm 5$  °C ( $200 \pm 9$  °F) durante 5 minutos. Posteriormente, colocarlos en un desecador por un espacio de 1 hora.

**Pesar válvulas:** Pesar y recabar los pesos de las válvulas con una precisión de 0.0001 g.

**Mediciones de espacio (tolerancias) entre guía y vástago:** Medir en las partes de: arriba, al centro y debajo de cada vástago y guía de válvula, con la finalidad de determinar la tolerancia. Se tendrán que tomar dos formas de medidas en cada guía. La primera se hará a 3mm de la parte de arriba, al centro de la guía y a 3 mm de la parte de abajo. La segunda, se harán de acuerdo a la primera, pero a 90 °, es decir en forma perpendicular a la primera. Los espacios de tolerancias tendrán que estar dentro de las siguientes especificaciones y de acuerdo a las dimensiones de las guías de válvulas:

- Tolerancia en escape:** 0.038 – 0.140 mm (0.0015 – 0.0055 in)
- Tolerancia en admisión:** 0.025 – 0.069 mm (0.0010 – 0.0027 in)

**Mediciones del ancho del asiento de válvula:** Medir y registrar los valores del ancho del asiento de válvula, y que se encuentre lo más cercano a 0.025 mm (0.0009 in).

#### **Especificaciones del ancho de los asientos de válvulas en cabeza:**

- Admisión:** 1.524 – 2.032 mm (0.060 – 0.080 in)
- Escape:** 1.778 – 2.286 mm (0.070 – 0.090 in)



**Medición de los resortes de válvulas libre de carga:** Medir y registrar las medidas de los resortes en su longitud.

**Medición de resortes de válvulas con carga:** Si los resortes medidos sin cargas están dentro de las especificaciones, entonces estos podrán ser sometidos a cargas de compresión, y así, tomar las mediciones con carga, y deberán estar dentro de 29.5 mm (1.16 in). La experiencia nos ha mostrado que los parámetros aplicados a los resortes de válvulas deberán estar dentro de las siguientes especificaciones mostradas a continuación.

**Especificaciones de resortes de válvulas:**

**Longitud del resorte sin carga:** 50.3 a 53.8 mm (1.98 a 2.12 in)

**Carga aplicada al resorte:**  $67.3 \pm 3.6$  kg. para obtener una deflexión de  $29.5 \pm 0.76$  mm.  
( $48 \pm 8$  lb para obtener una deflexión de  $1.16 \pm 0.03$  in).

***Armado de la cabeza de cilindros***

**Instalación de sellos de válvulas y válvulas:** Lubricar cada sello y vástago de válvula con aceite especificado para el armado.

**Instalación de los resortes y retenedores de válvulas:** Instalar los resortes de válvulas (limpios) y sus retenedores (arandelas). Cuando se estén instalando (comprimiendo los resortes para instalar los retenedores).

**Mediciones de la longitud de los resortes de válvula ensamblado:** Medir y registrar la longitud de los resortes de válvulas ya ensamblados, tendrá que ser de: 37.85 a 39.37 mm (1.49 a 1.55 in).

**Verificación de fuga de compresión a través de válvulas:** Sellar con una placa ciega y junta entre la cabeza de cilindros y cámara de combustión, con el objeto de mantener hermético la zona de la cabeza de cilindros. Aplicar aire a una presión de 480 kPa (70 psi) en cada cámara de combustión a través de cada bujía y registrar el porcentaje de fuga de compresión. El porcentaje de fuga de compresión no podrá ser mayor del 5% en alguna de las cámaras de combustión.

***Instalación de la cabeza de cilindros***

**Aplicación de Torque en cabeza de cilindros:** Instalar en el motor, la cabeza de cilindros una vez que haya sido ensamblada. No utilizar algún sellador en la junta de la cabeza. Posteriormente, instalar y torqu coast los tornillos de la cabeza de acuerdo a lo descrito en el Manual de Servicios de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994.

**Instalación de las bujías:** Instalar bujías nuevas en la cabeza de cilindros, de marca Motorcraft F3TE-12405-BA. Verificar que la calibración este dentro de las especificaciones: 1.06 a 1.17 mm (0.042 a 0.046 in). Finalmente aplicarles un torque de 6.8 a 13.6 N-m (5 a 10 lb-pie).

***Ensamble final del motor***

Realizar el ensamble del motor de acuerdo al Manual de Servicios de Ford Aerostar, Ranger, Explorer 1994, así como los diferentes sistemas refiriéndose al Método ASTM D6201.

Instalación del árbol de levas, balancines y engrane de sincronización.

Instalación del engrane de sincronización.

Instalación de la bomba de agua y polea.

Instalación de la polea del cigüeñal y la cubierta de la banda de distribución.

Instalación del múltiple de admisión.

Instalación del riel de combustible con los inyectores.

Instalación de la tapa de balancines y cuerpo de aceleración.

Instalación del sistema de aire de admisión.

Instalación de las partes complementarias.

Instalación del sistema de enfriamiento del motor.  
 Instalación del sistema externo de aceite.  
 Instalación del sistema de combustible.  
 Instalación de los termopares.  
 Instalación de las líneas de presión y vacío.  
 Instalación de las líneas de emisiones y contrapresiones de los gases de escape.  
 Instalación de los cables Harness del motor.

### ***Parámetros y especificaciones de la prueba***

Los parámetros y especificaciones que se deben seguir para que no quede invalidada la prueba se muestran en la Tabla 1.

PARÁMETRO		ESPECIFICACIÓN
<b>Etapa</b>	-	<b>1</b>
<b>Tiempo</b>	<b>Duración de la etapa, (hr)</b>	<b>16</b>
<b>Motor</b>	<b>Velocidad del motor (rpm)</b>	<b>2000 ± 25</b>
<b>Carga</b>	<b>Torque del motor (kW)</b>	<b>&lt; 5</b>
<b>Aceite del Motor</b>	<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	<b>80 ± 5</b>
	<b>Temperatura de salida (°C)</b>	<b>Record</b>
	<b>Presión de entrada (kPa) relativa</b>	<b>Record</b>
<b>Enfriamiento del motor</b>	<b>Temperatura de salida (°C)</b>	<b>90 ± 3</b>
	<b>Temperatura de entrada (°C)</b>	<b>Record</b>
	<b>Rango de flujo (L/min)</b>	<b>Record</b>
<b>Aire de admisión</b>	<b>Temperatura de admisión (°C)</b>	<b>50 ± 2</b>
	<b>Presión de admisión (kPa) relativa</b>	<b>0.05 ± 0.01</b>
	<b>Humedad en la admisión (g/kg)</b>	<b>11.4 ± 0.7</b>
<b>Múltiples del Motor</b>	<b>Presión absoluta de admisión (kPa)</b>	<b>30.6 ± 1.3</b>
	<b>Presión gases de escape (kPa) abs.</b>	<b>78 ± 1</b>
<b>Datos del combustible del motor</b>	<b>Temperatura de admisión combustible (°C)</b>	<b>28 ± 5</b>
<b>Emisiones de gases de escape</b>	<b>O<sub>2</sub> (% vol)</b>	<b>Record</b>
	<b>CO<sub>2</sub> (% vol)</b>	<b>Record</b>
	<b>CO (% vol)</b>	<b>Record</b>
<b>Otros</b>	<b>Flujo del blowby (L/min)</b>	<b>Record</b>

Tabla 1. Parámetros y especificaciones de la prueba.

### **Comentarios Finales**

#### ***Resumen de resultados***

En este trabajo investigativo se estudió la tendencia de la formación de depósitos en válvulas de admisión en un motor Ford 2.3 L a gasolina por grupo de válvulas como se muestra en la Figura 1

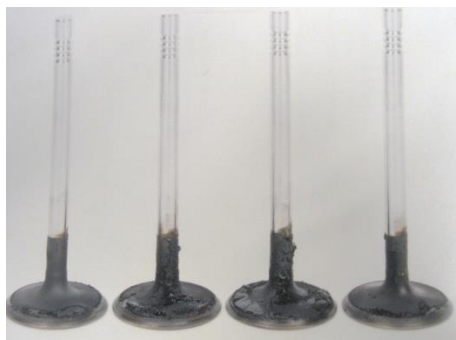


Figura 1. Grupo de válvulas de admisión de la prueba No. 10

Los resultados del desarrollo de la metodología incluyen el análisis estadístico de los promedios de pesos de los depósitos obtenidos por grupo de válvulas como se muestra en la Tabla 2.

Prueba (n)	Gasolina Formulada (mismo lote)	Respuesta (Y) (mg)	Grupo de Técnicos	No. de días de pruebas	Y <sup>2</sup>
1	Sin aditivo	55.8	1	1	3113.6
2	Sin aditivo	52.3	1	2	2735.3
3	Sin aditivo	51.2	1	3	2621.4
4	Sin aditivo	54.9	1	4	3014
5	Sin aditivo	53.1	1	5	2819.6
6	Sin aditivo	52.5	2	6	2756.3
7	Sin aditivo	51.9	2	7	2693.6
8	Sin aditivo	52.1	2	8	2714.4
9	Sin aditivo	53.2	2	9	2830.2
10	Sin aditivo	52.7	2	10	2777.3
Σ	Sumatorias	529.7			28075.7
Ŷ	Media	52.97	$\hat{Y} = \frac{\Sigma Y}{n}$		
DE	Desviación estándar	1.265	$DE = \sqrt{\frac{n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2}{n(n-1)}}$		
CV	Coficiente de variación	2.638581781	$CV = \frac{DE}{\hat{Y}} * 100$		

Tabla 2. Análisis estadístico de los promedios de pesos de los depósitos obtenidos por grupo de válvulas

### Conclusiones

Los resultados de investigación demuestran un coeficiente de variación menor al 3% en las pruebas realizadas, demostrando repetibilidad en los resultados, es decir esta metodología sirve para dictaminar la eficiencia a nivel de tendencias de aditivos detergentes para gasolinas automotrices resultando benéfico para investigadores y comercializadores de aditivos que pretendan aditivar el combustible nacional, además de servir como pruebas de seguimiento de la calidad del aditivo suministrado en los combustibles de PEMEX, es indispensable aumentar el número de pruebas a 20 para que sea significativo el análisis estadístico estableciendo un criterio de coeficiente de variación  $\leq 4\%$ .

### Referencias

Método ASTM D6201-04 re-aprobado 2009, Esta bajo jurisdicción de ASTM del Comité D02 en Lubricantes y Productos del Petróleo y es responsabilidad directa del Subcomité D02.A0 en Gasolina y Combustibles Oxigenados.

Método 05LA-0417-RF-MP-01 Patente de invención No. 184372 “Procedimiento de evaluación de aditivos detergentes en gasolinas automotrices” otorgado al IMP en Noviembre de 1992.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Método ASTM D6201-04 re-aprobado 2009. Está bajo jurisdicción de ASTM del comité D02 en lubricantes y productos del petróleo y es responsabilidad directa del subcomité D02.A0 en gasolina y combustibles oxigenados.

[2] Método 05LA-0417-RF-MP-01. Patente de invención No. 184372 del IMP.

[3] Yunus A. Cengel y Michael A. Boles; Termodinámica (6<sup>ta</sup> ed.) México: McGraw.Hill 2009 ISBN 978-970-10-7286-8

[4] ASTM D5500. Prueba para la evaluación de combustibles mediante el control de depósitos en válvulas de admisión.

[5] ASTM D5598. Prueba para la evaluación de tendencias para mantener limpio el puerto de inyección de combustible.

[6] ASTM D5302. Método de prueba para lubricantes.

[7] Manual del procesador EEC-IV por OH Technologies, Inc., P.O. Box 5039, Mentor, OH 44061-5039.

[8] ASTM D02-1218. Guía de adquisición de datos, precisión de la instrumentación y calibración.

[9] ANSI en su publicación MC96.1-1975. Especificaciones de termopares y cables.

[10] Estándar SAE J254. Instrumentación y técnicas para la medición de emisiones de gases de escape.

[11] ASTM D4814. Especificación del combustible para motores de ignición por bujía.

[12] ASTM D 235. Especificación en los minerales por espectros.

[13] ASTM D 4057. Prácticas para el muestreo manual del petróleo y productos del petróleo.

[14] ASTM D 4953. Método de prueba para medir la presión de vapor de las gasolinas.

[15] ASTM D 5190. Método de prueba para medir la presión del vapor en productos del petróleo (método automotriz).

[16] ASTM D 5191. Método de prueba para medir la presión del vapor en productos del petróleo (mini método).

[17] ASTM D 5482. Método de prueba para determinar la presión del vapor en productos del petróleo (mini método atmosférico).

[18] ASTM D 287. Método de prueba para el petróleo crudo y productos del petróleo por gravedad API.

[19] ASTM D 86. Método de prueba para la destilación de productos del petróleo a presión atmosférica.

[20] ASTM D 381. Método de prueba para la determinación de existencia de gomas en los combustibles por evaporación.

[21] ASTM D 525. Método de prueba para la estabilidad de oxidación de la gasolina.

[22] ASTM D 2427. Método de prueba para la determinación de C2 a través de C5 en hidrocarburos por cromatografía de gases.

[23] ASTM D 873. Método de prueba para la estabilidad de oxidación de combustibles de aviación (método de potencial residual).

[24] ASTM D 1298. Prácticas para densidad y densidad relativa para petróleo crudo y para productos líquidos del petróleo.

[25] ASTM D 4294. Método de prueba para la determinación de azufre en productos del petróleo por espectroscopia fluorescente de rayos X.

[26] ASTM D 2622. Método de prueba para la determinación de azufre en productos del petróleo por espectrometría de rayos X.

[27] ASTM D 1319. Método de prueba para hidrocarburos tipo líquidos de productos del petróleo por indicador de absorción fluorescente.

[28] ASTM D 1744. Método de prueba para la determinación de agua en productos líquidos del petróleo.

[29] ASTM D 3237. Método de prueba para determinar el plomo en la gasolina por espectrometría por absorción atómica.

[30] Manual 16 del CRC (Código de Regulación de California), título 13, sección 2257.

[31] NMX-CH-5725-IMNC-2006. Exactitud de resultados y métodos de medición: Método básico para la determinación de la repetibilidad y reproducibilidad de un método de medición normalizado.