

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR A GASOLINA**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**JHONY PAUL ROCHA MORENO**

**DIRECTOR: Ing. Guillermo Cabrera**

**CODIRECTOR: Ing. Alexis Ortiz**

**Sangolquí, Agosto del 2005**

## **CERTIFICACIÓN**

El proyecto “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR A GASOLINA” fue realizado en su totalidad por el Sr. Jhony Paúl Rocha Moreno, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Guillermo Cabrera  
**DIRECTOR**

---

Ing. Alexis Ortiz  
**CODIRECTOR**

08 de Agosto del 2005

**Fecha**

# LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN  
EL DESEMPEÑO DE UN MOTOR A GASOLINA”**

**ELABORADO POR:**

---

Jhony Paúl Rocha Moreno

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

Mayo. C.B. Ing. Hugo Ruiz

**DECANO**

08 de Agosto del 2005

**Fecha**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida, la protección y la sabiduría para llevar a cabo mis grandes metas.

A mis padres por sus sabios consejos, confianza y apoyo incondicional.

A los ingenieros que han colaborado en la realización de este proyecto:

Ing. Guillermo Cabrera  
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Alexis Ortiz  
CODIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Alberto Naranjo  
LABORATORISTA DE LA FIME

## **DEDICATORIA**

A mis Padres, quienes con amor y perseverancia supieron inculcarme anhelos de superación, ya que gracias a ellos he alcanzado esta meta emprendida.

A mi hija, quien con su dulcera e inocencia ha sido un estímulo e inspiración en la ejecución de este proyecto.

A ellos por ser las personas más importantes en mi vida.

## RESUMEN

Con el crecimiento que va teniendo el parque automotor en el Ecuador, se ha visto la necesidad de realizar estudios de elementos que se los consideraba insignificantes pero que son de vital importancia en el funcionamiento y rendimiento del motor, ellos son las bujías.

La bujía, es él elemento que tiene la capacidad de poner en funcionamiento o no al motor a gasolina y también de hacerle funcionar eficientemente, si se utiliza el tipo de bujía adecuado para las condiciones de trabajo que requiere el motor.

Por tal razón se realizarón pruebas en diferentes condiciones de operación del motor, en las cuales los resultados de los parámetros de desempeño del motor con cada tipo de bujías variaban uno con respecto al otro, y con respecto a la bujía recomendada por el fabricante para el motor a prueba.

Resultados que sirvieron para establecer ventajas y desventajas en el funcionamiento del motor, con el fin de tener una referencia del desempeño de un motor en función del tipo de bujía, la cual será un aporte para el adelanto del sector automotor nacional.



	<b>Pag.</b>
3.6 Análisis del estado de la bujía .....	74
3.6.1 Aspectos, causas, síntomas y recomendaciones .....	74

#### **CAPITULO IV      PLAN DE PRUEBAS Y EXPERIMENTACION**

4.1 Plan de pruebas .....	81
4.1.1 Parámetros de desempeño de un MECH .....	81
4.1.2 Pruebas con los distintos tipos de bujías .....	85
4.1.3 Equipos e instrumentos a utilizar .....	93
4.1.4 Flujograma del proceso experimental .....	96
4.2 Ejecución de las pruebas .....	98
4.2.1 Tabla de datos .....	98
4.2.2 Hoja de cálculo .....	120
4.2.3 Tabla de resultados y curvas de desempeño del motor. ....	123

#### **CAPITULO V      ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

5.1 De las pruebas con los distintos tipos de bujías .....	165
5.1.1 Con el motor en vacío .....	165
5.1.2 Variando la velocidad de rotación con aceleración del 100% ....	167
5.1.3 Variando la carga o con cargas parciales .....	172
5.2 De las curvas de desempeño del motor .....	178
5.3 Resultado del análisis para cada tipo de bujía .....	186

#### **CAPITULO VI      CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones .....	195
6.2 Recomendaciones .....	197

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	199
---------------------------	-----

**ANEXOS**

Anexo 1: Equivalencia entre bujías .....	199
Anexo 2: Instalación, revisión y ajuste de bujías .....	203
Anexo 3: Diagnostico del motor según el aspecto de la bujía .....	213
Anexo 4: Bujías que alcanzaron el mayor y menor rendimiento.....	219

## LISTADO DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1 Diagrama P vs V y T vs S (Ciclo Teórico) .....	27
Figura 2.2 Diagrama P vs V (Ciclo Real) .....	29
Figura 2.3 Diagrama P vs V (Ciclo Teórico y Real) .....	30
Figura 2.4 Proceso de Admisión .....	32
Figura 2.5 Proceso de Compresión .....	33
Figura 2.6 Proceso de Combustión y Expansión .....	34
Figura 2.7 Proceso de Escape .....	35
Figura 2.8 Diagrama P vs V (Combustión Detonante) .....	39
Figura 2.9 Diagrama P vs V (Autoencendido Prematuro) .....	40
Figura 2.10 Diagrama P vs V (Autoencendido Retrazado) .....	41
Figura 2.11 Sistema de Encendido Eléctrico y Componentes .....	42
Figura 2.12 Elementos de un Distribuidor o Delco .....	45
Figura 2.13 Avance de la chispa por vacío .....	46
Figura 2.14 Avance centrífugo de la chispa .....	47
Figura 2.15 Esquema eléctrico del circuito de encendido .....	49
Figura 2.16 Esquema de un sistema de encendido electrónico .....	50
Figura 2.17 Generador de impulsos inductivo .....	51
Figura 2.18 Sensor inductivo .....	51
Figura 2.19 Generador de impulsos por Efecto Hall .....	52
Figura 2.20 Curva característica programada en la central electrónica en un sistema de encendido integral. ....	53
Figura 2.21 Sistema de Encendido Electrónico Integral .....	53
Figura 3.1 Partes y Materiales de la bujía BERU .....	57
Figura 3.2 Proceso de obtención de la bujía BERU .....	58
Figura 3.3 Partes y Materiales de la bujía NGK .....	58
Figura 3.4 Generación de la chispa .....	59
Figura 3.5 Descarga oscilante de alta frecuencia .....	60
Figura 3.6 Disipación de calor .....	61
Figura 3.7 Condiciones rigurosas de trabajo .....	62
Figura 3.8 Tipos de bujías según el grado térmico .....	64

	<b>Pag.</b>
Figura 3.9 Código de Identificación BOSCH .....	65
Figura 3.10 Código de Identificación NGK .....	66
Figura 3.11 Código de Identificación BERU .....	67
Figura 3.12 Código de Identificación CHAMPION .....	68
Figura 3.13 Bujía Standard .....	69
Figura 3.14 Bujía Resistiva .....	70
Figura 3.15 Bujía con corte en V (Bujía Green) .....	71
Figura 3.16 Bujía de Platino .....	72
Figura 3.17 Bujía de Múltiples ElectrodoS .....	73
Figura 3.18 Bujía con descarga Semi-superficial .....	73
Figura 3.19 Aspecto de una bujía normal .....	74
Figura 3.20 Bujía cubierta de hollín .....	75
Figura 3.21 Bujía engrasada .....	75
Figura 3.22 Bujía con deposito de plomo .....	76
Figura 3.23 Bujía con formación de ceniza .....	76
Figura 3.24 Bujía con rotura del pie del aislador .....	77
Figura 3.25 Bujía con bastante descaste del electrodo de masa .....	77
Figura 3.26 Bujía con electrodos soldados por fusión .....	78
Figura 3.27 Bujía con bastante descaste del electrodo central .....	78
Figura 3.28 Bujía con electrodo central fundido .....	79
Figura 4.1 Potencia y economía de combustible en función de la relación aire/combustible .....	83
Figura 4.2 Freno hidráulico .....	94
Figura 4.3 Panel de Control (Banco de prueba) .....	95

## LISTADO DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
Tabla 4.1 Formato para la recopilación de datos de la prueba con el motor en vacío .....	86
Tabla 4.2 Formato para la recopilación de resultados de la prueba con el motor en vacío .....	87
Tabla 4.3 Formato para la recopilación de datos de la prueba variando la velocidad con aceleración 100% .....	89
Tabla 4.4 Formato para la recopilación de resultados de la prueba variando la velocidad con aceleración 100% .....	90
Tabla 4.5 Formato para la recopilación de datos de la prueba con cargas parciales .....	92
Tabla 4.6 Formato para la recopilación de resultados de la prueba con cargas parciales .....	93

### **PRUEBA CON EL MOTOR EN VACIO**

Tabla 4.7 Respuesta al encendido .....	98
Tabla 4.8 Datos de consumo de combustible a la velocidad de ralentí .....	99

### **PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD CON ACELERACION AL 100%**

Tabla 4.9 Datos con la bujía W7DC .....	100
Tabla 4.10 Datos con la bujía W8DC .....	100
Tabla 4.11 Datos con la bujía W9DC .....	101
Tabla 4.12 Datos con la bujía F7LDCR .....	101
Tabla 4.13 Datos con la bujía WR7DTC .....	102
Tabla 4.14 Datos con la bujía WR8DTC .....	102
Tabla 4.15 Datos con la bujía WR78 .....	103
Tabla 4.16 Datos con la bujía WR78X .....	103
Tabla 4.17 Datos con la bujía WR7DP .....	104
Tabla 4.18 Datos con la bujía FR8DPX .....	104

## **PRUEBA CON CARGAS PARCIALES**

**Pag.**

### **ACELERACION: 75%**

Tabla 4.19	Datos con la bujía W7DC .....	105
Tabla 4.20	Datos con la bujía W8DC .....	105
Tabla 4.21	Datos con la bujía W9DC .....	106
Tabla 4.22	Datos con la bujía F7LDCR .....	106
Tabla 4.23	Datos con la bujía WR7DTC .....	107
Tabla 4.24	Datos con la bujía WR8DTC .....	107
Tabla 4.25	Datos con la bujía WR78 .....	108
Tabla 4.26	Datos con la bujía WR78X .....	108
Tabla 4.27	Datos con la bujía WR7DP .....	109
Tabla 4.28	Datos con la bujía FR8DPX .....	109

### **ACELERACION: 50%**

Tabla 4.29	Datos con la bujía W7DC .....	110
Tabla 4.30	Datos con la bujía W8DC .....	110
Tabla 4.31	Datos con la bujía W9DC .....	111
Tabla 4.32	Datos con la bujía F7LDCR .....	111
Tabla 4.33	Datos con la bujía WR7DTC .....	112
Tabla 4.34	Datos con la bujía WR8DTC .....	112
Tabla 4.35	Datos con la bujía WR78 .....	113
Tabla 4.36	Datos con la bujía WR78X .....	113
Tabla 4.37	Datos con la bujía WR7DP .....	114
Tabla 4.38	Datos con la bujía FR8DPX .....	114

### **ACELERACION: 25%**

Tabla 4.39	Datos con la bujía W7DC .....	115
Tabla 4.40	Datos con la bujía W8DC .....	115
Tabla 4.41	Datos con la bujía W9DC .....	116
Tabla 4.42	Datos con la bujía F7LDCR .....	116
Tabla 4.43	Datos con la bujía WR7DTC .....	117

	<b>Pag.</b>
Tabla 4.44 Datos con la bujía WR8DTC .....	117
Tabla 4.45 Datos con la bujía WR78 .....	118
Tabla 4.46 Datos con la bujía WR78X .....	118
Tabla 4.47 Datos con la bujía WR7DP .....	119
Tabla 4.48 Datos con la bujía FR8DPX .....	119

### **PRUEBA CON EL MOTOR EN VACIO**

Tabla 4.49 Resultados de la respuesta al encendido .....	123
Tabla 4.50 Resultados del consumo de combustible a la velocidad de ralentí .....	123

### **PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD CON ACELERACION AL 100%**

Tabla 4.51 Resultados con la bujía W7DC .....	124
Tabla 4.52 Resultados con la bujía W8DC .....	125
Tabla 4.53 Resultados con la bujía W9DC .....	126
Tabla 4.54 Resultados con la bujía F7LDCR .....	127
Tabla 4.55 Resultados con la bujía WR7DTC .....	128
Tabla 4.56 Resultados con la bujía WR8DTC .....	129
Tabla 4.57 Resultados con la bujía WR78 .....	130
Tabla 4.58 Resultados con la bujía WR78X .....	131
Tabla 4.59 Resultados con la bujía WR7DP .....	132
Tabla 4.60 Resultados con la bujía FR8DPX .....	133

### **PRUEBA CON CARGAS PARCIALES**

#### **ACELERACION: 75%**

Tabla 4.61 Resultados con la bujía W7DC .....	134
Tabla 4.62 Resultados con la bujía W8DC .....	135
Tabla 4.63 Resultados con la bujía W9DC .....	136
Tabla 4.64 Resultados con la bujía F7LDCR .....	137
Tabla 4.65 Resultados con la bujía WR7DTC .....	138

	<b>Pag.</b>
Tabla 4.66 Resultados con la bujía WR8DTC .....	139
Tabla 4.67 Resultados con la bujía WR78 .....	140
Tabla 4.68 Resultados con la bujía WR78X .....	141
Tabla 4.69 Resultados con la bujía WR7DP .....	142
Tabla 4.70 Resultados con la bujía FR8DPX .....	143

#### **ACELERACION: 50%**

Tabla 4.71 Resultados con la bujía W7DC .....	144
Tabla 4.72 Resultados con la bujía W8DC .....	145
Tabla 4.73 Resultados con la bujía W9DC .....	146
Tabla 4.74 Resultados con la bujía F7LDCR .....	147
Tabla 4.75 Resultados con la bujía WR7DTC .....	148
Tabla 4.76 Resultados con la bujía WR8DTC .....	149
Tabla 4.77 Resultados con la bujía WR78 .....	150
Tabla 4.78 Resultados con la bujía WR78X .....	151
Tabla 4.79 Resultados con la bujía WR7DP .....	152
Tabla 4.80 Resultados con la bujía FR8DPX .....	153

#### **ACELERACION: 25%**

Tabla 4.81 Resultados con la bujía W7DC .....	154
Tabla 4.82 Resultados con la bujía W8DC .....	155
Tabla 4.83 Resultados con la bujía W9DC .....	156
Tabla 4.84 Resultados con la bujía F7LDCR .....	157
Tabla 4.85 Resultados con la bujía WR7DTC .....	158
Tabla 4.86 Resultados con la bujía WR8DTC .....	159
Tabla 4.87 Resultados con la bujía WR78 .....	160
Tabla 4.88 Resultados con la bujía WR78X .....	161
Tabla 4.89 Resultados con la bujía WR7DP .....	162
Tabla 4.90 Resultados con la bujía FR8DPX .....	163

### PRUEBA CON EL MOTOR EN VACIO

Tabla 5.1	Análisis de la respuesta al encendido .....	165
Tabla 5.2	Análisis del consumo de combustible a la velocidad de ralentí .....	166

### PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD CON ACELERACION AL 100%

Tabla 5.3	Análisis de Torque Máximo .....	167
Tabla 5.4	Análisis de la Potencia al Freno Máxima .....	168
Tabla 5.5	Análisis del Consumo Especifico de Combustible Mínimo .....	169
Tabla 5.6	Análisis de la Eficiencia Térmica Máxima .....	171

### PRUEBA CON CARGAS PARCIALES

Tabla 5.7	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 1500 RPM. ....	172
Tabla 5.8	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 2000 RPM. ....	173
Tabla 5.9	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 2500 RPM. ....	174
Tabla 5.10	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 3000 RPM. ....	175
Tabla 5.11	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 3500 RPM. ....	176
Tabla 5.12	Análisis de la variación de Consumo especifico de combustible a la velocidad de 4000 RPM. ....	177

## LISTADO DE GRAFICOS

	<b>Pag.</b>
<b>ACELERACION: 100%</b>	
Grafico 4.1	Curvas de desempeño de la bujía W7DC .....124
Grafico 4.2	Curvas de desempeño de la bujía W8DC .....125
Grafico 4.3	Curvas de desempeño de la bujía W9DC .....126
Grafico 4.4	Curvas de desempeño de la bujía F7LDCR .....127
Grafico 4.5	Curvas de desempeño de la bujía WR7DTC .....128
Grafico 4.6	Curvas de desempeño de la bujía WR8DTC .....129
Grafico 4.7	Curvas de desempeño de la bujía WR78 .....130
Grafico 4.8	Curvas de desempeño de la bujía WR78X .....131
Grafico 4.9	Curvas de desempeño de la bujía WR7DP .....132
Grafico 4.10	Curvas de desempeño de la bujía FR8DPX .....133

### ACELERACION: 75%

Grafico 4.11	Curvas de desempeño de la bujía W7DC .....134
Grafico 4.12	Curvas de desempeño de la bujía W8DC .....135
Grafico 4.13	Curvas de desempeño de la bujía W9DC .....136
Grafico 4.14	Curvas de desempeño de la bujía F7LDCR .....137
Grafico 4.15	Curvas de desempeño de la bujía WR7DTC .....138
Grafico 4.16	Curvas de desempeño de la bujía WR8DTC .....139
Grafico 4.17	Curvas de desempeño de la bujía WR78 .....140
Grafico 4.18	Curvas de desempeño de la bujía WR78X .....141
Grafico 4.19	Curvas de desempeño de la bujía WR7DP .....142
Grafico 4.20	Curvas de desempeño de la bujía FR8DPX .....143

### ACELERACION: 50%

Grafico 4.21	Curvas de desempeño de la bujía W7DC .....144
Grafico 4.22	Curvas de desempeño de la bujía W8DC .....145
Grafico 4.23	Curvas de desempeño de la bujía W9DC .....146

	<b>Pag.</b>
Grafico 4.24 Curvas de desempeño de la bujía F7LDCR .....	147
Grafico 4.25 Curvas de desempeño de la bujía WR7DTC .....	148
Grafico 4.26 Curvas de desempeño de la bujía WR8DTC .....	149
Grafico 4.27 Curvas de desempeño de la bujía WR78 .....	150
Grafico 4.28 Curvas de desempeño de la bujía WR78X .....	151
Grafico 4.29 Curvas de desempeño de la bujía WR7DP .....	152
Grafico 4.30 Curvas de desempeño de la bujía FR8DPX .....	153

### **ACELERACION: 25%**

Grafico 4.31 Curvas de desempeño de la bujía W7DC .....	154
Grafico 4.32 Curvas de desempeño de la bujía W8DC .....	155
Grafico 4.33 Curvas de desempeño de la bujía W9DC .....	156
Grafico 4.34 Curvas de desempeño de la bujía F7LDCR .....	157
Grafico 4.35 Curvas de desempeño de la bujía WR7DTC .....	158
Grafico 4.36 Curvas de desempeño de la bujía WR8DTC .....	159
Grafico 4.37 Curvas de desempeño de la bujía WR78 .....	160
Grafico 4.38 Curvas de desempeño de la bujía WR78X .....	161
Grafico 4.39 Curvas de desempeño de la bujía WR7DP .....	162
Grafico 4.40 Curvas de desempeño de la bujía FR8DPX .....	163

### **ANALISIS DE LA PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD CON ACELERACION DEL 100%**

Grafico 5.1 Torque máximo .....	167
Grafico 5.2 Potencia al freno máxima .....	168
Grafico 5.3 Consumo especifico de combustible mínimo .....	170
Grafico 5.4 Eficiencia térmica máxima .....	171

### **ANALISIS DE LA PRUEBA CON CARGAS PARCIALES**

Grafico 5.5 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 1500 RPM. ....	172
---	-----

	<b>Pag.</b>
Grafico 5.6 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 2000 RPM. ....	173
Grafico 5.7 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 2500 RPM.....	174
Grafico 5.8 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 3000 RPM. ....	175
Grafico 5.9 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 3500 RPM. ....	176
Grafico 5.10 Consumo especifico de combustible a la velocidad de 4000 RPM. ....	177

### **ANALISIS DE LAS CURVAS DE DESEMPEÑO**

Grafico 5.11 Torque vs Velocidad a plena carga .....	178
Grafico 5.12 Variación del torque con respecto a la bujía recomendada por el fabricante .....	179
Grafico 5.13 Potencia vs Velocidad a plena carga.....	180
Grafico 5.14 Variación de la potencia con respecto a la bujía recomendada por el fabricante .....	181
Grafico 5.15 C.E.C. vs Velocidad a plena carga .....	182
Grafico 5.16 Variación del C.E.C. con respecto a la bujía recomendada por el fabricante .....	183
Grafico 5.17 Eficiencia térmica vs Velocidad a plena carga .....	184
Grafico 5.18 Variación de la eficiencia térmica con respecto a la bujía recomendada por el fabricante .....	185

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La bujía, es un elemento del motor al que no se le presta la debida atención y al cual no se lo considera un factor importante en el rendimiento del mismo. Este elemento, si no esta en perfectas condiciones ocasiona problemas, tales como:

- Dificultad para arrancar el motor.
- Consumo excesivo de gasolina.
- Fallas de encendido en los cilindros.
- Disminución de la potencia del motor.
- Aumento de emisiones contaminantes.
- Aumentos de la temperatura del motor.

En catálogos de los motores se observa, que de un fabricante a otro utilizan un tipo específico de bujía con una simbología difícil de entender y que no indica las características de la bujía. También es frecuente observar que para motores de cilindrada igual, pero de diferente potencia, les asignan el mismo tipo de bujía.

Si un motor lleva funcionando más de 1500 horas, y las condiciones ambientales y de carga han variado, los catálogos tampoco suelen hacer distinciones en el tipo de bujía que se debe emplear para obtener el máximo rendimiento de este motor.

Hay fabricantes de bujías que cifran el aumento de la potencia en un motor, cuando se cambian las bujías agotadas por otras nuevas y de diferente tipo, entre uno y dos por ciento, incluso cuando se trata de motores con sistemas de encendido y alimentación electrónicos.

En todo caso, es difícil saber hasta qué punto puede la bujía mejorar el rendimiento de un motor sin hacer las adecuadas pruebas comparativas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Dentro del sector automotor nacional no existen estudios sobre la influencia de los distintos tipos de bujías en el funcionamiento de un motor a gasolina, ya que no hay instituciones que se dediquen a verificar o cuantificar los datos comerciales que presenta cada tipo de bujía según su marca y clasificación.

Adicionalmente se debe considerar que las condiciones ambientales en el Ecuador son distintas: Presión Atmosférica, Humedad, Temperatura.

Por tal razón, el presente proyecto tiene como prioridad analizar la variación del rendimiento de un motor a gasolina a partir de los diferentes tipos de bujías, mediante la determinación de los parámetros de desempeño del motor, los cuales servirán para establecer conclusiones en el funcionamiento del motor.

## **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Al no existir estudios en el Ecuador de la influencia de las bujías en el desempeño de un motor a gasolina, este proyecto va a determinar como afecta el tipo de bujía en el desempeño del motor, mediante la comparación de los parámetros de desempeño del motor con cada tipo de bujía y con respecto a la bujía recomendada por el fabricante, para de esta manera establecer el tipo de bujía con el cual se alcanza el mayor rendimiento del motor.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el desempeño de un motor a gasolina cuando trabaja con distintos tipos de bujías.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio experimental del efecto que tiene en el desempeño de un motor, el tipo de bujía utilizado.
- Establecer las ventajas y desventajas en el funcionamiento del motor para cada una de las bujías empleadas.
- Establecer conclusiones en función del tipo de bujía utilizado.

## **1.5 ALCANCE**

El presente proyecto pretende establecer conclusiones sobre la variación del rendimiento de un motor a gasolina cuando trabaja con diferentes tipos de bujías, en las siguientes condiciones:

- Con el motor en vacío o ralentí
- Variando la velocidad de rotación a plena carga o con aceleración al 100%.
- Variando la carga o con cargas parciales de 75%, 50% y 25%.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES SOBRE EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA Y LA COMBUSTIÓN**

#### **2.1 MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA (MECH)**

El motor de encendido por chispa conocido también como motor a gasolina o de encendido provocado, en la mayoría de los casos es un motor de combustión interna alternativo, en el cual, el proceso de combustión se inicia por efecto de una chispa generada entre los electrodos de la bujía dentro de la cámara de combustión, la misma que es controlada por el sistema de encendido del motor.

Los primeros motores a gasolina incorporaban una llama externa para el encendido, sin embargo, este sistema quedó pronto obsoleto siendo sustituido por un tubo caliente que se empleó hasta 1887, año en el que Robert Bosch revoluciona el automóvil y sus componentes al descubrir y producir el primer sistema magnético de alta tensión, iniciando el hoy llamado Sistema de Ignición. En 1902 Bosch desarrolla la primera bujía de ignición, a raíz de lo cual los productos desarrollados para trabajar con alta tensión tuvieron que ser concebidos de una forma distinta, donde el aislamiento y durabilidad fueron condiciones básicas para su diseño y producción. Desde entonces, la ignición es eléctrica (bujía) ya que permite controlar el momento de inicio de la combustión, subsana los problemas de reducida vida útil y riesgo de explosión de los sistemas anteriores.

Este motor según las carreras que realiza para describir un ciclo completo de funcionamiento, también se clasifica en motor de 2 tiempos y de 4 tiempos, que para el estudio nos centraremos en el motor de 4 tiempos.

## 2.1.1 CICLOS

### 2.1.1.1 Ciclo Ideal o Teórico

El MCI de encendido por chispa y de 4 tiempos es un motor de ciclo Otto, que realiza la transformación de la energía calorífica en mecánica fácilmente utilizable en cuatro fases, durante las cuales un pistón que se desplaza en el interior de un cilindro efectúa cuatro desplazamientos o carreras alternativas y, gracias a un sistema biela-manivela, transforma el movimiento lineal del pistón en movimiento de rotación del cigüeñal, realizando este dos vueltas completas en cada ciclo de funcionamiento.

La entrada y salida de gases en el cilindro es controlada por dos válvulas situadas en la cámara de combustión, las cuales su apertura y cierre la realizan por el sistema de distribución, sincronizado con el movimiento de giro del cigüeñal.

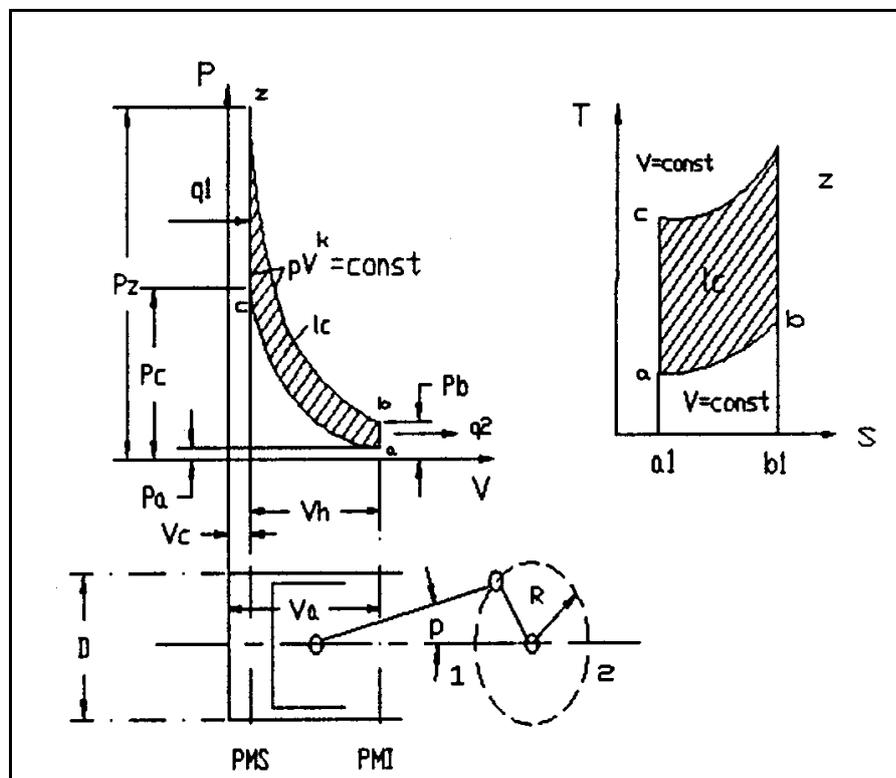
En el ciclo teórico de funcionamiento de este motor, se debe hacer las siguientes suposiciones:

- El ciclo termodinámico que experimenta el motor es cerrado y que el medio sufre el ciclo repetidas veces.
- En el cilindro del motor hay durante todo el tiempo una cantidad constante e invariable de aire que realiza un ciclo. Con esta suposición se excluyen las pérdidas que se producen en el motor real debido al trabajo que hay que gastar en expulsar los gases de escape y en introducir en el cilindro la nueva porción de mezcla aire-combustible.
- La capacidad calorífica de la mezcla aire-combustible que hay en el cilindro se considera constante durante todo el ciclo e independiente de la temperatura.
- El combustible no arde en la cámara de combustión. El calor se suministra a la mezcla aire-combustible desde el exterior en un periodo determinado del ciclo. Esta suposición elimina las pérdidas de calor

inherentes a la combustión de la mezcla aire-combustible en el motor real.

- Las transformaciones de compresión y expansión se cumplen sin intercambio de calor con el medio exterior (transformaciones adiabáticas).
- El calor se suministra a volumen constante.

A continuación se presenta los diagramas teóricos Presión (P) vs Volumen (V) y Temperatura (T) vs Entropía (S) de los motores de encendido por chispa.



Fuente: Referencia bibliográfica 1

**Figura. 2.1.- Diagrama P vs V y T vs S  
(Ciclo teórico de un MCI encendido por chispa)**

En el diagrama Temperatura vs Entropía se observa que la compresión y la expansión tienen un comportamiento adiabático, mientras que en el

diagrama Presión vs Volumen el ingreso y salida de calor se produce en forma isocórica.

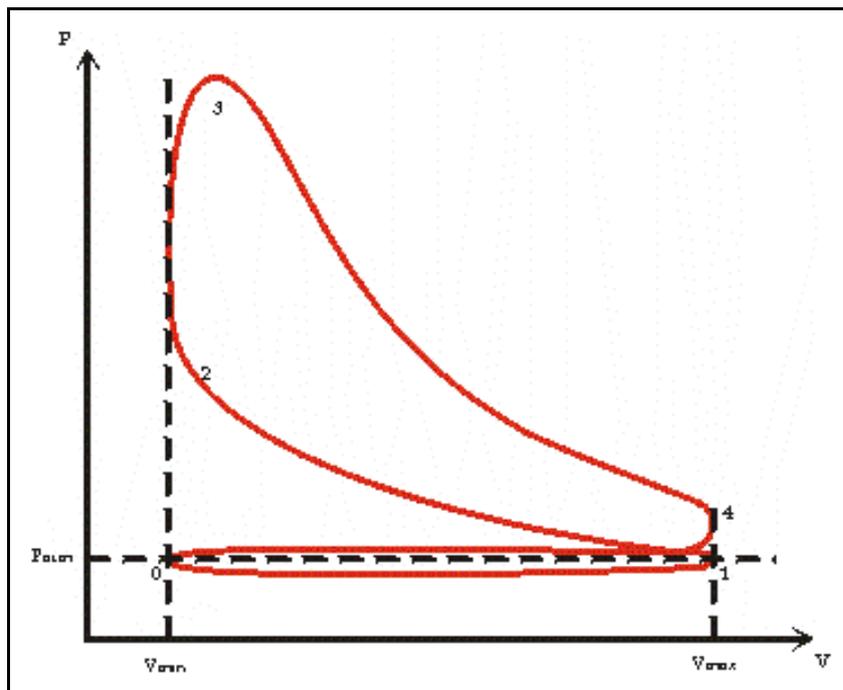
### **2.1.1.2 Ciclo Real o Práctico.**

Dado que en la realidad los procesos no son ideales, el ciclo real experimenta algunas variaciones con respecto al ciclo teórico que son las siguientes:

- La transferencia de calor en un motor real no es nula por lo que el supuesto de la existencia de procesos adiabáticos es aproximadamente correcta durante la compresión, sin embargo el aumento de la temperatura en el interior del cilindro durante la combustión hace que la transferencia de calor durante todo el proceso de expansión no sea despreciable (y a su vez necesaria para proteger los materiales del motor).
- Otro aspecto a considerar es el hecho de que el proceso de combustión, pese a ser muy rápido no es instantáneo, lo cual trae consigo que el proceso no ocurra a volumen constante.
- Las reacciones no son ideales, por lo que en la realidad la combinación de varios efectos provocan que la combustión no sea completa aún en presencia de mezclas pobres (mezcla con poco combustible) lo que genera que los gases de escape presenten un cierto porcentaje de monóxido de carbono, hidrógeno e hidrocarburos no quemados. Todo esto trae como consecuencia una disminución en la eficiencia de conversión del combustible en comparación con el modelo teórico.
- También contribuye a reducir el rendimiento real, el momento en que se abren las válvulas. La válvula de escape se abre antes que el pistón llegue al punto muerto inferior (PMI), con lo cual la expansión de los gases de escape es incompleta y la presión, a partir de ese punto cae rápidamente. Igualmente la válvula de admisión se cierra después que el pistón llega al PMI, provocando que la presión antes de la combustión sea menor que la teórica.

- Finalmente un motor real debe vencer roces e inercias entre sus elementos, ocasionando una disminución en la potencia y eficiencia del motor.

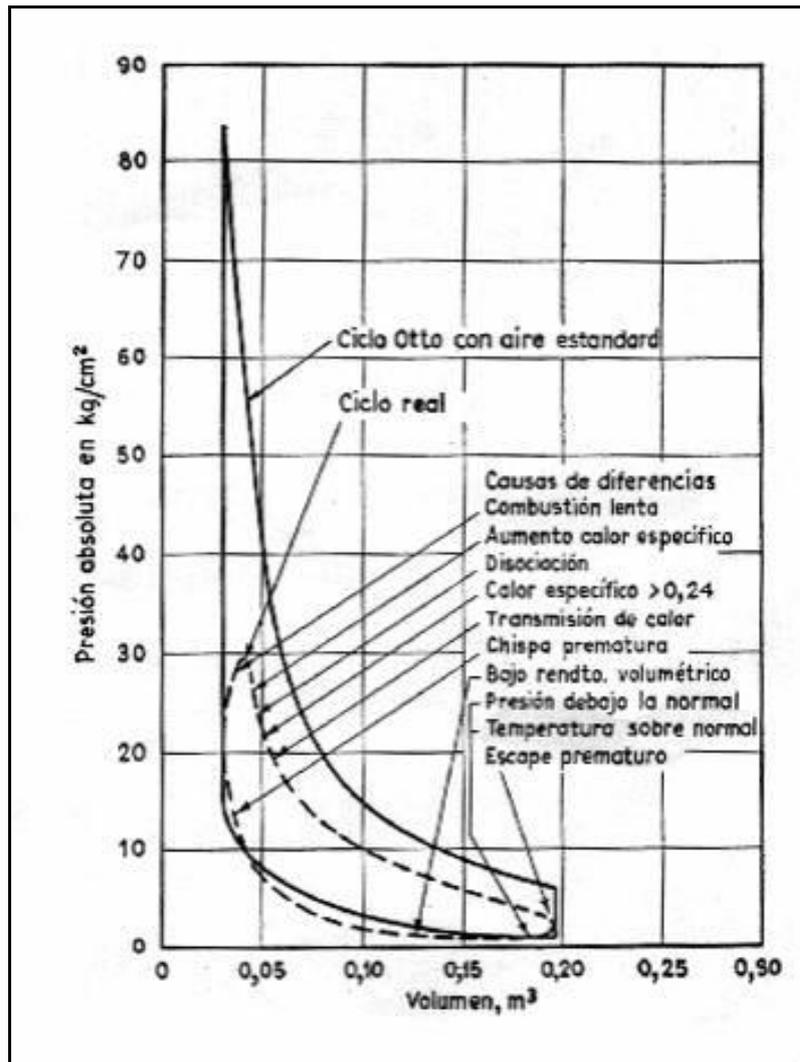
Con todos estos factores se presenta el diagrama Presión (P) vs Volumen (V) del ciclo real.



Fuente: Referencia bibliográfica 1

**Figura. 2.2.- Diagrama P vs V**  
**(Ciclo real de un MCI encendido por chispa)**

A continuación se muestra una superposición de los gráficos en el plano Presión (P) vs Volumen (V) de los ciclos teórico y real.



Fuente: Internet

**Figura. 2.3.- Diagrama P vs V**  
**(Ciclo teórico y real de un MCIA encendido por chispa)**

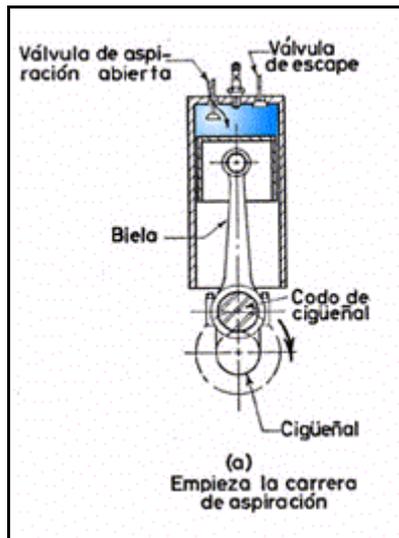
## 2.1.2 PROCESOS

### 2.1.2.1 Proceso de Admisión

El proceso de admisión teóricamente en el motor de cuatro tiempos es el lapso en el que el embolo se mueve del punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), y la válvula correspondiente a la admisión permanece abierta para permitir el ingreso de la mezcla fresca al cilindro. De acuerdo a

esto el cigüeñal daría un giro de  $180^{\circ}$  y el árbol de levas de  $90^{\circ}$  debido a su relación de 2:1, transcurso en el que la válvula de admisión permanece abierta.

El proceso de admisión en el ciclo real sigue el mismo principio pero es influido por ciertos factores reales. La admisión de la mezcla fresca se la realiza seguido al tiempo de escape de los gases quemados o combustionados. Existe un adelanto de la apertura de la válvula de admisión, por lo cual esta se abre antes de que el émbolo llegue al PMS. Existe también un retardo al cierre de la válvula de escape por lo que esta no se cierra sino hasta que el émbolo haya pasado el PMS. Por todo esto podemos ver que se origina un traslape de válvulas, lo que permite que el llenado se realice antes de que el émbolo haya llegado al PMS, debido a la depresión que se crea en el cilindro por efecto de la velocidad con la que salen los gases de escape y por lo cual también se logra un mejor barrido de estos. Mientras el émbolo se mueve hacia abajo, este crea una depresión en el interior del cilindro, lo que hace que ingrese una gran cantidad de mezcla fresca. Existe también un retraso del cierre de la válvula de admisión por lo que esta no se cierra sino hasta después de que el émbolo haya pasado del PMI para iniciar su ascenso. Con esto se logra que ingrese mayor cantidad de mezcla fresca al cilindro por efecto de la velocidad que alcanza esta. Teóricamente la válvula de admisión se mantendría abierta durante  $180^{\circ}$  de giro del cigüeñal, pero en la realidad se encuentra que se mantiene abierta hasta unos  $315^{\circ}$ , según la configuración que tenga el árbol de levas. A pesar de todo ello, el llenado del cilindro no sobrepasa del 80% de su volumen total. Para mejorar esto en algunos motores, se colocan dos válvulas de admisión para cada cilindro, se mejora el acabado de las paredes internas del colector de admisión y se dan formas adecuadas a las cámaras de combustión para lograr disminuir la cantidad de gases residuales. Además el proceso de admisión depende mucho de la presión atmosférica que exista en el sitio en que el motor este trabajando, ya que existe una relación que por cada 100 m. de altura, la potencia del motor decrece en un 1%, debido al llenado insuficiente que experimentan los cilindros.



Fuente: Internet

**Figura. 2.4.- Proceso de Admisión**

### 2.1.2.2 Proceso de Compresión

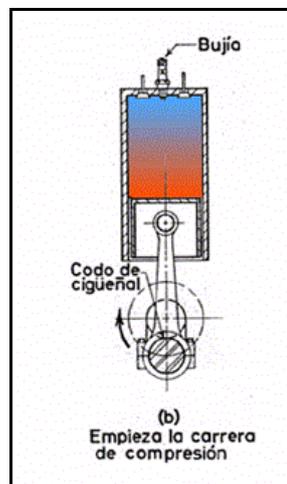
El proceso de compresión se inicia en el momento en que se cierra la válvula de admisión y por ende la de escape también está cerrada, y el émbolo está dirigiéndose hacia el PMS. En este tramo se comprime la mezcla fresca de un volumen inicial  $V_i$  a un volumen final  $V_o$  con el consiguiente aumento de presión y temperatura. Este proceso para el ciclo teórico es considerado adiabático.

En el diagrama del proceso real de compresión, se encuentra que este se inicia unos cuantos grados antes de que el émbolo llegue al PMI, debido a que ya se detecta aumento de presión y temperatura.

El momento en que se inicia el proceso de compresión, la mezcla tiene una temperatura inferior a la de las paredes del cilindro y de la cabeza del émbolo, conforme va reduciéndose el volumen, se aumenta la temperatura de la mezcla, lo que ayuda a una mayor evaporización de la gasolina, y con ello una mejor homogeneidad de la mezcla con lo que se logra un mejor aprovechamiento de la combustión.

El proceso de compresión supuestamente termina en el instante en que la chispa inflama la mezcla, pero si observamos en el ciclo real, esta se produce con un adelanto, es decir, cuando el embolo aun no ha llegado al PMS. La totalidad no se inflama instantáneamente, por lo que ciertos gases se comprimen incluso hasta un instante después de que el embolo pasó del PMS por efecto de la combustión de las primeras moléculas de la mezcla.

Si el proceso de compresión se lo realiza en condiciones optimas, se conseguirá que la combustión sea apropiada y con ello el rendimiento final del motor subirá considerablemente.



Fuente: Internet

**Figura. 2.5.- Proceso de Compresión**

### 2.1.2.3 Proceso de Combustión

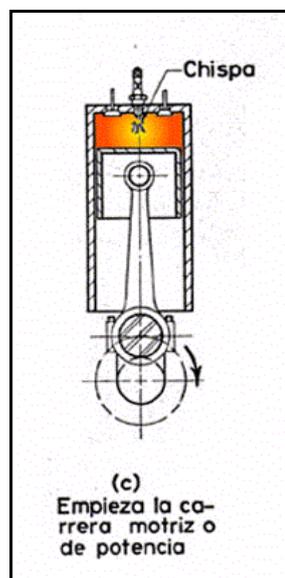
El proceso de combustión se inicia en el instante en que la bujía produce la chispa para combustionar a la mezcla fresca que ingresó en el cilindro. Teóricamente este proceso es instantáneo. En el ciclo real, este proceso se inicia un instante antes de que el émbolo llegue al PMS. La chispa tiene un adelanto lo cual se conoce como avance de encendido. La combustión se propaga hasta que se queme la mayor cantidad de mezcla posible en un tiempo determinado, lo cual provoca que este proceso se lo realice hasta que el émbolo ya pasó del PMS unos cuantos grados de giro del cigüeñal. Este

tiempo es el que da origen al trabajo, ya que al encenderse la mezcla, aumenta la temperatura y la presión en la cámara de combustión, lo cual obliga a que se aumente el volumen de la cámara por lo que el émbolo desciende de una forma brusca provocando que el cigüeñal gire y con ello cumpla su objetivo.

#### 2.1.2.4 Proceso de Expansión

La expansión de los gases combustionados se inicia cuando el embolo comienza su movimiento del PMS al PMI. Durante el inicio de la expansión continua combustionandose la mezcla. Este proceso termina en el instante en que el embolo llevo al PMI, pero como existe un adelanto a la apertura de la válvula de escape, este proceso termina unos grados antes.

Básicamente el proceso de combustión y de expansión forman el tiempo denominado de trabajo. Si la combustión es optima, la expansión será muy buena, y si esta condición se logra mantener estable, tendremos un motor que funciona en condiciones ideales y se llegará a aprovechar su potencia al máximo.

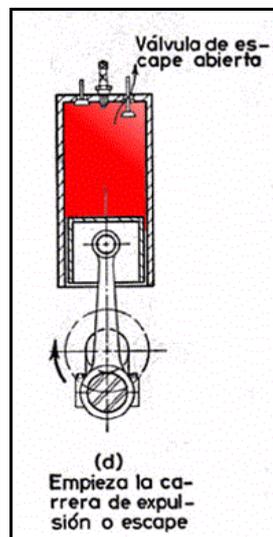


Fuente: Internet

**Figura. 2.6.- Proceso de Combustión y Expansión**

### 2.1.2.5 Proceso de Escape

El proceso de escape se inicia en el momento en que se abre la válvula de escape, instante en el cual los gases que se encuentran en el cilindro, debido a la presión salen a una velocidad de 600 a 700 m/s, produciendo un gran ruido y expulsando en ese instante el 60 a 70 % de los gases quemados. Pasado esto, el momento en que el émbolo inicia su movimiento del PMI al PMS los gases continúan saliendo a una velocidad menor de 200 m/s. Además en el momento en que se abre la válvula de admisión, debido al traslape, la mezcla fresca empuja a los gases quemados, lo que se conoce como barrido del cilindro.



Fuente: Internet

**Figura. 2.7.- Proceso de Escape**

## 2.1.3 COMBUSTIÓN

### 2.1.3.1 Nociones Generales

La combustión es el proceso en que la energía química del combustible se transforma en energía térmica. Esta transformación se realiza durante cierto lapso del ciclo de funcionamiento del motor.

El proceso de combustión, su desarrollo y terminación en un corto espacio de tiempo representa una serie de reacciones complejas sucesivas. Para que comiencen las reacciones de combustión, hace falta que se aporte algo de energía a la mezcla para elevar la temperatura y presión. Ese aporte de energía se realiza mediante la generación de una chispa eléctrica dentro de la cámara de combustión. En ese momento, los gases que están cerca de la bujía reciben la descarga, aumentando su temperatura y reactividad.

La eficacia de la combustión depende de varios factores, entre ellos, de la formación o composición de la mezcla aire-combustible y del agente (bujía) que da origen a la inflamación de la mezcla.

### **2.1.3.2 Variación de la Velocidad de Propagación de la Llama**

La velocidad de propagación de la llama con la que se dispersa la combustión de la mezcla, es aquella con la que se consumen las sustancias iniciales como es el combustible y el oxígeno. Para su evaluación resulta más práctico observar la velocidad con la que se eleva la temperatura o la presión en la cámara de combustión.

Se considera que la velocidad con la que se propaga la llama es de 20 m/s. aproximadamente. Esta velocidad aumenta si la mezcla es homogénea, es decir, existe una buena distribución de las moléculas de combustible en las de oxígeno. Por lo contrario, disminuye la velocidad de propagación con el consiguiente aumento de mezcla no combustionada. Tiene gran influencia también la velocidad con la que se evapore el combustible en el interior del cilindro, lo cual está directamente ligado a cuán homogénea sea la mezcla fresca que ingresó.

### **2.1.3.3 Factores que Influyen en la Duración y Calidad de la Combustión**

Existen varios factores que influyen en la duración y calidad de la combustión, entre ellos tenemos:

- **Influencia del ángulo de avance al encendido.** Para que la combustión de la mezcla de trabajo sea rápida y se efectúe cerca del PMS, con lo que se consigue el mejor aprovechamiento del calor, es necesario que la chispa eléctrica se produzca en el instante que al cigüeñal le falta varios grados para llegar al PMS.
- **Influencia de la composición de la mezcla de trabajo.** La composición de la mezcla de trabajo, definida por el coeficiente de exceso de aire ( $\alpha$ ) que es la relación entre la cantidad real de aire que ingresa al cilindro y la cantidad teórica que debería llenarlo, ejerce gran influencia en el proceso de combustión. Cuando  $\alpha=1$  esta mezcla se llama estequiométrica o ideal. En el caso de que  $\alpha < 1$  tenemos mezclas ricas, es decir exceso de combustible, con lo que se logra una mayor potencia. Si  $\alpha > 1$  la mezcla se denomina pobre, lo cual nos indica exceso de aire, con lo que se logra mayor economía. En general se utiliza un  $\alpha=0.9$  para los cálculos realizados en motores rápidos para lograr una buena potencia a un consumo aceptable. Este valor solo puede ser considerado en el caso de motores alimentados con carburador, mas no en los de inyección electrónica debido a que produce mayor cantidad de residuos tóxicos los cuales taponan los inyectores, además de dañar gravemente a los catalizadores. En la realidad la composición varía de acuerdo a los diferentes regímenes de funcionamiento momentáneos. Es importante añadir también que la velocidad de combustión y la cantidad de calor desprendida de la mezcla depende mucho de la composición de la mezcla.
- **Influencia del numero de revoluciones del motor.** El aumento del número de revoluciones del motor da lugar a que el proceso de combustión se lo realice en un tiempo mas corto, y por lo tanto, encontramos mayores pérdidas por combustión incompleta. Por ello, en los motores encendidos por chispa se emplean dispositivos (regulador centrífugo) que aumentan automáticamente el ángulo de avance al encendido, para darle mayor tiempo a que se propague la combustión. Como en todo régimen, se intenta con ello elevar el rendimiento del motor.

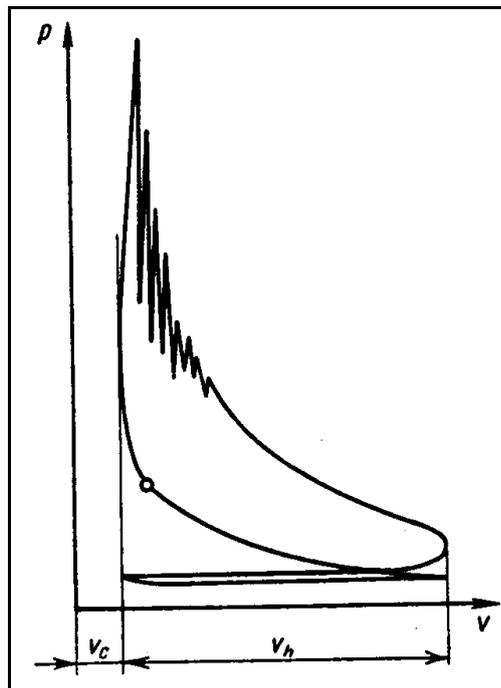
- **Influencia de la relación de compresión.** Cuando aumenta la relación de compresión, la presión y la temperatura se elevan al final de la compresión. Al aumentar la temperatura y la presión se acelera la preparación del combustible para la ignición y aumenta la velocidad de propagación de la llama. Como resultado de esto la duración total del proceso de combustión disminuye y los índices del funcionamiento del motor mejoran. Cuando se aumenta la relación de compresión hay que disminuir el ángulo de avance al encendido. Se debe considerar que la elevación de la relación de compresión produce un efecto positivo si no provoca la combustión detonante, el autoencendido prematuro o retrasado.
- **Influencia de la forma de la cámara de combustión.** La forma de la cámara de combustión tiene un papel importante en la efectividad del motor. Su forma influye en la turbulencia de la mezcla que ingresa, en la duración del proceso de combustión por la forma de propagación de la llama, en el rendimiento térmico y, en la resistencia que presenta al pistoneo del motor.
- **Influencia de la bujía de encendido.** La bujía de encendido es uno de los agentes más importantes en el proceso de combustión, ya que da inicio a la inflamación de la mezcla aire-combustible. El empleo de una bujía adecuada impide que se produzcan fallas de ignición, detonaciones o autoencendidos causados por la acumulación de residuos en los electrodos que impiden la conducción de la chispa, desviándola del electrodo de masa. La cual influye directamente en el rendimiento y eficiencia del motor.

#### 2.1.3.4 Combustión Detonante

La detonación en los motores a gasolina es una explosión instantánea que se produce en la mezcla aire-combustible por razones como la sobrepresión debido a una excesiva relación de compresión o presencia de carbonilla en la cabeza del émbolo y/o en la cámara de combustión; además puede producirse debido a la calidad del combustible, es decir de la gasolina, por lo cual se aconseja usar aquella que tienen un octanaje alto.

Este fenómeno es causante del llamado pistoneo, lo cual es producto de la vibración del émbolo en el interior del cilindro, lo que produce un desgaste prematuro y excesivo de los cilindros, émbolos y anillos.

En la siguiente figura se muestra una combustión detonante: los procesos de combustión y expansión tienen carácter de picos en el diagrama Presión vs Volumen.



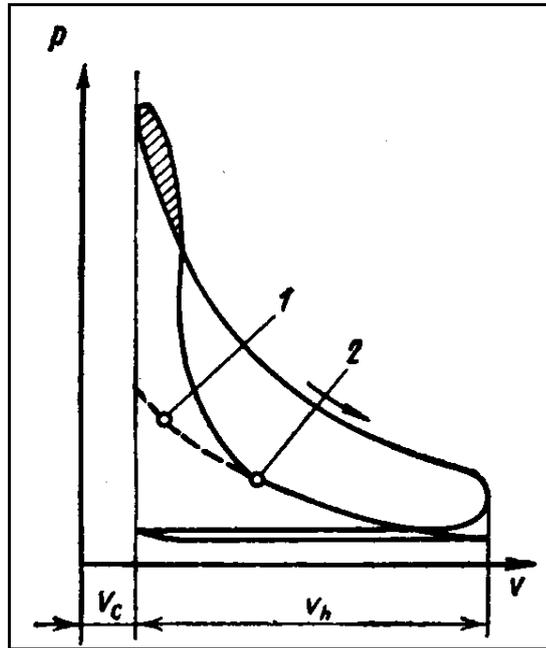
Fuente: Referencia bibliográfica 1

**Figura. 2.8.- Diagrama P vs V**  
**(Combustión Detonante de un MCI encendido por chispa)**

#### 2.1.3.5 Autoencendido Prematuro

Existen ocasiones en que ciertas zonas de la superficie de la culata, de la válvula de escape y de los electrodos de la bujía, que están en contacto con la mezcla se sobrecalientan a más de  $850^{\circ}\text{C}$ , provocando el autoencendido de la mezcla antes de que la bujía produzca la chispa. Esto provoca que la combustión no sea controlada y que se gaste trabajo del motor en comprimir

los gases combustionados hasta que el émbolo inicie su carrera de expansión, disminuyendo la potencia del motor y aumentando las pérdidas de calor.



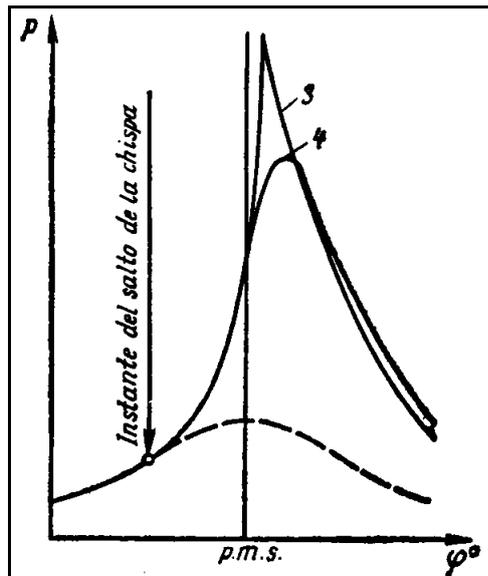
Fuente: Referencia bibliográfica 1

**Figura. 2.9.- Diagrama P vs V  
(Autoencendido Prematuro en un MCIA encendido por chispa)**

1.- Instante del salto de la chispa, 2.-comienzo de la inflamación

### 2.1.3.6 Autoencendido Retrasado

En los motores forzados, con carburador, que tienen relaciones de compresión altas y que consumen combustibles de alto índice de octano con antidetonantes, después de comenzar la combustión en algunas zonas de la cámara aparecen focos de autoencendido debido a partículas de carbonilla incandescente que se desprenden de las paredes. Como resultado de esto en la cámara de combustión se propagan frentes de llamas adicionales que aumentan bruscamente la velocidad con la que se eleva la presión en la fase fundamental de la combustión y la presión máxima del ciclo. En este caso el proceso de la combustión va acompañado del golpeteo brusco (cliqueteo). El autoencendido retrasado se produce principalmente cuando se pasa de pequeñas cargas a plena carga.



Fuente: Referencia bibliográfica 1

**Figura. 2.10.- Diagrama P vs  $\varphi$**

**(Autoencendido Retrasado en un MCI A encendido por chispa)**

**3.- combustión con autoencendido retrasado, 4.- combustión normal**

## 2.1.4 ENCENDIDO

En todos los motores de ciclo Otto la mezcla aire-combustible se enciende por acción externa. Por encendido se entiende todos aquellos elementos mediante los cuales se logra generar una chispa eléctrica en el interior de la cámara de combustión, en el momento que la mezcla aire-combustible se halla comprimido y el embolo alcanza su punto muerto superior. Para esto, la tensión de entrada de 12 Volts se eleva a una tensión de encendido de 10.000 V a 28.000 V aproximadamente, con el fin de producir la chispa entre los electrodos de la bujía.

### 2.1.4.1 Sistemas de Encendido

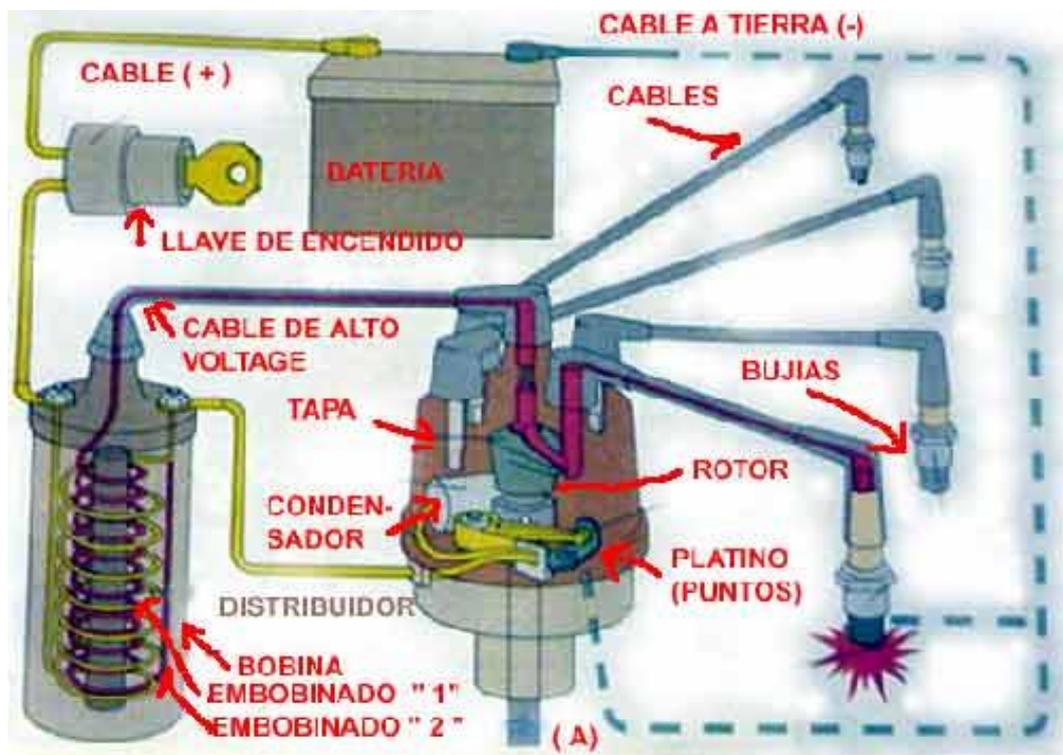
En la actualidad tenemos varios sistemas de encendido, en cuanto a medidas, formas y diseños de los componentes. Pero el principio y el objetivo son los mismos. El principio es generar corriente de alta tensión y el objetivo: suministrar esta corriente distribuyéndola sincronizadamente a las bujías.

Los sistemas de encendido son: sistema de encendido eléctrico o convencional y el sistema de encendido electrónico.

**Sistema de Encendido Eléctrico y Componentes.** En un motor de ciclo Otto, con sistema de encendido eléctrico o convencional, la bujía necesita una tensión que esta entre 10.000 y 15.000 voltios, para generar la chispa.

Esta tensión depende de muchos factores:

- Desgaste de la bujía (apertura de los electrodos).
- Resistencia de los cables de encendido.
- Resistencia del rotor del distribuidor.
- Distancia entre la salida de alta tensión del rotor y los terminales de la tapa del distribuidor.
- Punto de encendido
- Compresión de los cilindros
- Mezcla aire/combustible.
- Temperatura del motor.



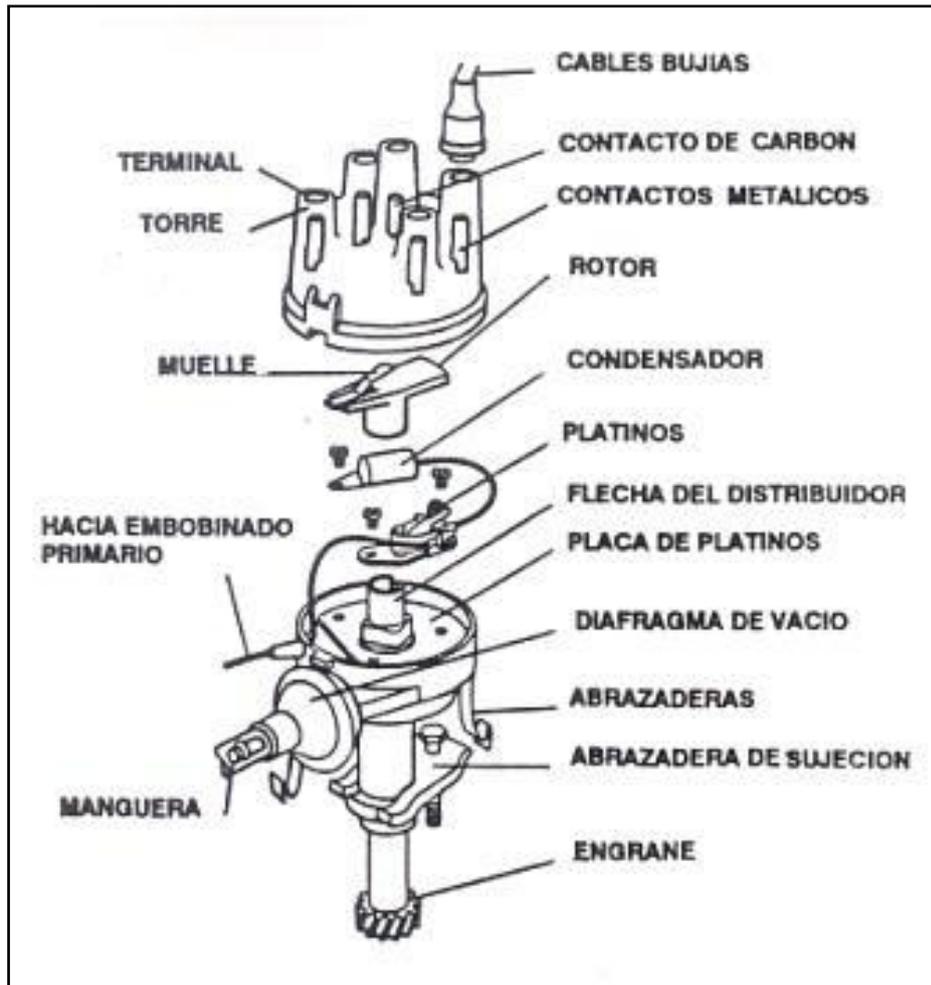
Fuente: Internet

**Figura. 2.11.- Sistema de Encendido Eléctrico y Componentes**

El circuito del sistema de encendido eléctrico consta de varios elementos, que conjuntamente realizan su función, con el fin de producir y controlar la chispa eléctrica dentro de la cámara de combustión. Estos elementos son los siguientes:

- **La batería.** Es un acumulador de corriente continua, que abastece de corriente eléctrica al sistema de encendido y demás accesorios eléctricos del motor.
- **El switch.** O llave de encendido conecta el acumulador con el sistema de encendido, y genera el pulso al motor de arranque.
- **La bobina de encendido.** Es el elemento encargado de transformar la corriente de baja tensión proporcionada por la batería, en corriente de alta tensión necesaria para producir la chispa entre los electrodos de la bujía. La bobina, para logra esto, se basa en el del principio físico de la inducción, mediante el cual, al hacer pasar la corriente de baja tensión a través del arrollamiento primario, se crea de un flujo magnético en el núcleo de hierro dulce, que induce una corriente de elevada tensión en el arrollamiento secundario de muchos cientos de espiras con solo hacer variar el flujo magnético con variaciones de corriente.
- **Distribuidor o Delco con Platinos.** Está diseñado para abrir y cerrar el paso de la corriente primaria, y distribuir el alto voltaje producido por la bobina a la bujía en el momento correcto del ciclo del motor. El distribuidor o Delco consta de los siguientes elementos:
  - **El contacto de carbón** del centro de la tapa toca el muelle del rotor.
  - **Los contactos metálicos** de la tapa del distribuidor conectan el rotor con los cables de las bujías.
  - **El rotor** cuando gira con la flecha del distribuidor dentro de la tapa y distribuye la alta tensión, la corriente salta entre la punta del rotor y el terminal de la tapa. Ese salto de corriente también provoca desgaste del material de la punta del rotor y de los terminales de la tapa.Cuanto mayor fuere la distancia entre los dos puntos, mayor será la necesidad de alta tensión, mas tendrá que producir la bobina.

- **El condensador** funciona como una especie de amortiguador eléctrico para acumular ráfagas de corriente y reducir el arco (brinco) entre los platinos.
- **Los platinos** constituyen un interruptor que conecta y desconecta la corriente de bajo voltaje que entra en la bobina.
- **La Flecha del distribuidor** tiene una ranura para que el rotor se coloque sólo en una posición.
- **La placa de platinos** se mueven con el diafragma de vacío para adelantar la chispa. Los platinos y el condensador fijos a la placa, hacen tierra a través de ella y del cuerpo del distribuidor.
- **El diafragma de vacío** está conectado con una manguera al múltiple de admisión o a la base del carburador. El vacío del múltiple cambia la posición de la placa al variar la carga del motor.
- **Las abrazaderas** sujetan la tapa del distribuidor, que tienen una ranura para que se instale en una sola posición.
- **Las abrazaderas de sujeción** evitan que gire el cuerpo del distribuidor, lo que cambiaría el ángulo de encendido de las bujías.
- **El engrane** hace girar la flecha del distribuidor a la misma velocidad que del árbol de levas. En algunos motores, la flecha acciona la bomba del aceite; en otros, el engrane acciona tanto la bomba de aceite como el distribuidor.
- **La tapa** del distribuidor es de un material dieléctrico, la corriente de alto voltaje de la bobina pasa del contacto central de carbón al rotor. Los contactos metálicos de la tapa están conectados a los cables de las bujías.



Fuente: Referencia bibliográfica 2

**Figura.2.12.- Elementos de un Distribuidor o Delco**

- **Funcionamiento de los platinos.** Hay dos platinos uno movable y otro fijo. La leva de la flecha del distribuidor tiene un lóbulo para cada bujía. Al girar la flecha, la leva empuja el bloque de fibra que mueve el brazo y éste abre los platinos.

Una muelle cierra los platinos cuando la leva gira un poco más. Como el espacio entre los platinos cuando estos están totalmente abiertos es muy importante, se debe calibrar con gran precisión. Esto se hace cambiando la posición de la placa en donde está sujeto el platino fijo.

Cuando se abren los platinos la corriente brincará de un platino a otro, mientras el espacio entre ellos no sea muy grande. Este brinco (llamado

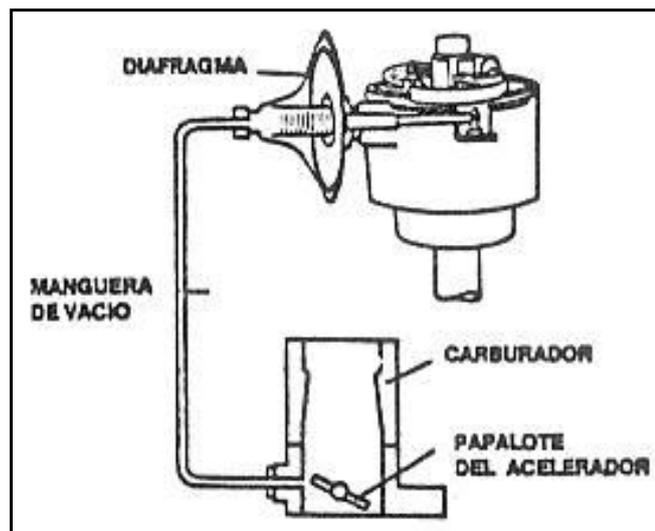
arco) pica y erosiona los platinos. El condensador almacena temporalmente las ráfagas de corriente y reduce la formación del arco.

### **Avance por vacío.**

**El avance de la chispa por vacío** lo puede un diafragma conectado al cuerpo del distribuidor, en la mayoría de los motores, una manguera va de uno de los lados del diafragma a la base del carburador. Al abrirse más la mariposa, el vacío parcial del múltiple flexiona el diafragma y hace girar la placa y los platinos.

Al cambiar de posición en relación con la leva, los platinos se abren antes y la chispa se genera más pronto. Algunos motores tienen un diafragma secundario que mueve la placa en sentido opuesto para retardar la chispa. Al trabajar los dos diafragmas, uno en contra del otro, se obtiene el avance deseado de la chispa.

A altas velocidades del motor, la mariposa (papalote del acelerador) se abre totalmente y el vacío del múltiple baja al mínimo.

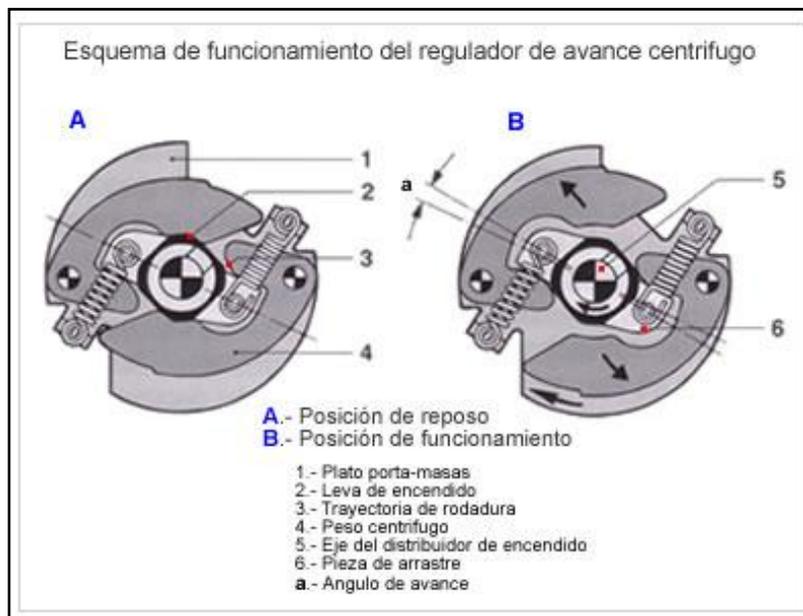


Fuente: Internet

**Figura.2.13.- Avance de la chispa por vacío**

## Avance centrífugo.

El **avance centrífugo** de la chispa entra en acción cuando el avance por vacío deja de funcionar. Al aumentar la velocidad del motor, los contrapesos se separan de la flecha. Estos están conectados a la leva de manera que, cuando se abren, la leva se mueve ligeramente en el sentido de rotación de la flecha del distribuidor. Esto hace que los platinos se abran más pronto de lo que harían a bajas velocidades del motor. En los distribuidores Delco de algunos motores, a baja velocidad, los contrapesos se mantienen pegados a la flecha y no varía el tiempo del encendido; a alta velocidad los contrapesos se separan y se adelanta el tiempo del encendido.



Fuente: Referencia bibliográfica 2

**Figura.2.14.- Avance centrífugo de la chispa**

- **Los Cables de Bujías.** Conducen la alta tensión producida por la bobina, hasta las bujías de encendido, sin permitir fugas de corriente, garantizando que ocurra una combustión sin fallas; también poseen la característica de eliminar interferencias electromagnéticas, producidas por la alta tensión (chispa).

- **Las Bujías.** Son las encargadas de entregar la chispa en la cámara de combustión, soportando a la vez altas presiones y temperaturas producto de la combustión.

### **Funcionamiento del Sistema de Encendido Eléctrico con Platinos**

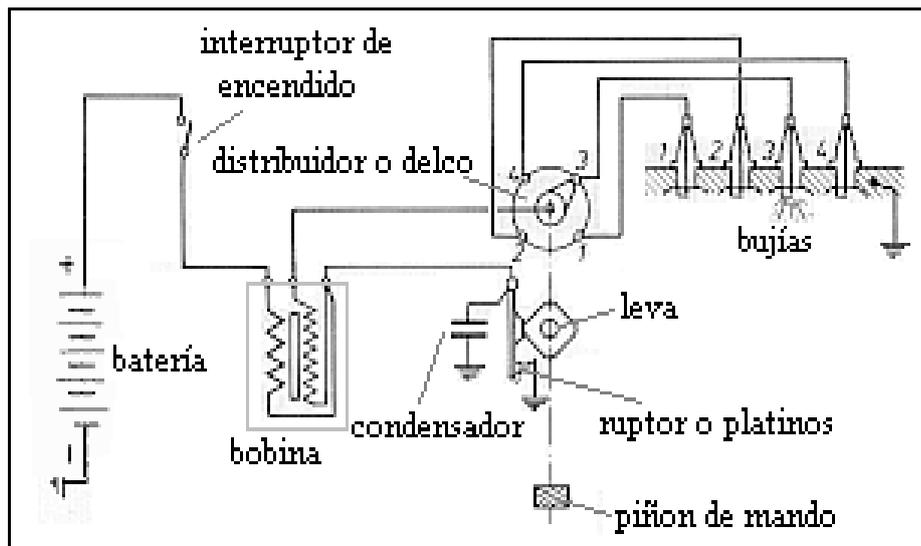
Cuando los platinos se cierran la corriente fluye desde el acumulador hasta los platinos pasando a través del arrollamiento primario de la bobina. Inicialmente el flujo de corriente empieza a incrementarse rápidamente, apareciendo una fuerza electromotriz en el arrollamiento primario que se opone a ello, hasta llegar a una corriente máxima.

Una vez que la corriente fluye a través del arrollamiento primario, se induce un campo magnético que corta al arrollamiento secundario produciendo un alto voltaje en éste.

Debido a que la fuerza electromotriz se opone al flujo de corriente, el voltaje en el primario es de baja intensidad, por lo que también en el secundario el voltaje inducido es bajo y no lo suficiente como para vencer el dieléctrico entre los electrodos de las bujías y producir el arco eléctrico.

El sistema está diseñado de manera que la corriente en el primario alcance su máximo cuando los platinos se abren. Con el circuito primario abierto, el acumulador no proporciona corriente a través de aquel y el campo magnético de la bobina se corta, este corte induce una corriente en el primario que trata de formar un arco entre los platinos abiertos, para mantener el flujo de corriente. Si este flujo se mantuviese el campo magnético decrecería lentamente y no podría inducirse suficiente voltaje a través del arrollamiento secundario.

Lo que se necesita es un corte instantáneo del arrollamiento primario para inducir un alto voltaje en el arrollamiento secundario; para ello se utiliza un condensador. El condensador absorbe la corriente que se induce cuando se abren los platinos haciendo caer la corriente en el primario repentinamente hasta cero provocando el corte instantáneo deseado.



Fuente: Referencia bibliográfica 3

**Figura. 2.15.- Esquema eléctrico del circuito de encendido**

**Sistema de Encendido Electrónico.** Este sistema de encendido soluciona los problemas de desajustes que sufre el sistema de encendido eléctrico, basándose en la sustitución de varios elementos mecánicos por circuitos electrónicos que no ocasionan tantos problemas.

Con el sistema de encendido electrónico, el encendido pasa a ser el de mayor fiabilidad, por presentar las siguientes ventajas:

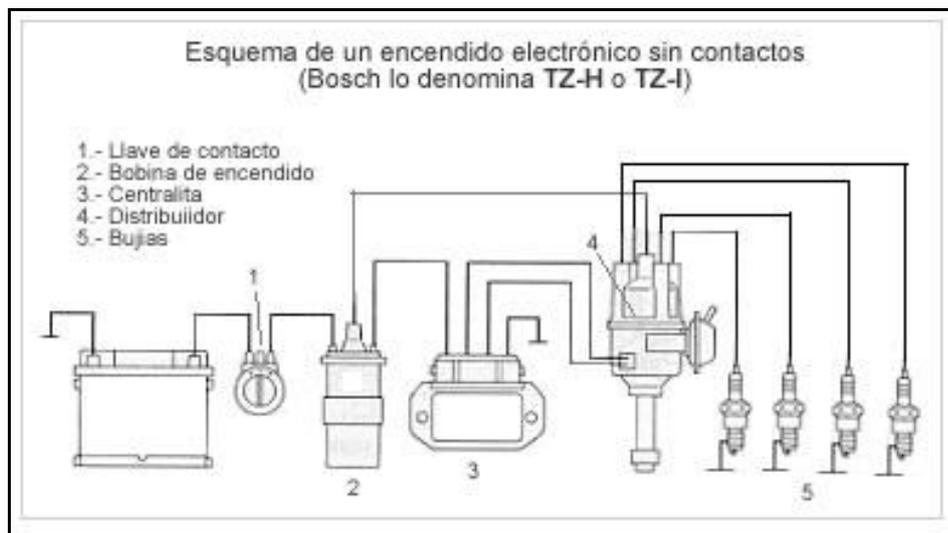
- La tensión de encendido es de hasta 40.000 volts. siempre constante, garantizando mayor potencia de la chispa en altas revoluciones.
- Mantiene el punto de encendido siempre ajustado (no se desregula).
- No requiere de mantenimiento periódico, pero sí, de una única calibración.

El sistema de encendido electrónico se clasifica en los siguientes sistemas de encendido.

**1.- Sistema de encendido electrónico sin platinos.** El distribuidor en este sistema de encendido cuenta con un generador de impulsos que sustituye a los platinos y elimina el condensador. Los demás elementos constructivos, sea los

de variación del punto de encendido (regulador centrífugo y de vacío) son los mismo que se utiliza en el encendido eléctrico.

El generador de impulsos esta instalado en la cabeza del distribuidor sustituyendo a los platinos, la señal eléctrica que genera se envía a la unidad electrónica que controla el corte de la corriente del bobinado primario de la bobina para generar la alta tensión que se manda a las bujías. El generador de impulsos puede ser de dos tipos: inductivo y de efecto Hall.

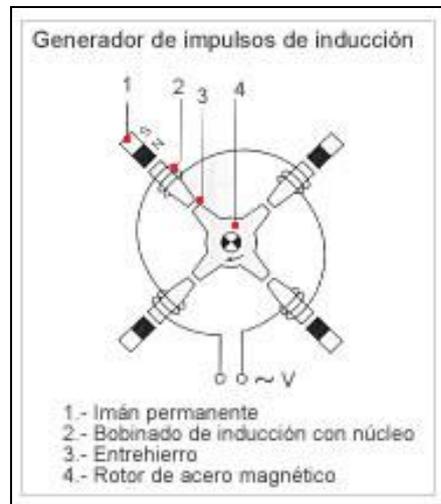


Fuente: Referencia bibliográfica 8

**Figura. 2.16.- Esquema de un sistema de encendido electrónico**

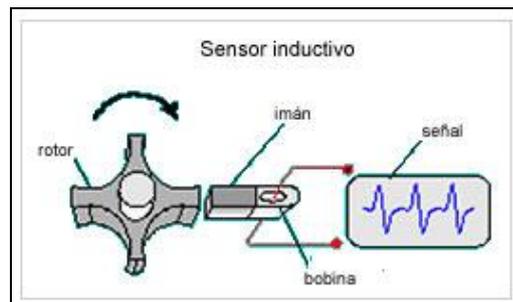
**Generador de impulsos por inducción:** El generador de impulsos esta constituido por una rueda de aspas llamada rotor, de acero magnético, que produce durante su rotación una variación del flujo magnético del imán permanente que induce de esta forma una tensión en la bobina que se hace llegar a la unidad electrónica. La rueda tiene tantas aspas como cilindros tiene el motor y a medida que se acerca cada una de ellas a la bobina de inducción, la tensión va subiendo cada vez con mas rapidez hasta alcanzar su valor máximo cuando la bobina y el aspa estén frente a frente (+V). Al alejarse el aspa siguiendo el giro, la tensión cambia muy rápidamente y alcanza su valor negativo máximo (-V) . En este cambio de tensión se produce el encendido y el impulso así originado en el distribuidor se hace llegar a la unidad electrónica.

Cuando las aspas de la rueda no están enfrentadas a la bobina de inducción no se produce el encendido.



Fuente: Internet

**Figura. 2.17.- Generador de Impulsos inductivo**



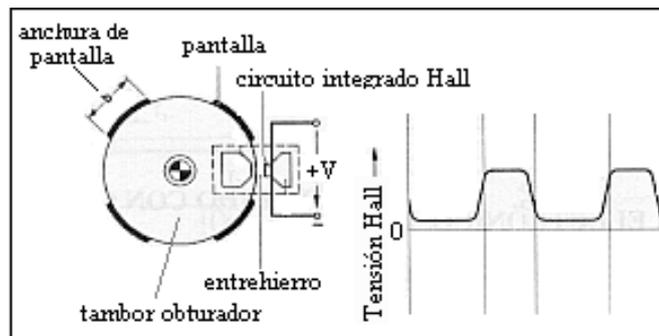
Fuente: Internet

**Figura. 2.18.- Sensor inductivo**

**Generador de impulsos por Efecto Hall.** Se basa en crear una barrera magnética para interrumpirla periódicamente, esto genera una señal eléctrica que se envía a la unidad electrónica que determina el punto de encendido.

Este generador está constituido por una parte fija que se compone de un circuito integrado Hall y un imán permanente con elementos conductores. La parte móvil del generador está formada por un tambor obturador, que tiene una serie de pantallas tantas como cilindros tenga el motor. Cuando una de las pantallas del obturador se sitúa en el entrehierro de la barrera magnética, desvía el campo magnético impidiendo que pase el campo magnético al circuito

integrado. Cuando la pantalla del tambor obturador abandona el entrehierro, el campo magnético es detectado otra vez por el circuito integrado. Justo en este momento tiene lugar el encendido. La anchura de las pantallas determina el tiempo de conducción de la bobina.



Fuente: Internet

**Figura. 2.19.- Generador de Impulsos por Efecto Hall**

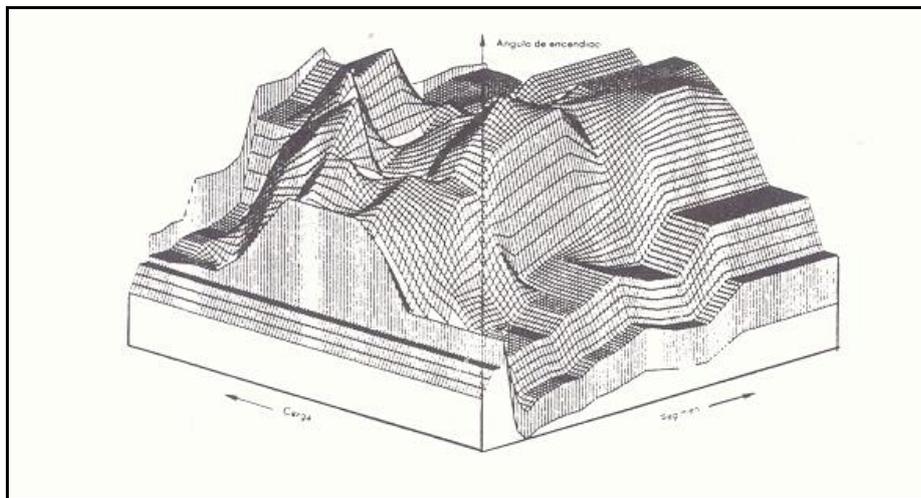
**2.- Sistema de Encendido Integral o Programado.** Este sistema se caracteriza fundamentalmente por abarcar todas las funciones mecánicas sustituyéndolas por elementos estáticos para los que resulta imposible el desajuste. Si bien los encendidos provistos de cualquier variedad de generador de impulsos eliminan la fuente más importante de dificultades que son los platinos, quedan todavía otros importantes conjuntos mecánicos que pueden adolecer de fallos, tales como los avances de encendido, tanto el centrífugo como el de vacío o depresión.

Con el sistema de encendido integral la regulación del avance se realiza electrónicamente, una unidad de control electrónica se encarga de determinar cuál es el momento adecuado para el encendido en función de la exigencia que demanda el motor. La información que maneja este dispositivo procede de diferentes sensores, ubicados en varias zonas del motor, como son el de temperatura del aire de admisión, temperatura del refrigerante, de altitud, interruptor de ralentí, de plena carga, sensor de picado, etc.

La misión de cada uno de estos sensores es proporcionar información, para controlar las variables que intervienen en el avance al encendido, para

informar a la unidad de control y para proceder en el momento adecuado al encendido de la mezcla de combustible.

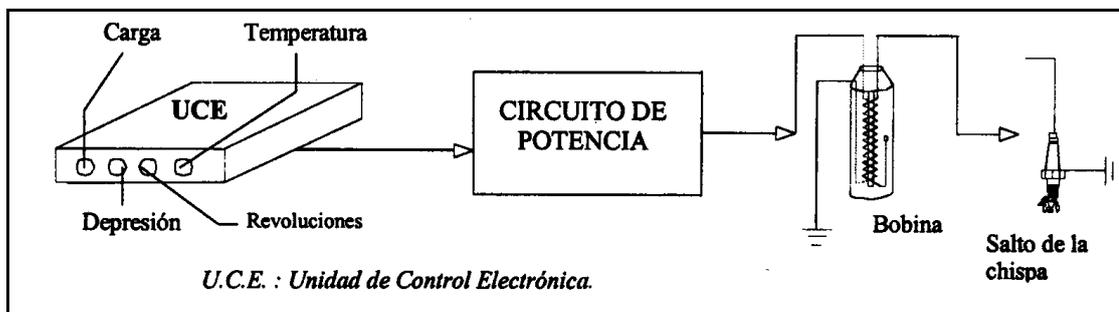
Para el arranque la unidad de control electrónica tiene programada una curva característica que depende del régimen del motor. En algunos casos, también se tiene en cuenta la temperatura del motor. Con esta ayuda se facilita la puesta en marcha y se obtiene un mayor par motor.



Fuente: Referencia bibliográfica 3

**Figura.2.20.-Curva característica programada en la central electrónica en un sistema de encendido integral.**

Un sistema de encendido integral consta básicamente de los siguientes componentes: UCE (Unidad de Control Electrónico), Circuito de potencia, bobina, bujías, etc.



Fuente: Referencia bibliográfica 3

**Figura.2.21.- Sistema de Encendido Electrónico Integral**

## CAPÍTULO III

### INFORMACIÓN TÉCNICA DE LA BUJÍA

En el sistema de encendido de un motor a gasolina, la bujía nada produce, y su función no puede ser mas simple que la de dejar atravesar por esta corriente para llegarla a masa, después de que aquella ha efectuado un salto de solo unas décimas de milímetro en el interior de la cámara de combustión.

Aunque aparentemente todo esto sea sencillo, la bujía tropieza con el inconveniente de tener que efectuar este cometido en condiciones tan desfavorables. Por tal razón, es uno de los elementos más delicados e importantes en el desempeño del motor.

#### 3.1 MATERIALES Y PARTES QUE LA COMPONEN

Todas las partes o elementos que conforman la bujía deben ser contruidos con materiales que soporten las rigurosas condiciones de trabajo, para producir su efecto eficientemente.

La bujía consta de varios elementos, dentro de los cuales existen dos elementos importantes, que son directamente responsables de las funciones que desempeña la misma en el buen funcionamiento del motor, y son:

- El aislante.
- Los electrodos.

1. **El aislante.**- Es un recio envolvimiento de cerámica (porcelana, mica, alumina.), que aísla por completo al electrodo central. Una parte del aislante va sujeta al cuerpo metálico, mientras la otra queda al exterior,

lo que beneficia su enfriamiento y la otra parte del aislante que esta por debajo del cuerpo metálico, se halla en el interior del cilindro, por lo tanto, esta sometida a presiones elevadas y al gran calor que ocasionan los gases combustionados.

La forma del aislante es muy importante para determinar no solo el aislamiento eléctrico del electrodo, sino también el grado térmico de la bujía consistente en la mayor o menor facilidad que posea la misma para evacuar el calor.

El aislante debe tener una gran resistividad al paso de la corriente y al mismo tiempo facilidad para desprenderse del calor acumulado, también debe poseer capacidad para resistir rápidos cambios de temperatura sin romperse, y ser mecánicamente fuerte para evitar deterioros al manipularlo. Para lograr estos efectos, los distintos fabricantes de bujías han seleccionado como material aislador a la cerámica de alúmina de alta pureza.

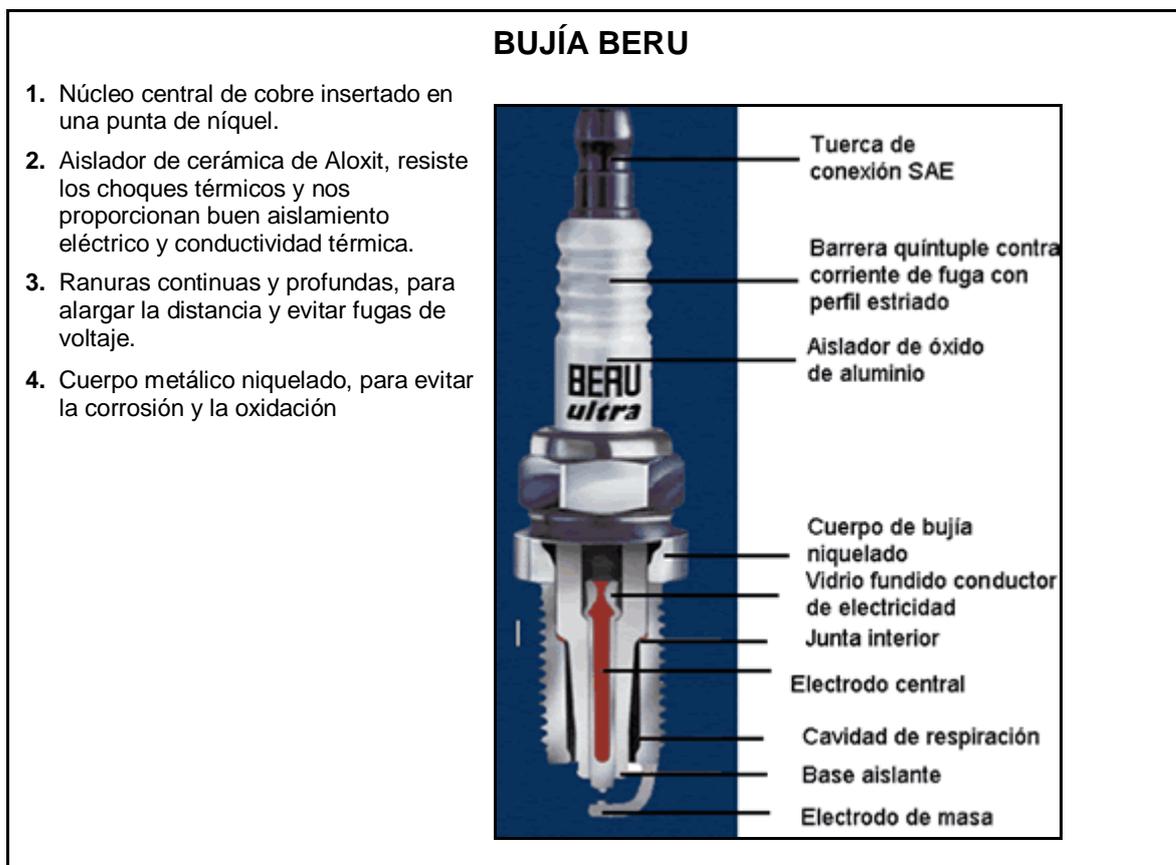
2. **Los electrodos.-** Son los elementos más fundamentales de la bujía, ya que a través de ellos pasa la corriente que producirá la chispa para inflamar la mezcla aire – combustible.

Los electrodos son dos, uno, el electrodo central, que atraviesa la bujía de arriba a abajo, y el otro el electrodo de masa, fijado al cuerpo metálico y en contacto con la culata del motor.

Los electrodos deben ofrecer la menor cantidad de resistencia posible al paso de la corriente eléctrica, mayor resistencia al calor, a la erosión, a la corrosión, e impacto mecánico, mayor disipación del calor, y además una dureza que le permita soportar las más altas temperaturas y presiones con un mínimo desgaste. Para esto, los fabricantes de bujías han seleccionado como material para los electrodos al níquel aleado con manganeso, hierro, cobre, en distinto porcentaje, por ser materiales que cumplen con estas condiciones y son de bajo costo.

Otros materiales que se utilizan para los electrodos son el níquel aleado con el cromo en fuerte proporción, el tungsteno, el platino, el molibdeno, el iridio, etc., que son utilizados solo en casos especiales.

La bujía consta también de otros elementos, que se diferencian según el fabricante de la bujía, y son los siguientes:



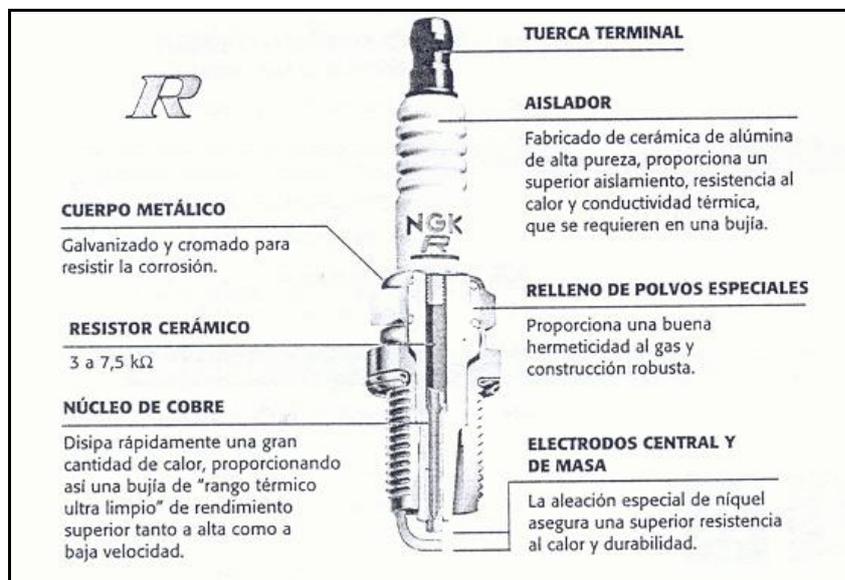
Fuente: Referencia bibliográfica 10

**Figura. 3.1 Partes y Materiales de la bujía BERU**



Fuente: Referencia bibliográfica 10

**Figura. 3.2** Proceso de obtención de la bujía BERU



Fuente: Referencia bibliográfica 9

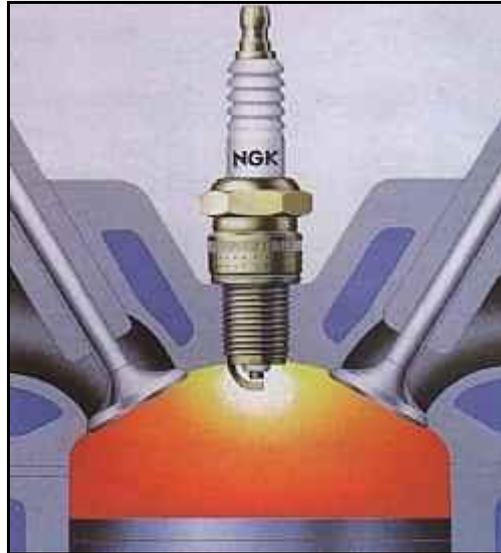
**Figura. 3.3** Partes y Materiales de la bujía NGK

### 3.2 FUNCIONES

La bujía de encendido cumple 4 funciones básicas que ayudan al buen funcionamiento del motor.

1. **Encender la mezcla de aire-combustible:** La bujía es el último paso en el circuito de ignición. Transmite la energía eléctrica que transforma al combustible en energía de trabajo, mediante la generación de una

chispa que incendia la mezcla de aire – combustible dentro de cada cilindro.



Fuente: Referencia bibliográfica 9

**Figura. 3.4 Generación de la chispa**

La chispa generada es preciso que tenga una serie de características indispensables para que se produzca un buen encendido. Cuatro son las más importantes:

- a.- Tensión inicial
- b.- La intensidad de la corriente
- c.- La intensidad de la chispa
- d.- La energía de la chispa

**La tensión** debe ser la necesaria para producir la chispa en el interior de la cámara de combustión dependiendo de varias circunstancias.

- La conductividad de un gas disminuye con el aumento de compresión.

Por lo mismo, cuanto mas comprimido este el gas, mayor debe ser la tensión de la corriente eléctrica.

- El gas caliente es mejor conductor que el gas frío porque permite una ionización más fácil. La tensión en este caso puede ser menor que con el gas frío.

- La alta turbulencia del gas en motores rápidos y altamente comprimidos, tiende a obstaculizar el fenómeno de la ionización, requiriendo para este caso una más elevada tensión eléctrica.

**La intensidad.-** La chispa de encendido constituye una descarga oscilante de elevada frecuencia que depende de la tensión inicial y del tipo de encendido.

Esta condición de alta frecuencia de la chispa en forma real se observa en la Fig. 3.4 vista en oscilógrafo de rayos catódicos. La chispa crece con una velocidad variable. En cuanto al valor de la intensidad se halla comprendido entre los 0.04 a 0.06 Amp. Esta intensidad es suficiente para que se produzca un encendido correcto.



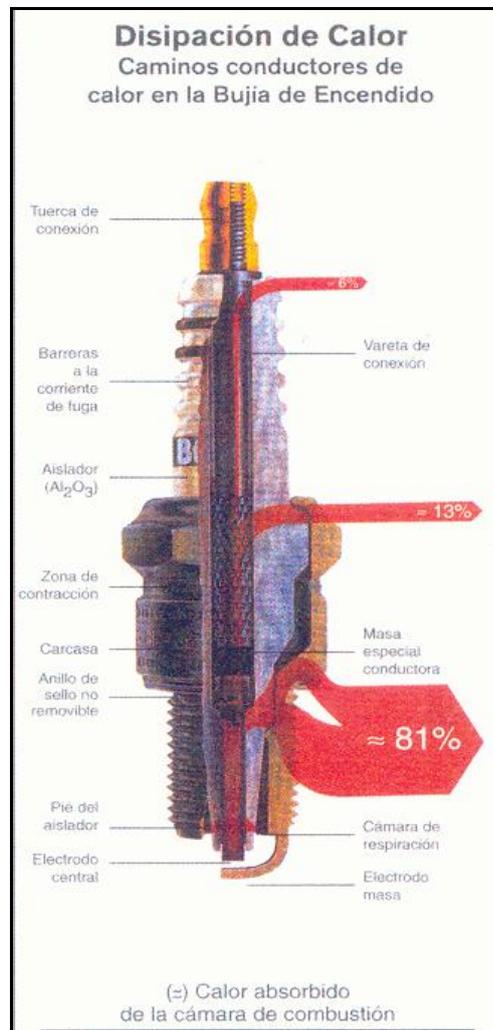
Fuente: Referencia bibliográfica 2

**Figura. 3.5 Descarga oscilante de alta frecuencia**

**La energía de la chispa.-** Cuanto mayor sea la cantidad de energía liberada por la chispa en una fracción de tiempo determinada, mayor será la probabilidad de incendiar la mezcla aire – combustible. Es necesario que la energía liberada por la chispa sea de modo instantáneo, para que tenga efecto en la combustión, caso contrario, la energía será liberada en un gas ya quemado que no produce ningún efecto en la combustión.

2. **Disipar el calor de la cámara de combustión:** La bujía trabaja como un intercambiador de calor, extrayendo la energía calorífica no deseada en la cámara de combustión al sistema de enfriamiento del motor. El

rango térmico de la bujía es la habilidad de la misma para disipar calor.



Fuente: Referencia bibliográfica 7

**Figura. 3.6 Disipación de Calor**

3. **Trabajar bajo condiciones rigurosas:** La bujía dentro de la cámara de combustión debe resistir ciertas condiciones tales como:

- Resistir ciclos repetidos, cada ciclo se produce en fracciones de segundo.
- Resistir altas temperaturas de hasta  $3.000^{\circ}C$ .
- Resistir altos voltajes de entre 15.000 a 40.000 V.
- Resistir presiones de 50 bares aproximadamente.
- Resistir la corrosión química causada por la gasolina y por los gases de la combustión.

Cuadro demostrativo de la sollicitación de presión y temperatura de la Bujía de Encendido en el motor de 4 tiempos				
Fase del ciclo	Compresión	Quema y Trabajo	Escape	Admisión
Temperatura del gas	300...600°	2000...3000 °C	1300...1600 °C	...120 °C
Presión del gas	8...15 bar	30...50 bar	1...5 bar	0,9 bar
Posición del Pistón				
Revoluciones cigueñal	PMI	PMS	PMI	PMS
	← 1 →		← 2 →	

Fuente: Referencia bibliográfica 8

**Fig. 3.7 Condiciones rigurosas de trabajo**

- 4. Diagnosticar el funcionamiento del motor:** La bujía sirve como un dispositivo confiable para diagnosticar el funcionamiento interno del motor, ya que por su aspecto, se sabe como trabaja el motor.

### 3.3 RANGO O GRADO TÉRMICO

El grado térmico de una bujía se define como una medida de la habilidad de está para disipar el calor hacia el sistema de enfriamiento del motor. Esto se logra por medio del aislador de cerámica, el cuerpo metálico y el contacto con la culata del motor; con el fin de mantener la temperatura óptima de trabajo que es entre 450<sup>0</sup>C hasta 850<sup>0</sup>C.

El grado térmico de la bujía no tiene relación con el voltaje que se transfiere a través de la misma, pero si depende del tipo de combustible y de la temperatura en cámara de combustión. En la práctica, los factores que determinan el grado térmico son la relación de compresión, el tipo de admisión (atmosférica o forzada), y las condiciones de funcionamiento del motor.

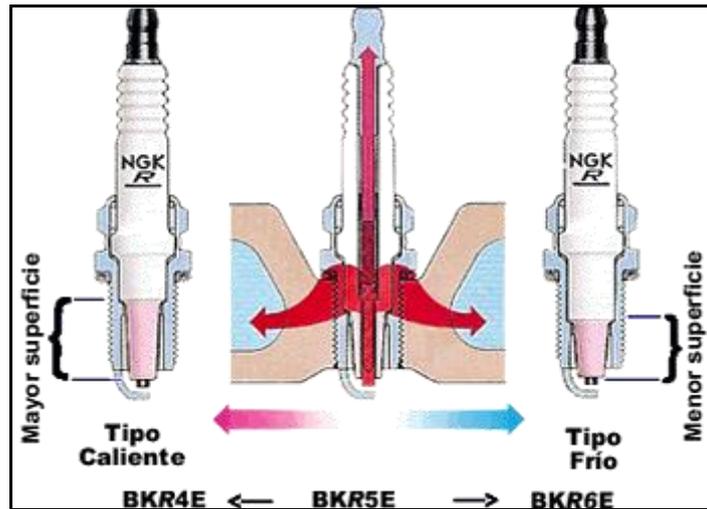
Para que el motor funcione eficientemente, debe tener bujías de grado térmico apropiado. Si el grado térmico no es el adecuado, es posible que la bujía no pueda producir el encendido o que el encendido sea deficiente, ocasionando un bajo rendimiento cuando varía la velocidad de rotación y la carga con un aumento en el consumo de combustible.

El grado térmico de la bujía viene representado por medio de un número en la nomenclatura, y varía de acuerdo a la longitud del aislador que recubre al electrodo central en la parte inferior de la bujía.

### 3.3.1 TIPOS DE BUJIAS

Las bujías según el grado térmico o la capacidad para disipar calor de la cámara de combustión se clasifican en:

- **Bujías Frías.-** Son las bujías que tiene la punta del aislante corta y transfieren con rapidez mucho calor a la culata del motor. Se utilizan para evitar el sobrecalentamiento en motores que funcionan a regimenes altos. Cuando las bujías son demasiado frías no se queman por completo los residuos de carbón situados en los electrodos, e impiden la formación de la chispa o la desvían. Por tal razón, son empleadas en motores rápidos y de uso continuo.
- **Bujías Calientes.-** Son las bujías que tienen la punta del aislante mas largo y transfieren lentamente el calor a la culata del motor. Este tipo de bujías logra alcanzar una temperatura más alta y quema mejor los residuos de la combustión que se adhieren en las estás a regimenes bajos del motor. Cuando las bujías están demasiado calientes, se ponen al rojo e inflaman la mezcla de aire-combustible antes de tiempo, produciendo un autoencendido con detonaciones. Por tal razón son empleadas en motores de baja velocidad o lentos.



Fuente: Referencia bibliográfica 9

**Figura. 3.8 Tipos de Bujías  
(Según el grado térmico)**

### 3.4 NOMENCLATURA

La codificación o simbolización de las bujías, según sus características, es propia de cada fabricante.

Existen escalas normalizadas, por ejemplo, de grado térmico pero los fabricantes de bujías no lo consideran en la información que proporcionan al público. Cada fabricante tiene su propia nomenclatura, que es distribuida conforme a su criterio y definida de forma propia con números, letras o combinaciones de ambos.

Para que los usuarios puedan saber qué bujías son las adecuadas para un motor determinado, los fabricantes de bujías han editado tablas que facilitan esta información, también hay fabricantes que editan tablas de equivalencias entre bujías de otros fabricantes, pero cada fabricante tiene sus propios criterios para la fabricación, por lo tanto, puede haber diferencias entre estas bujías.

La forma de codificar a las bujías según los fabricantes de la BOSCH, NGK, BERU, y CHAMPION, que son las bujías que tienen mayor demanda en nuestro país es la siguiente.

***BUJIAS BOSCH***

Forma de Asiento y rosca W	Versión R	Código Característica de grado térmico 7	Longitud de rosca Posición de la Chispa D	Versión de los Electrodo R	Material de Electrodo C	Tipo de Versión X
D M 18 X 1,5		13	A 12,7 11,2			R Resistencia a la electro-erósión
F M 14 X 1,25		12	B 12,7 11,2	D		V 1,3
H M 14 X 1,25		11	C 19 17,5	T		W 0,9
M M 18 X 1,5		10	D 19 17,5	Q		X 1,1
U M 10 X 1		9	E 9,5			Y 1,5
W M 14 X 1,25		8	F 9,5			Z 2,0
X M 12 X 1,25		7	H 19 17,5	C	Cobre	0 Diferencias respecto a la versión básica
Y M 12 X 1,25		6	K 19 17,5	E	Nicke <i>Ni</i>	1 Versión PO con electrodo de masa de NI
B blindada, estanca el agua, para cable de encendido de resistencia $\phi$ 7 mm de diámetro		5	L 19 17,5	P	Platino	2 Electrodo de masa de 2 materiales
C blindada, estanca el agua, para cable de encendido de resistencia de 5 mm de diámetro		4	M 25	S	Plata	4 Pie del aislador prolongado
L bujía de encendido de chispa desluzante		3				
S bujía de encendido para motores pequeños		2				
R con resistencia		1				

Figura. 3.9 Código de Identificación BOSCH

**BUJIAS NGK**

**ELECTRO DIESEL**  
Una Empresa del Grupo INYESTAMAR S.A.

GUAYAQUIL: Av. Las Monjas No. 10 y Av. C. J. Arosemena, Edif. Berlín  
Teléfonos: 200500-202208 Fax: 593-4-201473

QUITO: Panamericana Norte, Km. 3 Teléfonos: 475722-478224-471235  
Fax: 593-2-475683



**BOSCH**

Tecnología... Para todas las marcas

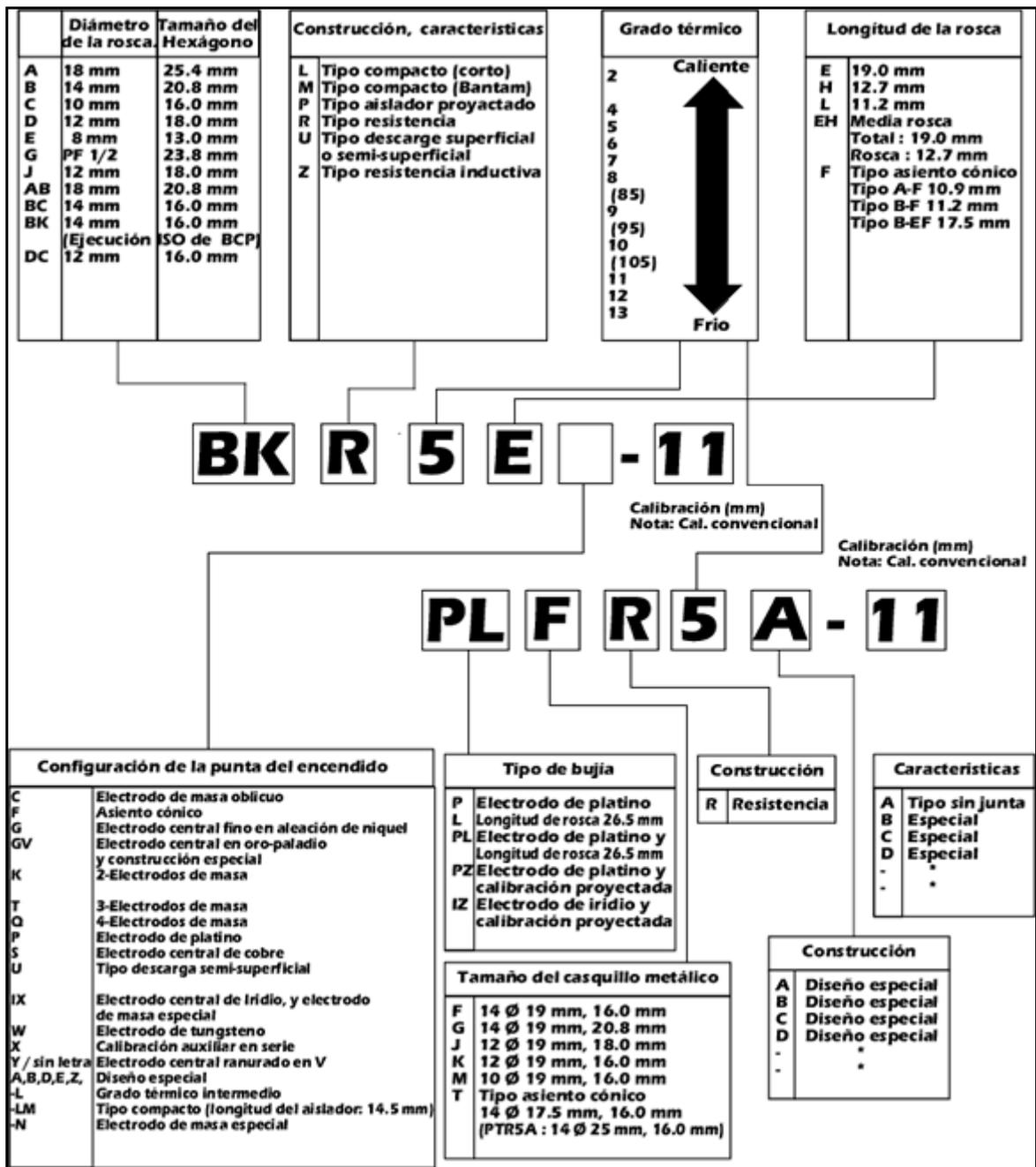


Figura. 3.10 Código de Identificación NGK



**Figura 3.12 Código de Identificación CHAMPION**

## 3.5 TIPOS Y CARACTERISTICAS

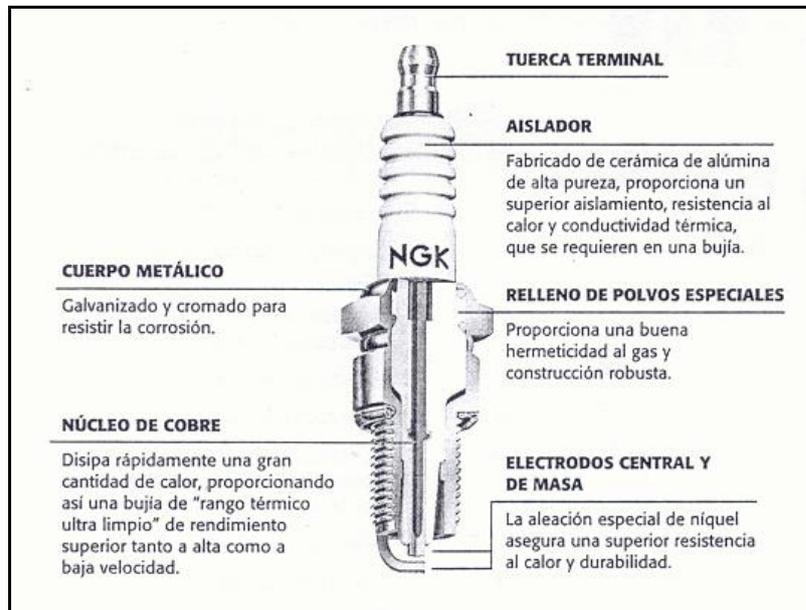
Existen varios tipos de bujías en base a su estructura, al número de electrodos, cortes en los mismos, y materiales que lo conforman; con sus respectivas características proporcionadas por el fabricante al usuario.

### 3.5.1 BUJIAS CONVENCIONALES

Las bujías convencionales a la vez se clasifican en: bujías Standard, bujías resistivas y bujías con corte en "V" a 90° en el electrodo central.

1. **Bujía Standard.**- Este tipo de bujía se caracteriza por:

- El desempeño es constante
- Los electrodos están formados con aleaciones de níquel.
- El núcleo central es de cobre.
- Previene la acumulación de depósitos de carbón.
- Es recomendada para motores con encendido convencional.
- La duración es de 10.000 Km. aproximadamente.

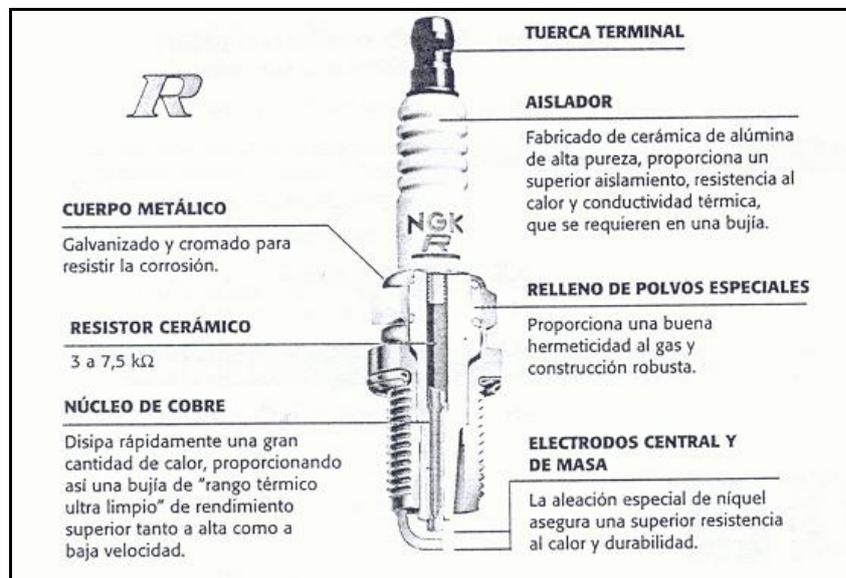


Fuente: Referencia bibliográfica 9

**Figura. 3.13 Bujía Standard**

2. **Bujía Resistiva.**- Esta bujía se caracteriza principalmente por reducir a un mínimo las interferencias electromagnéticas causadas por el sistema de encendido, además de:

- Tener una resistencia interna de 3 a 7.5 K $\Omega$  en el electrodo central.
- Mejora la recepción de las señales de radio, y comunicaciones móviles, disminuyendo ruidos e interferencias.
- Asegura el correcto funcionamiento de los sistemas de inyección electrónica de combustibles.
- Tiene una vida útil entre 10.000 y 15.000 Km.



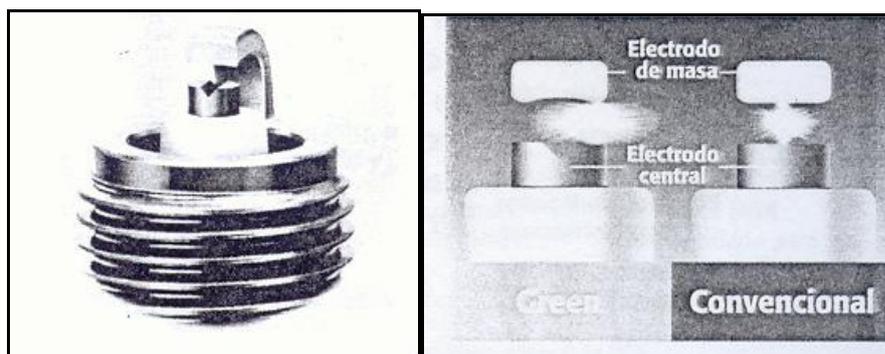
Fuente: Referencia bibliográfica 9

**Figura. 3.14 Bujía Resistiva**

3. **Bujía con corte en "V" a 90° en el electrodo central.**- Este tipo de bujía provee un óptimo desempeño y mayor eficiencia en la combustión requerida por los motores de hoy en día; por presentar las siguientes características:

- El corte en "V" en el electrodo central hace que la chispa se vaya a la punta exterior del mismo, colocándola cerca de la mezcla aire-combustible, lo que permite a la chispa que inflame la mezcla de manera más rápida.

- Requiere menor voltaje para la ignición, resultando el encendido más rápido y mejor en climas fríos.
- El corte en “V” del electrodo central permite al sistema de ignición generar la chispa fácilmente en mezclas densas de aire-combustible.
- Reduce las emisiones de gases contaminantes.
- Mayor auto-limpieza en los electrodos.
- Mejor estabilidad en el motor.
- Menor interferencia electromagnética.
- Elegida para motores de altos regimenes de trabajo.
- Como valor agregado, el forzamiento de la chispa hacia la punta exterior del electrodo de tierra producido por el corte en “V” ayuda a reducir el efecto por “extinción”, reduciendo las fallas causadas por las altas presiones del cilindro “apagando” la chispa.



Fuente: Referencia bibliográfica 9

**Figura.3.15 Bujía con corte en “V” en el electrodo central (Bujía Green)**

### 3.5.2. BUJIAS PREMIUN

Este tipo de bujías tienen mayor durabilidad, gracias a la presencia del iridio y platino en las puntas de los electrodos, y se clasifican en:

1. **Bujía de Iridio.-** Esta bujía presenta las siguientes características en función de la presencia de iridio en la punta del electrodo central y del

diámetro que es más delgado.

- Máxima Ignitabilidad.
- Máximo desempeño de auto-limpieza.
- Menor requerimiento de voltaje.
- Larga vida útil de 70,000 a 75,000 Km.
- 0.6 mm. de diámetro en el electrodo central.

2. **Bujía de Platino.**- Esta bujía ha sido considerada como un elemento original para algunos motores americanos, por las características del platino, que permite un desempeño superior y eficiente inflamación de la mezcla aire – combustible, además de:

- La bujía de Platino tienen una vida más duradera que las bujías convencionales y se desempeña de manera más consistente a lo largo de ésta.
- La bujía de platino está diseñada para generar potencia, desempeño y calidad en la generación de la chispa.
- Al compararse con las bujías convencionales, el resultado es una bujía que produce mejores encendidos, aceleración superior y mejor economía en combustible.
- Reduce las emisiones de gases contaminantes.



Fuente: Internet

**Figura. 3.16 Bujía de Platino**

### **3.5.3 BUJÍAS ESPECIALES**

Este tipo de bujías son diseñadas de una forma especial, diferente al resto de bujías. Tienen una alta durabilidad y principalmente reducen las fallas de encendido, se clasifican en:

**1. Bujías de electrodos Múltiples.**

- Diseñada con 2, 3 y 4 electrodos de masa.
- Proporcionan mayor durabilidad.
- Previene la acumulación subsecuente de residuos de carbón.
- Reduce las posibilidades de falla.
- Reduce las interferencias electromagnéticas a un mínimo.



Fuente: Internet

**Figura.3.17 Bujía de múltiples electrodos**

- 2. Bujías con descarga Semi-superficial.-** El tipo de luz de esta bujía mejora la capacidad de encendido y proporciona menor sensibilidad al aumento de voltaje debido al desgaste de los electrodos. La bujía de descarga semi-superficial quema el carbón formado en el aislador, disminuyendo la carbonización.



Fuente: Internet

**Figura.3.18 Bujía con descarga Semi- superficial**

### **3.6 ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA BUJÍA**

Al ser la bujía un dispositivo confiable para conocer el funcionamiento interno de un motor, se debe analizar su aspecto o estado que presenta detalladamente, para de esta manera revelar lo que sucede con el funcionamiento del motor.

### 3.6.1 ASPECTOS, CAUSAS, SINTOMAS Y RECOMENDACIONES

Los siguientes esquemas indican el comportamiento del motor según el aspecto de la bujía.

#### 1. BUJÍA NORMAL

- **Aspecto.-** Pie del aislador, de color blanco grisáceo o gris amarillento. El motor está en orden. Grado térmico correctamente elegido. El ajuste de la mezcla y del encendido son perfectos, no hay fallas de encendido y el sistema de arranque en frío funciona bien. No hay residuos de aditivos de plomo del combustible, ni de componentes de aleación del aceite de motor. No existe sobrecarga térmica.
- **Síntoma.-** El motor esta en perfecto funcionamiento.
- **Recomendación.-** Realizar un mantenimiento periódico



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.19 Bujía Normal**

#### 2. BUJÍA CUBIERTA DE HOLLIN

- **Aspecto.-** Pie del aislador, electrodos y cuerpo de la bujía están cubiertos de hollín de color negro y aspecto aterciopelado.
- **Causas.-** Ajuste incorrecto de la mezcla (carburador, inyección): mezcla demasiado rica, filtro de aire muy sucio; dispositivo automático de control del caudal de arranque (choke) demasiado tiempo accionado, bujía demasiado "fría"; sistema de encendido en mal estado.
- **Síntoma.-** Debido a que se desvía la chispa se produce un deficiente arranque en frío y fallos de encendido, también llega combustible no quemado al catalizador y lo daña, pierde potencia el motor.
- **Recomendación.-** Ajustar correctamente la mezcla, y el dispositivo de control automático del caudal de arranque; revisar el filtro de aire y sistema de encendido.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.20 Bujía cubierta de hollín**

### 3. BUJÍA ENGRASADA O CUBIERTA DE ACEITE

- **Aspecto.-** Pie del aislador, electrodo y cuerpo de bujía cubiertos de hollín aceitoso brillante o de carbonilla de aceite.
- **Causa:** Demasiado aceite en la cámara de combustión. Excesivo nivel de aceite; que filtra por los anillos de los cilindros y guías de válvulas que están muy desgastados.
- **Síntoma.-** Fallas del encendido, dificultades al arrancar.
- **Recomendación.-** Revisar internamente al motor; mezcla correcta de combustible y aceite; Colocar bujías nuevas.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.21 Bujía Engrasada**

### 4. BUJÍA CON DEPOSITO DE PLOMO

- **Aspecto.-** El pie del aislador presenta en algunos puntos una vitrificación pardo amarillenta que puede alcanzar una coloración verdosa.
- **Causa.-** Aditivos de plomo en el combustible. La vitrificación se forma al ser sometido el motor a una elevada carga después de haber funcionado largo tiempo a carga parcial.
- **Síntoma.-** Con cargas elevadas, la capa se vuelve electro conductora y ocasiona fallas de encendido.
- **Recomendación.-** Asegúrese que los aditivos utilizados en el combustible se ajustan a las recomendaciones del fabricante del motor. Cambie las bujías. Limpiarlas resulta inútil.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.22 Bujía con Deposito de Plomo**

## 5. BUJÍA CON FORMACIÓN DE CENIZA

- **Aspecto.-** Gruesa capa de ceniza proveniente de aditivos del aceite y del combustible, depositada sobre el pie del aislador en el espacio de ventilación y sobre el electrodo de masa. Estructura deforme, incluso semejante a escoria.
- **Causa.-** Los componentes de los aditivos, procedentes principalmente del aceite depositan esta ceniza en la cámara de combustión y sobre la bujía.
- **Síntoma.-** Ocasiona autoencendidos con pérdida de potencia y daños en el motor.
- **Recomendación.-** Limpiar la cabeza del pistón y revisar el estado de los anillos. Usar bujías nuevas y otra clase de aceite.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.23 Bujía con Formación de Ceniza**

## 6. BUJÍA CON ROTURA DEL PIE DEL AISLADOR

- **Causa.**- Presencia de partículas extrañas dentro de la cámara de combustión, sobrecarga en el motor. En casos extremos, debido a depósitos entre el electrodo y el pie del aislador y a corrosión del electrodo central, se puede romper el pie del aislador, especialmente en caso de funcionamiento excesivamente prolongado.
- **Síntoma.**- Fallas de encendido. La chispa de encendido salta a puntos, a los que la mezcla recién entrada no llega con seguridad. Funcionamiento del motor con detonaciones
- **Recomendación.**- Asegúrese de utilizar combustible de octanaje apropiado. Compruebe que el sensor de detonación este trabajando. Cambiar las bujías por nuevas.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.24 Bujía con Rotura del Pie del Aislador**

## 7. BUJÍA CON DESGASTE DEL ELECTRODO DE MASA

- **Causa.**- Aditivos agresivos en el combustible y aceite. Influencias desfavorables al flujo dentro de la cámara de combustión, posiblemente debido a residuos.
- **Síntoma.**- Fallas en el encendido, especialmente al acelerar. La tensión de encendido es insuficiente para compensar la gran separación de los electrodos. Dificultades al arrancar.
- **Recomendación.**- Cambiar por bujías nuevas.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.25 Bujía con desgaste del electrodo de masa**

## 8. BUJÍA CON ELECTRODOS SOLDADOS POR FUSIÓN

- **Aspecto.-** Porosidad esponjosa de los electrodos. Eventualmente, incrustación de materiales ajenos a la bujía.
- **Causa.-** Sobrecarga térmica de autoencendido, debido a un ajuste inicial demasiado avanzado del punto de encendido, presencia de residuos de la combustión en la cámara, válvulas defectuosas, distribuidor de encendido deteriorado, combustible de mala calidad o bajo octanaje, bujías no apretadas reglamentariamente (torque insuficiente) o demasiado calientes, agua del sistema de enfriamiento y aceite insuficientes.
- **Síntoma.-** Antes de la falla total (daños en el motor) se produce pérdida de la potencia.
- **Recomendación.-** Revisar el motor, el sistema encendido y la preparación de la mezcla. Cambiar por bujías nuevas.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.26 Bujía con electrodos soldados por fusión**

## 9. BUJÍA CON DESGASTE DEL ELECTRODO CENTRAL

- **Causa.-** Las bujías de encendido no se han cambiado en el tiempo previsto. Presenta un desgaste excesivo en la punta del electrodo central debido a fallas durante aceleración y arranques bruscos.
- **Síntoma.-** Fallos de encendido, especialmente al acelerar. La tensión de encendido ya no es suficiente por la gran separación de los electrodos. Dificultades al arrancar.
- **Recomendación.-** Cambiar bujías.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.27 Bujía con desgaste en el electrodo central**

## 10. BUJÍA CON ELECTRODO CENTRAL FUNDIDO

- **Aspecto.-** Electrodo central fundido; punta del pie del aislador cubierta de burbujas, esponjosa y ablandada.
- **Causa.-** Sobrecarga térmica por autoencendidos incandescentes, por ejemplo, debido a un ajuste inicial del punto de encendido demasiado avanzado, residuos de combustión en la cámara, válvulas defectuosas, distribuidor de encendido deteriorado, combustible de calidad insuficiente, bujía muy caliente.
- **Síntoma.-** Interrupción de encendidos, pérdidas de potencia (daños en el motor).
- **Recomendación.-** Revisar el motor, el encendido y la preparación de la mezcla. Cambiar bujías de grado térmico correcto.



Fuente: Cortesía BOSCH

**Figura.3.28 Bujía con electrodo central fundido**

# CAPÍTULO IV

## PLAN DE PRUEBAS Y EXPERIMENTACIÓN

### 4.1 PLAN DE PRUEBAS

Para la ejecución del presente proyecto, se establece un plan de pruebas, en el que se definen los distintos parámetros involucrados en la determinación del desempeño de un motor de encendido por chispa (MECH) y las diferentes pruebas a desarrollar con cada tipo de bujía, estableciendo un proceso e indicando los equipos e instrumentos que se utilizarán en la realización de las mismas.

#### 4.1.1 PARAMETROS DE DESEMPEÑO DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

A fin de poder evaluar el funcionamiento del motor de encendido por chispa con cada tipo de bujía, se definen los principales parámetros de desempeño del motor.

1. **Torque.**- Indica la fuerza torsional que es capaz de proporcionar un motor desde su eje principal.
2. **Potencia al Freno.**- La potencia es la rapidez con la que se efectúa un trabajo, es decir, el trabajo por unidad de tiempo.

La potencia al freno es la potencia que se dispone en el eje del motor, y es, el resultado de la diferencia entre la potencia desarrollada en la cámara de combustión al quemarse la mezcla de aire-combustible llamada potencia indicada (ihp) y la potencia requerida para vencer la fricción entre las partes mecánicas del motor además en la inducción de

la carga aire-combustible y en la expulsión de los gases de escape llamada potencia de fricción (fhp).

$$Pf = Tq \times N \quad 4.1$$

**3. Consumo específico de combustible (CEC).**- Es la cantidad de combustible necesaria para generar una unidad de potencia.

Es un parámetro comparativo que muestra con cuanta eficiencia convierte un motor el combustible en trabajo.

$$CEC = \frac{\dot{m}_c}{Pf} \quad 4.2$$

donde:

$$\dot{m}_c = \frac{\delta \times v}{t} \quad 4.3$$

**4. Relación aire-combustible ( $r_{a/c}$ ).**- Expresa la cantidad en masa o en volumen, de aire aspirado por el motor para una cantidad unitaria de combustible. Dicha relación es función del tipo de alimentación del motor, y de su regulación.

$$r_{a/c} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_c} \quad 4.4$$

donde:

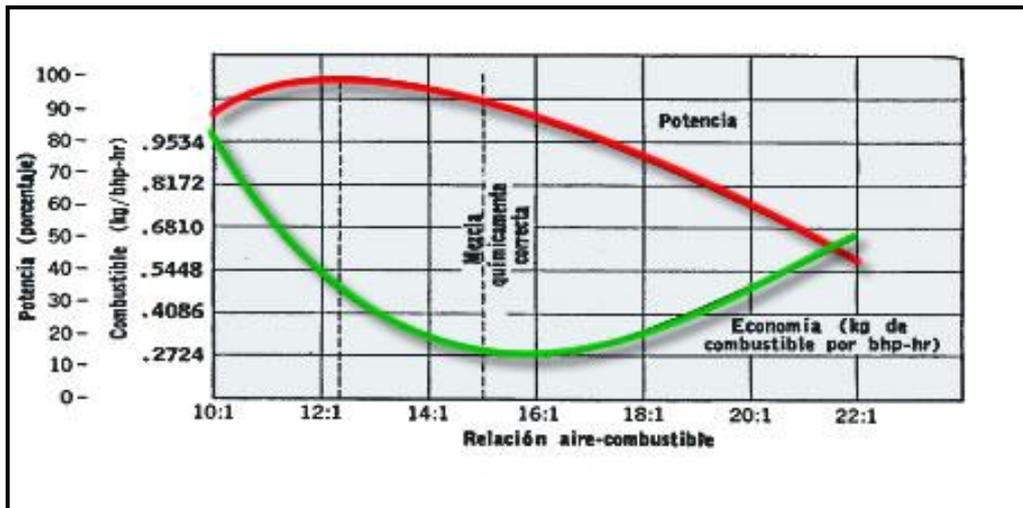
$$\dot{m}_a = \frac{\pi \times d^2}{4} \times C \times \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times h_0 \times P_a}{R_a \times T_a}} \quad 4.5$$

El valor ideal o teórico de tal relación es 14.7:1 (es decir, 14.7 kg de aire por cada kilogramo de gasolina), correspondiente a la relación

estequiométrica. Pero esto ocurre en condiciones teóricas o ideales, que no considera la mayor o menor rapidez con que se desarrolla efectivamente la combustión.

Con una relación aire/combustible más baja que la estequiométrica no todo el combustible podrá quemarse y una parte quedará sin quemar o parcialmente quemado, con formación de CO y HC. Hay que recordar que la combustión nunca es completa, independiente de la relación aire combustible, puesto que la reacción nunca se desarrolla en condiciones ideales.

La siguiente curva represente las características del motor de encendido por chispa en función de la relación aire/combustible.



Fuente: Referencia bibliográfica 4

**Figura 4.1 Potencia y economía de combustible en función de la relación aire/combustible**

5. **Eficiencia térmica ( $\eta_t$ )** .- O rendimiento térmico del motor, indica el grado de aprovechamiento del poder calórico del combustible, al desarrollar una unidad de potencia útil.

$$\eta_t = \frac{P_f}{m_C \times Q_{NETO}} \quad 4.6$$

donde:

$$\eta_t = \frac{1}{CEC \times Q_{NETO}} \quad 4.7$$

**6. Eficiencia volumétrica ( $\eta_v$ ).**- O rendimiento volumétrico del motor, indica la relación entre la masa real de aire inducido por el motor en el proceso de admisión y la masa teórica que debiera inducirse para llenar el volumen de desplazamiento del embolo, es decir, es el porcentaje de llenado del cilindro.

A bajas velocidades la eficiencia volumétrica es mayor, puesto que las pérdidas por la estrangulación de aire son menores.

$$\eta_v = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_{Ta}} \quad 4.8$$

donde:

$$\dot{m}_{Ta} = \delta \times v \times rpm \quad 4.9$$

**7. Presión media efectiva al freno (PMEF).**- Es la media de todas las presiones instantáneas que se producen en el proceso de combustión y expansión de los gases dentro del cilindro. Esta presión teórica constante produce una potencia igual a la del freno.

$$PMEF = \frac{Pf \times 450000 \times 2}{cilindrada \times rpm} \quad 4.10$$

## **4.1.2 PRUEBAS CON LOS DISTINTOS TIPOS DE BUJÍAS**

A continuación se definen las pruebas en las diferentes condiciones de operación del motor que se desarrollaran con cada tipo de bujía en el banco de pruebas del laboratorio de Motores. Pruebas que son efectuadas en motores de aplicación automotriz y marina, con el fin de llegar a obtener los objetivos planteados en el proyecto.

### **4.1.2.1 Prueba con el motor en vacío**

El objetivo de esta prueba es determinar como influye cada tipo de bujía, en la respuesta del motor al encendido o arranque y en el consumo de combustible a la velocidad de ralentí.

La prueba de respuesta del motor al encendido se realiza cuando el motor se encuentra frío a una temperatura ambiente y cuando esta caliente a una temperatura del refrigerante de 70 °C aproximadamente.

### **PROTOCOLO DE LA PRUEBA CON EL MOTOR EN VACÍO**

**BANCO DE PRUEBAS:**

**MOTOR:**

**COMBUSTIBLE:**

**TIPO DE BUJÍA / CODIGO:**

**PARAMETRO A MEDIR**

Cuando el motor se encuentra frío (Temp.=  $T_{\text{Ambiente}}$ ) y cuando este caliente (Temp. Refrigerante= 70°C) se registrará el numero de intentos de encendido hasta que el motor se ponga en marcha. Además se medirá el tiempo que se demora en consumir un volumen establecido de combustible y el consumo de aire para llegar a obtener una relación aire-combustible a la velocidad de ralentí.





**PROTOCOLO DE LA PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN**  
**CON ACELERACIÓN CONSTANTE AL 100%**

**BANCO DE PRUEBAS:**

**MOTOR:**

**COMBUSTIBLE:**

**TIPO DE BUJÍA / CODIGO:**

**VARIABLES A MEDIR**

A diferentes velocidades de rotación y con aceleración máxima constante del 100% se registrarán las siguientes variables que intervienen en la determinación de los parámetros de desempeño del motor.

- Torque
- Consumo de combustible
- Presión diferencial del aire a través de la placa orificio
- Temperatura de entrada de refrigerante
- Temperatura de salida de refrigerante
- Caudal del refrigerante
- Temperatura del gas de escape

**TIEMPO DE ESTABILIZACION AL INICIO DE LA PRUEBA:** 10 min.

**TIEMPO DE ESTABILIZACION PARA CADA VELOCIDAD:** 10 min.

**VELOCIDAD INICIAL:** 1500 RPM

**VELOCIDAD MAXIMA:** 4000 RPM

**INTERVALO DE VARIACION DE LA VELOCIDAD:** 500 RPM

**TEMPERATURA DE REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL MOTOR:** 70°C

**VOLUMEN DE COMBUSTIBLE:** 50 cm<sup>3</sup>



## PARAMETROS A DETERMINAR

Al finalizar la toma de datos se realizará un ejemplo de cálculo para determinar los parámetros de desempeño del motor, y posteriormente se tabularan los resultados.

### FORMATO PARA LOS RESULTADOS

**Tabla 4.4 Cuadro de resultados**

			AIRE		COMBUSTIBLE			EFICIENCIAS	
Velocidad	Pf	PMEF	ma	mTa	mc	CEC	a/c	$\eta_t$	$\eta_v$
RPM	Kw	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%

#### 4.1.2.3 Prueba variando la carga o con cargas parciales

El objetivo de la prueba variando la carga o aceleración es para determinar como influye cada tipo de bujía en la variación del consumo específico de combustible.

Para realizar esta prueba se debe seguir el mismo procedimiento de la prueba con velocidad variable, únicamente hay que variar la aceleración o carga en forma proporcional para cada rango de velocidades de rotación del motor.

**PROTOCOLO DE LA PRUEBA VARIANDO LA CARGA O CON CARGAS**  
**PARCIALES**

**BANCO DE PRUEBAS:**

**MOTOR:**

**COMBUSTIBLE:**

**TIPO DE BUJÍA / CODIGO:**

**VARIABLES A MEDIR**

Con aceleración parcial constante para diferentes velocidades de rotación se registrarán las siguientes variables que intervienen en la determinación de los parámetros de desempeño del motor.

- Torque
- Consumo de combustible
- Presión diferencial del aire a través de la placa orificio.
- Temperatura de entrada de refrigerante
- Temperatura de salida de refrigerante
- Caudal del refrigerante
- Temperatura del gas de escape

**TIEMPO DE ESTABILIZACION AL INICIO DE LA PRUEBA:** 10 min.

**TIEMPO DE ESTABILIZACION PARA CADA VELOCIDAD:** 10 min.

**ACELERACION INICIAL:** 25%

**ACELERACION FINAL:** 75%

**INTERVALO DE VARIACION DE LA CARGA O ACELERACIÓN:** 25%

**VELOCIDAD INICIAL:** 1500 RPM.

**VELOCIDAD MAXIMA:** 4000 RPM.

**INTERVALO DE VARIACION DE LA VELOCIDAD:** 500 RPM.

**TEMPERATURA DE REFRIGERANTE A LA SALIDA DEL MOTOR:** 70<sup>0</sup>C

**VOLUMEN DE COMBUSTIBLE:** 50cm<sup>3</sup>



## PARAMETROS A DETERMINAR

Al finalizar la toma de datos se determinará los parámetros de desempeño del motor y se tabularan los resultados.

### ACELERACIÓN:

**Tabla 4.6 Cuadro de resultados**

			AIRE		COMBUSTIBLE		EFICIENCIAS		
Velocidad	Pf	PMEF	ma	mta	mc	CEC	a/c	Nt	Nv
RPM	Kw	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%

### 4.1.3 EQUIPOS E INSTRUMENTOS A UTILIZAR

#### BANCO DE PRUEBAS

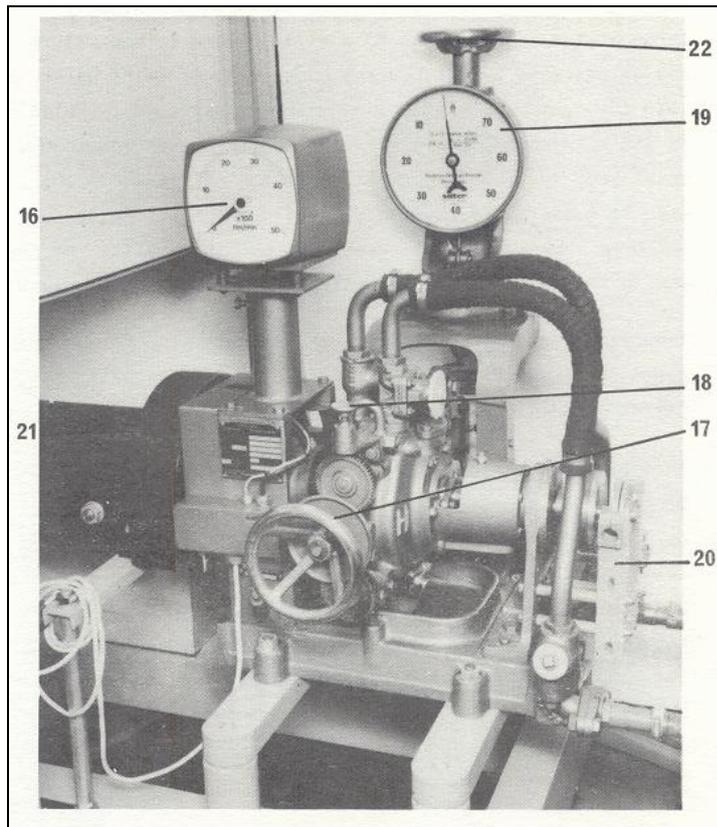
El banco de pruebas TECQUIPMENT TD4 para motores de combustión interna alternativos esta constituido por los siguientes equipos e instrumentos que se detallan a continuación.

#### - Motor

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Marca	Ford
Sistema de alimentación	Carburador
Numero de cilindros y disposición	4 en Línea
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	1298
Tipo de Bujía	Motorcraft AG22 (Bosch W7DC)
Potencia nominal al freno ( KW / RPM )	48.7 / 5500
Carrera (mm)	62.99
Diámetro (mm)	80.98
Relación de compresión	9:1

**- Freno hidráulico**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Marca	Heenan & Fronde
Potencia Máxima ( KW )	75



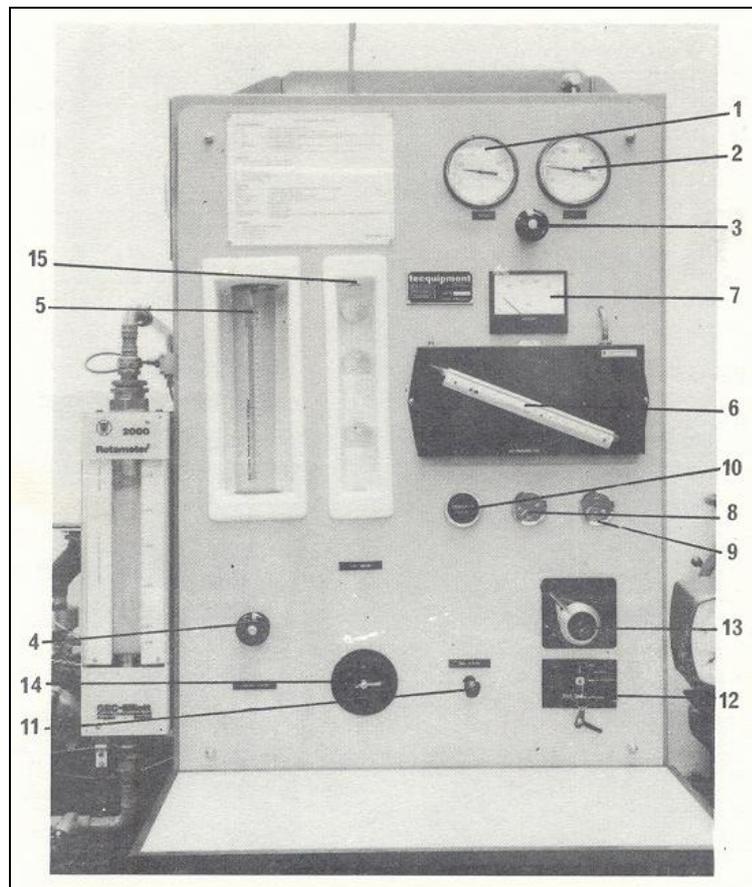
Fuente: Referencia bibliográfica 11

**Figura 4.2 Freno hidráulico**

16. Tacómetro	19. Indicador de torque
17. Volante de carga	20. Generador de función
18. Seguro del volante	22. Volante de enceramiento

**- Panel de control**

INSTRUMENTOS	RANGO	APRECIACIÓN	OBSERVACIÓN
1. Termómetro	0 – 100 °C	2 °C	Temp. Ingreso agua
2. Termómetro	0 – 100 °C	2 °C	Temp. Salida agua
5. Rotámetro	0 – 27 cm	0.1 cm	Caudal de agua
6. Manómetro diferencial	0 – 75 mmH <sub>2</sub> O	0.5 mmH <sub>2</sub> O	P. diferencial del aire a través placa orificio
7. Pirómetro	0 – 1000 °C	20 °C	Temp. Gases escape
8. Manómetro	0 – 7 Kg/cm <sup>2</sup>	1Kg/cm <sup>2</sup>	Presión de Aceite
15. Pipeta	50 – 250 cm <sup>3</sup>	50cm <sup>3</sup>	Consumo combustible



Fuente: Referencia bibliográfica 11

**Figura 4.3 Panel de Control**

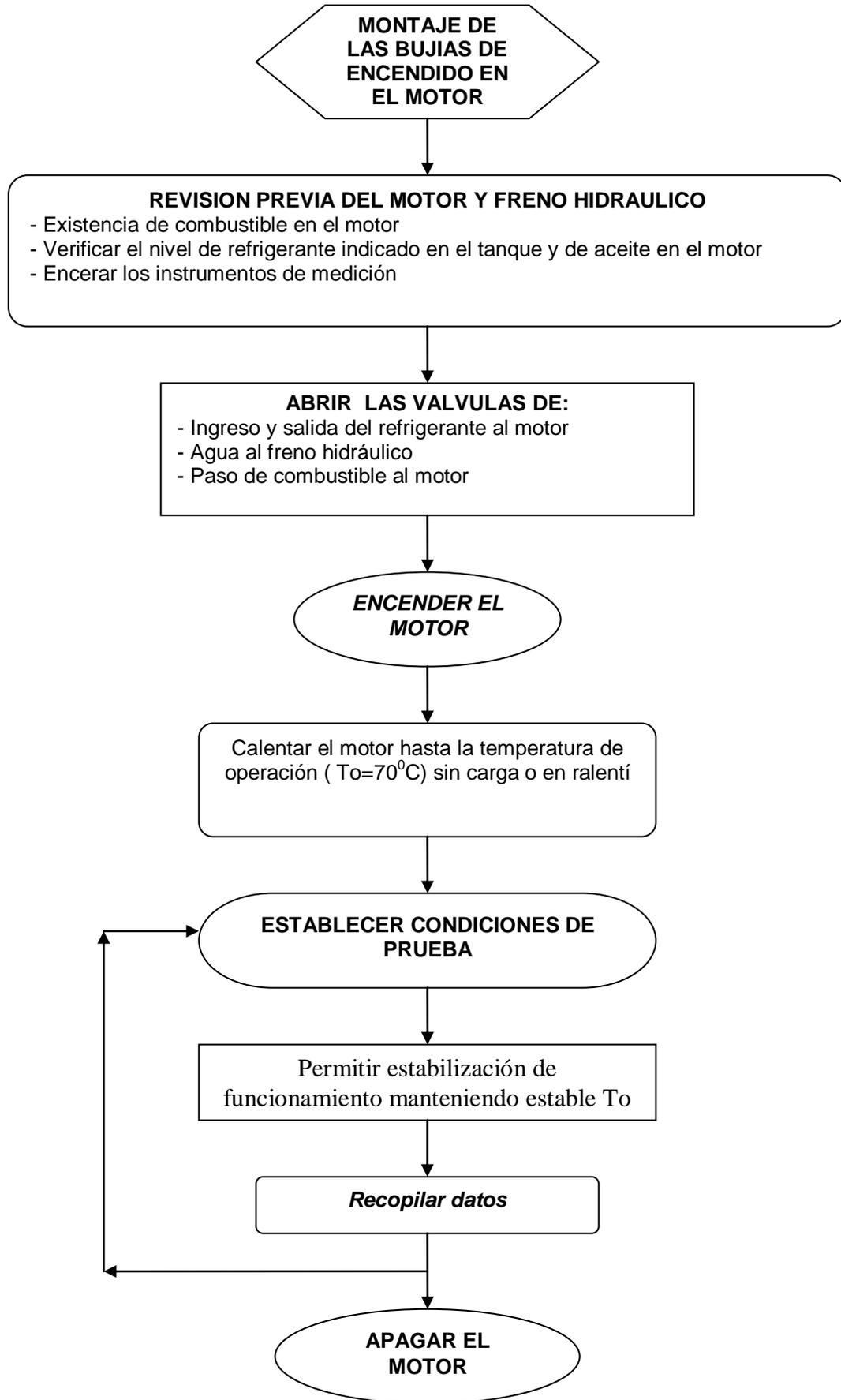
3. Válvula compuerta (agua)	13. Acelerador
4. Válvula compuerta (agua)	14. Válvula de paso (combustible)
12. Swith de arranque	

## OTROS INSTRUMENTOS

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>RANGO</b>	<b>APRECIACIÓN</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
Contador electrónico	0 – 99999 rev	1 rev.	Revoluciones del motor
Cronómetro	0 – 60 min	0.1seg	Tiempo

### 4.1.4 FLUJOGRAMA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

La realización de las diferentes pruebas con cada tipo de bujía requiere una secuencia ordenada y lógica, la cual se indica en el siguiente diagrama.



**Diagrama 4.1** Flujograma del proceso experimental

## 4.2 EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS

### 4.2.1 TABLA DE DATOS

#### PRUEBAS CON EL MOTOR EN VACIO

#### *PRUEBA DE RESPUESTA AL ENCENDIDO*

Tabla 4.7 Cuadro de datos de la respuesta al encendido

TIPO BUJIA	N: INTENTOS	
	EN FRIO	EN CALIENTE
W7DC	2	1
W8DC	1	1
W9DC	1	1
F7LDCR	2	1
WR7DTC	2	1
WR8DTC	2	1
WR78	2	1
WR78X	2	1
WR7DP	2	1
FR8DPX	2	1



## PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE A LA VELOCIDAD DE RALENTÍ

Tabla 4.8 Cuadro de datos del consumo de combustible

TIPO DE COMBUSTIBLE: GASOLINA EXTRA

TIPO DE			COMBUSTIBLE		AIRE	REFRIGERANTE		GASES	AMBIENTE	
BUJÍA	Vel.	Rev.	Tiempo	Vol.	ho	Tent.	Tsal.	Tesc.	Tamb.	OBSERVACIÓN
	RPM	N.-	seg.	cm <sup>3</sup>	mmH <sub>2</sub> O	°C	°C	°C	°C	
W7DC	1100	3065	168,5	50	0,5	58	68	340	21	Poco Estable
W8DC	1100	3064	167,8	50	0,5	60	70	340	22	Poco Estable
W9DC	1100	3094	169,1	50	0,5	54	66	340	21	Poco Estable
F7LDCR	1100	3061	168,7	50	0,5	54	68	340	23	Poco Estable
WR7DTC	1100	3058	167,9	50	0,5	58	70	340	20	Poco Estable
WR8DTC	1100	3085	169,2	50	0,5	55	70	340	21	Poco Estable
WR78	1100	3045	167,5	50	0,5	56	68	340	21	Poco Estable
WR78X	1100	3066	168,2	50	0,5	56	68	340	23	Poco Estable
WR7DP	1100	3088	168,4	50	0,5	56	68	340	23	Poco Estable
HR8DPX	1100	3086	168,0	50	0,5	52	66	340	22	Poco Estable



**PRUEBA VARIANDO VELOCIDAD A100%**

## **PRUEBA CON CARGAS PARCIALES**

## 4.2.2 HOJA DE CÁLCULO

En la presente hoja de cálculo se toma como modelo de datos a los referidos en la **Tabla 4.9**, correspondientes a la primera bujía ensayada “**BUJIA BOSCH – TIPO: W7DC**”, a 100% de aceleración y 2500 RPM de velocidad donde se alcanza el máximo torque; para determinar los parámetros de desempeño del motor citados anteriormente.

### CUADRO DE DATOS

<b>Presión barométrica:</b> 75.048 [kPa]	<b>Combustible:</b> Gasolina Extra
<b>Temp. Ambiente :</b> 273+T ( <sup>0</sup> C) = [K]	<b>Densidad específica:</b> 0.74 [g/cm <sup>3</sup> ]
<b>Diámetro placa orificio:</b> 55mm.	<b>Poder calórico:</b> 39874 [KJ/Kg]

### Potencia al freno (Pf)

$$Pf = Tq \times N$$

$$Pf = \frac{Tq \times N}{9549.31}$$

$$Pf = \frac{58.5 \times 2500}{9549.31} = 15.31$$

$$Pf = 15.31 [Kw]$$

### Presión media efectiva al freno (PMEF)

$$PMEF = \frac{Pf \times 450000 \times 2}{cilindrada \times rpm}$$

$$PMEF = \frac{15.31 \times 450000 \times 2}{1298 \times 2500}$$

$$PMEF = 4.248 \left[ \frac{Kg}{cm^2} \right]$$

### Consumo específico de combustible (CEC)

$$CEC = \frac{\dot{m}_c}{Pf}$$

$$\text{donde: } \dot{m}_c = \frac{\delta \times v}{t}$$

$$\dot{m}_c = \frac{0.74 \times 50 \times 3600}{25.1 \times 1000}$$

$$\dot{m}_c = 5.31 \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$CEC = \frac{5.31}{15.31}$$

$$CEC = 0.347 \left[ \frac{Kg}{Kw-h} \right]$$

### Relación aire / combustible

$$r_{a/c} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_c}$$

$$\text{donde: } \dot{m}_a = \frac{\pi \times d^2}{4} \times C \times \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times h_0 \times P_a}{R_a \times T_a}}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\pi \times 0.055^2}{4} \times 0.6 \times \sqrt{\frac{2 \times 9.81 \times 9.5 \times 75.048}{0.287 \times 294}} \times 3600$$

$$\dot{m}_a = 66.07 \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$r_{a/c} = \frac{66.07}{5.31}$$

$$r_{a/c} = 12.45$$

### Eficiencia térmica ( $\eta_t$ )

$$\eta_t = \frac{Pf}{\dot{m}_c \times Q_{NETO}}$$

$$\text{donde: } \eta_t = \frac{1}{CEC \times Q_{NETO}}$$

$$\eta_t = \frac{100 \times 3600}{0.347 \times 39874}$$

$$\eta_t = 26.04\%$$

### **Eficiencia volumétrica ( $\eta_v$ )**

$$\eta_v = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_{Ta}}$$

donde:  $\dot{m}_{Ta} = \delta \times v \times rpm$

$$\dot{m}_{Ta} = \frac{1.184 \times 1298 \times 60 \times 2500}{2 \times 1000000}$$

$$\dot{m}_{Ta} = 115.17 \left[ \frac{Kg}{h} \right]$$

$$\eta_v = \frac{66.07}{115.17} \times 100$$

$$\eta_v = 57.35\%$$

#### 4.2.3 TABLA DE RESULTADOS Y CURVAS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR

##### MOTOR EN VACÍO

Tabla 4.49 Cuadro de resultados de la respuesta al encendido

TIPO BUJIA	N: INTENTOS	
	EN FRIO	EN CALIENTE
W7DC	2	1
W8DC	1	1
W9DC	1	1
F7LDCR	2	1
WR7DTC	2	1
WR8DTC	2	1
WR78	2	1
WR78X	2	1
WR7DP	2	1
FR8DPX	2	1

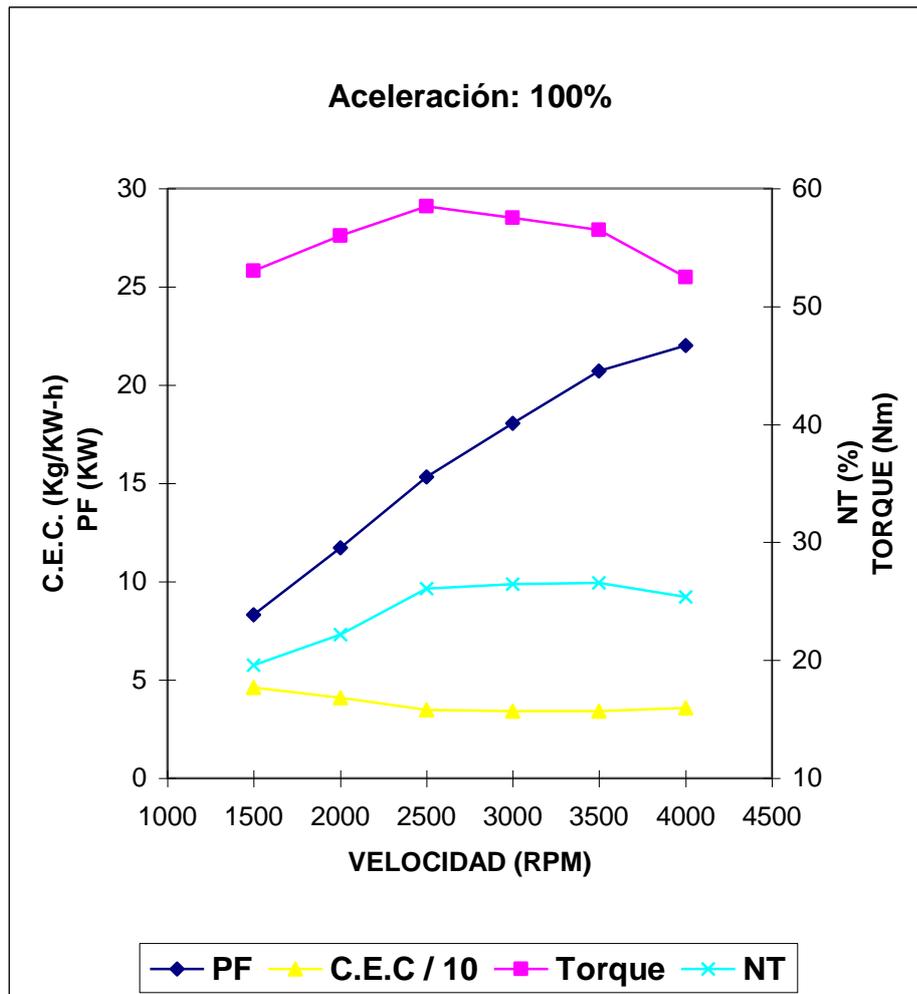
Tabla 4.50 Cuadro de resultados del consumo de combustible

TIPO DE		AIRE		COMBUSTIBLE	RELACION
BUJIA	Velocidad	ma	mta	mc	A / C
	RPM	Kg/h	Kg/h	Kg/h	
W7DC	1091	15,16	34,51	0,79	19,18
W8DC	1096	15,13	34,64	0,79	19,06
W9DC	1098	15,16	34,71	0,79	19,24
F7LDCR	1089	15,11	34,42	0,79	19,13
WR7DTC	1093	15,18	34,55	0,79	19,14
WR8DTC	1094	15,18	34,59	0,79	19,29
WR78	1091	15,16	34,49	0,80	19,06
WR78X	1094	15,11	34,58	0,79	19,08
WR7DP	1100	15,11	34,79	0,79	19,10
FR8DP	1102	15,13	34,85	0,79	19,09

**PRUEBA VARIANDO LA VELOCIDAD DE ROTACION A PLENA CARGA O**  
**ACELERACION CONSTANTE 100%**

**Tabla 4.51 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W7DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	8,30	3,848	42,88	68,96	3,83	0,461	11,20	19,58	62,17
2	1998	11,72	4,066	54,66	92,11	4,77	0,408	11,45	22,16	59,34
3	2499	15,31	4,248	66,07	115,22	5,31	0,347	12,45	26,04	57,35
4	3000	18,06	4,175	80,21	138,31	6,17	0,341	13,01	26,45	57,99
5	3502	20,72	4,102	89,68	161,48	7,05	0,340	12,72	26,55	55,54
6	4003	22,01	3,812	97,06	184,56	7,84	0,356	12,39	25,36	52,59



**Grafico 4.1 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W7DC**

Tabla 4.52 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W8DC

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,24	3,812	42,80	69,14	3,73	0,453	11,47	19,95	61,91
2	1996	11,71	4,066	54,56	92,05	4,76	0,406	11,47	22,22	59,28
3	2497	15,16	4,211	67,68	115,10	5,44	0,359	12,45	25,18	58,80
4	3004	17,93	4,139	80,08	138,51	6,31	0,352	12,68	25,65	57,81
5	3500	20,52	4,066	88,24	161,35	7,20	0,351	12,26	25,73	54,69
6	4002	21,79	3,776	95,71	184,53	8,02	0,368	11,93	24,52	51,87

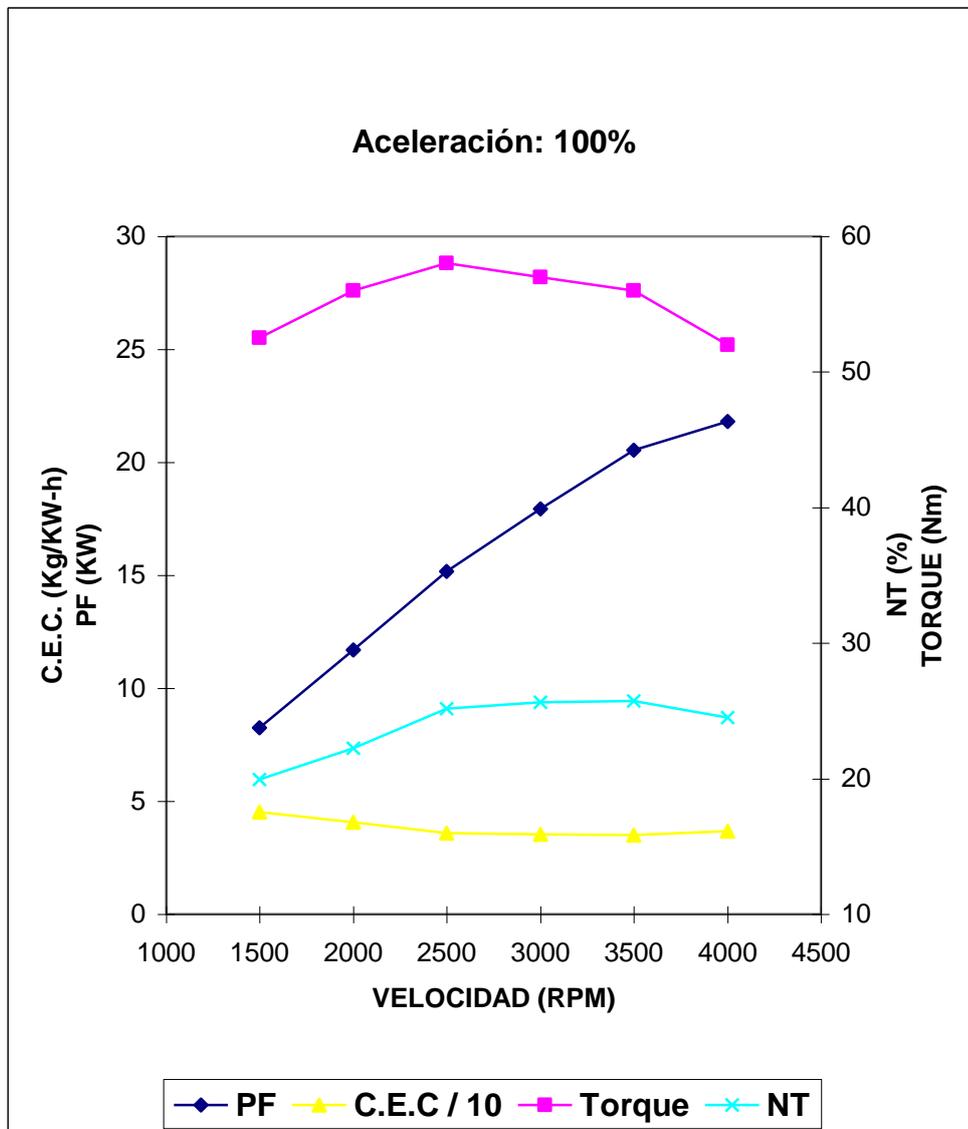


Grafico 4.2 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W8DC

Tabla 4.53 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W9DC

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1501	8,41	3,885	42,80	69,20	3,89	0,463	10,99	19,49	61,85
2	2004	11,86	4,102	54,56	92,40	4,63	0,390	11,80	23,15	59,05
3	2500	15,32	4,248	65,96	115,27	5,31	0,346	12,43	26,06	57,22
4	2996	17,88	4,139	78,63	138,12	6,14	0,343	12,81	26,30	56,93
5	3497	20,51	4,066	89,53	161,24	6,90	0,337	12,97	26,83	55,53
6	4005	21,60	3,739	95,71	184,66	7,66	0,354	12,50	25,47	51,83

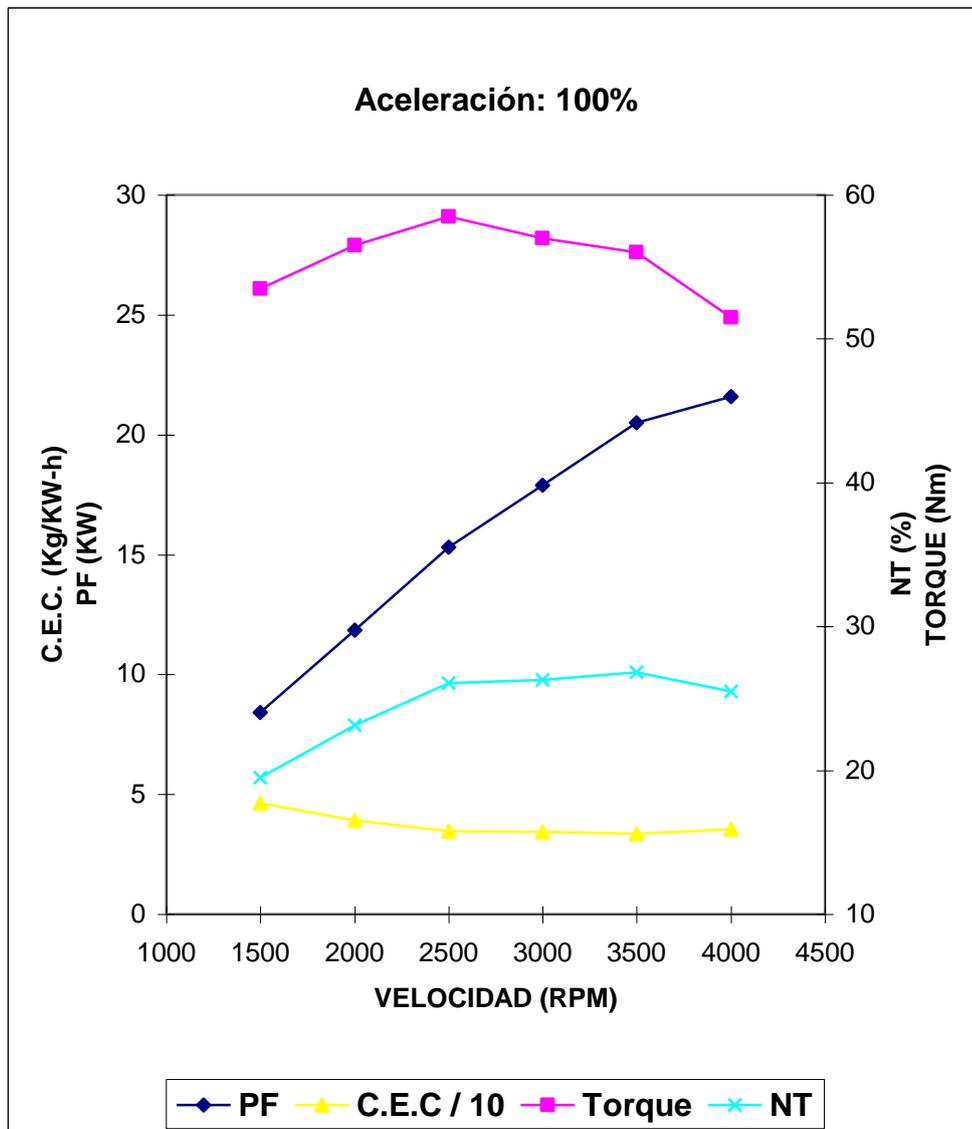


Grafico 4.3 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W9DC

Tabla 4.54 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH F7LDCR

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1495	8,30	3,848	42,73	68,94	3,77	0,455	11,32	19,86	61,98
2	1998	11,82	4,102	54,47	92,11	4,77	0,404	11,41	22,35	59,14
3	2495	15,55	4,320	69,23	115,03	5,55	0,357	12,47	25,29	60,18
4	3001	18,39	4,248	79,94	138,38	6,47	0,352	12,36	25,67	57,77
5	3497	20,87	4,139	89,38	161,23	7,36	0,353	12,14	25,61	55,43
6	3998	22,40	3,885	97,91	184,31	8,12	0,363	12,05	24,90	53,12

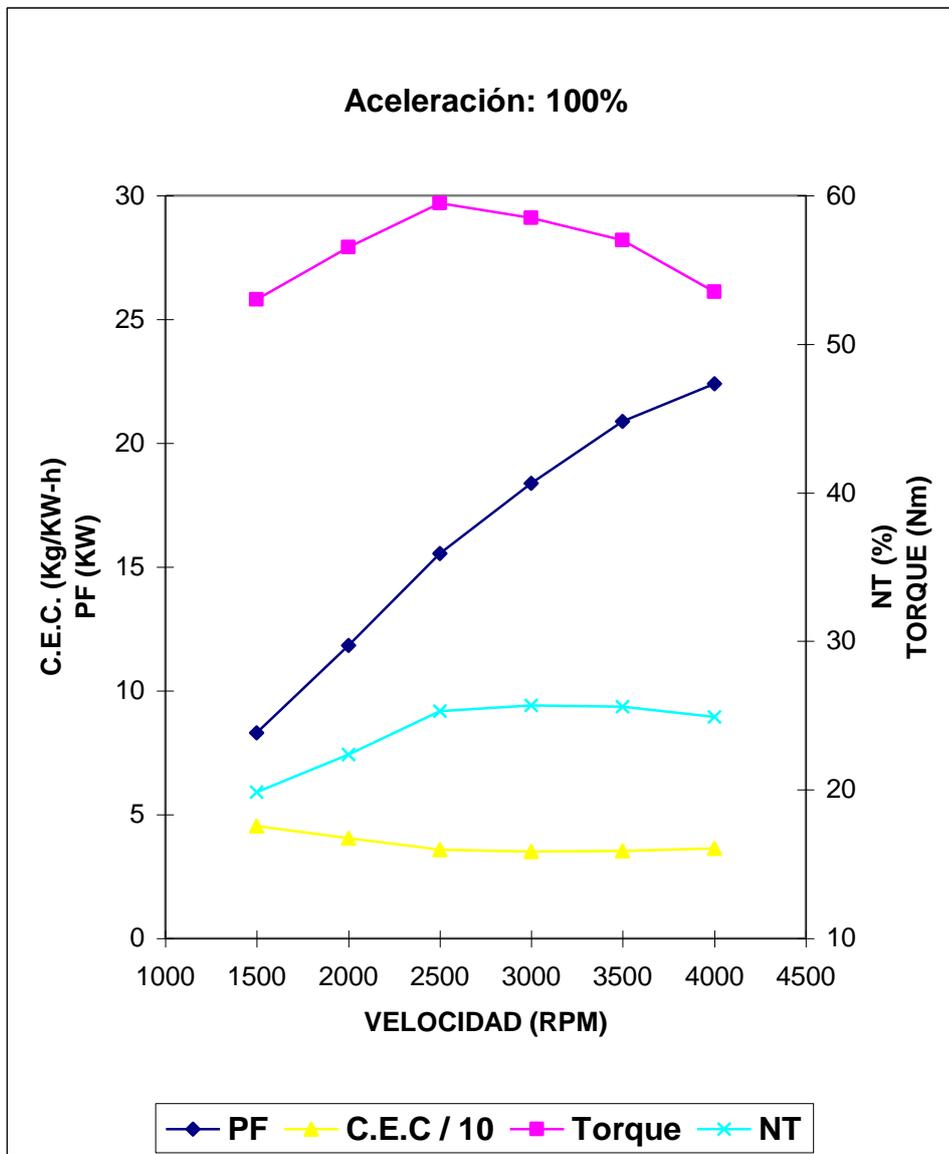
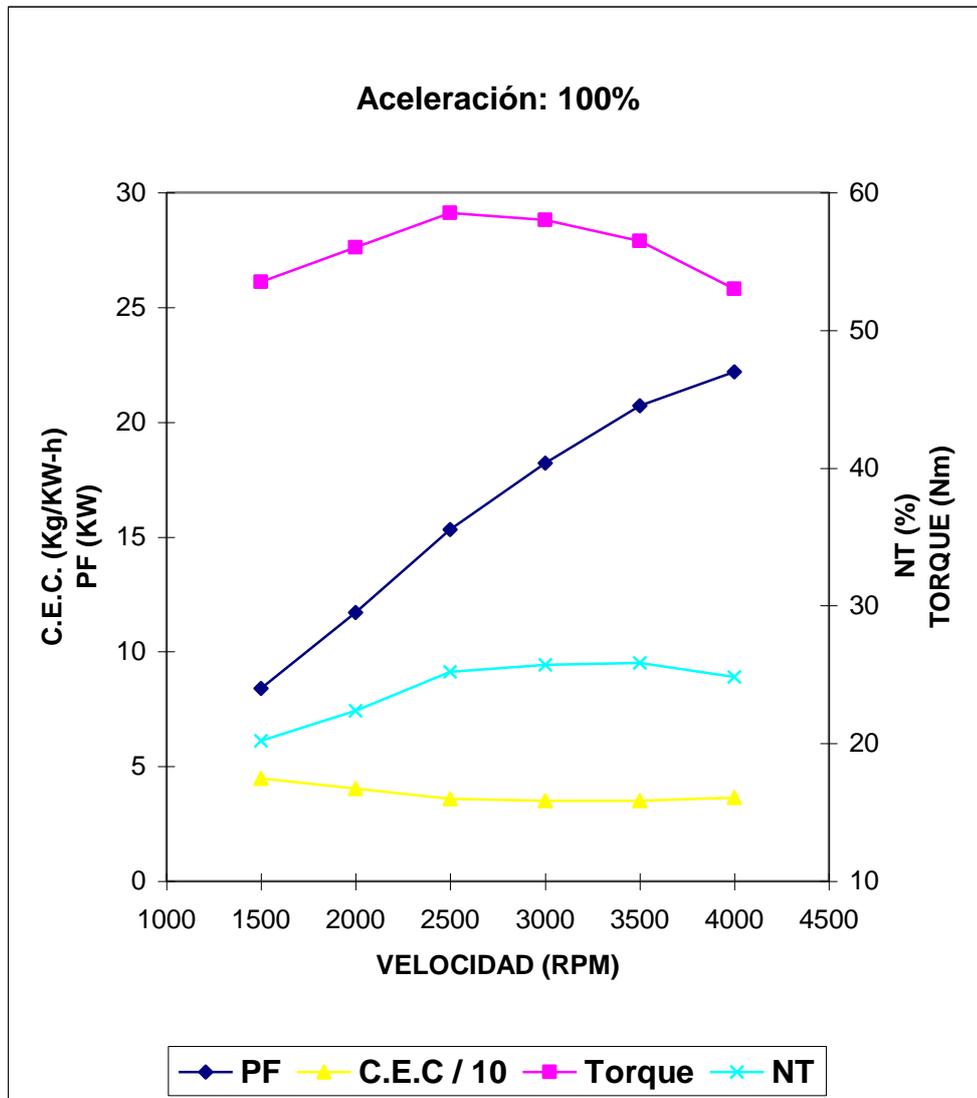


Grafico 4.4 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH F7LDCR

**Tabla 4.55 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1497	8,39	3,885	42,88	69,02	3,75	0,447	11,43	20,18	62,12
2	1996	11,70	4,066	54,66	92,01	4,72	0,404	11,57	22,37	59,40
3	2499	15,31	4,248	69,47	115,23	5,48	0,358	12,67	25,22	60,28
4	3000	18,22	4,211	80,21	138,31	6,40	0,351	12,53	25,69	57,99
5	3503	20,72	4,102	89,68	161,49	7,24	0,349	12,39	25,85	55,53
6	4000	22,20	3,848	98,24	184,42	8,07	0,364	12,17	24,83	53,27



**Grafico 4.5 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DTC**

Tabla 4.56 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR8DTC

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	8,30	3,848	42,80	68,98	3,73	0,449	11,47	20,09	62,05
2	1995	11,70	4,066	54,56	91,98	4,74	0,405	11,51	22,28	59,32
3	2500	15,31	4,248	69,35	115,24	5,37	0,351	12,91	25,74	60,17
4	3003	18,08	4,175	80,08	138,45	6,34	0,351	12,62	25,74	57,84
5	3501	20,53	4,066	89,53	161,43	7,20	0,351	12,43	25,75	55,46
6	4002	21,79	3,776	98,07	184,50	8,07	0,370	12,15	24,37	53,15

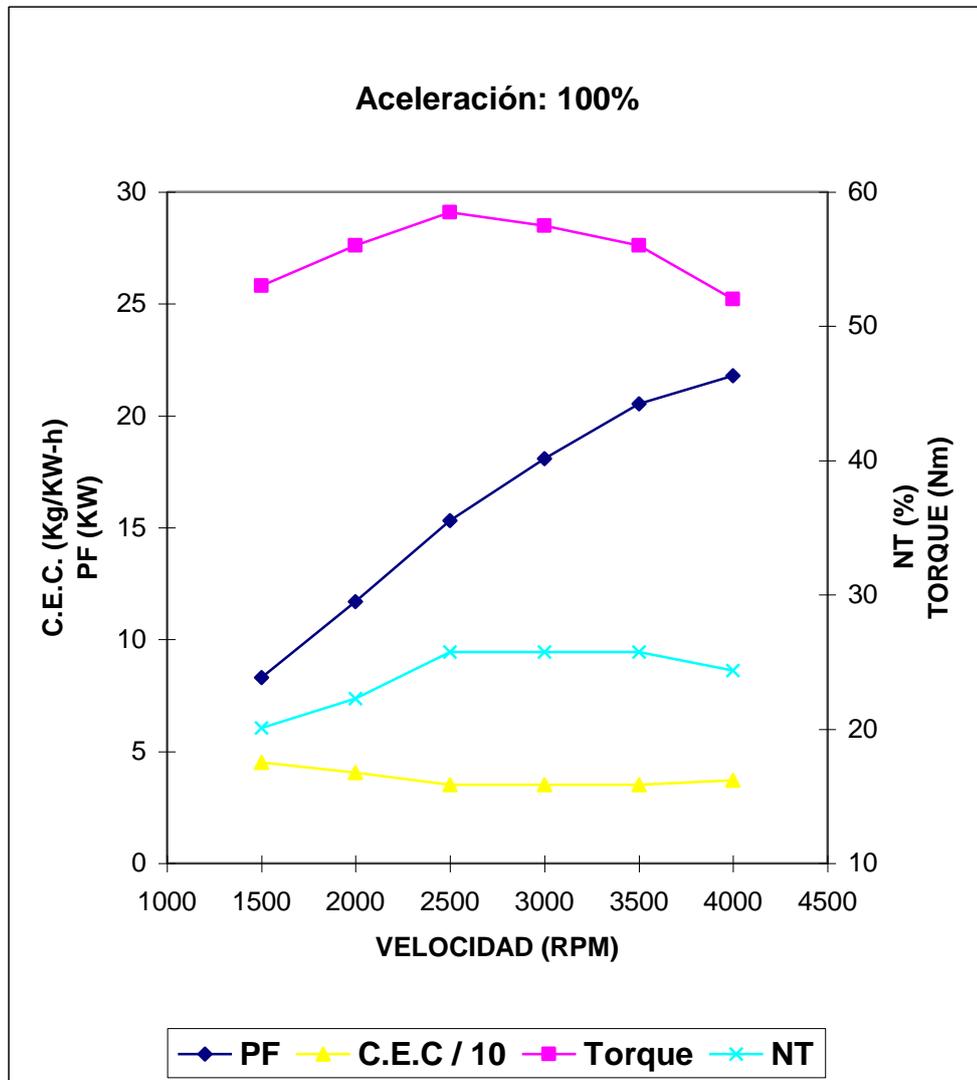
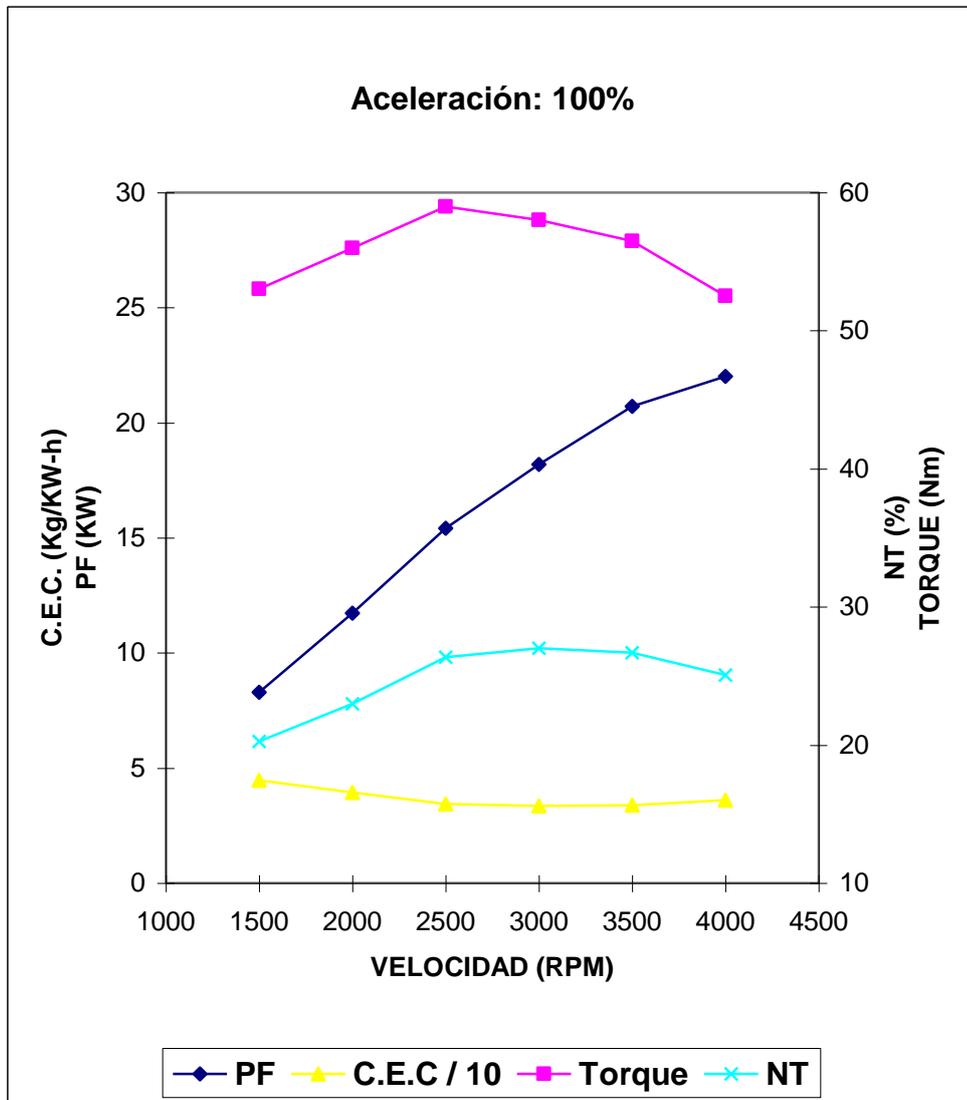


Grafico 4.6 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR8DTC

**Tabla 4.57 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	8,30	3,848	42,73	68,97	3,70	0,446	11,55	20,26	61,96
2	2000	11,73	4,066	56,53	92,19	4,61	0,393	12,26	22,97	61,31
3	2496	15,42	4,284	69,23	115,10	5,29	0,343	13,10	26,34	60,15
4	2996	18,20	4,211	79,94	138,13	6,08	0,334	13,14	27,01	57,88
5	3499	20,70	4,102	89,38	161,34	7,01	0,339	12,75	26,66	55,40
6	4004	22,01	3,812	97,91	184,58	7,93	0,360	12,35	25,06	53,04



**Grafico 4.7 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78**

Tabla 4.58 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78X

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1497	8,31	3,848	42,73	69,00	3,72	0,448	11,48	20,16	61,92
2	2001	11,73	4,066	56,53	92,24	4,66	0,397	12,14	22,74	61,28
3	2499	15,44	4,284	69,23	115,21	5,29	0,342	13,10	26,37	60,09
4	2996	18,20	4,211	79,94	138,12	6,14	0,337	13,02	26,76	57,88
5	3499	20,70	4,102	89,38	161,33	7,05	0,340	12,68	26,52	55,40
6	4003	22,01	3,812	97,91	184,56	7,98	0,362	12,28	24,91	53,05

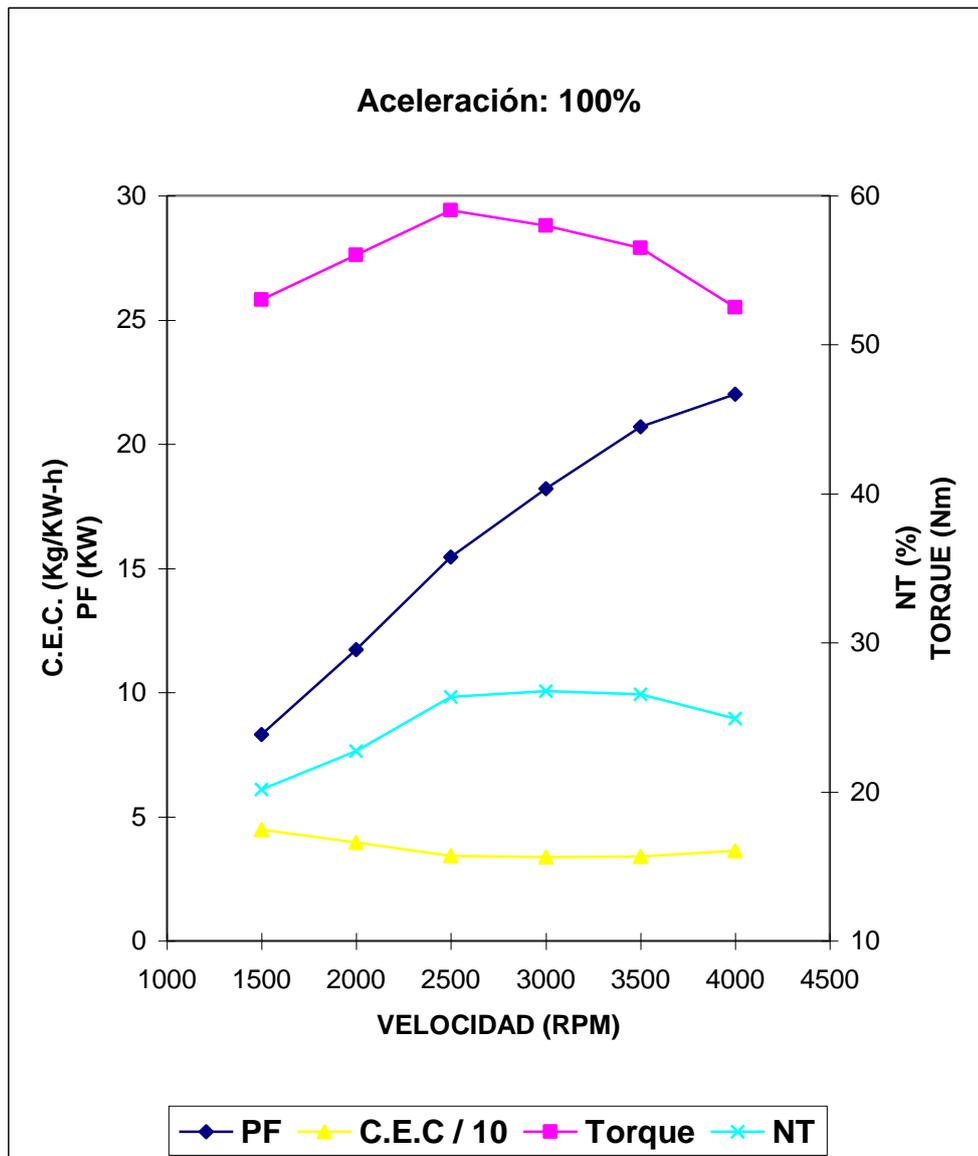


Grafico 4.8 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78X

Tabla 4.59 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DP

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1499	8,40	3,885	42,73	69,10	3,75	0,447	11,39	20,20	61,84
2	1998	11,93	4,139	56,53	92,13	4,74	0,397	11,92	22,72	61,36
3	2498	15,43	4,284	69,23	115,17	5,46	0,354	12,68	25,52	60,11
4	3000	18,85	4,356	79,94	138,31	6,37	0,338	12,54	26,70	57,80
5	3500	21,07	4,175	89,38	161,35	7,20	0,342	12,41	26,42	55,39
6	3999	22,41	3,885	97,91	184,39	7,98	0,356	12,28	25,36	53,10

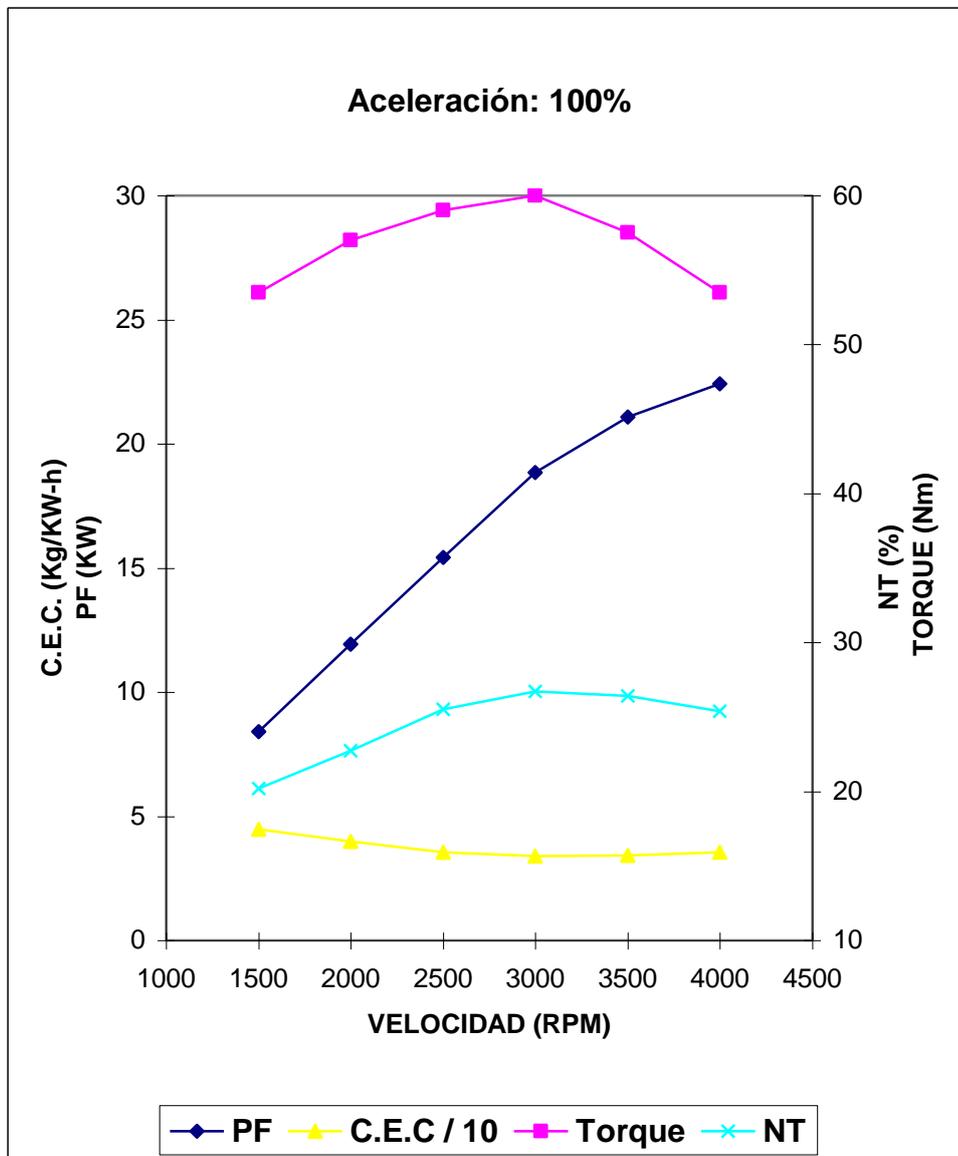


Grafico 4.9 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DP

Tabla 4.60 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH FR8DPX

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1497	8,39	3,885	42,80	69,04	3,76	0,449	11,38	20,13	62,00
2	1999	11,93	4,139	56,62	92,18	4,74	0,397	11,95	22,73	61,43
3	2501	15,45	4,284	69,35	115,31	5,53	0,358	12,55	25,24	60,14
4	3000	18,85	4,356	80,08	138,31	6,43	0,341	12,44	26,45	57,89
5	3496	20,86	4,139	89,53	161,16	7,32	0,351	12,23	25,74	55,55
6	4005	22,23	3,848	98,07	184,64	8,12	0,365	12,07	24,71	53,11

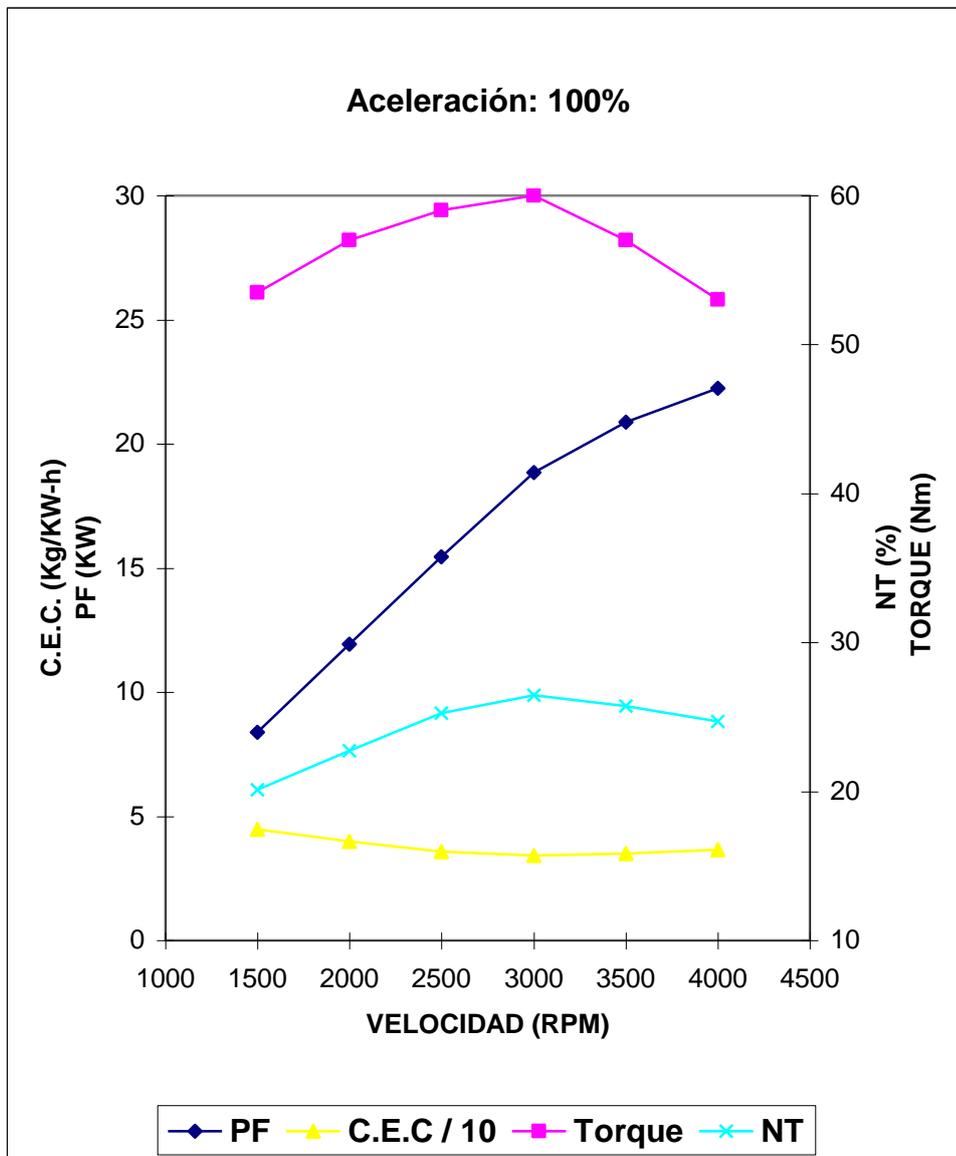


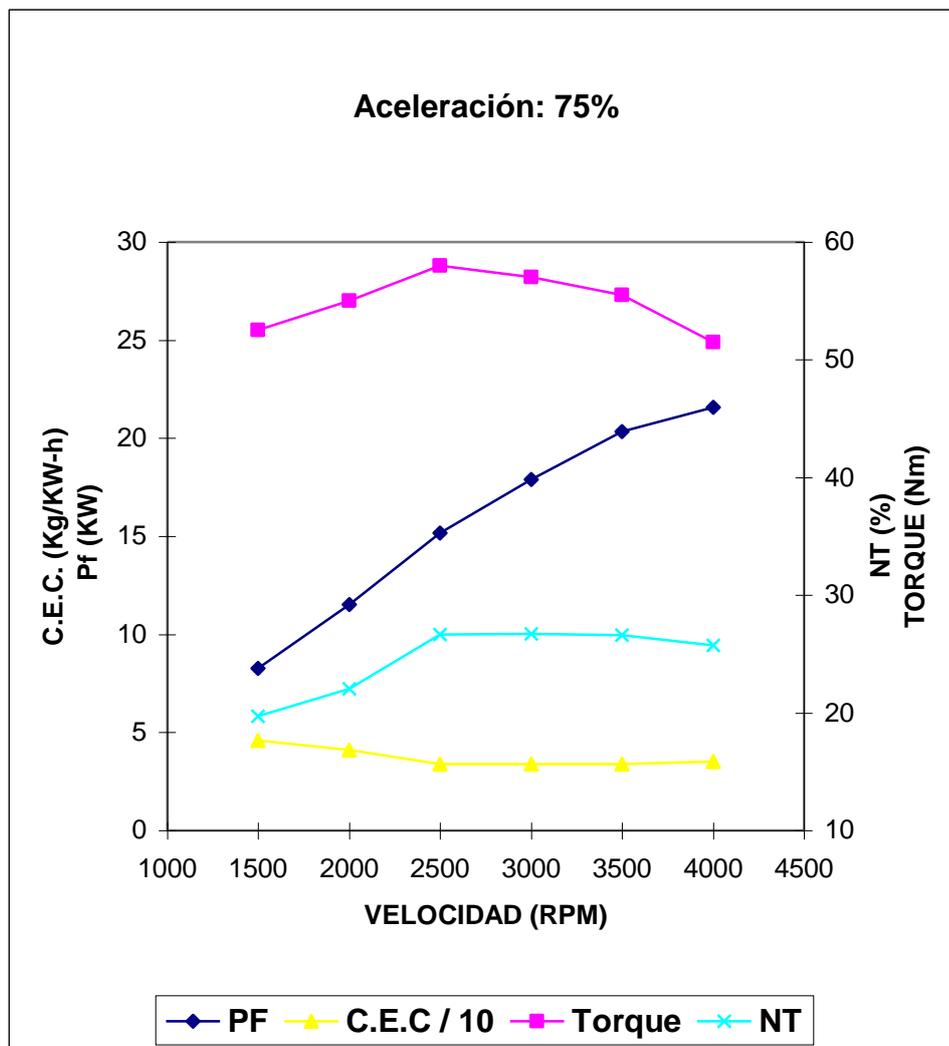
Grafico 4.10 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH FR8DPX

**PRUEBA VARIANDO LA CARGA O CON GARGAS PARCIALES**

**ACELERACION 75%**

**Tabla 4.61 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W7DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1501	8,25	3,812	42,80	69,20	3,78	0,459	11,31	19,69	61,86
2	2000	11,52	3,993	54,56	92,21	4,72	0,410	11,55	22,02	59,17
3	2497	15,17	4,211	65,96	115,15	5,14	0,339	12,83	26,63	57,29
4	3000	17,91	4,139	78,63	138,31	6,05	0,338	12,99	26,70	56,85
5	3500	20,34	4,030	88,24	161,38	6,90	0,339	12,79	26,61	54,68
6	3998	21,56	3,739	94,50	184,32	7,57	0,351	12,49	25,72	51,27

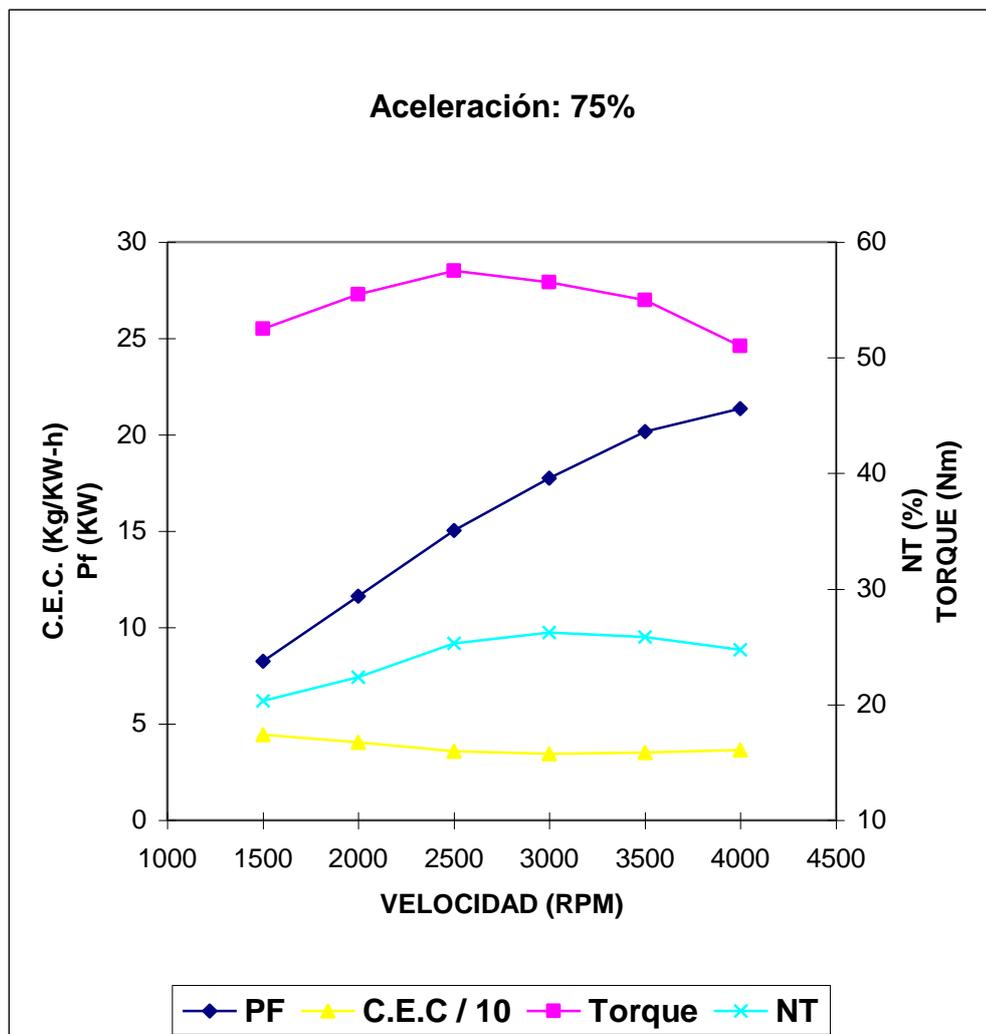


**Gráfico 4.11 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W7DC**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.62 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W8DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,25	3,812	42,80	69,18	3,67	0,445	11,66	20,30	61,87
2	1999	11,62	4,030	54,56	92,18	4,69	0,404	11,63	22,37	59,19
3	2498	15,04	4,175	65,96	115,19	5,37	0,357	12,28	25,29	57,27
4	2999	17,74	4,102	78,63	138,25	6,11	0,344	12,87	26,22	56,88
5	3499	20,15	3,993	88,24	161,33	7,05	0,350	12,52	25,82	54,69
6	3998	21,35	3,703	95,71	184,34	7,79	0,365	12,29	24,75	51,92

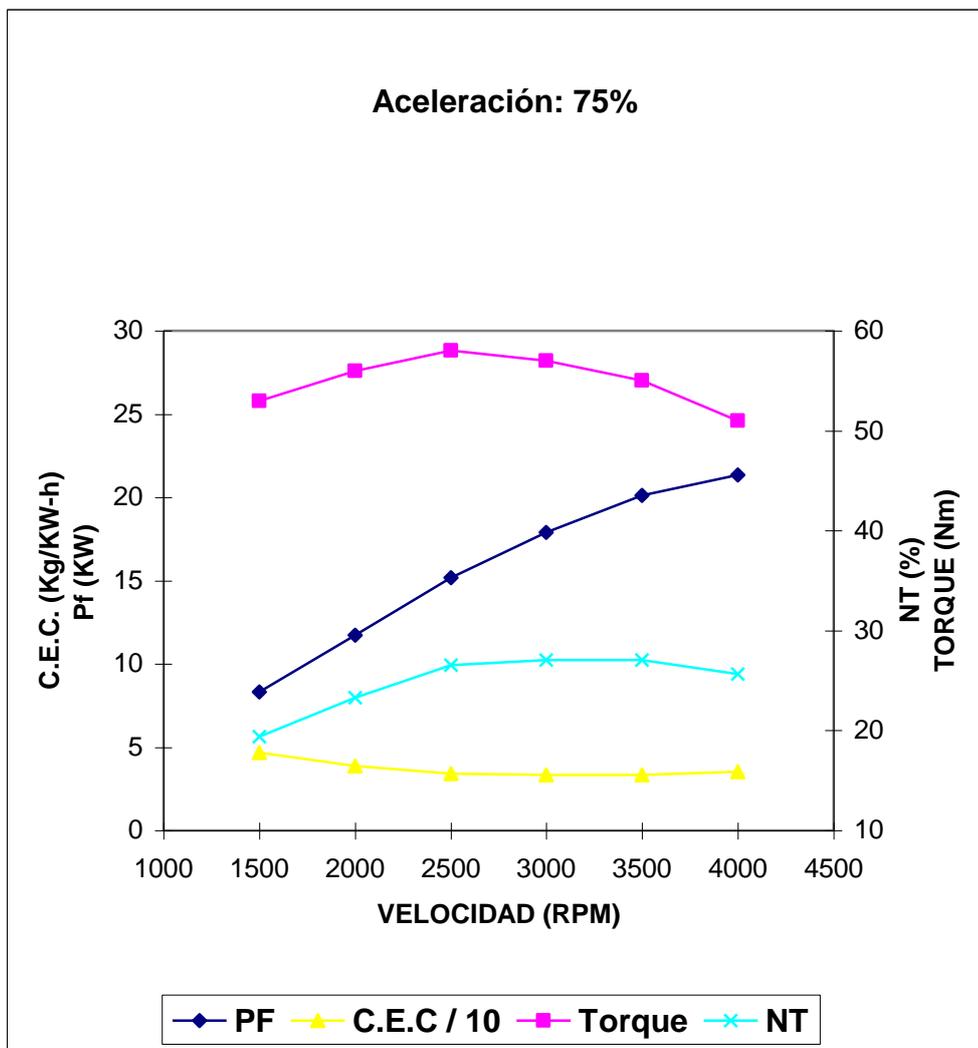


**Gráfico 4.12 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W8DC**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.63 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W9DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,32	3,848	42,73	69,08	3,87	0,466	11,04	19,39	61,86
2	2000	11,73	4,066	54,47	92,23	4,55	0,388	11,98	23,30	59,06
3	2498	15,17	4,211	67,56	115,16	5,16	0,340	13,09	26,53	58,67
4	2997	17,89	4,139	77,03	138,19	5,97	0,334	12,90	27,04	55,74
5	3495	20,13	3,993	86,78	161,16	6,73	0,334	12,90	27,02	53,85
6	3998	21,35	3,703	94,35	184,34	7,53	0,352	12,54	25,62	51,18

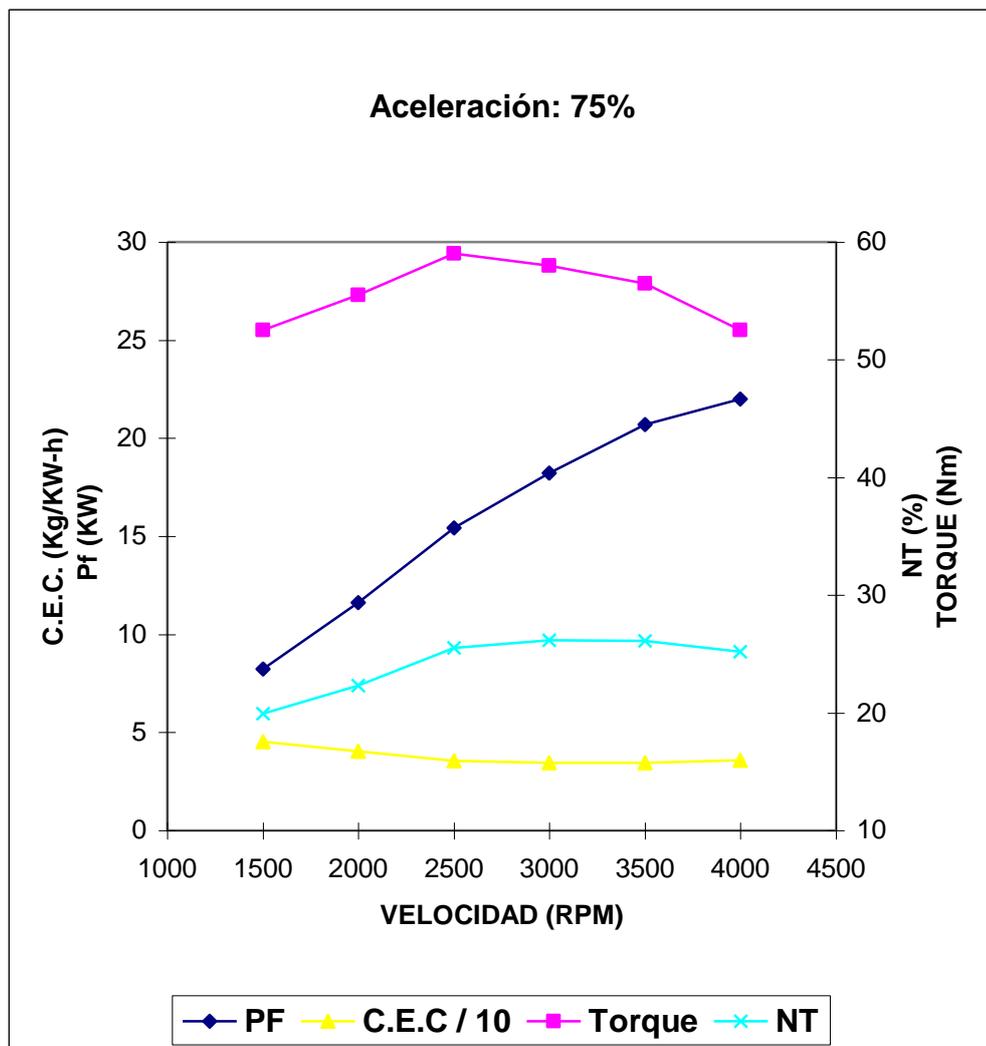


**Gráfico 4.13 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W9DC**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.64 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH F7LDCR**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,24	3,812	42,73	69,14	3,73	0,453	11,45	19,95	61,80
2	2001	11,63	4,030	54,47	92,24	4,71	0,405	11,57	22,30	59,05
3	2498	15,43	4,284	67,56	115,17	5,46	0,354	12,38	25,52	58,66
4	2999	18,21	4,211	78,50	138,25	6,28	0,345	12,49	26,17	56,78
5	3497	20,69	4,102	88,09	161,22	7,16	0,346	12,30	26,08	54,64
6	4001	21,99	3,812	95,55	184,45	7,88	0,358	12,12	25,19	51,80

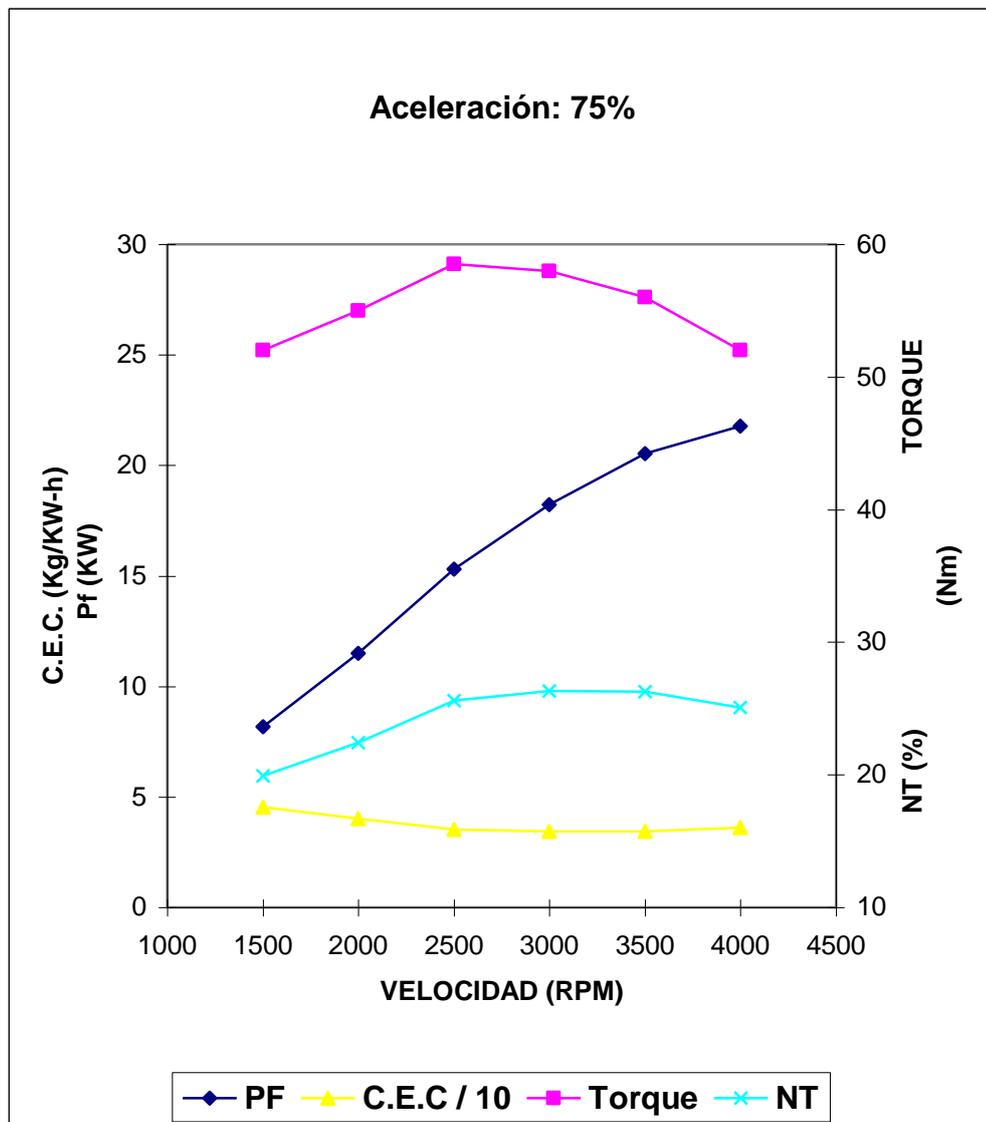


**Grafico 4.14 Curvas de desempeño de la bujía F7LDCR**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.65 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,16	3,776	42,80	69,08	3,70	0,453	11,57	19,91	61,96
2	1996	11,49	3,993	54,56	92,02	4,63	0,402	11,80	22,44	59,30
3	2497	15,30	4,248	67,68	115,14	5,39	0,352	12,55	25,61	58,78
4	3000	18,22	4,211	78,63	138,31	6,25	0,343	12,57	26,31	56,85
5	3499	20,52	4,066	88,24	161,33	7,05	0,343	12,52	26,29	54,69
6	3998	21,77	3,776	95,71	184,31	7,84	0,360	12,22	25,08	51,93

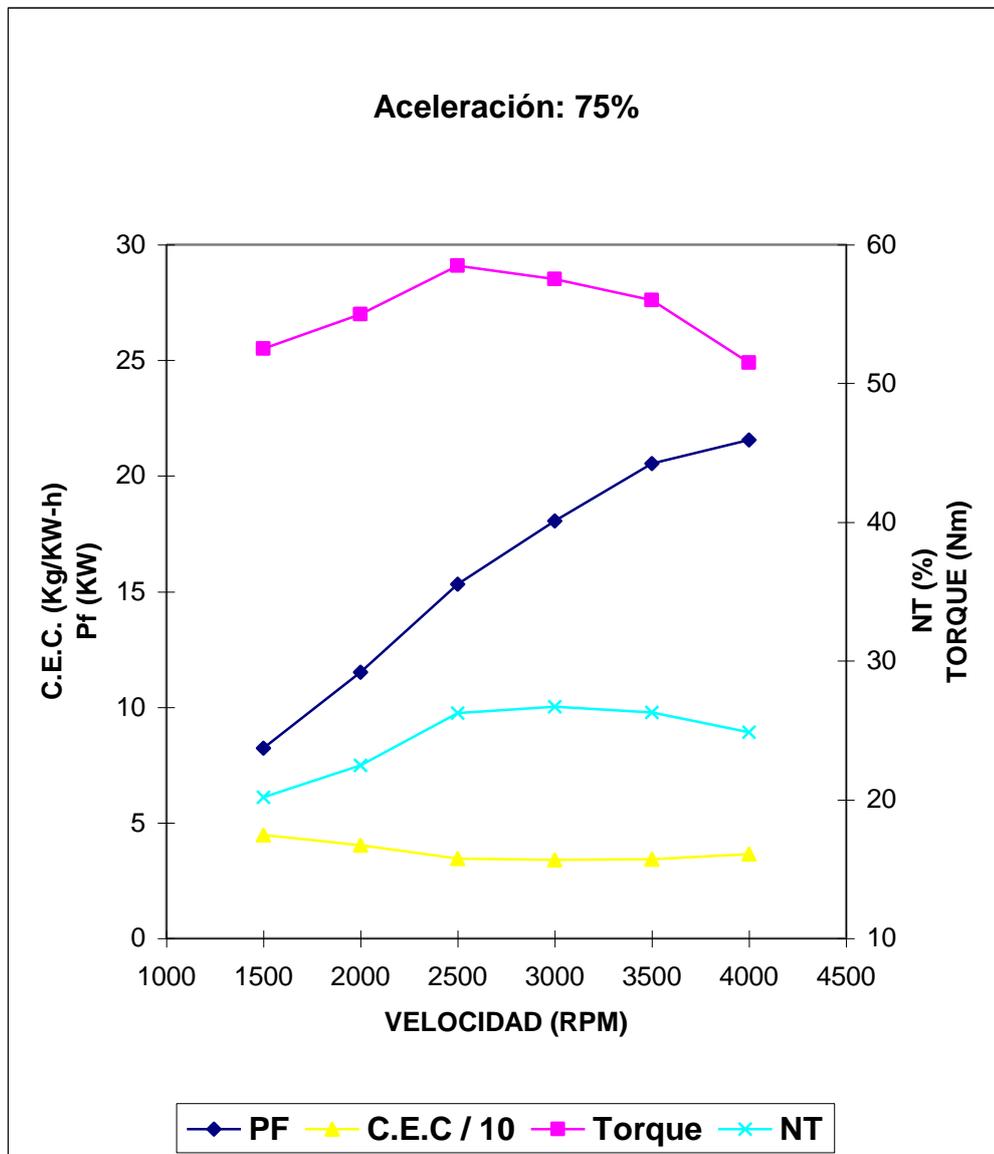


**Gráfico 4.15 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DTC**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.66 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR8DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1495	8,22	3,812	42,80	68,93	3,68	0,448	11,63	20,17	62,10
2	1997	11,50	3,993	54,56	92,07	4,63	0,402	11,80	22,45	59,26
3	2499	15,31	4,248	67,68	115,20	5,26	0,344	12,85	26,25	58,75
4	2999	18,06	4,175	78,63	138,25	6,11	0,338	12,87	26,68	56,88
5	3501	20,53	4,066	89,53	161,40	7,05	0,343	12,70	26,30	55,47
6	3999	21,57	3,739	96,90	184,39	7,84	0,363	12,37	24,85	52,55

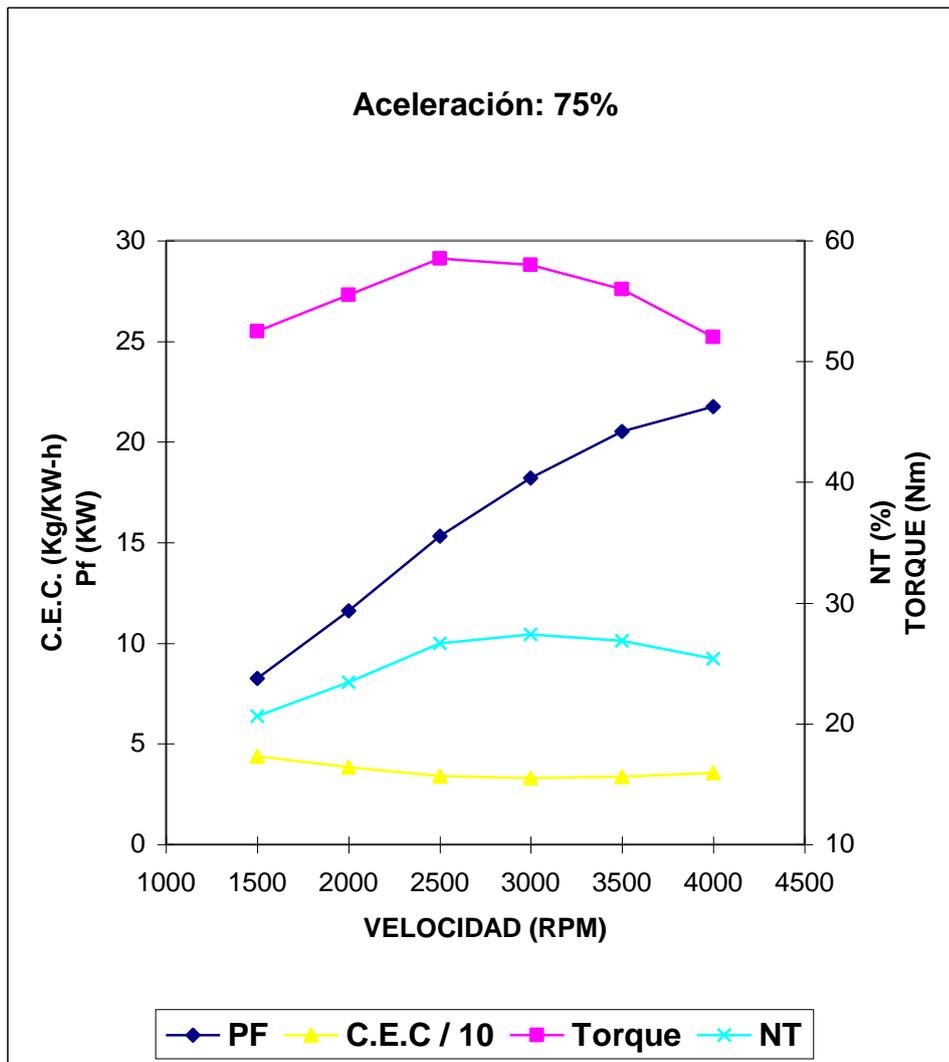


**Grafico 4.16 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR8DTC**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.67 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,24	3,812	42,80	69,06	3,61	0,438	11,86	20,60	61,98
2	1998	11,61	4,030	54,56	92,10	4,47	0,385	12,21	23,45	59,24
3	2498	15,30	4,248	67,68	115,16	5,18	0,339	13,06	26,66	58,77
4	2996	18,20	4,211	78,63	138,13	6,00	0,330	13,11	27,38	56,93
5	3499	20,52	4,066	88,24	161,31	6,90	0,336	12,79	26,84	54,70
6	3995	21,76	3,776	95,71	184,21	7,74	0,356	12,36	25,36	51,96

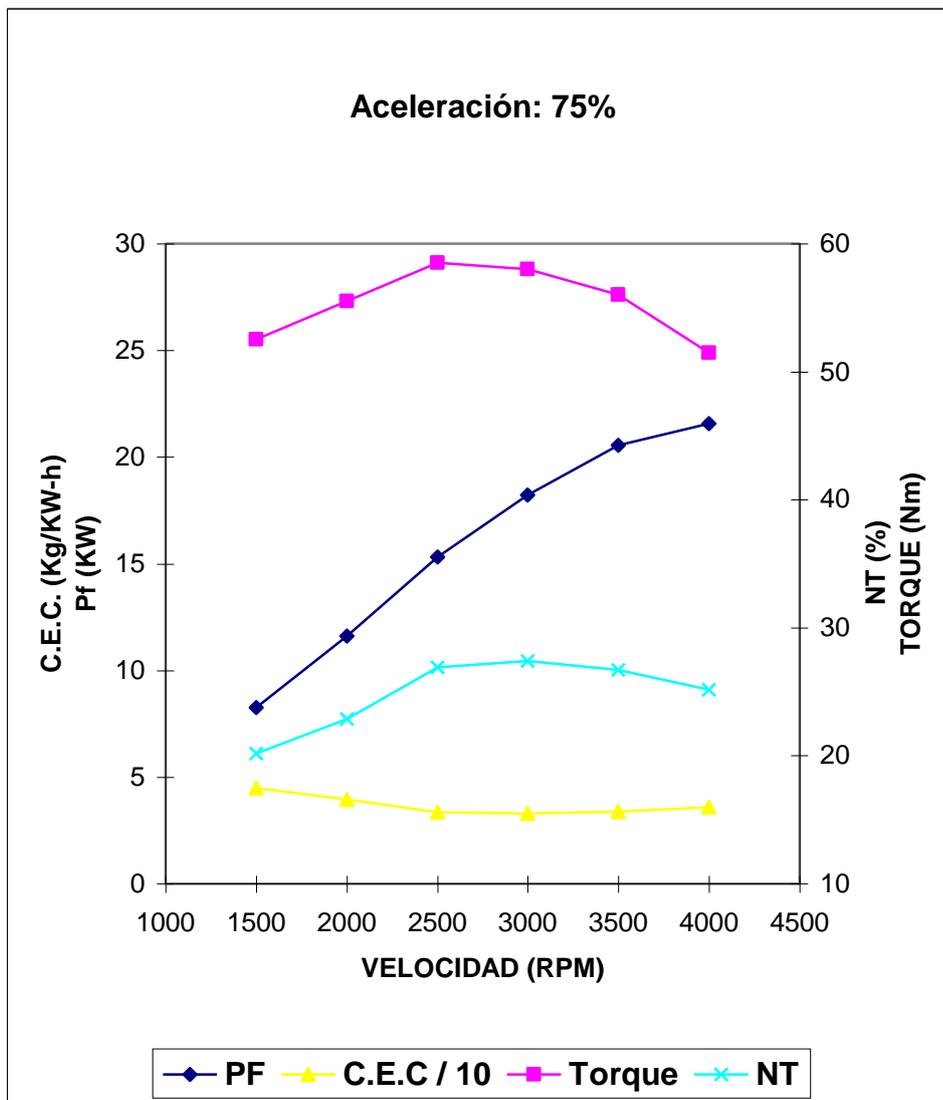


**Gráfico 4.17 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.68 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78X**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,25	3,812	42,73	69,18	3,69	0,447	11,58	20,18	61,77
2	1999	11,62	4,030	54,47	92,18	4,59	0,395	11,86	22,84	59,09
3	2500	15,31	4,248	67,56	115,25	5,14	0,336	13,14	26,88	58,62
4	3000	18,22	4,211	78,50	138,31	6,00	0,329	13,08	27,42	56,75
5	3502	20,53	4,066	89,38	161,44	6,94	0,338	12,88	26,72	55,36
6	3999	21,57	3,739	95,55	184,37	7,74	0,359	12,34	25,14	51,82

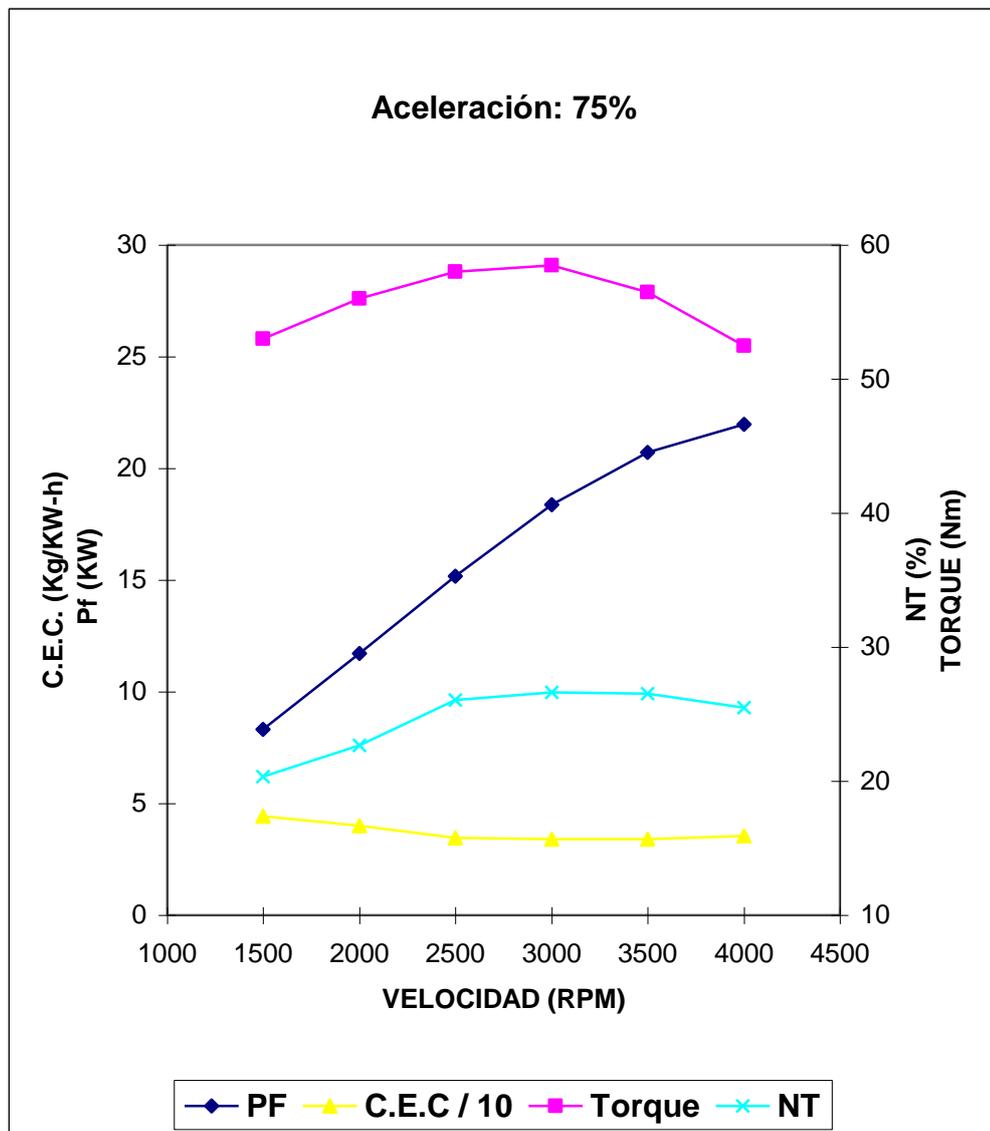


**Gráfico 4.18 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78X**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.69 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DP**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h			
1	1499	8,32	3,848	42,73	69,10	3,69	0,444	11,58	20,35	61,84
2	1999	11,72	4,066	54,47	92,16	4,67	0,399	11,65	22,64	59,10
3	2499	15,18	4,211	67,56	115,20	5,26	0,347	12,83	26,02	58,65
4	2997	18,36	4,248	78,50	138,19	6,22	0,339	12,61	26,63	56,81
5	3499	20,70	4,102	88,09	161,33	7,05	0,340	12,50	26,52	54,60
6	3996	21,97	3,812	96,73	184,26	7,79	0,355	12,42	25,47	52,50

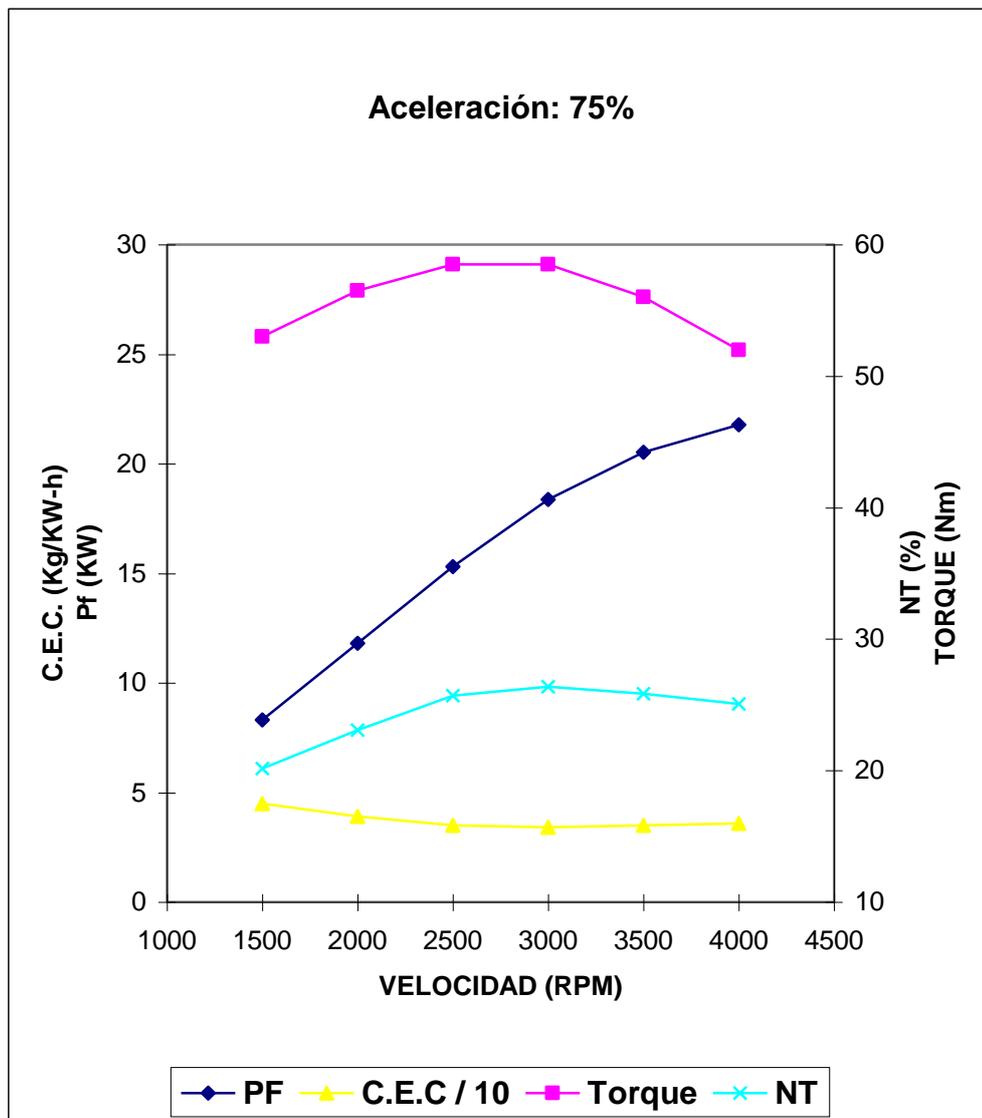


**Gráfico 4.19 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DP**

## ACELERACIÓN 75%

**Tabla 4.70 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH FR8DPX**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h			
1	1500	8,32	3,848	42,73	69,14	3,73	0,448	11,45	20,14	61,80
2	1997	11,81	4,102	54,47	92,07	4,63	0,391	11,78	23,06	59,16
3	2497	15,30	4,248	65,85	115,13	5,37	0,351	12,26	25,71	57,20
4	2999	18,37	4,248	77,03	138,25	6,28	0,342	12,26	26,40	55,72
5	3498	20,52	4,066	88,09	161,29	7,16	0,349	12,30	25,86	54,61
6	3998	21,77	3,776	95,55	184,31	7,84	0,360	12,19	25,08	51,84

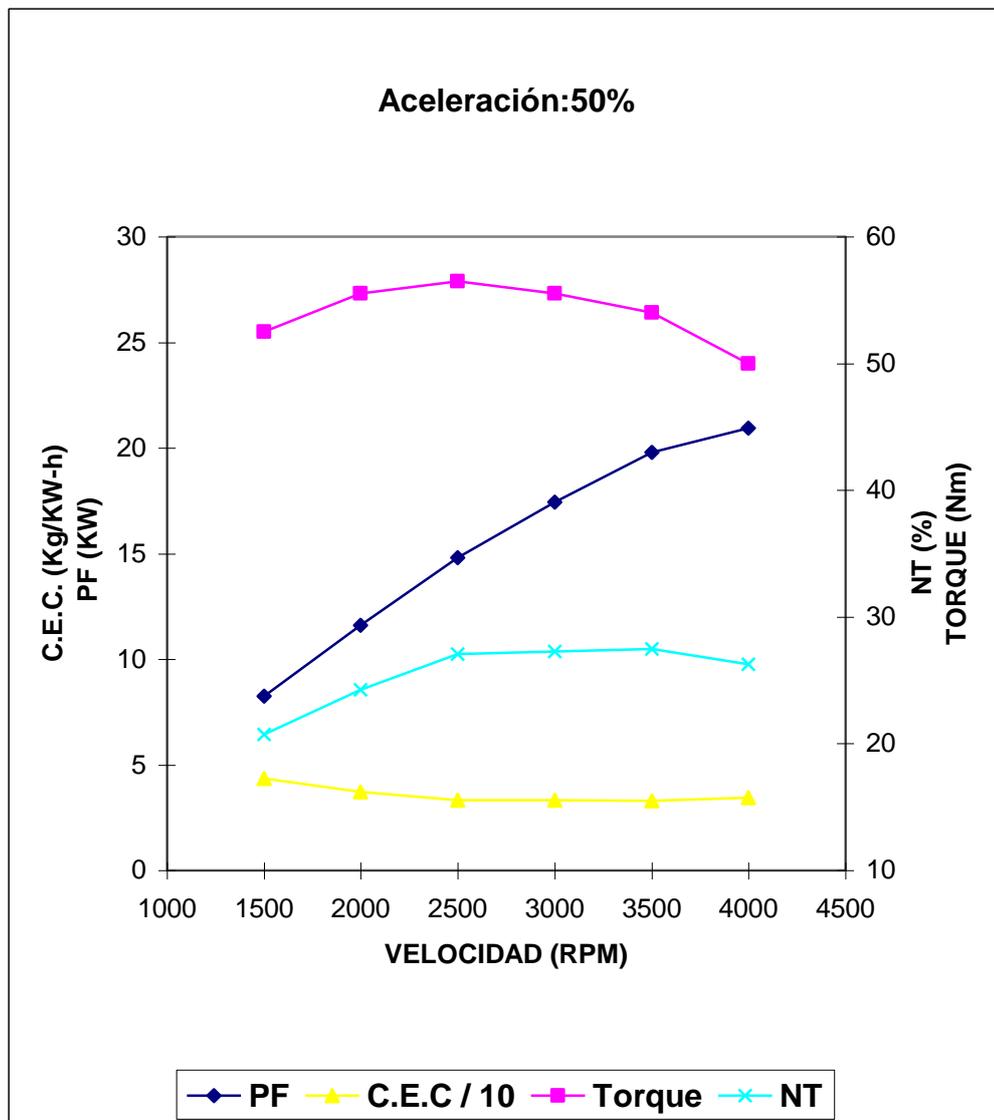


**Grafico 4.20 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH FR8DPX**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.71 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W7DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,24	3,812	42,73	69,06	3,59	0,436	11,90	20,71	61,87
2	1997	11,61	4,030	54,47	92,09	4,32	0,373	12,60	24,23	59,15
3	2500	14,79	4,102	65,85	115,26	4,93	0,334	13,35	27,07	57,13
4	2997	17,42	4,030	77,03	138,20	5,77	0,331	13,36	27,28	55,74
5	3499	19,78	3,921	86,78	161,31	6,50	0,328	13,36	27,49	53,80
6	3999	20,94	3,630	91,89	184,39	7,20	0,344	12,76	26,26	49,84

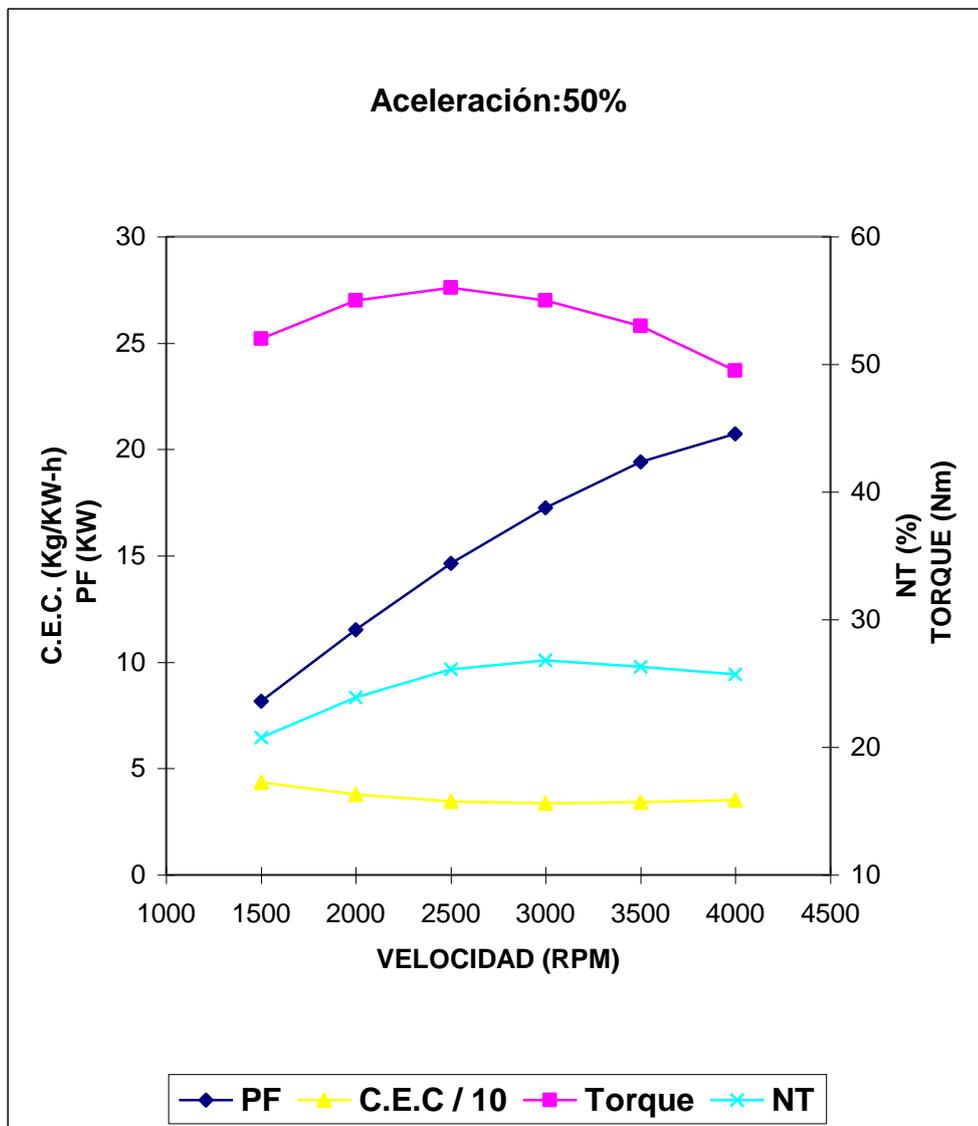


**Grafico 4.21 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W7DC**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.72 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W8DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,16	3,776	42,73	69,07	3,55	0,435	12,03	20,73	61,87
2	1999	11,51	3,993	54,47	92,16	4,35	0,378	12,51	23,88	59,10
3	2498	14,65	4,066	65,85	115,17	5,06	0,346	13,00	26,11	57,18
4	2997	17,26	3,993	77,03	138,19	5,82	0,337	13,24	26,80	55,74
5	3498	19,41	3,848	86,78	161,25	6,66	0,343	13,03	26,31	53,82
6	3997	20,72	3,594	93,13	184,27	7,28	0,351	12,79	25,70	50,54

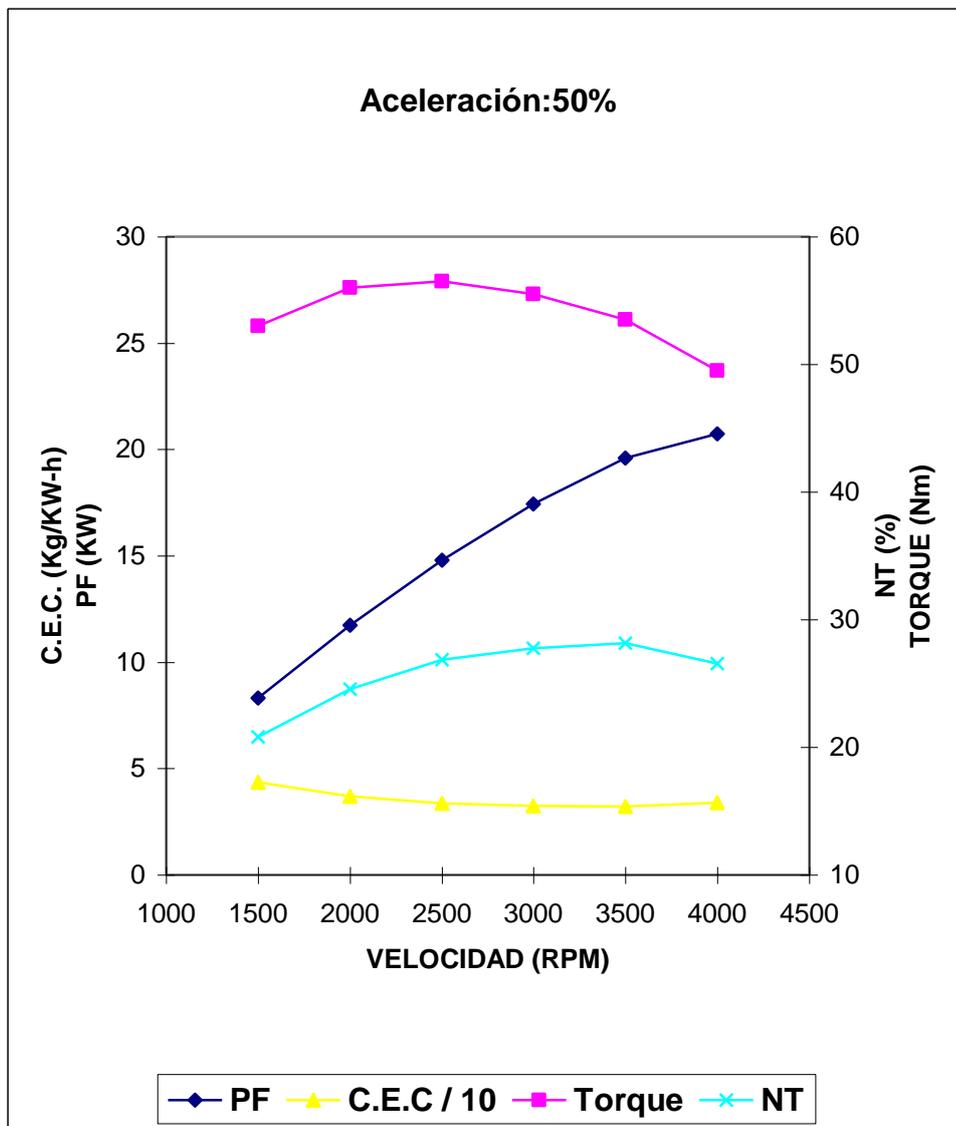


**Grafico 4.22 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W8DC**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.73 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W9DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	8,30	3,848	42,66	68,97	3,60	0,434	11,85	20,82	61,85
2	1998	11,72	4,066	54,38	92,12	4,31	0,368	12,61	24,54	59,03
3	2499	14,79	4,102	65,74	115,23	4,97	0,336	13,23	26,86	57,05
4	3000	17,44	4,030	76,90	138,31	5,67	0,325	13,57	27,77	55,60
5	3496	19,59	3,885	86,64	161,19	6,28	0,321	13,79	28,15	53,75
6	3998	20,73	3,594	91,74	184,35	7,05	0,340	13,02	26,55	49,76

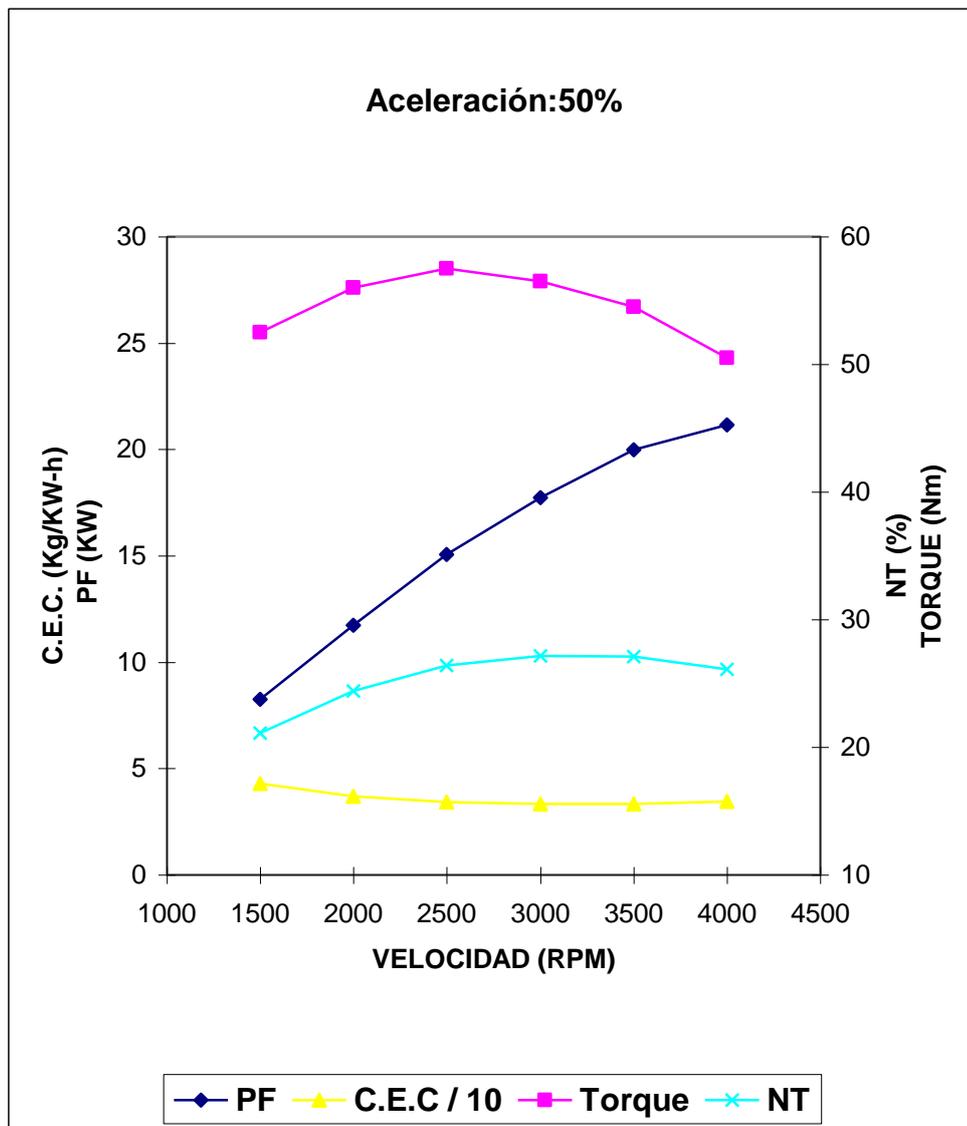


**Gráfico 4.23 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W9DC**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.74 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH F7LDCR**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1499	8,24	3,812	42,73	69,12	3,52	0,428	12,13	21,12	61,82
2	2000	11,73	4,066	54,47	92,19	4,34	0,370	12,55	24,40	59,08
3	2500	15,05	4,175	65,85	115,25	5,14	0,342	12,80	26,42	57,14
4	2997	17,73	4,102	77,03	138,19	5,89	0,332	13,07	27,17	55,74
5	3501	19,98	3,957	86,78	161,39	6,66	0,333	13,03	27,08	53,77
6	3998	21,14	3,667	91,89	184,32	7,32	0,346	12,56	26,08	49,86

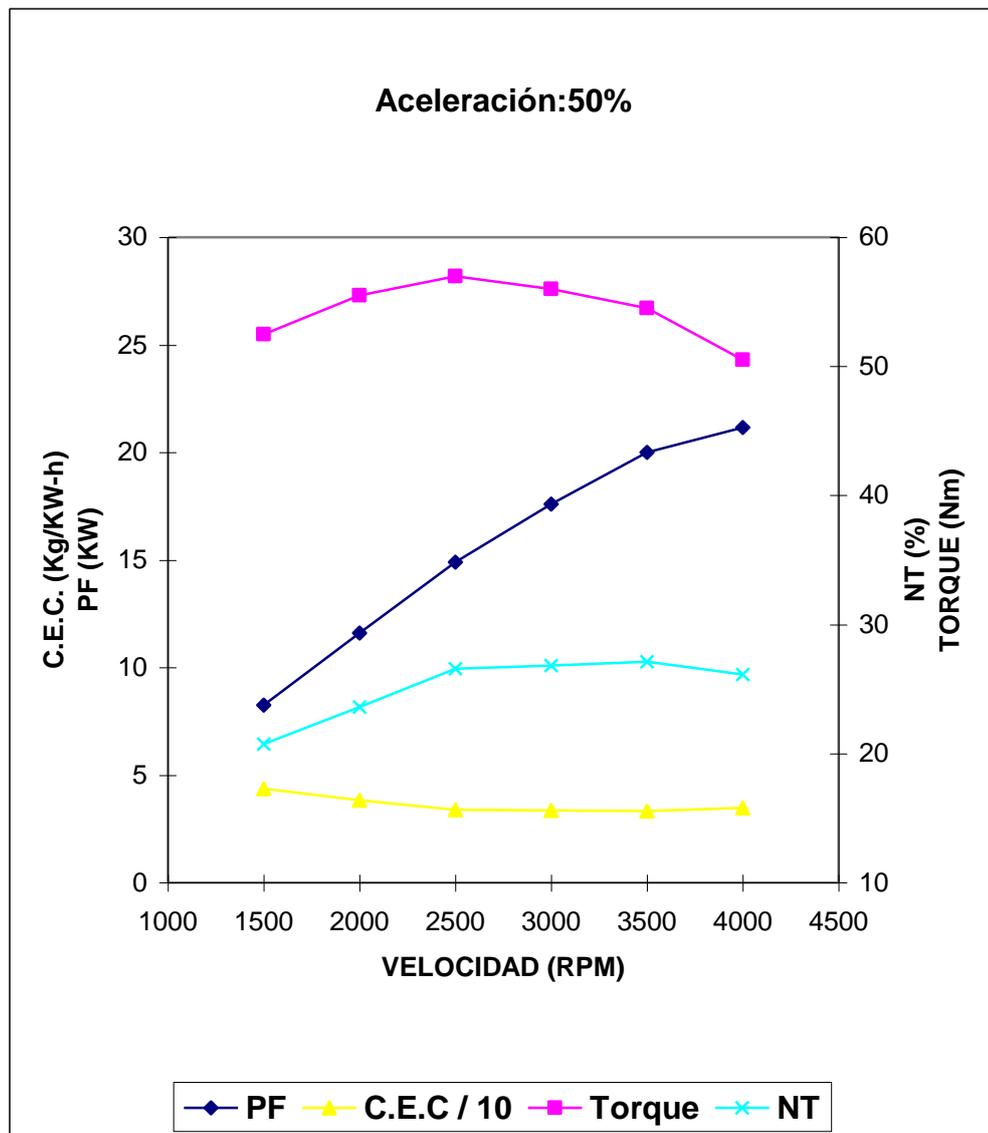


**Grafico 4.24 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH F7LDCR**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.75 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,25	3,812	42,80	69,18	3,59	0,435	11,92	20,74	61,87
2	1997	11,61	4,030	54,56	92,07	4,44	0,383	12,29	23,60	59,26
3	2498	14,91	4,139	65,96	115,17	5,06	0,340	13,02	26,58	57,28
4	2999	17,58	4,066	78,63	138,25	5,92	0,337	13,28	26,82	56,88
5	3502	19,99	3,957	86,93	161,46	6,66	0,333	13,05	27,09	53,84
6	4001	21,16	3,667	93,29	184,47	7,32	0,346	12,75	26,10	50,57

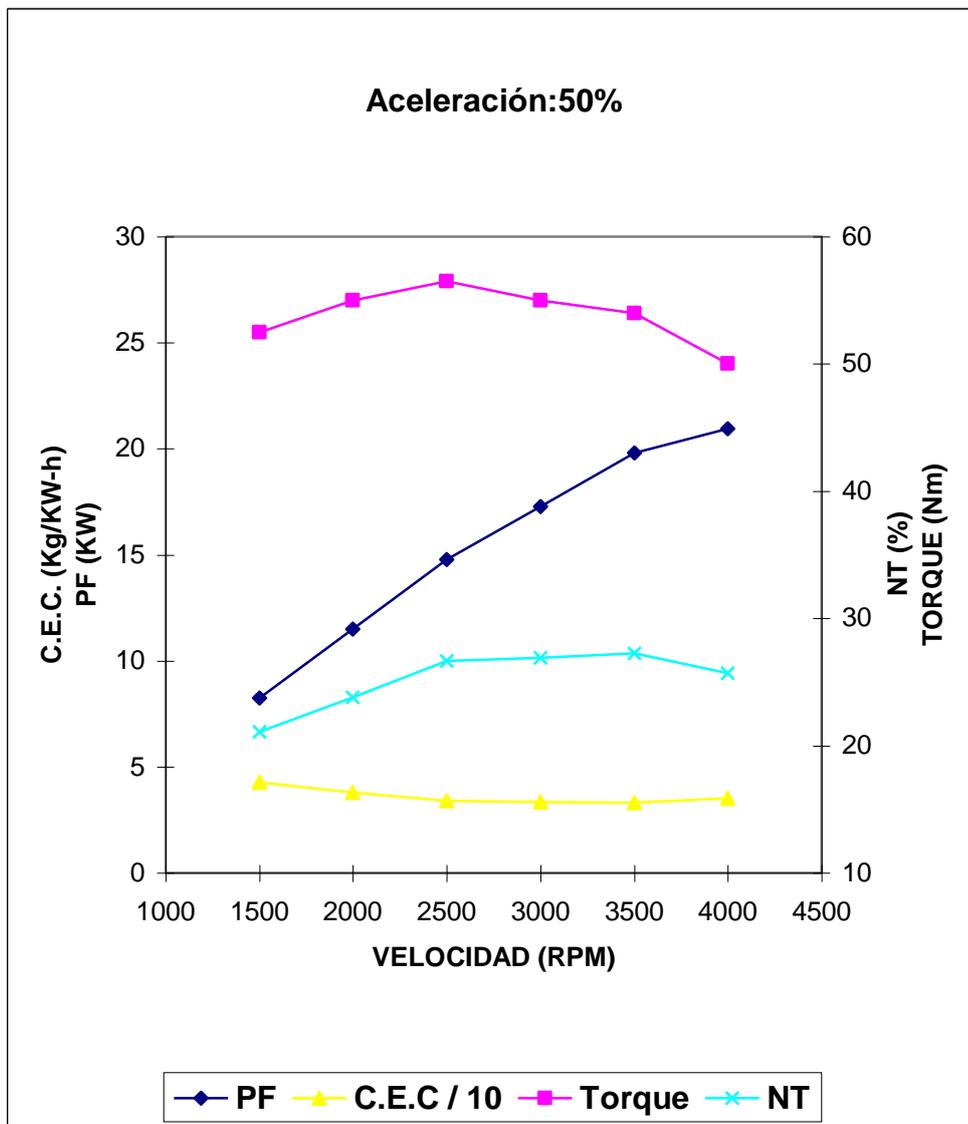


**Grafico 4.25 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DTC**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.76 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR8DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	8,25	3,812	42,73	69,18	3,53	0,428	12,09	21,08	61,77
2	1997	11,50	3,993	54,47	92,09	4,37	0,380	12,47	23,78	59,15
3	2496	14,77	4,102	65,85	115,09	5,01	0,339	13,15	26,63	57,22
4	2999	17,27	3,993	78,50	138,25	5,79	0,335	13,55	26,92	56,78
5	3501	19,80	3,921	86,78	161,42	6,56	0,331	13,23	27,24	53,76
6	3997	20,93	3,630	93,13	184,29	7,36	0,352	12,65	25,68	50,53

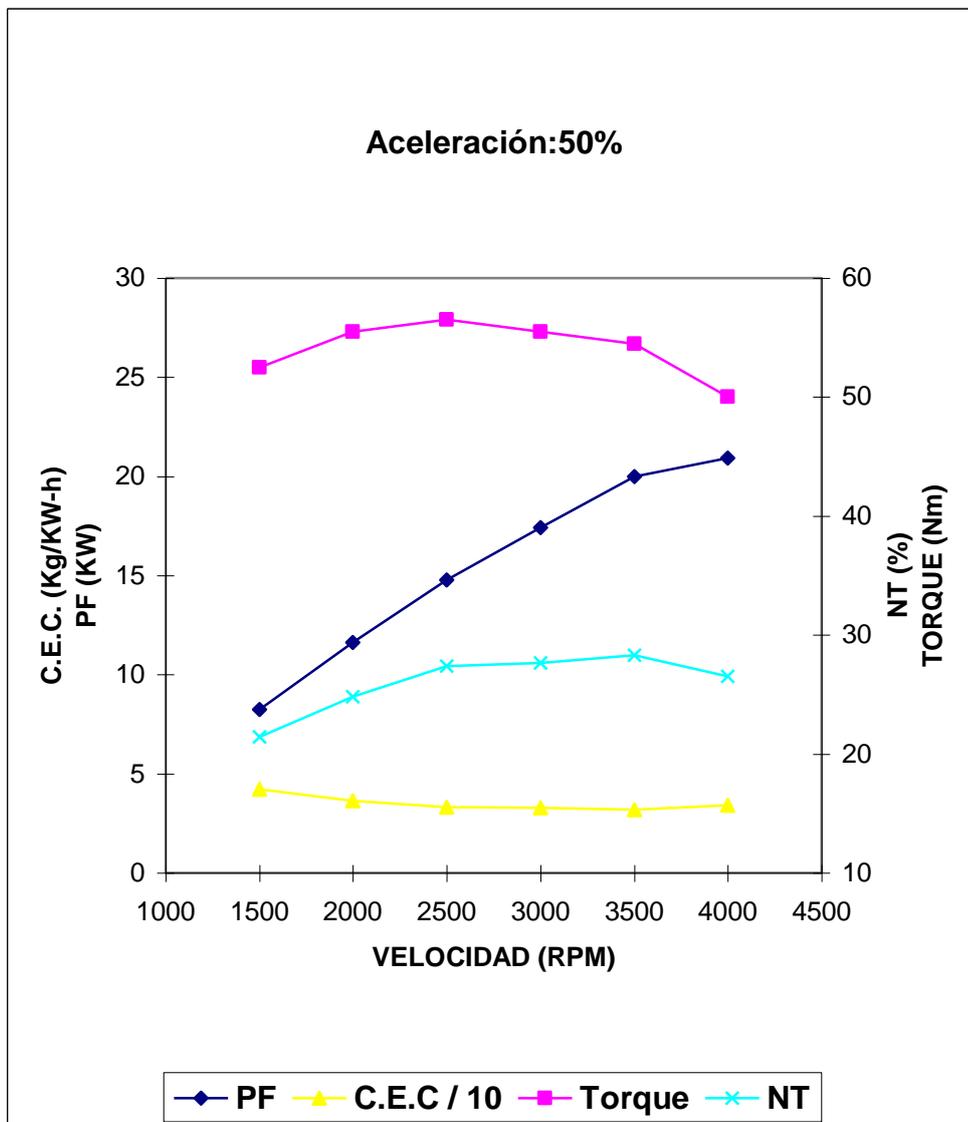


**Grafico 4.26 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR8DTC**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.77 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	8,22	3,812	42,80	68,98	3,47	0,422	12,34	21,41	62,05
2	1997	11,61	4,030	54,56	92,08	4,23	0,364	12,90	24,78	59,26
3	2499	14,79	4,102	65,96	115,24	4,88	0,330	13,52	27,36	57,24
4	2997	17,42	4,030	77,16	138,20	5,69	0,327	13,56	27,63	55,84
5	3500	19,97	3,957	86,93	161,36	6,37	0,319	13,64	28,29	53,88
6	3997	20,93	3,630	92,05	184,30	7,12	0,340	12,92	26,53	49,95

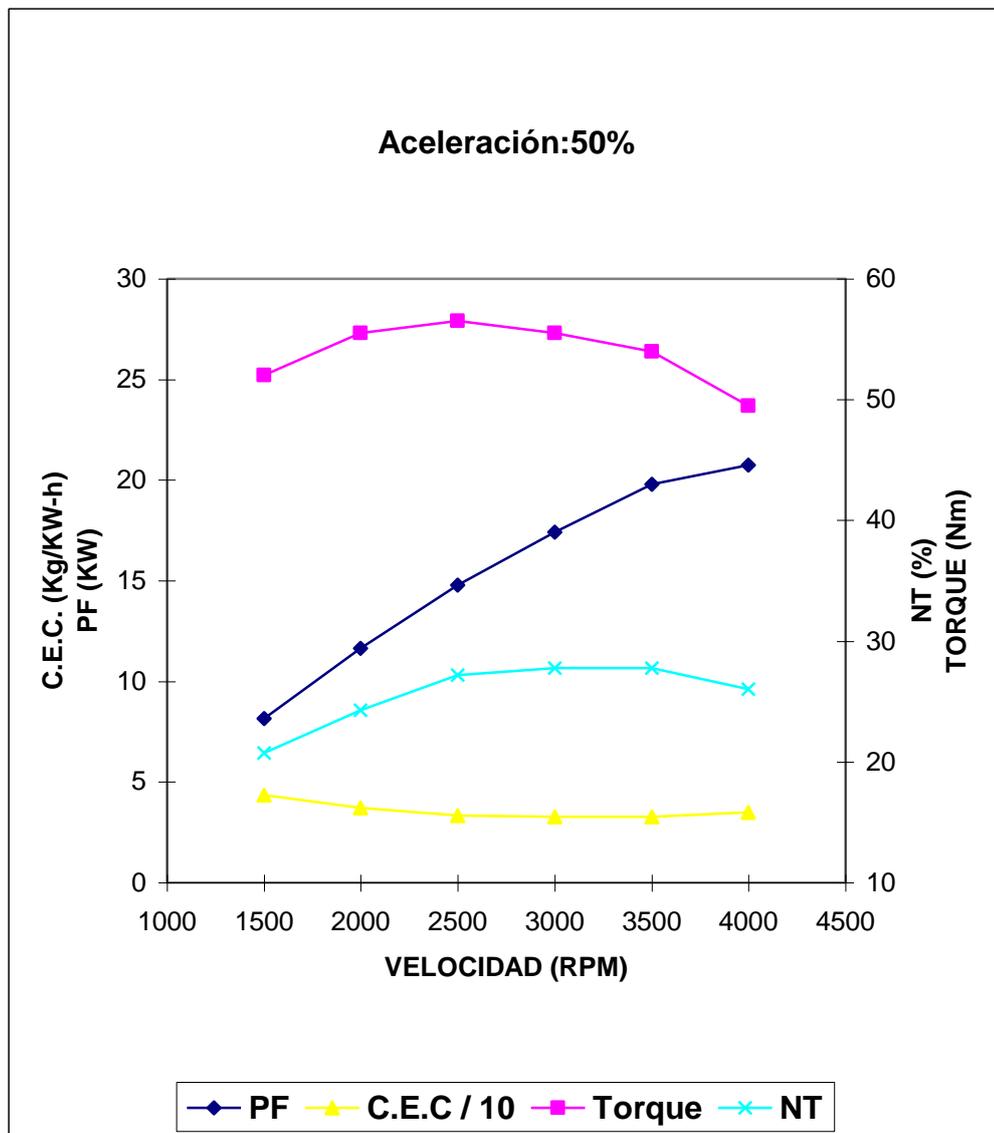


**Gráfico 4.27 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.78 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78X**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1499	8,16	3,776	42,66	69,10	3,55	0,435	12,01	20,74	61,73
2	2000	11,63	4,030	54,38	92,22	4,32	0,372	12,57	24,27	58,96
3	2499	14,78	4,102	65,74	115,20	4,92	0,332	13,38	27,16	57,06
4	2997	17,42	4,030	76,90	138,20	5,67	0,325	13,57	27,75	55,65
5	3501	19,80	3,921	86,64	161,40	6,43	0,325	13,46	27,77	53,68
6	3999	20,73	3,594	91,74	184,39	7,20	0,347	12,74	26,00	49,75

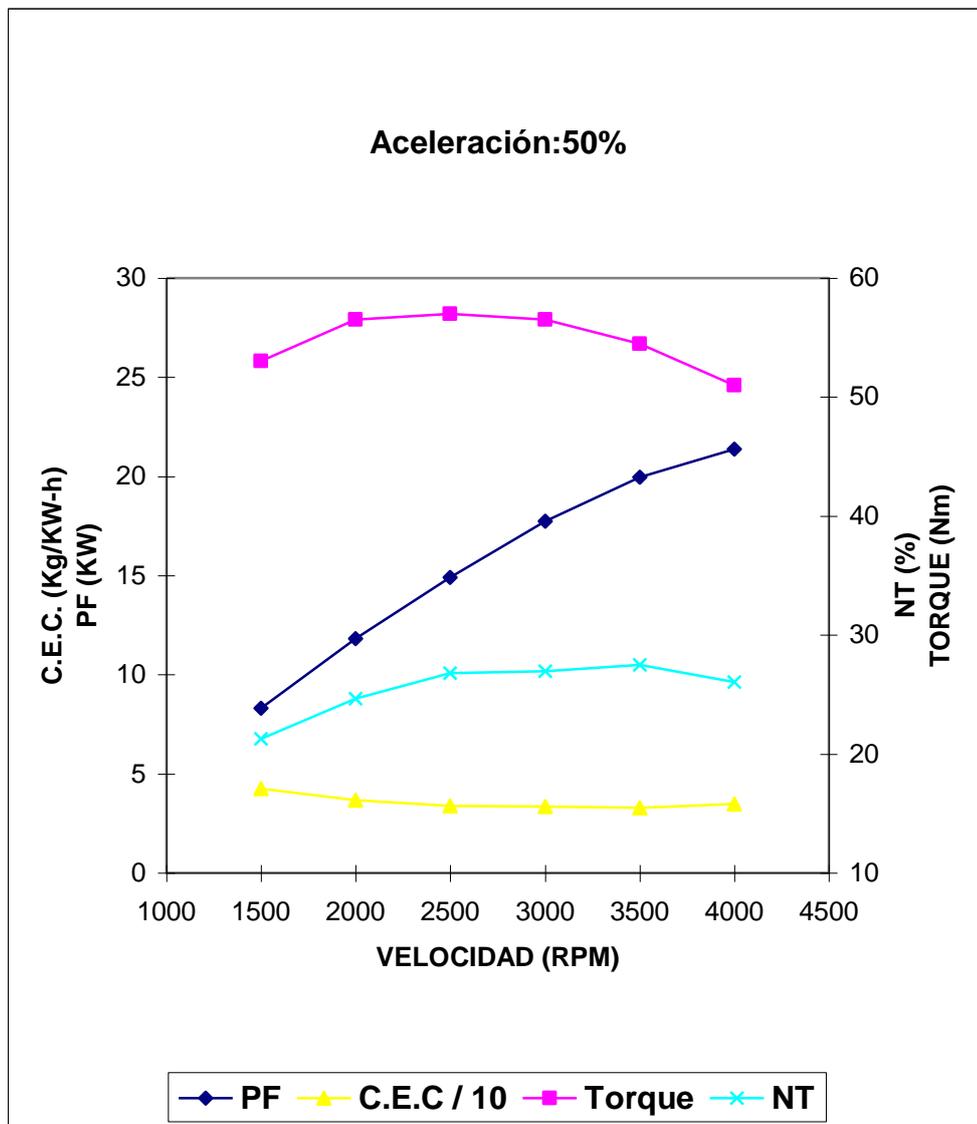


**Grafico 4.28 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78X**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.79 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DP**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1499	8,32	3,848	42,66	69,10	3,53	0,425	12,07	21,26	61,73
2	1996	11,81	4,102	54,38	92,05	4,32	0,366	12,57	24,66	59,08
3	2498	14,91	4,139	65,74	115,15	5,03	0,337	13,08	26,78	57,09
4	3000	17,75	4,102	78,37	138,31	5,95	0,335	13,18	26,95	56,66
5	3498	19,96	3,957	86,64	161,29	6,56	0,329	13,20	27,47	53,72
6	4000	21,36	3,703	92,97	184,42	7,40	0,346	12,56	26,06	50,41

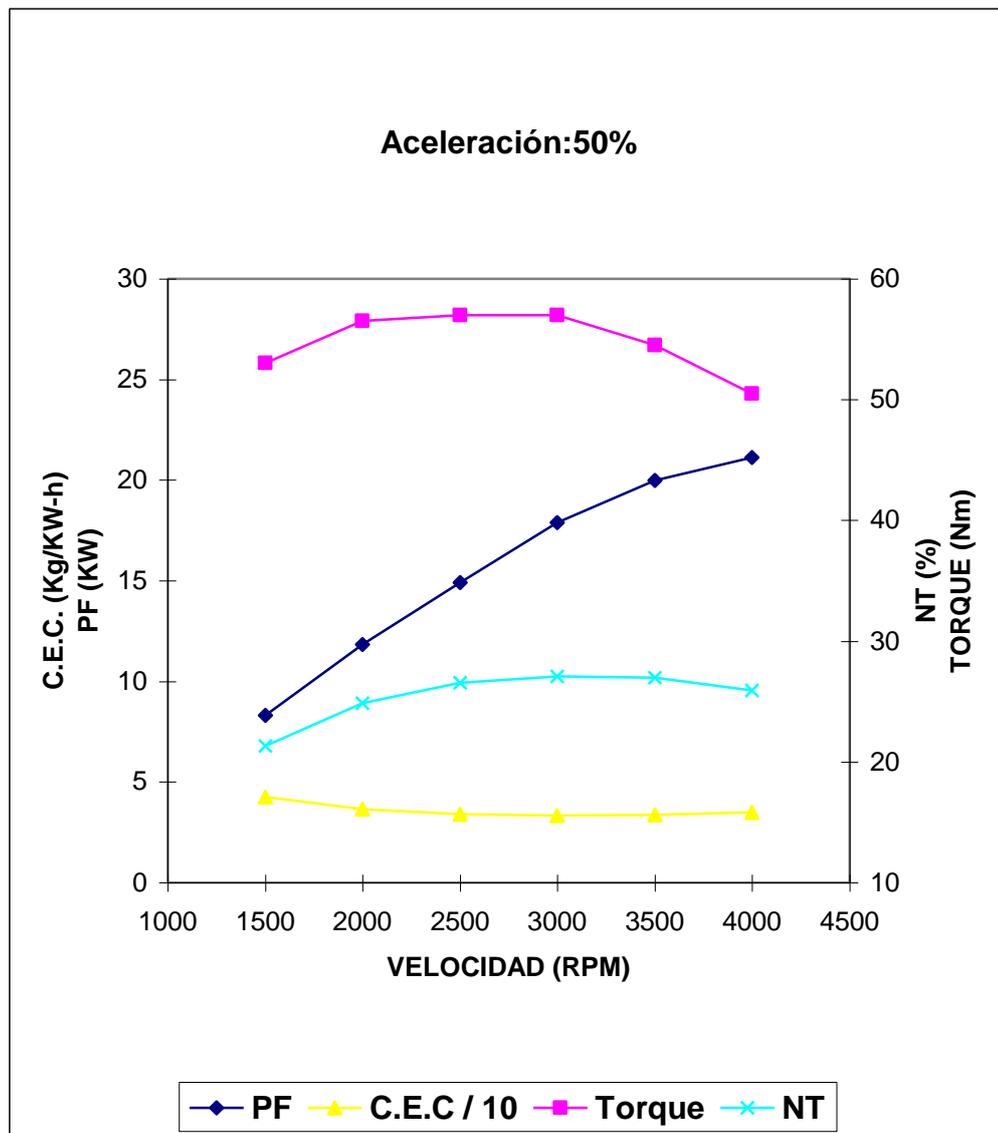


**Grafico 4.29 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DP**

## ACELERACIÓN 50%

**Tabla 4.80 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH FR8DPX**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	8,31	3,848	42,73	69,05	3,52	0,424	12,13	21,30	61,88
2	1999	11,83	4,102	54,47	92,15	4,30	0,363	12,68	24,85	59,11
3	2497	14,90	4,139	65,85	115,11	5,06	0,340	13,00	26,57	57,21
4	2999	17,90	4,139	77,03	138,25	5,97	0,334	12,90	27,05	55,72
5	3502	19,98	3,957	86,78	161,45	6,69	0,335	12,97	26,96	53,75
6	3996	21,13	3,667	93,13	184,22	7,36	0,348	12,65	25,92	50,55

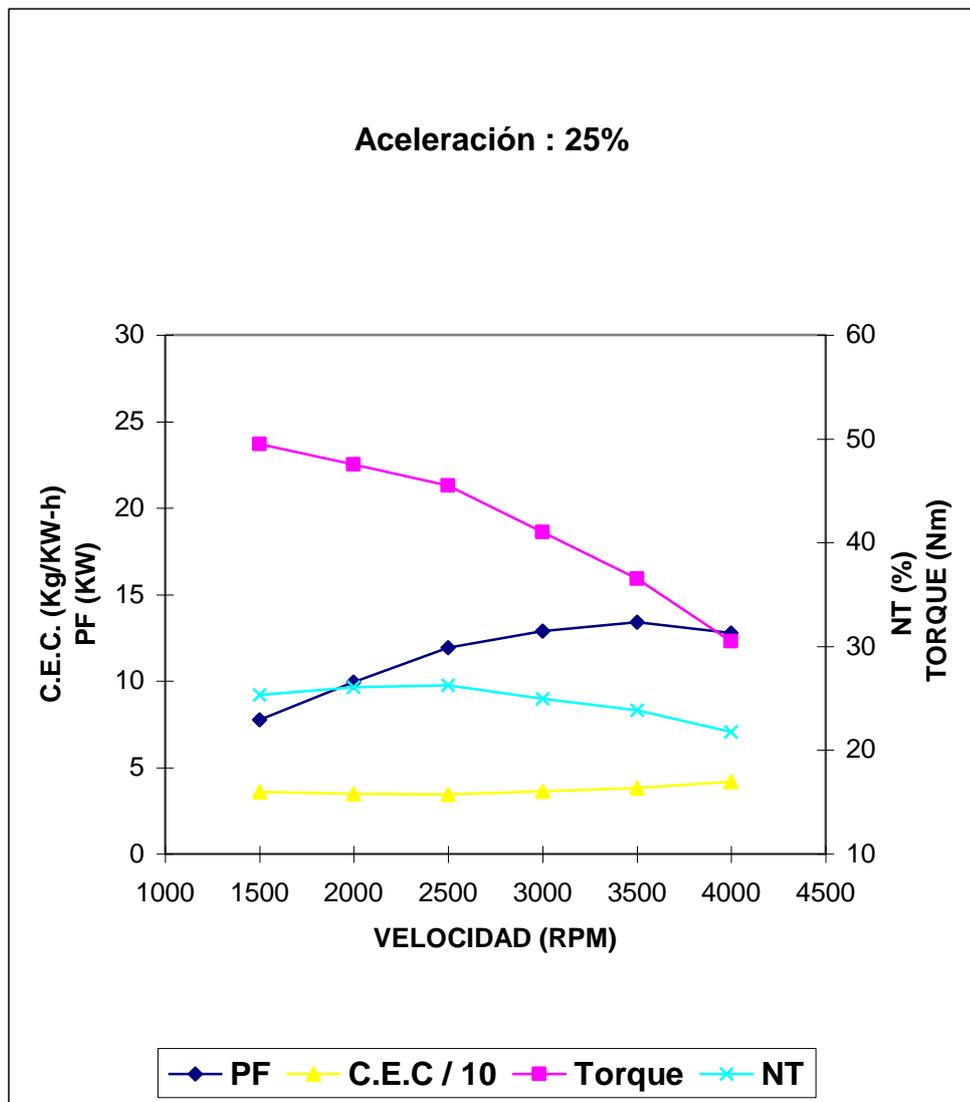


**Grafico 4.30 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH FR8DPX**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.81 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W7DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h			
1	1497	7,76	3,594	42,73	69,03	2,77	0,357	15,43	25,30	61,90
2	1998	9,94	3,449	47,77	92,10	3,44	0,346	13,88	26,06	51,87
3	2498	11,90	3,304	54,47	115,17	4,10	0,344	13,29	26,22	47,30
4	2999	12,88	2,977	60,43	138,27	4,66	0,362	12,98	24,96	43,70
5	3500	13,38	2,650	65,85	161,36	5,06	0,379	13,00	23,85	40,81
6	3998	12,77	2,215	70,86	184,35	5,31	0,416	13,35	21,73	38,44

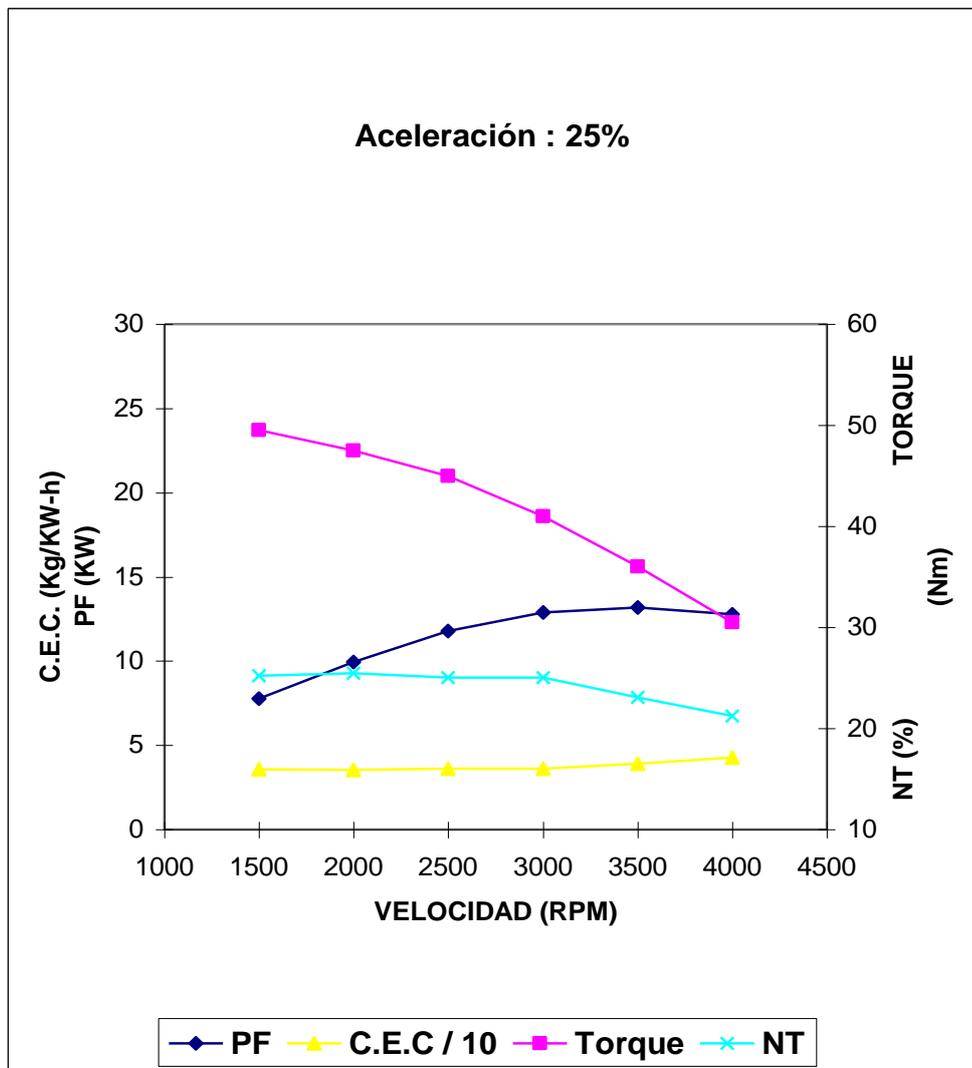


**Gráfico 4.31 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W7DC**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.82 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W8DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1497	7,76	3,594	42,66	69,03	2,78	0,358	15,34	25,20	61,80
2	1999	9,94	3,449	47,69	92,17	3,52	0,354	13,53	25,48	51,74
3	2497	11,77	3,267	54,38	115,12	4,24	0,361	12,82	25,04	47,24
4	2999	12,88	2,977	62,18	138,27	4,64	0,360	13,40	25,05	44,97
5	3498	13,19	2,614	65,74	161,26	5,16	0,392	12,73	23,06	40,77
6	3998	12,77	2,215	70,74	184,34	5,44	0,426	13,01	21,21	38,37

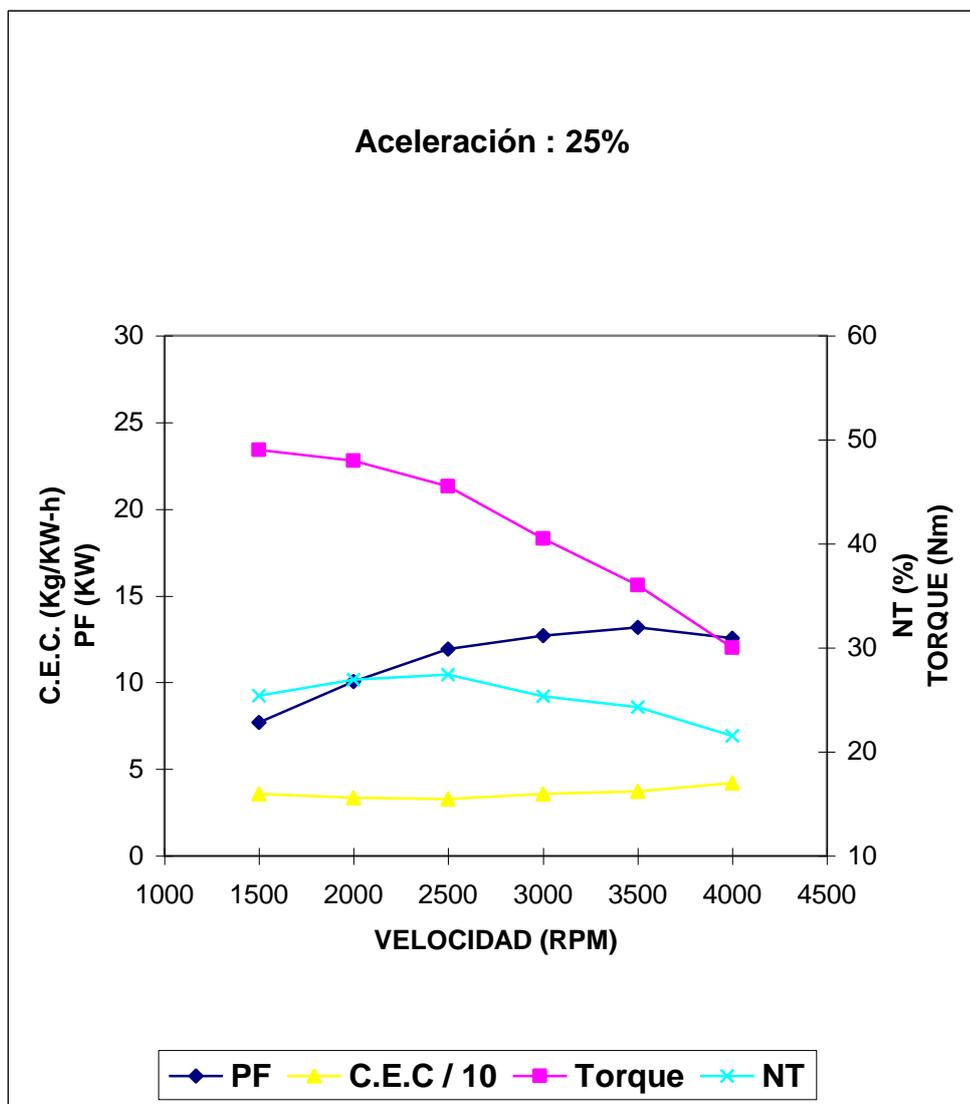


**Gráfico 4.32 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W8DC**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.83 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH W9DC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	7,68	3,558	42,66	69,04	2,73	0,355	15,63	25,42	61,78
2	2000	10,05	3,485	47,69	92,22	3,37	0,335	14,14	26,92	51,72
3	2499	11,91	3,304	56,43	115,24	3,92	0,329	14,40	27,44	48,97
4	2997	12,71	2,941	62,18	138,17	4,53	0,356	13,73	25,33	45,00
5	3498	13,19	2,614	65,74	161,28	4,90	0,371	13,42	24,31	40,76
6	3997	12,56	2,178	70,74	184,27	5,26	0,419	13,44	21,53	38,39

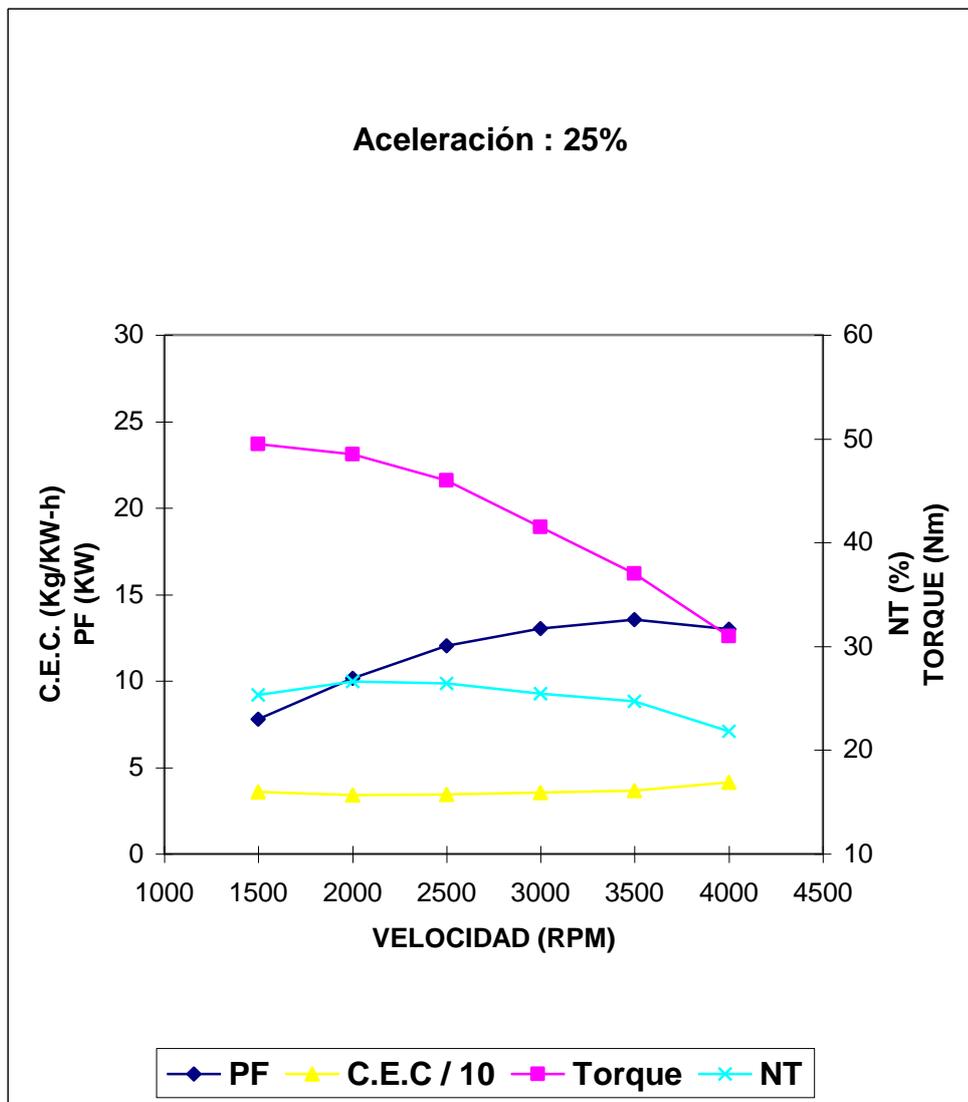


**Gráfico 4.33 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH W9DC**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.84 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH F7LDCR**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	7,77	3,594	42,73	69,14	2,77	0,356	15,43	25,34	61,80
2	1997	10,14	3,521	47,77	92,07	3,44	0,339	13,88	26,60	51,89
3	2498	12,03	3,340	56,53	115,18	4,11	0,342	13,75	26,43	49,08
4	2999	13,03	3,013	62,29	138,27	4,63	0,355	13,47	25,44	45,05
5	3498	13,55	2,686	65,85	161,26	4,95	0,365	13,30	24,71	40,84
6	4000	12,98	2,251	70,86	184,40	5,37	0,414	13,19	21,82	38,43

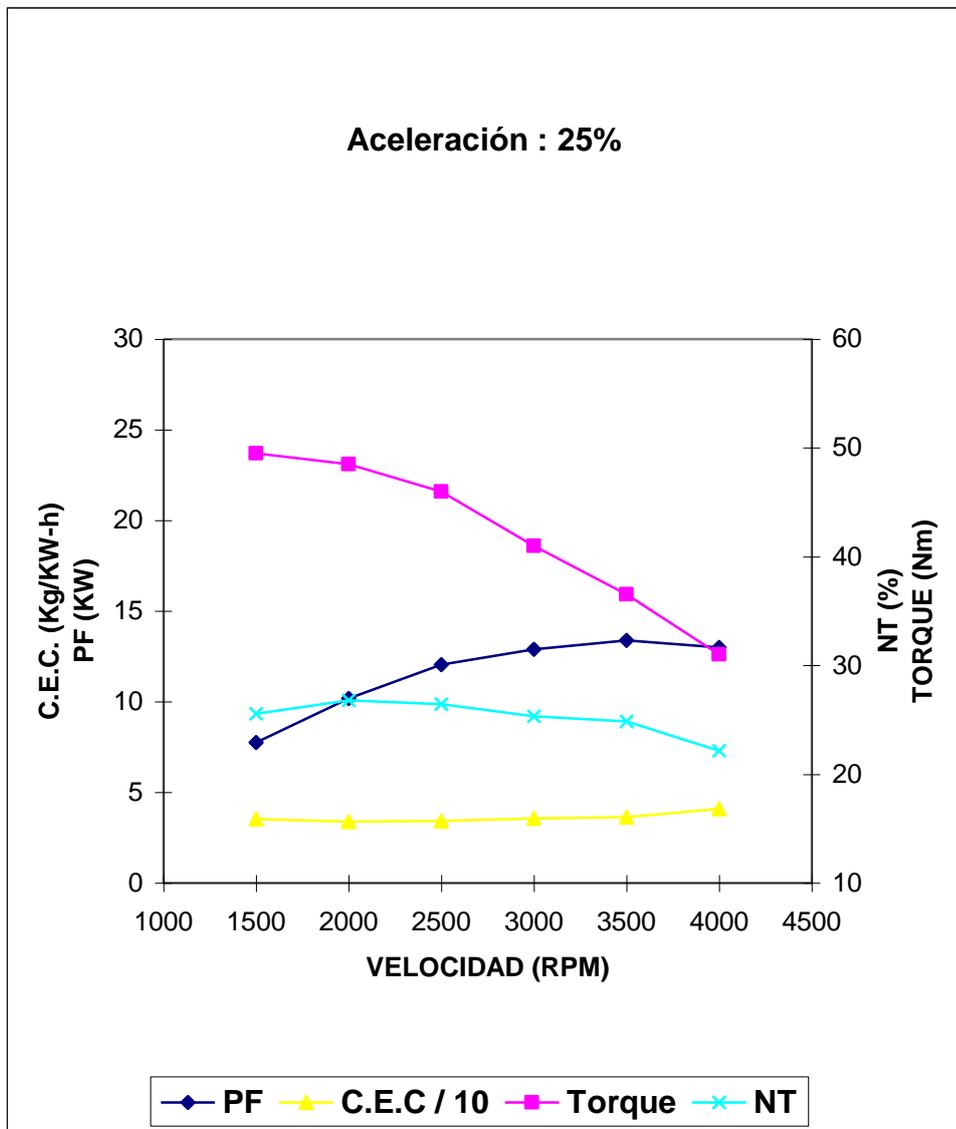


**Grafico 4.34 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH F7LDCR**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.85 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
				Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	7,76	3,594	42,73	69,06	2,75	0,354	15,56	25,52	61,88
2	2001	10,16	3,521	47,77	92,26	3,42	0,337	13,95	26,80	51,78
3	2497	12,03	3,340	54,47	115,13	4,11	0,342	13,25	26,42	47,31
4	2999	12,88	2,977	62,29	138,27	4,59	0,357	13,56	25,31	45,05
5	3496	13,36	2,650	65,85	161,20	4,86	0,364	13,55	24,82	40,85
6	3999	12,98	2,251	70,86	184,36	5,29	0,407	13,41	22,17	38,43

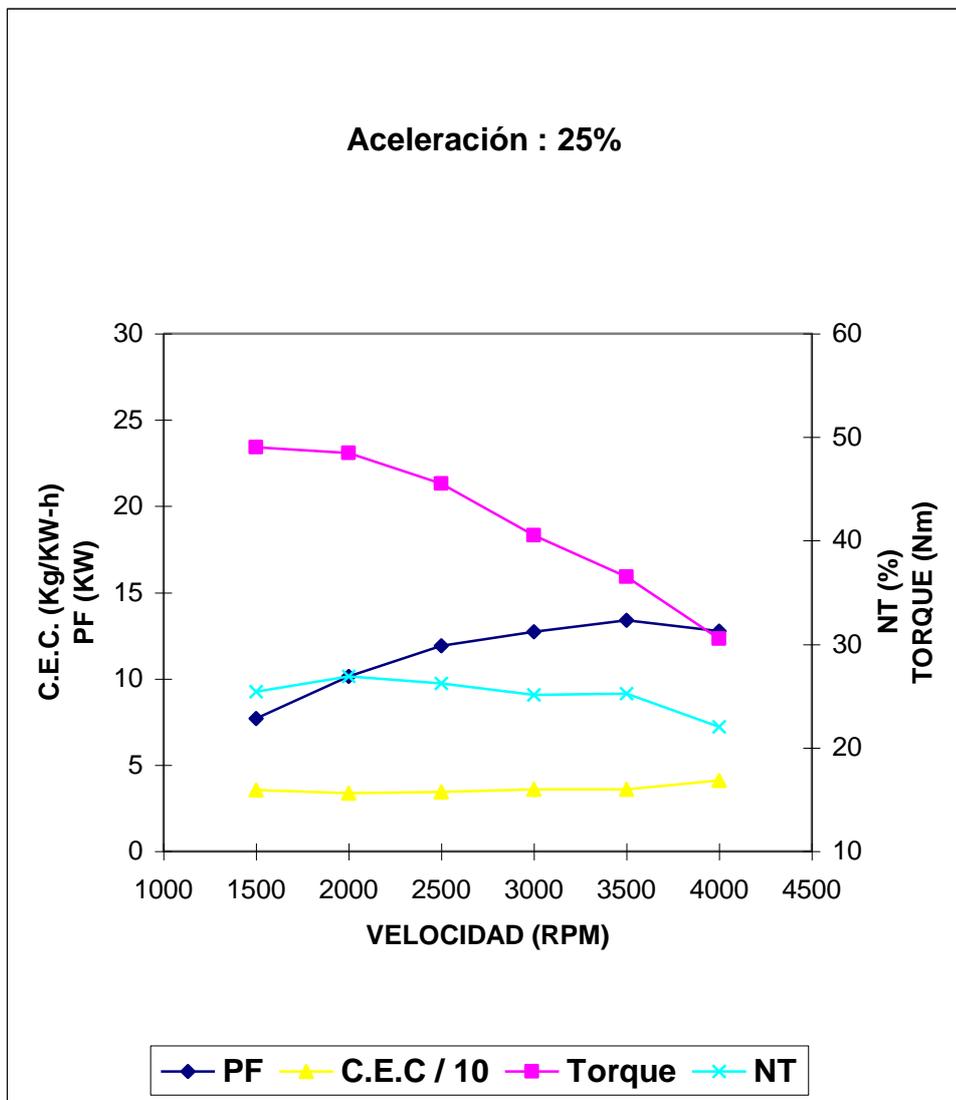


**Grafico 4.35 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DTC**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.86 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR8DTC**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	7,69	3,558	42,66	69,07	2,73	0,355	15,63	25,43	61,76
2	1999	10,15	3,521	47,69	92,16	3,41	0,336	14,00	26,91	51,75
3	2499	11,91	3,304	56,43	115,21	4,10	0,344	13,77	26,23	48,98
4	2999	12,72	2,941	62,18	138,27	4,58	0,360	13,59	25,09	44,97
5	3499	13,37	2,650	65,74	161,33	4,79	0,358	13,72	25,20	40,75
6	4000	12,77	2,215	70,74	184,40	5,24	0,411	13,49	21,99	38,36

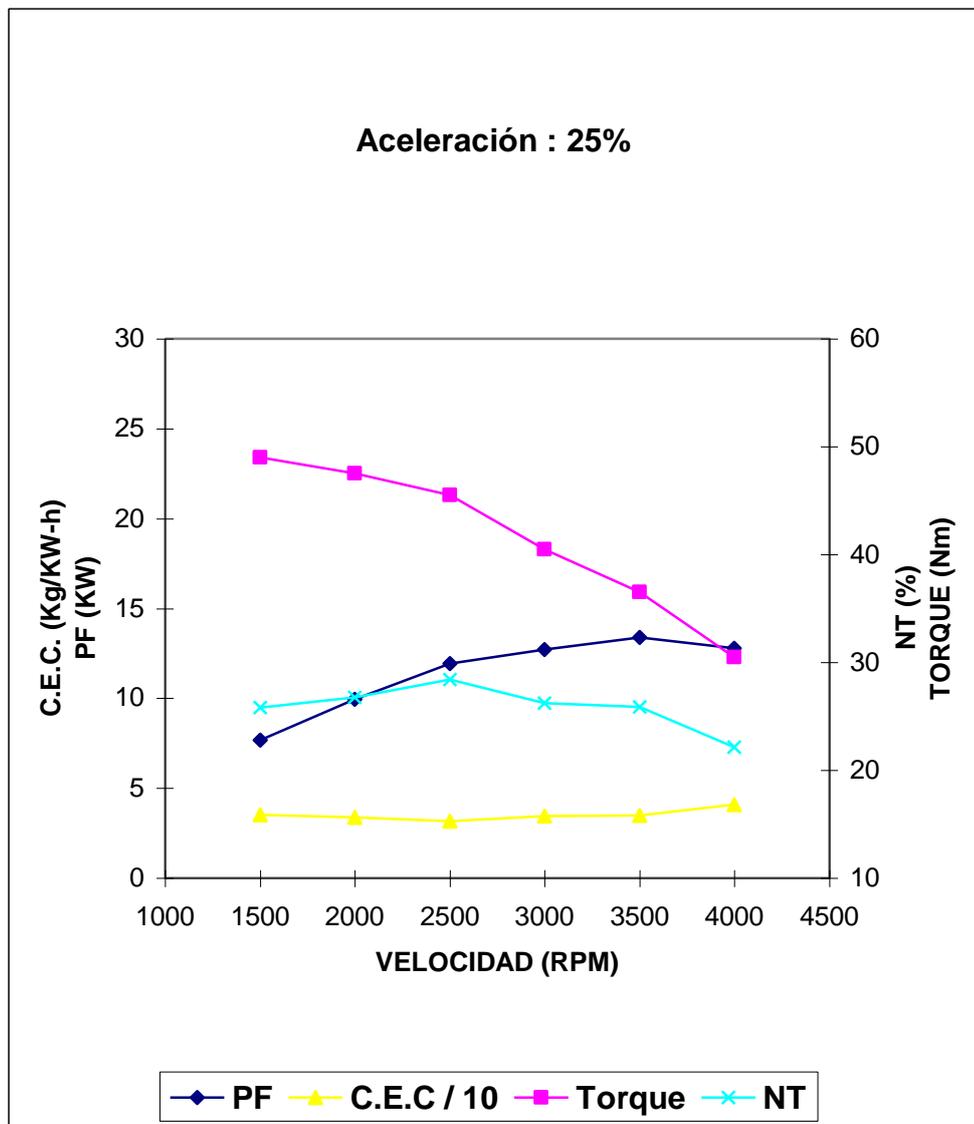


**Grafico 4.36 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR8DTC**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.87 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1496	7,68	3,558	42,73	68,99	2,69	0,350	15,91	25,81	61,94
2	1999	9,94	3,449	45,32	92,16	3,36	0,337	13,51	26,76	49,18
3	2500	11,91	3,304	54,47	115,28	3,78	0,318	14,39	28,42	47,25
4	2999	12,72	2,941	60,43	138,27	4,38	0,344	13,79	26,21	43,70
5	3501	13,38	2,650	65,85	161,39	4,67	0,349	14,09	25,85	40,80
6	3998	12,77	2,215	70,86	184,33	5,20	0,407	13,62	22,16	38,44

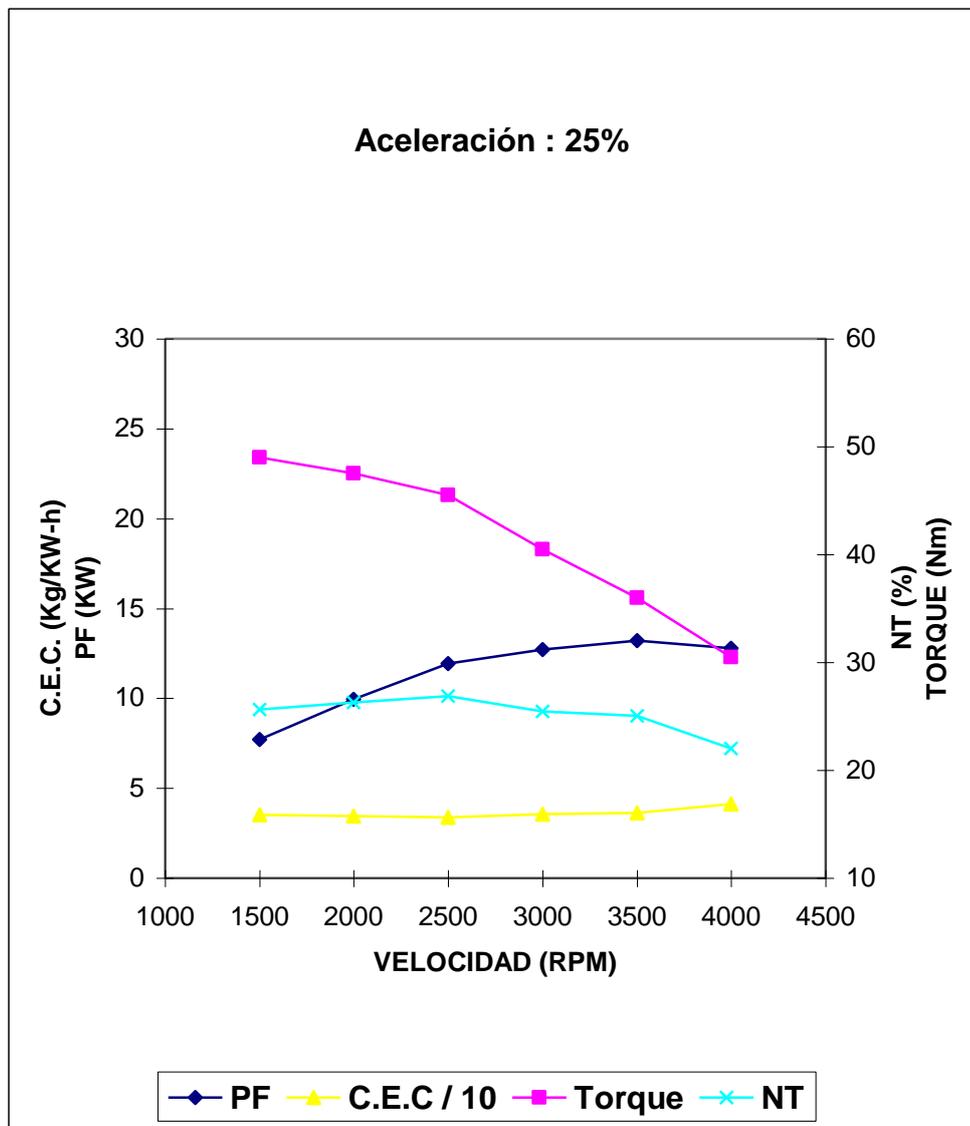


**Gráfico 4.37 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.88 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR78X**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1498	7,69	3,558	42,66	69,07	2,71	0,352	15,76	25,64	61,76
2	1998	9,94	3,449	45,25	92,10	3,42	0,344	13,25	26,27	49,12
3	2500	11,91	3,304	54,38	115,28	4,00	0,336	13,59	26,89	47,17
4	3000	12,72	2,941	60,33	138,31	4,52	0,355	13,36	25,44	43,62
5	3501	13,20	2,614	65,74	161,40	4,76	0,360	13,82	25,05	40,73
6	3998	12,77	2,215	70,74	184,35	5,24	0,411	13,49	21,99	38,37

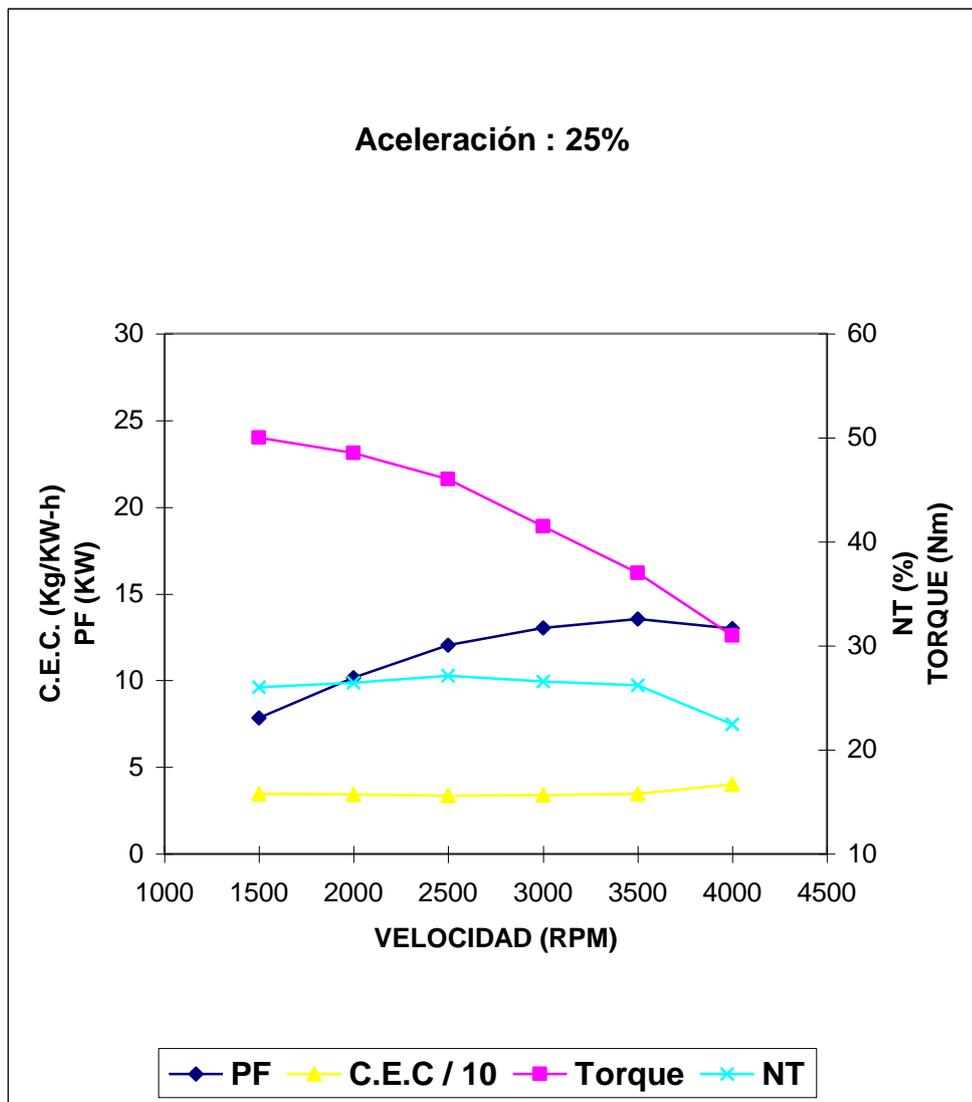


**Grafico 4.38 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR78X**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.89 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH WR7DP**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1500	7,86	3,630	42,66	69,17	2,72	0,347	15,66	26,04	61,67
2	1999	10,15	3,521	47,69	92,17	3,47	0,342	13,75	26,43	51,74
3	2500	12,04	3,340	54,38	115,25	4,01	0,333	13,55	27,10	47,18
4	2999	13,03	3,013	62,18	138,27	4,43	0,340	14,05	26,59	44,97
5	3496	13,55	2,686	65,74	161,20	4,67	0,345	14,07	26,17	40,78
6	4002	12,99	2,251	70,74	184,53	5,22	0,402	13,54	22,46	38,34

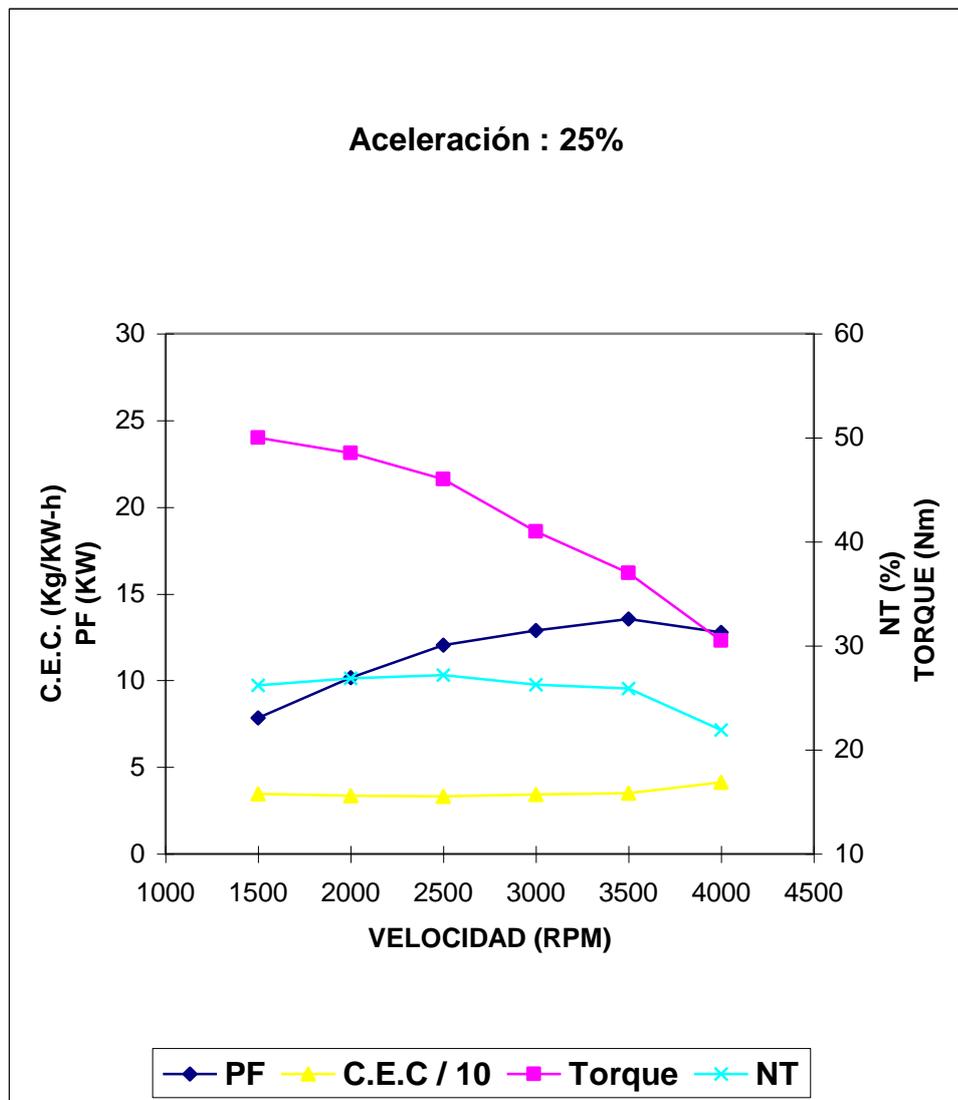


**Grafico 4.39 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH WR7DP**

## ACELERACIÓN 25%

**Tabla 4.90 Cuadro de resultados de la bujía BOSCH FR8DPX**

TEST	N	Pf	PMEF	AIRE		COMBUSTIBLE		A/C	EFICIENCIAS	
				ma	mta	mc	CEC		nt	nv
N.-	RPM	KW	Kg/cm2	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/Kw-h		%	%
1	1497	7,84	3,630	42,66	69,03	2,70	0,345	15,79	26,20	61,80
2	1999	10,15	3,521	47,69	92,17	3,42	0,336	13,96	26,84	51,74
3	2501	12,05	3,340	54,38	115,32	4,00	0,332	13,59	27,20	47,15
4	2999	12,88	2,977	62,18	138,27	4,43	0,344	14,05	26,27	44,97
5	3498	13,55	2,686	65,74	161,27	4,72	0,349	13,92	25,90	40,76
6	4000	12,78	2,215	70,74	184,44	5,26	0,412	13,44	21,91	38,35



**Grafico 4.40 Curvas de desempeño de la bujía BOSCH FR8DPX**

# CAPÍTULO V

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 DE LAS PRUEBAS CON LOS DISTINTOS TIPOS DE BUJÍAS.

Luego de efectuar el procesamiento completo de los datos para obtener las tablas de resultados correspondientes a cada tipo de bujías en las diferentes pruebas; se procede a determinar, como influye cada tipo de bujías dentro de los parámetros de desempeño del motor.

#### 5.1.1 CON EL MOTOR EN VACIO

Tabla 5.1 Análisis de la respuesta al encendido

TIPO BUJIA	N: INTENTOS	
	EN FRIO	EN CALIENTE
W8DC	1	1
W9DC	1	1
F7LDCR	2	1
W7DC	2	1
WR7DTC	2	1
WR8DTC	2	1
WR78	2	1
WR78X	2	1
WR7DP	2	1
FR8DPX	2	1

- Las bujías de grado térmico mayor o bujías caliente de cobre con un electrodo de masa son las que responden con éxito al encendido en el primer intento de arranque cuando el motor se encuentra frío.
- Cuando el motor se encuentra caliente ( $T_{\text{refrigerante}}=70^{\circ}\text{C}$ ), todas las bujías responden con éxito al encendido en el primer intento de

arranque, por tal razón la respuesta al encendido de motor en estas condiciones no depende del tipo de bujía.

**Tabla 5.2 Análisis del consumo de combustible a la velocidad de ralentí**

<b>TIPO</b>		<b>Consumo de</b>	
<b>DE</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Combustible</b>	<b>Funcionamiento</b>
<b>BUJIA</b>	<b>RPM</b>	<b>Kg/h</b>	
FR8DPX	1102	0,79	Poco Estable
WR7DP	1100	0,79	Poco Estable
W9DC	1098	0,79	Poco Estable
W8DC	1096	0,79	Poco Estable
WR8DTC	1094	0,79	Poco Estable
WR78X	1094	0,79	Poco Estable
WR7DTC	1093	0,79	Poco Estable
W7DC	1091	0,79	Poco Estable
WR78	1091	0,80	Poco Estable
F7LDCR	1089	0,79	Poco Estable

- El consumo de combustible a la velocidad de ralentí no depende del tipo de bujía.

## 5.1.2 VARIANDO LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN A PLENA CARGA O CON ACELERACIÓN CONSTANTE DEL 100%

Tabla 5.3 Análisis del torque máximo

TORQUE MAXIMO (Nm)		
Tipo de bujía	velocidad de rotación	
	2500 RPM	3000 RPM
WR7DP	59,0	60,0
FR8DPX	59,0	60,0
F7LDCR	59,5	58,5
WR78	59,0	58,0
WR78X	59,0	58,0
WR7DTC	58,5	58,0
W7DC	58,5	57,5
WR8DTC	58,5	57,5
W9DC	58,5	57,0
W8DC	58,0	57,0

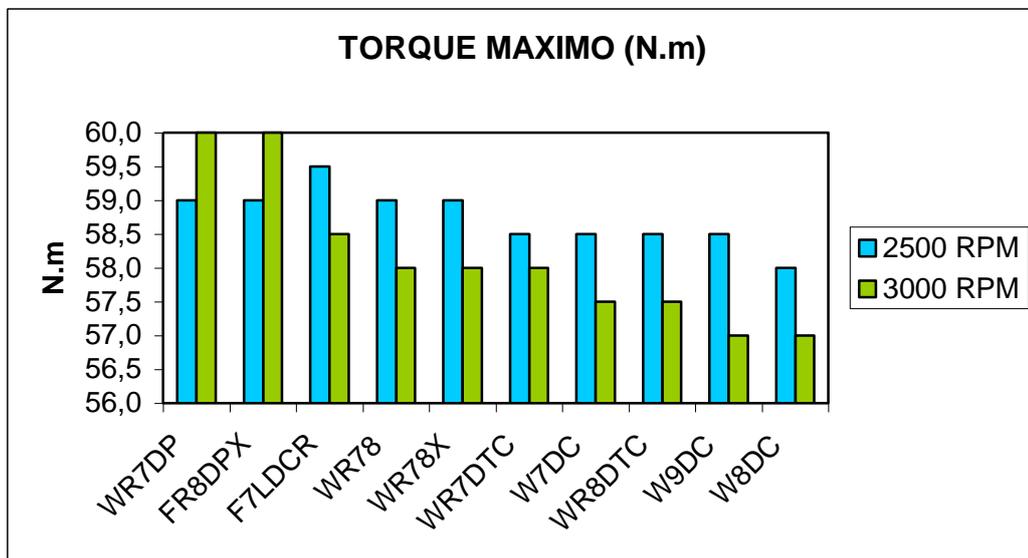


Gráfico 5.1 Análisis del torque máximo

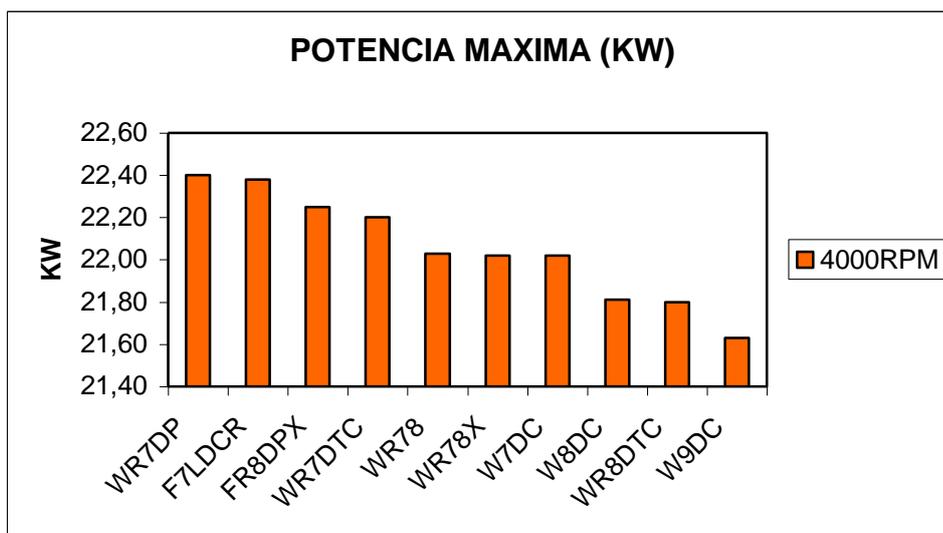
- Las bujías de cobre alcanzan el máximo torque a la velocidad de 2500 RPM, mientras que las bujías de platino alcanzan el máximo torque a una velocidad mas alta de 3000 RPM. y con un valor mayor.

- **POTENCIA AL FRENO MÁXIMA**

Teóricamente el motor a prueba alcanza la potencia al freno máxima a la velocidad de rotación de 5500 RPM, en condiciones ideales de funcionamiento, pero en las condiciones actuales de funcionamiento y por la inestabilidad del motor a altas velocidades se llegó a obtener la potencia al freno máxima hasta la velocidad de 4000 RPM.

**Tabla 5.4 Análisis de la potencia máxima**

Tipo de Bujía	Potencia Máxima (KW)	Funcionamiento
WR7DP	22,40	Estable
F7LDCR	22,38	Poca Estabilidad
FR8DPX	22,25	Poca Estabilidad
WR7DTC	22,20	Poca Estabilidad
WR78	22,03	Poca Estabilidad
WR78X	22,02	Poca Estabilidad
W7DC	22,02	Poca Estabilidad
W8DC	21,81	Inestable
WR8DTC	21,80	Poca Estabilidad
W9DC	21,63	Inestable



**Grafico 5.2 Análisis de la potencia máxima**

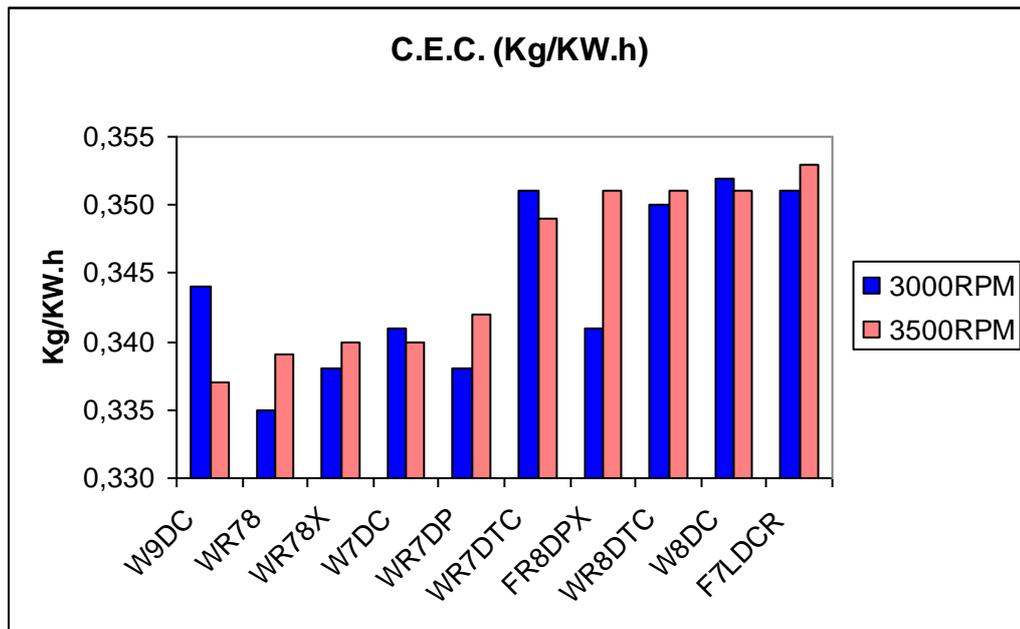
- La potencia al freno máxima depende del tipo de bujía según el material del núcleo del electrodo central, es decir las bujías de platino alcanzan mayor potencia al freno que las bujías de cobre, a la velocidad de 4000 RPM.
- La potencia al freno máxima, depende también del grado térmico de la bujía, es decir bujías frías alcanzan mayor potencia al freno y bujías calientes alcanzan menor potencia al freno a la velocidad de 4000RPM.

▪ **CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE MÍNIMO**

El consumo específico de combustible mínimo se obtuvo a las velocidades de 3000 y 3500 RPM, con diferentes bujías.

**Tabla 5.5 Análisis de consumo específico de combustible mínimo**

<b>CEC (Kg/KW-h)</b>		
<b>Tipo de bujía</b>	<b>velocidad de rotación</b>	
	<b>3000 RPM</b>	<b>3500 RPM</b>
W9DC	0,344	0,337
WR78	0,335	0,339
WR78X	0,338	0,340
W7DC	0,341	0,340
WR7DP	0,338	0,342
WR7DTC	0,351	0,349
FR8DPX	0,341	0,351
WR8DTC	0,350	0,351
W8DC	0,352	0,351
F7LDCR	0,351	0,353

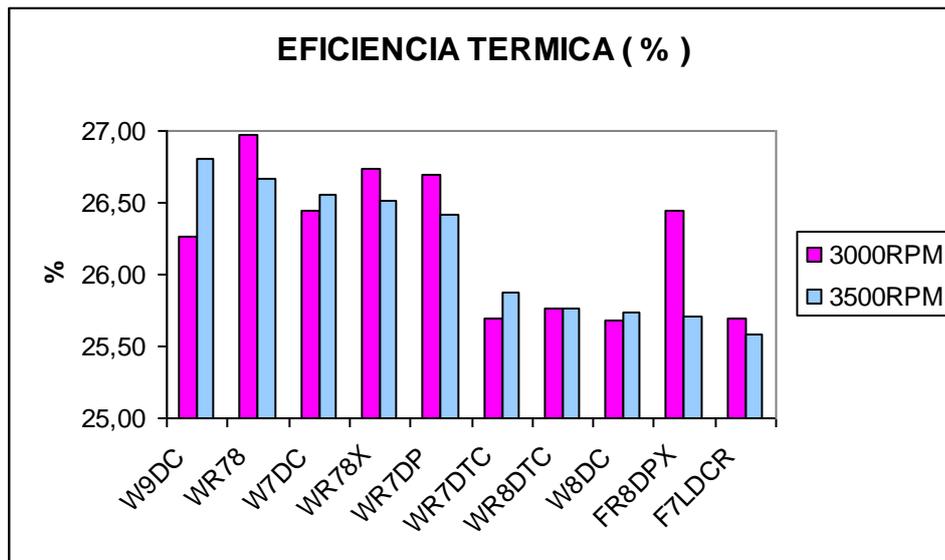


**Grafico 5.3 Análisis de consumo específico de combustible mínimo**

- El consumo específico de combustible mínimo se logra a la velocidad de 3000 RPM, con las bujías termoelásticas (bujías calientes y frías al mismo tiempo).
- El consumo específico de combustible mínimo depende también del grado térmico de la bujía, es decir con bujías frías menor es el consumo específico de combustible que con bujías calientes a la velocidad de 3000 RPM

**Tabla 5.6 Análisis de la eficiencia térmica máxima**

<b>Eficiencia Térmica %</b>		
<b>Tipo de bujía</b>	<b>velocidad de rotación</b>	
	<b>3000 RPM</b>	<b>3500 RPM</b>
W9DC	26,27	26,81
WR78	26,97	26,66
W7DC	26,45	26,56
WR78X	26,73	26,52
WR7DP	26,70	26,42
WR7DTC	25,69	25,87
WR8DTC	25,76	25,76
W8DC	25,68	25,73
FR8DPX	26,45	25,71
F7LDCR	25,69	25,59



**Grafico 5.4 Análisis de la eficiencia térmica máxima**

- La mayor eficiencia térmica alcanzan las bujías termoelásticas
- La eficiencia térmica máxima depende también del grado térmico de la bujía, es decir con bujías frías mayor eficiencia térmica que con bujías calientes.

### 5.1.3 VARIANDO LA CARGA O CON CARGAS PARCIALES

Tabla 5.7 Análisis de la variación del C.E.C. a las 1500 RPM

VELOCIDAD 1500 RPM				
TIPO BUJIA	C.E.C (Kg/KW-h)			
	a=100%	a=75%	a=50%	a=25%
WR78	0,446	0,438	0,422	0,350
WR7DP	0,447	0,444	0,425	0,347
WR78X	0,448	0,447	0,435	0,352
WR8DTC	0,449	0,448	0,428	0,355
FR8DPX	0,449	0,448	0,424	0,345
W8DC	0,453	0,445	0,435	0,358
F7LDCR	0,455	0,453	0,428	0,356
WR7DTC	0,457	0,453	0,435	0,354
W7DC	0,461	0,459	0,436	0,357
W9DC	0,463	0,462	0,434	0,355

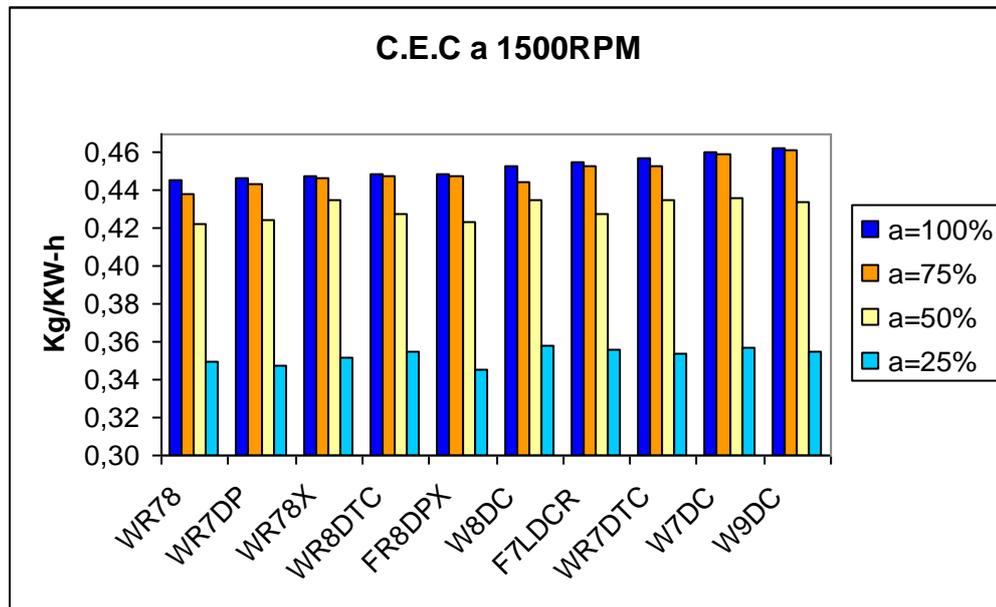
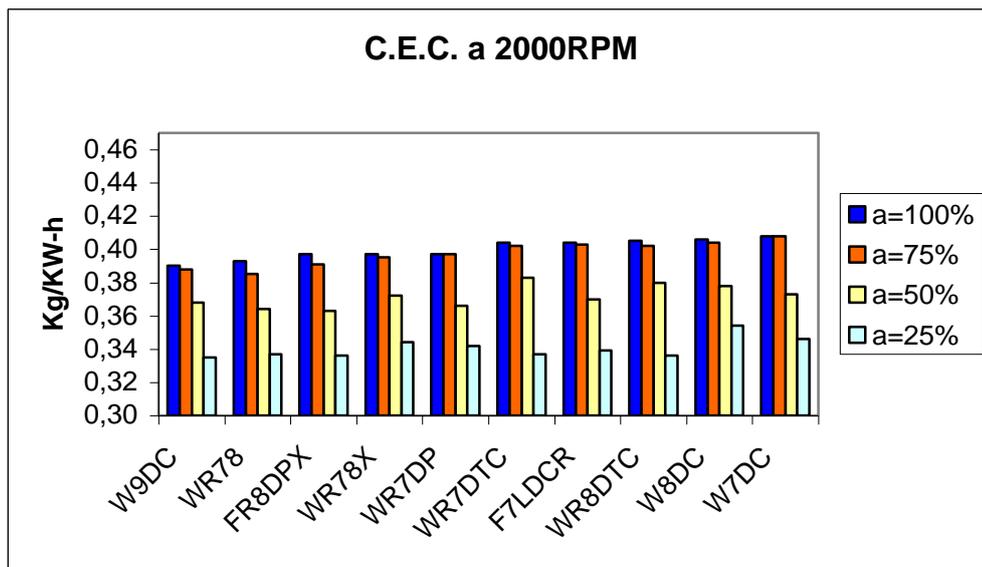


Grafico 5.5 Análisis de la variación del C.E.C. a las 1500 RPM

- A la velocidad de 1500RPM la tendencia de variación del consumo específico de combustible con diferentes cargas parciales es independiente del tipo de bujía.

**Tabla 5.8 Análisis de la variación del C.E.C. a las 2000 RPM**

<b>VELOCIDAD 2000 RPM</b>				
<b>TIPO BUJIA</b>	<b>C.E.C (Kg/KW-h)</b>			
	<b>a=100%</b>	<b>a=75%</b>	<b>a=50%</b>	<b>a=25%</b>
W9DC	0,390	0,388	0,368	0,335
WR78	0,393	0,385	0,364	0,337
FR8DPX	0,397	0,391	0,363	0,336
WR78X	0,397	0,395	0,372	0,344
WR7DP	0,397	0,397	0,366	0,342
WR7DTC	0,404	0,402	0,383	0,337
F7LDCR	0,404	0,403	0,370	0,339
WR8DTC	0,405	0,402	0,380	0,336
W8DC	0,406	0,404	0,378	0,354
W7DC	0,408	0,408	0,373	0,346

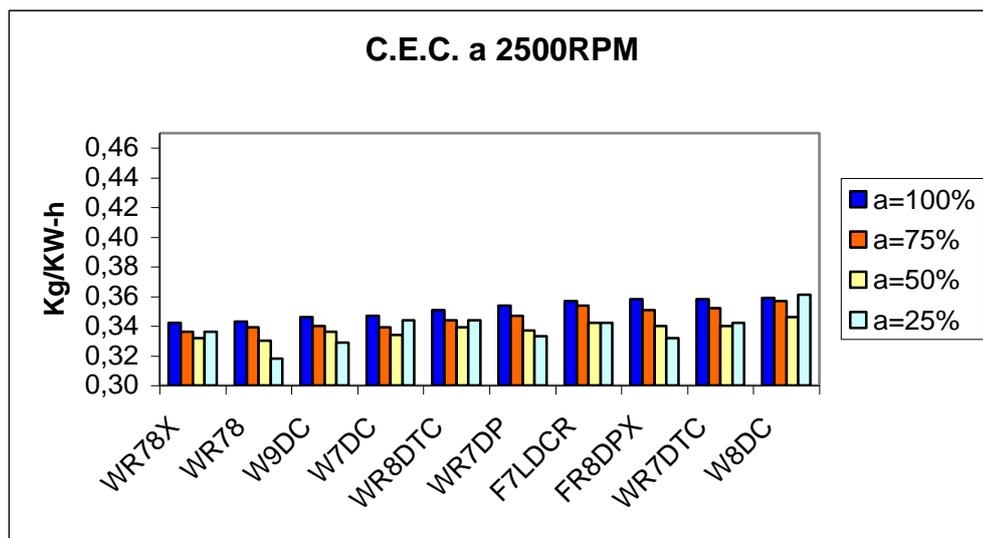


**Grafico 5.6 Análisis de la variación del C.E.C. a las 2000 RPM**

- A la velocidad de 2000RPM, la variación del consumo específico de combustible con cargas parciales es independiente del tipo de bujías.

**Tabla 5.9 Análisis de la variación del C.E.C. a las 2500 RPM**

<b>VELOCIDAD 2500 RPM</b>				
<b>TIPO BUJIA</b>	<b>C.E.C (Kg/KW-h)</b>			
	<b>a=100%</b>	<b>a=75%</b>	<b>a=50%</b>	<b>a=25%</b>
WR78X	0,342	0,336	0,332	0,336
WR78	0,343	0,339	0,330	0,318
W9DC	0,346	0,340	0,336	0,329
W7DC	0,347	0,339	0,334	0,344
WR8DTC	0,351	0,344	0,339	0,344
WR7DP	0,354	0,347	0,337	0,333
F7LDCR	0,357	0,354	0,342	0,342
FR8DPX	0,358	0,351	0,340	0,332
WR7DTC	0,358	0,352	0,340	0,342
W8DC	0,359	0,357	0,346	0,361

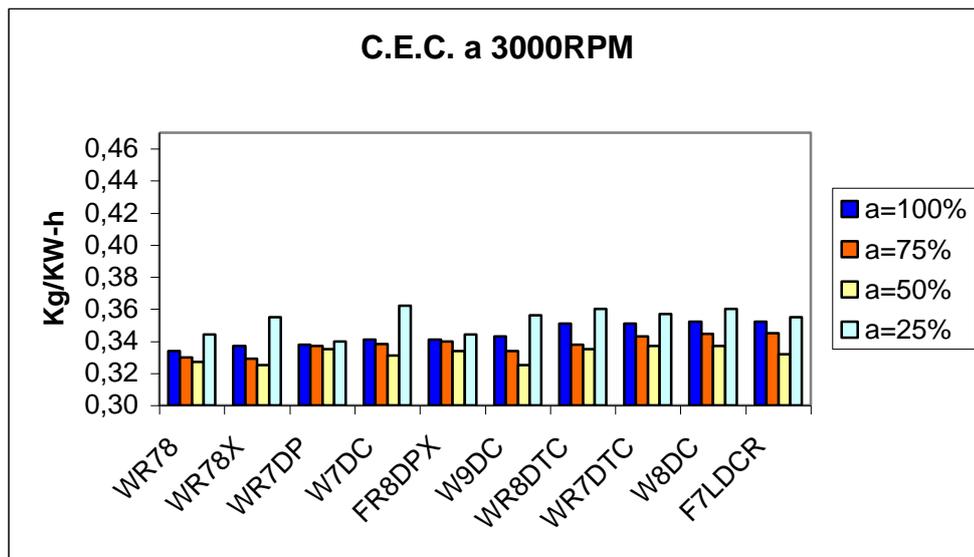


**Grafico 5.7 Análisis de la variación del C.E.C. a las 2500 RPM**

- A la velocidad de 2500RPM y con carga o aceleración al 25%, existen bujías que consumen mas combustible, que otras bujías en estas condiciones, y son también las que alteran la tendencia de variación del consumo específico de combustible con las diferentes cargas parciales.

**Tabla 5.10 Análisis de la variación del C.E.C. a las 3000 RPM**

<b>VELOCIDAD 3000 RPM</b>				
<b>TIPO BUJIA</b>	<b>C.E.C (Kg/KW-h)</b>			
	<b>a=100%</b>	<b>a=75%</b>	<b>a=50%</b>	<b>a=25%</b>
WR78	0,334	0,330	0,327	0,344
WR78X	0,337	0,329	0,325	0,355
WR7DP	0,338	0,339	0,335	0,340
W7DC	0,341	0,338	0,331	0,362
FR8DPX	0,341	0,342	0,334	0,344
W9DC	0,343	0,334	0,325	0,356
WR8DTC	0,351	0,338	0,335	0,360
WR7DTC	0,351	0,343	0,337	0,357
W8DC	0,352	0,344	0,337	0,360
F7LDCR	0,352	0,345	0,332	0,355

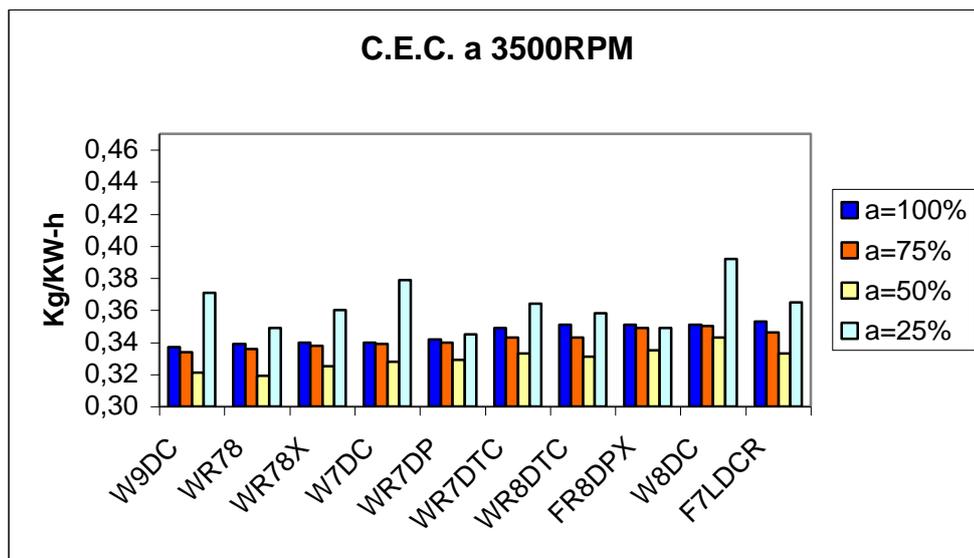


**Grafico 5.8 Análisis de la variación del C.E.C. a las 3000 RPM**

- A la velocidad de 3000RPM, la tendencia de variación del consumo específico de combustible con las diferentes cargas parciales es independiente del tipo de bujías.

**Tabla 5.11 Análisis de la variación del C.E.C. a las 3500 RPM**

<b>VELOCIDAD 3500 RPM</b>				
<b>TIPO BUJIA</b>	<b>C.E.C (Kg/KW-h)</b>			
	<b>a=100%</b>	<b>a=75%</b>	<b>a=50%</b>	<b>a=25%</b>
W9DC	0,337	0,334	0,321	0,371
WR78	0,339	0,336	0,319	0,349
WR78X	0,340	0,338	0,325	0,360
W7DC	0,340	0,339	0,328	0,379
WR7DP	0,342	0,340	0,329	0,345
WR7DTC	0,349	0,343	0,333	0,364
WR8DTC	0,351	0,343	0,331	0,358
FR8DPX	0,351	0,349	0,335	0,349
W8DC	0,351	0,350	0,343	0,392
F7LDCR	0,353	0,346	0,333	0,365

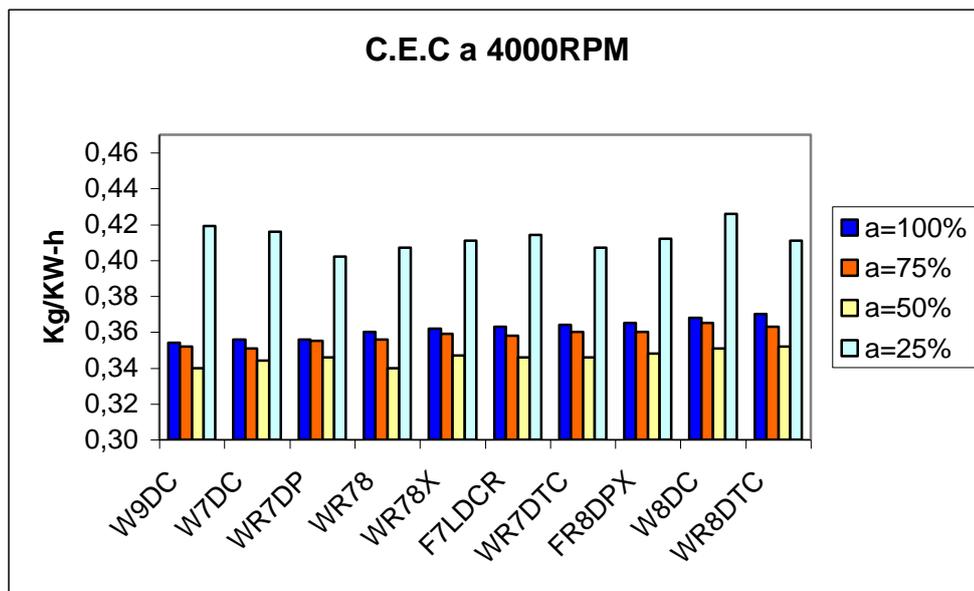


**Grafico 5.9 Análisis de la variación del C.E.C. a las 3500 RPM**

- A la velocidad de 3500RPM, la tendencia de variación del consumo específico de combustible con las diferentes cargas parciales es independiente del tipo de bujías.

**Tabla 5.12 Análisis de la variación del C.E.C. a las 4000 RPM**

<b>VELOCIDAD 4000 RPM</b>				
<b>TIPO BUJIA</b>	<b>C.E.C (Kg/KW-h)</b>			
	<b>a=100%</b>	<b>a=75%</b>	<b>a=50%</b>	<b>a=25%</b>
W9DC	0,354	0,352	0,340	0,419
W7DC	0,356	0,351	0,344	0,416
WR7DP	0,356	0,355	0,346	0,402
WR78	0,36	0,356	0,340	0,407
WR78X	0,362	0,359	0,347	0,411
F7LDCR	0,363	0,358	0,346	0,414
WR7DTC	0,364	0,360	0,346	0,407
FR8DPX	0,365	0,360	0,348	0,412
W8DC	0,368	0,365	0,351	0,426
WR8DTC	0,37	0,363	0,352	0,411



**Grafico 5.10 Análisis de la variación del C.E.C. a las 4000 RPM**

- A la velocidad de 4000RPM, la tendencia de variación del consumo específico de combustible con las diferentes cargas parciales es independiente del tipo de bujías.

## 5.2 DE LAS CURVAS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR

El análisis de las curvas de desempeño del motor con los diferentes tipos de bujías, se realiza en cada velocidad de rotación y respecto a la bujía que el fabricante recomienda para el motor Ford Cortina 1300 cm<sup>3</sup> (**Bujía Motorcraft AG22 = Bosch W7DC**).

### ▪ TORQUE

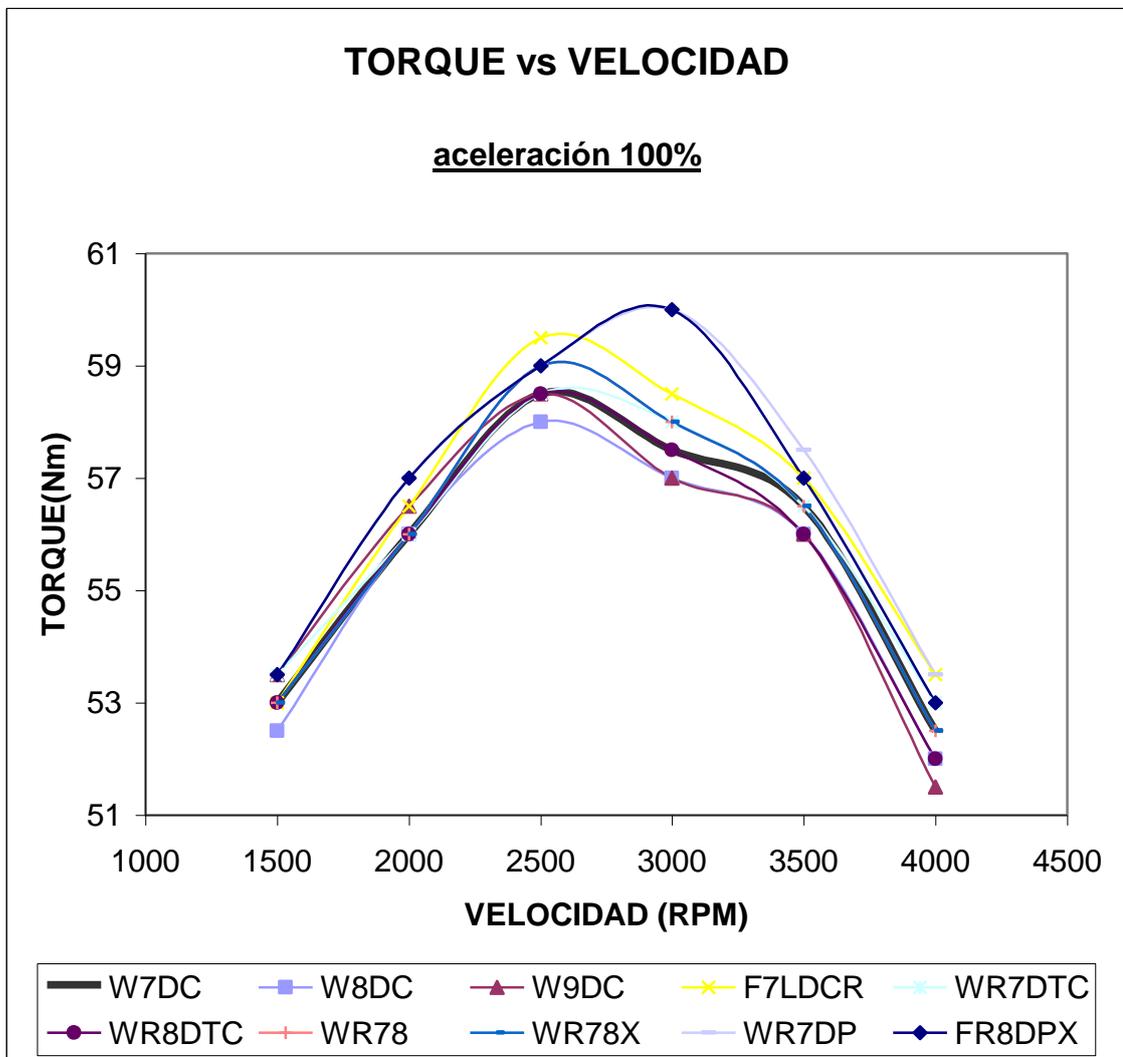
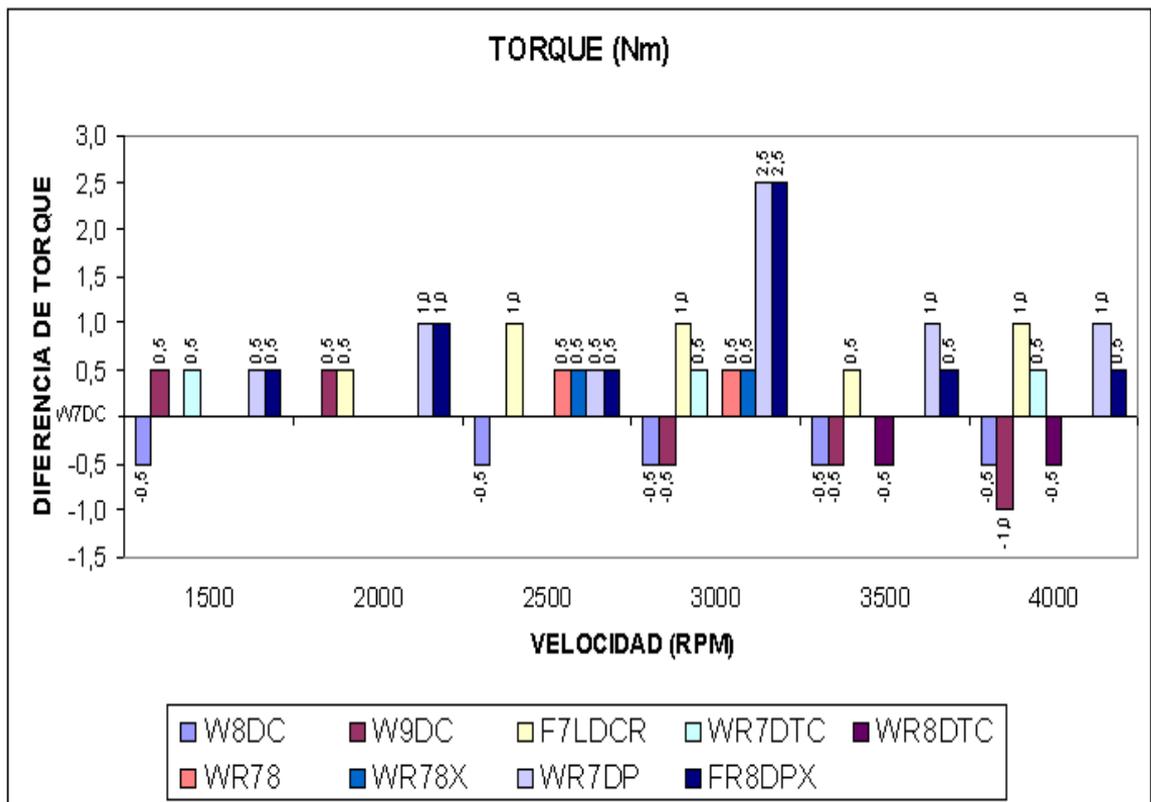


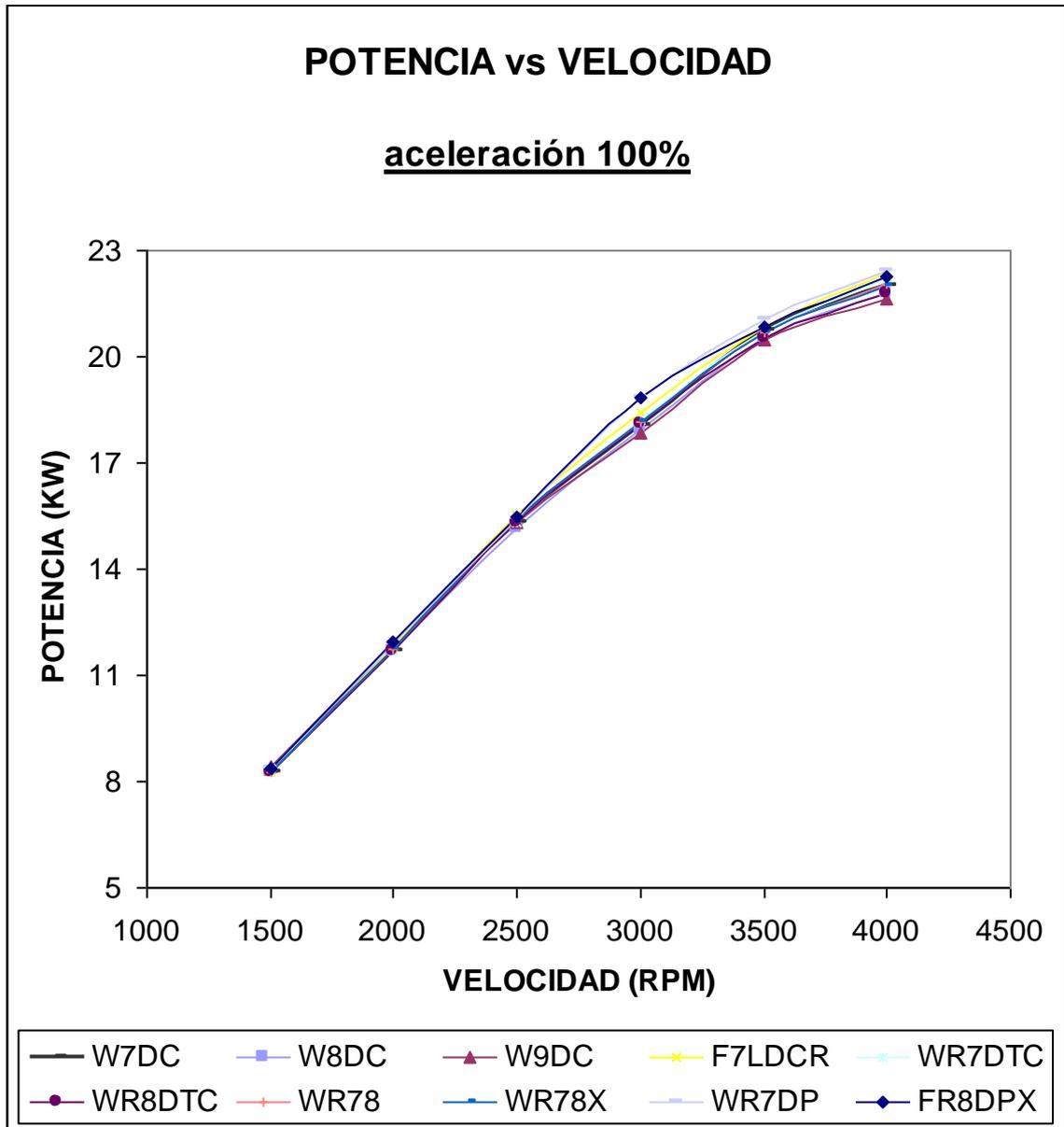
Grafico 5.11 Torque vs Velocidad a plena carga



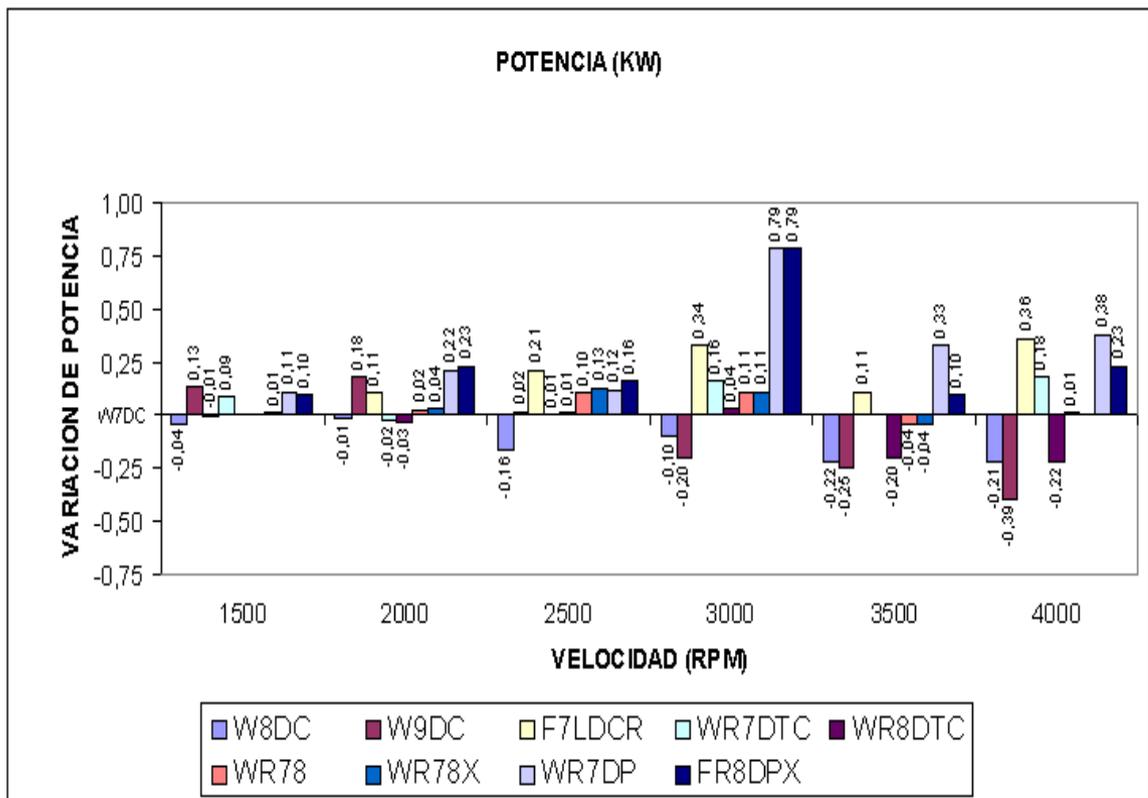
**Grafico 5.12 Variación del Torque con respecto a la bujía recomendada por el fabricante**

- En la grafica se observa que entre los diferentes tipos de bujías existe una mayor diferencia de torque de 3 N.m a la velocidad de 3000 RPM y una menor diferencia de torque de 1 N.m, a las velocidades de 1500 y 2000 RPM.
- La diferencia de torque de los diferentes tipos de bujías, respecto a la bujía recomendada por el fabricante esta entre [-1;+1] N.m, tanto a regimenes altos y bajos de velocidad, a excepción de las bujías de platino que a la velocidad de 3000RPM difieren el torque en 2.5 N.m, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

- POTENCIA



**Grafico 5.13 Potencia vs Velocidad a plena carga**



**Grafico 5.14 Variación de la Potencia con respecto a la bujía recomendada por el fabricante**

- En la grafica se observa que la diferencia de potencia entre los diferentes tipos de bujías va aumentando según se aumenta la velocidad de rotación del motor.
- La mayor diferencia de potencia entre los diferentes tipos de bujías es de 0.99 KW a la velocidad de 3000RPM.
- Con respecto a la bujía recomendada por el fabricante, a la velocidad de 3000RPM se alcanzo la mayor diferencia de potencia de 0.79 KW con las bujías de platino.

▪ CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

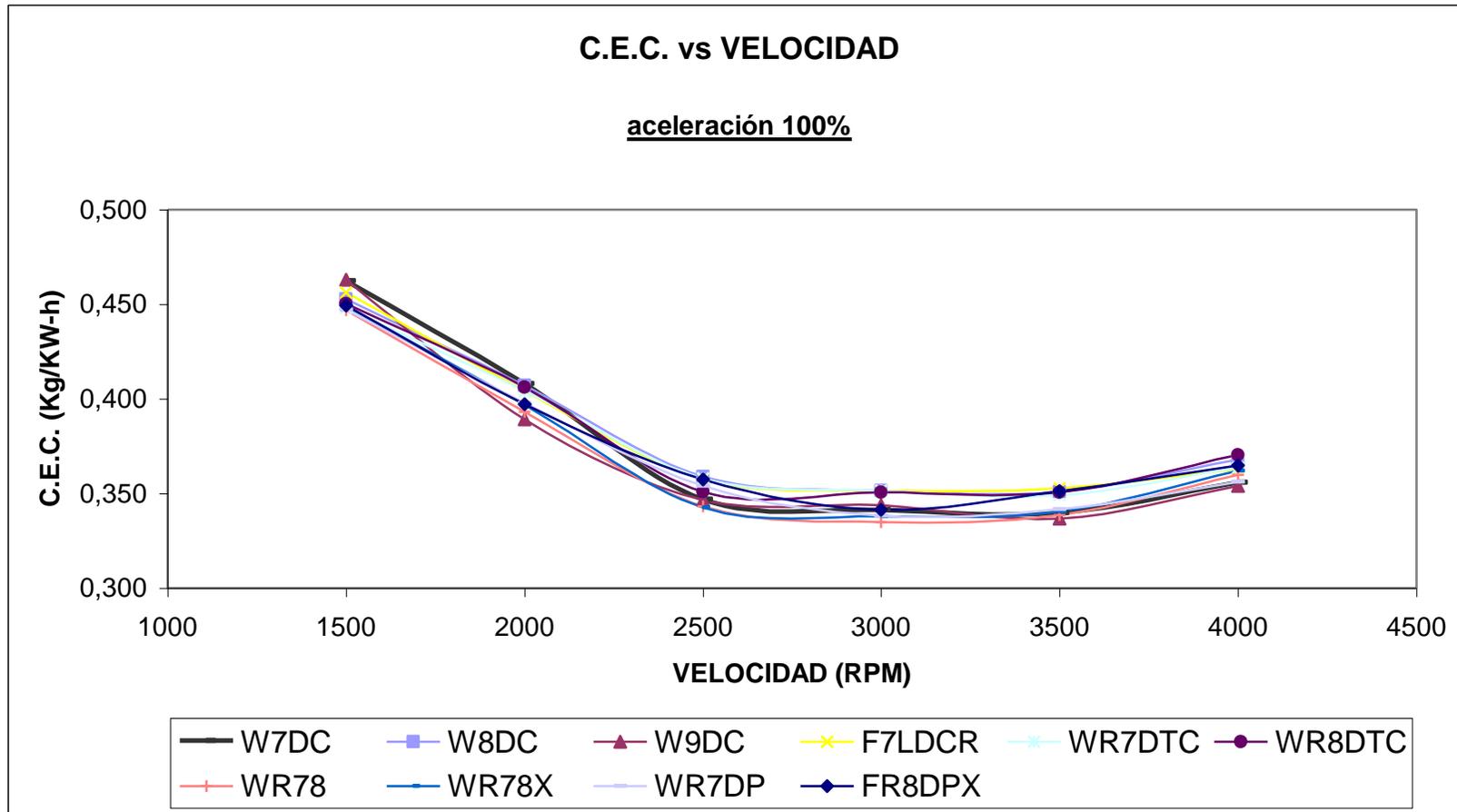
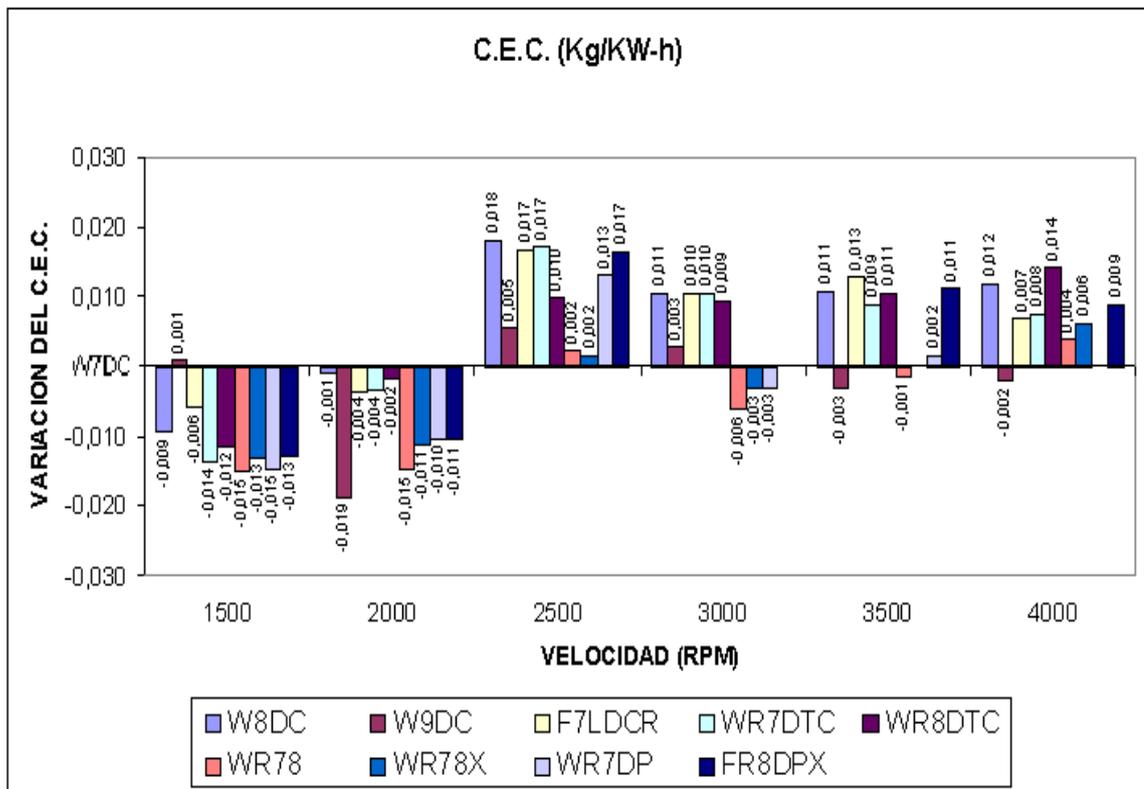


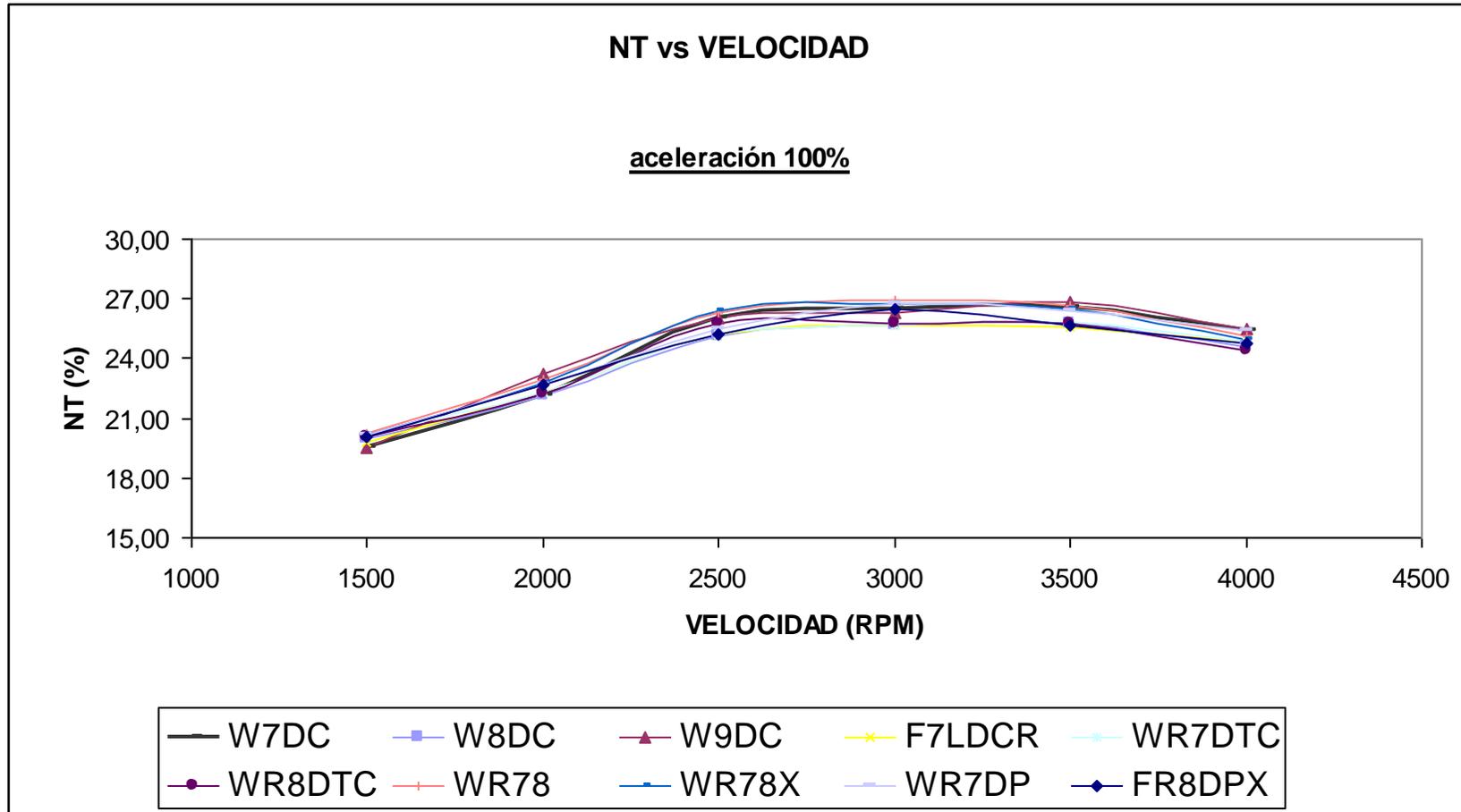
Grafico 5.15 C.E.C vs Velocidad a plena carga

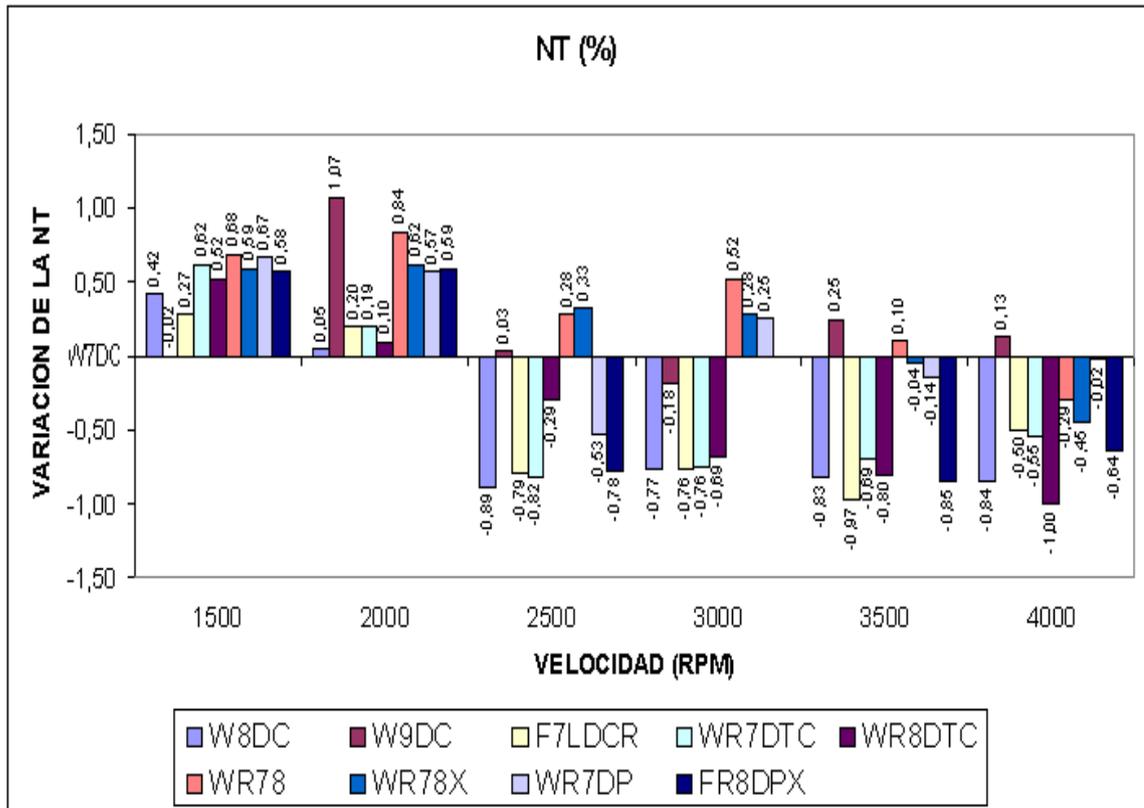


**Gráfico 5.16 Variación del C.E.C. con respecto a la bujía recomendada por el fabricante**

- En la grafica se observa que la diferencia de consumo específico de combustible entre los diferentes tipos de bujías es mínima, tanto a regimenes altos y bajos de velocidad.
- Los diferentes tipos de bujías consumen una cantidad de combustible menor a regimenes bajos de velocidad y mayor a regimenes altos de velocidad para generar la potencia unitaria, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

▪ EFICIENCIA TERMICA





**Grafico 5.18 Variación de la NT con respecto a la bujía recomendada por el fabricante**

- En la grafica se observa que la mayor diferencia de eficiencia térmica entre los diferentes tipos de bujías es a partir de las 2500RPM.
- A regimenes bajos de velocidad, todas las bujías alcanzan mayor eficiencia térmica con respecto a la bujías recomendada por el fabricante.
- A la velocidad de 3000RPM se alcanza la mayor eficiencia térmica con 0.52% más con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **5.3 RESULTADO DEL ANÁLISIS PARA CADA TIPO DE BUJÍA**

Luego de analizar el comportamiento de todas las bujías en las diferentes pruebas y dentro de los principales parámetros de desempeño del motor, se establece las ventajas y desventajas que presentan cada tipo de bujía en el funcionamiento del motor y respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

#### **BUJIA: BOSCH W7DC**

##### **VENTAJAS**

- Bujía recomendada por el fabricante.
- El mínimo C.E.C. y la máxima eficiencia térmica se alcanza a la velocidad de 3500 RPM.

##### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- El torque máximo se alcanza a la velocidad de 2500 RPM.
- La potencia máxima alcanzada es de  $P_f=22.01\text{KW}$ .
- Poca estabilidad en el funcionamiento del motor a la velocidad de 4000RPM.

#### **BUJIA: BOSCH W8DC**

##### **VENTAJAS**

- Buena respuesta al encendido en frío

##### **DESVENTAJAS**

- El torque máximo se alcanza a la velocidad de 2500 RPM, y es de  $T_{\max}=58\text{Nm}$ .
- La potencia máxima alcanzada es de  $P_f=21.81\text{KW}$ .
- Inestabilidad en el funcionamiento del motor a partir de la 3500 RPM.

- El C.E.C. mínimo se alcanza a la velocidad de 3500 RPM. con un valor mayor de  $C.E.C._{min.} = 0.351 \text{ Kg/KW-h}$ .
- Baja eficiencia térmica a la velocidad de 3500 RPM.
- El torque en regimenes bajos, medios, y altos de velocidad, disminuye en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos, medios y altos de velocidad tiende a disminuir progresivamente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regimenes bajos tiende a disminuir, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad aumenta en forma variable con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos aumenta en una mínima cantidad, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad disminuye en una cantidad mayor con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **BUJIA: BOSCH W9DC**

#### **VENTAJAS**

- Buena respuesta al encendido en frío.
- El mínimo C.E.C. se obtiene a las 3500 RPM con un valor de  $0.337 \text{ Kg/KW-h}$ .
- La máxima eficiencia térmica se obtiene a las 3500 RPM con un valor de  $\eta_{t_{max}} = 26.81\%$ .
- El C.E.C. en regimenes bajos de velocidad tiende a disminuir, en regimenes medios de velocidad aumenta en una mínima cantidad y en regimenes altos de velocidad disminuye en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos de velocidad aumenta, en regimenes medios de velocidad tiende a disminuir, y en regimenes altos de velocidad aumenta con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **DESVENTAJAS**

- El torque máximo se alcanza a la velocidad de 2500 RPM, y es de  $T_{\max}=58.5$  Nm.
- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{\max}}=21.63$  KW.
- Inestabilidad en el funcionamiento del motor a partir de las 3500 RPM.
- El torque en regimenes bajos aumenta en una mínima cantidad, y en regimenes medios y altos de velocidad tiende a disminuir con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos aumenta en una mínima cantidad, y en regimenes medios y altos de velocidad tiende a disminuir progresivamente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **BUJIA: BOSCH F7LDCR**

## **VENTAJAS**

- Alcanza el mayor valor del torque máximo ( $T_{\max}=59.5$  Nm) a la velocidad de 2500 RPM, entre las bujías que tienen el núcleo del electrodo central de cobre.
- Alcanzo el mayor valor de potencia máxima ( $P_{f_{\max}}=22.38$  KW), entre las bujías que tienen el núcleo del electrodo central de cobre.
- El torque tanto en regimenes bajos, medios y altos de velocidad aumenta con respecto al de la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos, medios, y altos de velocidad aumenta progresivamente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- El mínimo C.E.C. a la velocidad de 3500 RPM es de un valor mayor ( $C.E.C._{\min}=0.352$  Kg/KW-h) comparado con el valor de las demás bujías.
- La máxima eficiencia térmica es menor ( $\eta_{t_{\max}}=25.59\%$ ) comparado con el valor de las demás bujías.

- El C.E.C. en regimenes bajos tiende a disminuir, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad aumenta en una cantidad mínima y en forma variable con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos tiende a aumentar, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad disminuye en forma variable con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **BUJIA: BOSCH WR7DTC**

#### **VENTAJAS**

- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{max}} = 22.2$  KW.
- El torque permanece igual en todos los regimenes de velocidad, teniendo un incremento muy mínimo en los límites de la velocidad (1500 y 4000 RPM) con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos, medios y altos de velocidad tiende a aumentar en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

#### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- El máximo torque alcanza a la velocidad de 2500 RPM con un valor de  $T_{max} = 58.5$  N.m.
- Alcanza el mínimo C.E.C. a la velocidad de 3500 RPM con un valor de  $C.E.C._{min} = 0.349$  Kg/KW-h.
- Alcanza la máxima eficiencia térmica a la velocidad de 3500 RPM con un valor de 25.87%.
- El C.E.C en regimenes bajos tiende a disminuir, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad aumenta con tendencia a ir menorando con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos tiende a aumentar, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad disminuye variablemente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **BUJIA: BOSCH WR8DTC**

### **VENTAJAS**

- El torque en regimenes bajos y medios de velocidad permanece igual con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- El máximo torque alcanza a la velocidad de 2500 RPM con un valor de  $T_{max}= 58.5$  N.m.
- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{max}}=21.80$  KW.
- Alcanza el mínimo C.E.C. a la velocidad de 3000 RPM con un valor de  $C.E.C._{min}=0.350$  Kg/KW-h.
- Alcanza la máxima eficiencia térmica a la velocidad de 3500 RPM con un valor de 25.76%.
- El torque en regimenes altos de velocidad disminuye en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos y medios permanece parcialmente igual, mientras que en regimenes altos de velocidad tiende a disminuir con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regimenes bajos tiende a disminuir, mientras que en regimenes medios y altos tiende a aumentar progresivamente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos tiende a aumentar, mientras que en regimenes medios y altos de velocidad tiende a disminuir progresivamente con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **BUJIA: BOSCH WR78**

### **VENTAJAS**

- Alcanza el máximo torque a la velocidad de 2500 RPM con un valor de ( $T_{max}=59$  N.m).

- El mínimo C.E.C. se obtiene a las 3000 RPM con un valor de 0.335Kg/KW-h.
- La máxima eficiencia térmica se obtiene a las 3000 RPM con un valor de  $\eta_{t_{max}} = 26.97\%$ .
- El torque en regimenes bajos y altos de velocidad permanece igual, mientras que en regimenes medios aumenta en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia en regimenes bajos y altos de velocidad permanece igual, mientras que en regimenes medios aumenta en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regimenes bajos, medios y altos de velocidad disminuye, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica aumenta en forma variable hasta la velocidad de 3500 RPM, mientras que a la velocidad de 4000 RPM disminuye en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

#### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{max}} = 22.03$  KW.

#### **BUJIA: BOSCH WR78X**

#### **VENTAJAS**

- Alcanza el máximo torque a la velocidad de 2500 RPM con un valor de ( $T_{max} = 59$  N.m).
- El mínimo C.E.C. se obtiene a las 3000 RPM con un valor de 0.338Kg/KW-h.
- La máxima eficiencia térmica se obtiene a las 3000 RPM con un valor de  $\eta_{t_{max}} = 26.73\%$ .
- El torque en regimenes bajos y altos de velocidad permanece igual, mientras que en regimenes medios aumenta en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

- La potencia en regimenes bajos y altos de velocidad permanece igual, mientras que en regimenes medios aumenta en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regimenes bajos de velocidad disminuye, y en regimenes medios y altos varia en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos y medios de velocidad aumenta, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{max}} = 22.02 \text{ KW}$ .
- La eficiencia térmica en regimenes altos de velocidad tiende a disminuir en una mínima cantidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **BUJIA: BOSCH WR7DP**

### **VENTAJAS**

- El torque máximo se alcanzo a las 3000 RPM con un valor mayor de ( $T_{max} = 60 \text{ Nm}$ ) comparado con el valor de las demás bujías.
- El valor de la potencia máxima es el mayor ( $P_{f_{max}} = 22.41 \text{ KW}$ ) con respecto al valor de las demás bujías.
- Estabilidad en el funcionamiento del motor a altas velocidades.
- El mínimo C.E.C. se alcanza a la velocidad de 3000 RPM con un valor de  $0.338 \text{ Kg/KW-h}$ .
- La máxima eficiencia térmica se obtiene a las 3000 RPM con un valor de  $\eta_{t_{max}} = 26.70\%$ .
- El torque en regimenes bajos y medios de velocidad tiende a ir aumentando y en regimenes altos aumenta en una cantidad constante, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

- La potencia tiende a ir aumentando de una forma variable en los regímenes bajos, medios y altos de velocidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regímenes bajos de velocidad disminuye, y en regímenes medios y altos es variable en una mínima cantidad, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- La eficiencia térmica en regímenes bajos de velocidad aumenta, en regímenes medios es variable y en regímenes altos disminuye con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

### **BUJIA: BOSCH FR8DPX**

### **VENTAJAS**

- El torque máximo se alcanza a las 3000 RPM con un valor mayor de ( $T_{\max} = 60\text{Nm}$ ) comparado con el valor de las demás bujías.
- La potencia máxima alcanzada a las 4000 RPM es de  $P_{f_{\max}} = 22.25\text{ KW}$ .
- El mínimo C.E.C. se obtiene a las 3000 RPM con un valor de  $0.341\text{Kg/KW-h}$ .
- El torque en regímenes bajos y medios de velocidad tiende a ir aumentando y en regímenes altos aumenta en una cantidad constante, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- La potencia tiende a ir aumentando de una forma variable en los regímenes bajos, medios y altos de velocidad con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- El C.E.C. en regímenes bajos de velocidad disminuye, y en regímenes medios y altos es variable en una mínima cantidad, con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

## **DESVENTAJAS**

- Bujía de baja respuesta al encendido en frío.
- Alcanza la máxima eficiencia térmica a la velocidad de 3500 RPM con un valor de 25.71%.
- La eficiencia térmica en regimenes bajos de velocidad aumenta, en regimenes medios es variable y en regimenes altos disminuye con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.

# CAPÍTULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Los objetivos del presente proyecto fueron alcanzados en su totalidad, pues se ha determinado la influencia de cada tipo de bujía dentro de los principales parámetros que determinan el desempeño de un motor a gasolina.
- Todas las bujías utilizadas varían los parámetros de desempeño del motor a gasolina, en unos casos aumentan y en otros disminuyen con respecto a la bujía recomendada por el fabricante.
- Las bujías de múltiples electrodos disminuyen la probabilidad de falla de encendido en los cilindros, pero no mejoran los parámetros de desempeño del motor, ya que la chispa no se genera en todos los electrodos al mismo tiempo, es decir, la chispa no se divide sino busca el punto más cercano y se genera en él.
- Las bujías termoelásticas no mejoran el rendimiento del motor en regímenes variables de velocidad, como lo informa el fabricante en sus catálogos, ya que existen otros tipos de bujías que aumentan el rendimiento del motor en las mismas condiciones.
- Existen diferentes tipos de bujías, con los cuales se logra alcanzar un mejor desempeño del motor en las diferentes condiciones de pruebas.  
(Ver Anexo 4)

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar como referencia los resultados de las pruebas realizadas, para seleccionar con mayor criterio el tipo de bujía a utilizar en un determinado motor.
- Para futuras pruebas, se sugiere analizar la composición de los gases de escape.
- Realizar las mismas pruebas, en otros motores de características técnicas diferentes, principalmente en alimentación y sistema de encendido, para determinar como varían los parámetros de desempeño del motor según el tipo de bujía con respecto al motor ensayado.
- Incentivar la realización de estas pruebas con otros tipos de bujías de diferentes fabricantes y características, para verificar las características comerciales que presenta cada tipo de bujía.
- Continuar con el estudio hasta llegar a obtener tablas de referencia que nos ayuden a seleccionar la bujía apropiada para cada tipo de motor a gasolina en diferentes condiciones de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. JOVAJ, M.S. , G.S. MASLOV. Motores de Automóvil. Moscú. Editorial MIR. 1978
2. DE CASTRO, MIGEL. Puesta a Punto de Motores. Primera Edición. España. Ediciones CEAC, S.A. 1986
3. FONT MEZQUITA J., DOLS RUIZ J. Tratado Sobre Automóviles. Primera Edición. México. Alfaomega Grupo Editorial, S.A. 2001
4. OBERT, EDUARD F. Motores de Combustión Interna. Vigésima tercera reimpresión en español. México. CECOSA. 1997.
5. GIACOSA, DANTE. Motores Endotérmicos. Tercera Edición. España. Dossat. 1978
6. ARIAS, PAZ. Manual de Automóviles. Quincuagésima tercera Edición. España, CIE. SL. Dossat. 1983
7. BOSCH. Bujías de Encendido. Ecuador. Catalogo 2004
8. BOSCH. Sistemas de Encendido. Catalogo 2002 - 2003
9. NGK. Bujías de Encendido – Tablas de Aplicación Bujías y Cables de Encendido. Ecuador. Catalogo 2003 – 2004
10. BERU. Electricidad de Automóvil. Catalogo 2003 – 2004
11. BLUNDELL, J.K. TD4a Diesel Engines Test Bed. TECQUIPMENT

## **ANEXO 1**

**TABLAS DE EQUIVALENCIA ENTRE BUJIAS SEGÚN LOS  
FABRICANTES**



## **ANEXO 2**

### **INSTALACIÓN DE BUJIAS DE ENCENDIDO**

# BUJÍAS: revisión y ajuste I

**Millones de chispas -verdaderas chispas de vida -saltan del extremo de esa pieza humilde del motor que es la bujía. Es fácil olvidarse de ella y no prestarle atención de limpiarla y ajustarla cada 5.000 Kilómetros.**

**Mientras funcione bien.....**

Pero este estado de cosas no dura indefinidamente. Con el funcionamiento del motor, la separación entre los electrodos de las bujías aumenta la pequeña, pero importante, cantidad de 0,025 mm. Cada 1.600 Km. Como cada vez se precisara de mayor voltaje para superar la separación, el motor empezara a tener dificultades (o imposibilidad en tiempo frío) para arrancar. El funcionamiento del motor se hará defectuoso y aumentara el consumo de combustible.

Esas son las razones por las cuales son importantes las revisiones de los 5.000 y 10.000 Km.

La función de una bujía es proporcionar un pequeño intervalo de aire en el circuito eléctrico de alta tensión del motor. Al tratar de cruzar este espacio, la alta tensión provoca una chispa, la cual inflama el vapor de combustible de las cámaras de combustión.

Aun siendo muy volátil, el vapor necesita una chispa caliente para inflamarlo cuando esta comprimido. Para generar esa chispa se precisa de un intervalo de aire relativamente ancho. Y para superar ese intervalo es necesario un

alto voltaje - unos 8.000 voltios. Este voltaje es suministrado por la bobina y transmitido a la bujía a través del distribuidor. A una velocidad del motor de 4.000 rpm (unos 110 km/h) cada una de las bujías de un motor de cuatro tiempos produce 2.000 chispas por minuto, y cada una de esas chispas tiene que producirse en el momento exacto: inmediatamente antes de que el pistón alcance el punto muerto superior de la cámara de compresión.

En la cámara de combustión del motor, el elemento aislante debe estar a una temperatura de 850° C, o menor, pues de otra forma se calentaría tanto que inflamaría el vapor antes del tiempo previsto. (Esta situación de preignición provoca graves fallos de encendido, baja en el rendimiento, fuertes detonaciones y grave desgaste del motor)

Por otra parte, la temperatura de funcionamiento de una bujía debe ser de unos 550° C, o se produciría rápidamente sedimentos de carbón. Y si la temperatura desciende de los 350° C, la bujía empezara a aceitarse a bajas revoluciones del motor.

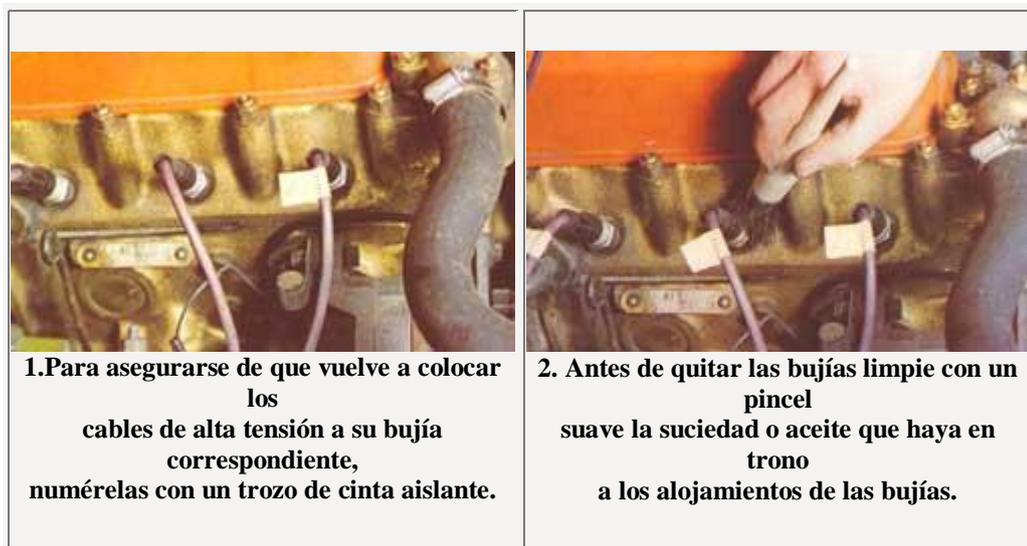
## ***CUANDO SE HAN DE CAMBIAR LAS BUJIAS:***

A pesar del esfuerzo a que son sometidas, las bujías modernas tienen una vida media entre 12.000 y 16.000 Km., en motores de cuatro tiempos. Es posible preservarlas más tiempo, pero una bujía casi gastada puede dar como

resultado una marcha vacilante y un aumento del 20% en el consumo de combustible, además de dificultar el encendido.

Es más: una bujía defectuosa o descuidada puede representar un peligro-por ejemplo, si se hace vacilar al motor al fallar en el encendido, durante una operación de adelantamiento. Por eso para ir mas seguro lo mejor es cambiar las bujías cada 16.000 Km. Y limpiar y reajustar la separación cada 4.000 o 5.000 Km.

Para obtener el máximo de rendimiento de un juego de bujías, hay que empezar con un juego completamente nuevo, un juego de ruptores nuevos para el distribuidor y nuevas conexiones si las otras están defectuosas. Estos tres puntos son parte de la cadena productora de la chispa, y un eslabón flojo de ella puede dejar sin efecto a los otros dos.



## BUJÍAS: revisión y ajuste II

### MANTENIMIENTO

Una operación básica y bastante sencilla. El primer paso en la revisión de las bujías, es quitarles las conexiones de alta tensión. Quite los capuchones de las bujías tirando siempre de ellos y no del cable.

Antes de destornillar las bujías limpie toda la suciedad que pueda haber a su alrededor con un pincel suave. Para desenroscar las bujías se necesita una llave especial.

Cualquiera que sea el instrumento utilizado, asegurese de que queda totalmente vertical en relación con la bujía. Una llave inclinada hacia un lado u otro puede quebrar el resistente aislamiento cerámico de la bujía y hacerla inservible.



*1. Hay varios tipos de llaves de bujías. Asegurese de elegir una que llegue a todas. A veces la bujía esta situada fuera del alcance de algunas llaves*



*2. Ponga la llave verticalmente sobre la bujía. No mueva la llave porque podría quebrar el aislamiento cerámico de la pieza, que, aunque resistente, puede ceder.*



*3. no es necesario hacer mucha fuerza para aflojar una bujía. Si esta sale con facilidad, lo mas probable es que haya sido apretada en exceso.*



*4. una vez haya sacado las bujías, límpiele los electrodos con aguarrás. Si lo cree necesario llévelas a un taller para ser limpiadas con chorro de arena.*



5. La separación de los electrodos debe de ser exacta, para producir una buena chispa. Utilice un calibrador de separaciones para ajustarla a las especificaciones del manual.



6. también puede utilizarse este pequeño aparato. Champion que combina calibrador de separaciones y un dispositivo para doblar electrodos.



7. Si los electrodos tienen que ser limados para dejarlos lisos, levante el lateral con un cuchillo de hoja ancha o con el aparato champion.



8. Lime la cara interior del electrodo lateral con una lima plana, procurando que sea lo mas fina posible. Haga lo mismo con el otro electrodo.

## LIMPIEZA DE LAS BUJIAS

Observe atentamente las fotografías paso a paso. Una vez retiradas las bujías, examínelas cuidadosamente su color y estado pueden informar sobre el estado del motor. Idealmente, los electrodos y el elemento aislante deben tener un ligero color chocolate con leche y estar cubiertas de una fina película de polvo de carbón. Un color blanco grisáceo es indicativo de una mezcla demasiado débil, en tanto que una capa de hollín negro es prueba segura de una mezcla demasiado rica.

Limpie las bujías con aguarrás y un trapo. Si no lo consigue de esta forma, lo más probable es que necesite bujías nuevas.

**No utilice un cepillo metálico para limpiar los electrodos.**

## **REAJUSTE DE LA SEPARACION DE LOS ELECTRODOS**

Para reajustar la distancia entre los electrodos necesitara un calibrador de separaciones. Consulte el manual de su automóvil para saber cual ha de ser la separación correcta de la bujía. Para verificar la separación, introduzca el calibrador adecuado entre los electrodos y asegurese de que se ajusta sin holguras. Si la separación es demasiado grande, golpee el electrodo lateral suavemente, Si es demasiado estrecha, utilice un

cuchillo entre los dos electrodos y levante ligeramente. Después de 10.000 Km., es muy probable que la parte inferior del electrodo lateral se encuentre algo erosionada. Es importante tener una superficie lisa encima del electrodo central, y para conseguirlo se necesita una lima plana. Debe levantarse cuidadosamente el electrodo hasta poder introducir y usar la lima. Lime con cuidado hasta dejar la superficie lisa y cierre el electrodo.

## ***COLOCACION DE LAS BUJIAS***

Una razón de que las bujías sean difíciles de quitar es que han sido apretadas demasiado, o, también, que algo se ha introducido en la rosca de la bujía o en la de su alojamiento. Una práctica bastante corriente es poner unas cuantas gotas de aceite del motor en la rosca de las bujías. Algo que no debe olvidarse a la hora de volver a colocar las bujías es no apretarlas demasiado. Enrosque a mano las bujías nuevas, o limpias, y a continuación, si es una bujía con junta, déle un cuarto de vuelta con la llave; si es una bujía de asentamiento cónico, déle un sexto de vuelta.

## **ANEXO 3**

## **DIAGNOSTICO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR FORD CORTINA 1300 cm<sup>3</sup> SEGÚN EL ASPECTO DE LA BUJIA**

Al observar el aspecto de las bujías se pudo revelar lo que sucede dentro del motor, analizando principalmente el color, y los depósitos encontrados en la zona de combustión de la bujía en cada uno de los cilindros.

Ya que el tiempo de funcionamiento del motor con cada tipo de bujía fue muy corto de aproximadamente 5 horas, con respecto al tiempo de vida útil de la bujía. El aspecto que presenta los diferentes tipos de bujías en cada cilindro es el mismo, por lo que llega a deducir que dicho aspecto se debe mas a las condiciones en las cuales esta funcionamiento del motor y no por el tipo de bujía empleada.

### **CILINDRO I**

#### **1.- ASPECTO.**

- El pie del aislador, tiende a ir presentando un color blanco grisáceo o gris amarillento.

- La parte inferior del cuerpo de la bujía esta cubierta de carbonilla y presenta un color negro.
- Los electrodos se encuentran aparentemente limpios.

## **2.- CAUSA**

- El cilindro está trabajando en perfectas condiciones.

## **CILINDRO II**

### **1.- ASPECTO.**

- El pie del aislador, tiende a ir presentando un color blanco grisáceo o gris amarillento.
- La parte inferior del cuerpo de la bujía presenta un color negro azuleado y poco grasoso.
- Los electrodos se encuentran aparentemente limpios.

### **2.- CAUSA.**

- No hay un buen sello en la cámara de combustión.
- Existe un desgaste mínimo de los anillos en el cilindro o de las guías de válvulas.

## **CILINDRO III**

### **1.- ASPECTO.**

- El pie del aislador, tiende a ir presentando un color blanco grisáceo o gris amarillento.
- La parte inferior del cuerpo de la bujía esta cubierta de hollín y presenta un color negro azuleado y grasoso.
- El electrodo de masa presenta un color negro azuleado con mayor intensidad en la parte donde se genera la chispa.
- El electrodo central se encuentra aparentemente limpio.

## **2.- CAUSA.**

- No hay un buen sello en la cámara de combustión.
- Existe un mayor desgaste de los anillos en el cilindro y en las guías de válvulas.

## **CILINDRO IV**

### **1.- ASPECTO.**

- El pie del aislador, tiende a ir presentando un color blanco grisáceo o gris amarillento.
- La parte inferior del cuerpo de la bujía esta cubierta de hollín y presenta un color negro azuleado y grasoso en mayor cantidad.
- El electrodo de masa presenta un color negro azuleado con mayor intensidad en la parte donde se genera la chispa.
- El electrodo central se encuentra aparentemente limpio.

### **2.- CAUSA.**

- No hay un buen sello en la cámara de combustión.
- Existe un mayor desgaste de los anillos en el cilindro y en las guías de válvulas.

## **RECOMENDACIÓN PARA EL MOTOR**

- Cambiar anillos en los cilindros y guías de válvula para que exista un buen sello en la cámara de combustión.
- Cambiar las bujías por otras nuevas.
- Realizar la revisión y ajuste de las bujías en el tiempo recomendado por el fabricante.

## **ANEXO 4**

## **BUJÍAS CON LAS CUALES SE OBTUVO EL MAYOR Y MENOR VALOR DEL DESEMPEÑO DEL MOTOR EN LAS SIGUIENTES PRUEBAS.**

### **▪ RESPUESTA AL ENCENDIDO**

- Cuando el motor se encuentra frío, las bujías calientes: W8DC y W9DC, responden al encendido en el primer intento de arranque.
- Cuando el motor se encuentra caliente, todos los tipos de bujías responden al encendido en el primer intento de arranque.

### **▪ TORQUE MAXIMO.**

- El mayor valor de torque máximo se obtiene con las bujías de platino WR7DP y FR8DPX a la velocidad de 3000 RPM.
- El menor valor de torque máximo se obtiene con la bujía de cobre W8DC a la velocidad de 2500 RPM.

### **▪ POTENCIA MAXIMA.**

- El mayor valor de potencia máxima se alcanza con la bujía de platino WR7DP.
- El menor valor de potencia máxima se alcanza con la bujía de cobre W9DC.

### **▪ CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE MINIMO.**

- El menor valor de C.E.C. mínimo se obtiene con la bujía de cobre W9DC a la velocidad de 3500 RPM.
- El mayor valor de C.E.C. mínimo se obtiene con la bujía de cobre F7LDCR a la velocidad de 3500RPM.
  
- **EFICIENCIA TERMICA MAXIMA.**
  - El mayor valor de eficiencia térmica máxima se obtiene con la bujía de cobre W9DC.
  - El menor valor de eficiencia térmica máxima se obtiene con la bujía de cobre F7LDCR.
  
- Las bujías de platino WR7DP, FR8DPX, y la bujía de cobre F7LDCR son las bujías con las cuales se alcanza un mejor desempeño del motor en las diferentes condiciones de prueba.

## EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

A continuación se realiza un desglose de los costos del proyecto.

### 1.- COSTOS POR UTILIZACION DE EQUIPO

HORAS	DESCRIPCION	COSTO USD/hora	COSTO TOTAL
50	Banco de pruebas (freno hidraulico e instrumentos)	50	2500
50	Motor del banco	50	2500
<b>COSTO PARCIAL POR UTILIZACION DE EQUIPOS ( USD)</b>		<b>100</b>	<b>5000</b>

### 2.- COSTO POR BUJIAS

CANT.	DESCRIPCION	COSTO (USD)
1 Jgo.	W7DC	9.50
1 Jgo.	W8DC	9.50
1 Jgo.	W9DC	9.50
1 Jgo.	F7LDCR	16.80
1 Jgo.	WR7DTC	20.80
1 Jgo.	WR8DTC	20.80
1 Jgo.	WR78	19.50
1 Jgo.	WR78X	19.50
1 Jgo.	WR7DP	22.50
1 Jgo.	FR8DPX	22.50
<b>COSTO PARCIAL POR BUJIAS</b>		<b>170.90</b>

### 3.- COSTO POR COMBUSTIBLE

CANT (gl.)	DESCRIPCION	COSTO USD/gl.	COSTO TOTAL
70	Gasolina Extra	1.45	101.50
<b>COSTO PARCIAL POR COMBUSTIBLE (USD)</b>			<b>101.50</b>

### 4.- COSTOS POR MATERIALES Y SUMINISTROS

CANT	DESCRIPCION	COSTO(USD)
1 ¼	Aceite Havolone 25W50	10
1	Filtro de Aceite Fram PH8	10
1	Platinos	8
1	Condensador	5
	Otros	10
<b>COSTO PARCIAL POR MATERIALES Y SUMINISTROS (USD)</b>		<b>43</b>

### 5.- COSTOS POR MANTENIMIENTO

CANT	DESCRIPCION	COSTO(USD)
1	Mantenimiento Motor de Arranque	30
<b>COSTO POR MANTENIMIENTO (USD)</b>		<b>30</b>

### 6.- COSTOS PARCIALES

DESCRIPCION	COSTO (USD)
Utilización de Equipos	5000.00
Bujías	170.90
Combustible	101.50
Materiales y Suministros	43.00
Mantenimiento	30.00
<b>SUBTOTAL DE COSTOS PARCIALES</b>	<b>5345.40</b>

## 7.- COSTO TOTAL

<b>DESCRIPCION</b>	<b>COSTO (USD)</b>
Subtotal de costos parciales	5345.40
Otros (10% del Subtotal)	534.54
<b>TOTAL</b>	<b>5879.94</b>