



Informe 02

Laboratorio de Máquinas: Desarme y medidas de componentes de un motor de combustión interna

Felipe Andres Olivares Acevedo
Escuela de Ingeniería Mecánica
Profesor: Cristóbal Galleguillos Ketterer
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

3 de octubre del 2020

Índice

1. Introducción	3
2. Revisión base teórica y procedimiento	4
2.1. Datos técnicos del motor:	4
2.2. Procedimiento del ensayo:	4
3. Desarrollo	5
3.1. Valores medidos	5
3.2. Ecuaciones y formulas empíricas	6
3.3. Valores Obtenidos	6
3.4. Gráficos	7
3.4.1. Consumo específico de combustible.	8
3.4.2. Torque	9
3.4.3. Potencia	10
3.4.4. Presión Media Efectiva	11
4. Conclusiones	12

1. Introducción

Para este informe se realizó un ensayo en plena carga de un motor Diesel de combustión interna. Este documento describe el procedimiento para determinar el funcionamiento a plena carga.

El objetivo de esto es analizar el comportamiento de los parámetros fundamentales de operación de un motor Diesel: Potencia efectiva, Presión media efectiva, Torque, Consumo específico de combustible, Presión de admisión, Temperatura del aceite y Temperatura de gases de escape, en función de la velocidad a plena carga. Por ultimo comparar los valores y curvas obtenidas con las proporcionadas por el fabricante del motor.

2. Revisión base teórica y procedimiento

2.1. Datos técnicos del motor:

Datos técnicos

9.1 Datos del motor y datos de ajuste

Tipo de construcción	F3L 912	F4L 912	F5L 912	F6L 912
Número de cilindros	3	4	5	6
Disposición de los cilindros			vertical en línea	
Diámetro de cilindro [mm]			100	
Carrera [mm]			120	
Cilindrada total [cm ³]	2827	3770	4712	5655
Relación de compresión [e]			19	
Modo de funcionamiento			Motor diesel de 4 tiempos	
Método de combustión			Motor de aspiración con inyección directa	
Sentido de rotación			hacia la izquierda (antihorario)	
Peso inclusive el sistema de refrigeración según DIN 70020-A sin motor de arranque, con generador, aprox. [kg]	270 ¹⁾	300 ¹⁾	380 ¹⁾	410 ¹⁾
Potencia del motor [kW]			1)	
RPM [1/min]			1)	
Lubricación			Lubricación a presión en circuito cerrado	
Aceite SAE			15W 40	
Temperatura del aceite en el cárter [°C]			125	
Presión mínima de aceite con el motor caliente (120 °C) en ralentí bajo/rpm nominales [bar]			0,4 ⁴⁾	
Cantidad de primer cambio de aceite sin filtro aprox. [ltr.]	9,0 ³⁾	12,0 ³⁾	13,5 ³⁾	14,5 ³⁾
Cantidad de primer cambio de aceite con filtro aprox. [ltr.]	9,5 ³⁾	12,5 ³⁾	14,0 ³⁾	15,5 ³⁾
Juego de válvulas con el motor frío [mm]			válvula de admisión 0,15 +0,05 / válvula de escape 0,15 +0,05	
Presión de apertura de los inyectores [bar]			250 +8	
Comienzo de la inyección [° del cigüeñal antes del PMS]			1)	
Secuencia de encendido del motor	1-2-3	1-3-4-2	1-2-4-5-3	1-5-3-6-2-4
Tensión de la correa: pretensar / retensar			pretensar / retensar ²⁾	
Ventilador / alternador [N]			450 / 300 ± 20	
Compresor [N]			550 / 400 ± 20	

1) La potencia, las rpm y el comienzo de inyección del motor están indicados, entre otros, en la placa de tipo (véase también 2.1).

2) Retensar después de 15 minutos, en los cuales el motor ha funcionado bajo carga.

3) Valores aproximados que pueden variar según la versión del motor. **La marca superior de la varilla de nivel de aceite es siempre determinante.**

4) Especificaciones para motores sin calefacción de aceite.

5) Valores aproximados que pueden variar según el modelo del cárter de aceite.

2.2. Procedimiento del ensayo:

- Poner en funcionamiento registrador de temperaturas
- Poner en marcha el motor y paulatinamente ir acelerando y poniendo carga hasta llegar a la plena carga a 1000RPM. Tolerancia de la velocidad de rotación +/- 5RPM y el acelerador permanece fijo a fondo durante todo el ensayo.
- Una vez conseguida la estabilidad iniciar primera tanda de mediciones. Las lecturas instantáneas: velocidad de rotación, indicación de la balanza del dinamómetro y temperatura se deben tomar una vez se haya consumido la mitad del volumen de la probeta del combustible.
- Una vez tomadas las lecturas quitar carga de forma que el motor se acelere a 1100 +/- 5 RPM. Tomar las lecturas de acuerdo al procedimiento anterior.
- Continuar el ensayo aumentando la velocidad en 100 +/- 5RPM. Continuar hasta llegar a la velocidad en que la potencia cae notoriamente.
- Llenar tablas a partir de las siguientes formulas.

3. Desarrollo

A continuación, En la Figura 1 se muestra una tabla de valores medidos en 7 puntos entregadas por el profesor, luego en la Figura 2 se muestra los parámetros y unidades utilizadas.

3.1. Valores medidos

Valores Medidos										
N°	Velocidad Referencia	Velocidad Real	Carga Freno	Vcomb	tcons	Tamb	Tadm	Taceite	Tesc	Δp adm
	[rpm]	[rpm]	[-]	[cm ³]	[s]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmH2O]
1	1000	1002	4,55	125	99	18	29	72	468	76
2	1100	1102	4,6	125	88	18	29	74	482	79
3	1400	1402	4,84	125	65	18	27	88	550	102
4	1500	1500	4,81	125	62	18	28	91	551	110
5	1600	1598	4,74	125	61	18	29	93	549	116
6	2100	2098	4,27	125	50	20	29	99	530	188
7	2200	2198	3,96	125	50	20	29	99	514	200

Figura 1: Tabla de Valores medidos

Símbolo	Definición	Unidades	
		Sistema Inglés	Sistema técnico (int.)
<i>A</i>	Corrección para temperatura absoluta	460 <i>F</i>	236° <i>C</i>
<i>C</i>	Presión barométrica	<i>pulg. de Hg</i>	<i>mm Hg</i>
<i>D</i>	Cilindrada	<i>pulg.³</i>	<i>cm³</i>
<i>E</i>	Factor de corrección para unidades de trabajo	396.000	600.000
<i>F</i>	Consumo de combustible	$\frac{lb}{h}$	$\frac{g}{h}$
<i>G</i>	Contante de potencia	5.252	955
<i>K</i>	Constante del dinamómetro ¹	200	268
<i>L</i>	Escala de lectura del dinamómetro ²	<i>lb</i>	<i>kp</i>
<i>M</i>	Tiempo de medición del consumo de combustible	<i>min</i>	<i>min</i>
<i>N</i>	Velocidad del motor	<i>rpm</i>	<i>rpm</i>
<i>T</i>	Torque	<i>lbf pie</i>	<i>Nm</i>
<i>a</i>	Revoluciones del cigüeñal por ciclo		
<i>sp. gr.</i>	Gravedad específica del combustible		
<i>bp</i>	Potencia al freno	<i>hp</i>	<i>kW</i>
<i>b MEP</i>	Presión media efectiva	<i>hp</i>	<i>kW</i>

Figura 2: Tabla de parámetros y unidades

3.2. Ecuaciones y formulas empíricas

Potencia de Freno:

$$bp = \frac{N * L}{K} \quad (1)$$

Presion Media Efectiva:

$$bmep = \frac{E * a}{D * n} * bp \quad (2)$$

Torque:

$$T = \frac{600 * 1000 * bp}{2 * \pi * N} \quad (3)$$

Consumo Especifico de combustible:

$$CEC = \frac{085 * V}{t * bp} * 3600 \quad (4)$$

3.3. Valores Obtenidos

Utilizando las ecuaciones anteriores, se obtuvo la siguiente tabla con los valores de potencia, torque, presión media efectiva y consumo especifico de combustible. Posteriormente se procede hacer un gráfico para analizar las magnitudes de los valores.

Valores Calculados			
Potencia Efectiva	PME	Torque	Consumo especifico
[Kw]	[Kw]	[N*m]	[gr/Kw*h]
17,01156716	162,9851	162,1239	227,1181912
18,91492537	164,7761	163,9055	229,7968839
25,31970149	173,3731	172,457	232,4125103
26,92164179	172,2985	171,3881	229,1596808
28,26313433	169,791	168,8939	221,8611613
33,42708955	152,9552	152,147	228,856299
32,47791045	141,8507	141,1012	235,5447101

Figura 3: Tabla de valores obtenidos

3.4. Gráficos

A partir de la Figura 3, se genero el siguiente gráfico:

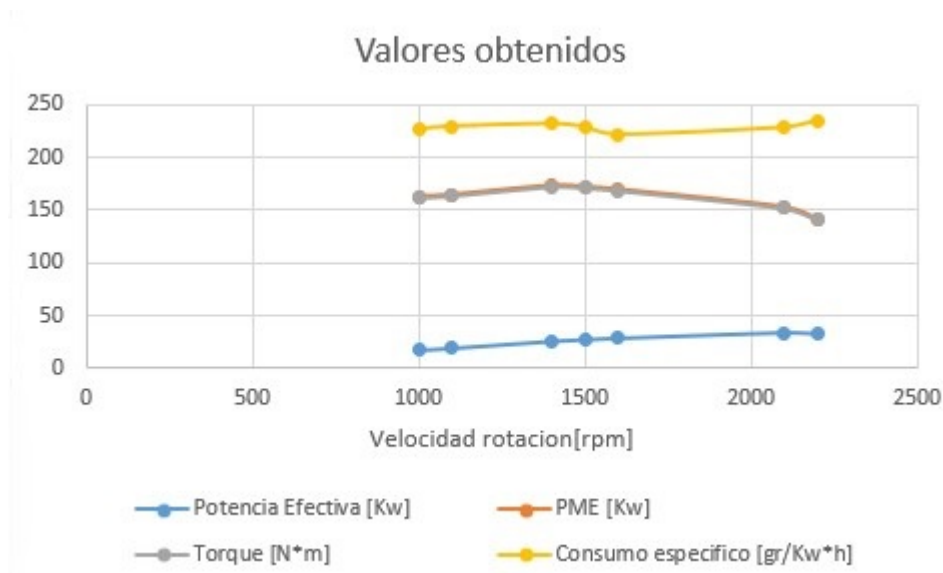


Figura 4: Gráfica con los valores calculados

De este gráfico podemos apreciar a primera vista el comportamiento similar de la presión media efectiva y el torque. Esta relación se debe a la relación directamente proporcional entre la fuerza que produce el torque y la presión generada en la cámara de combustión.

Para un mejor análisis se procede a mostrar cada gráfico por separado y se comparan con los gráficos proporcionados por el fabricante.

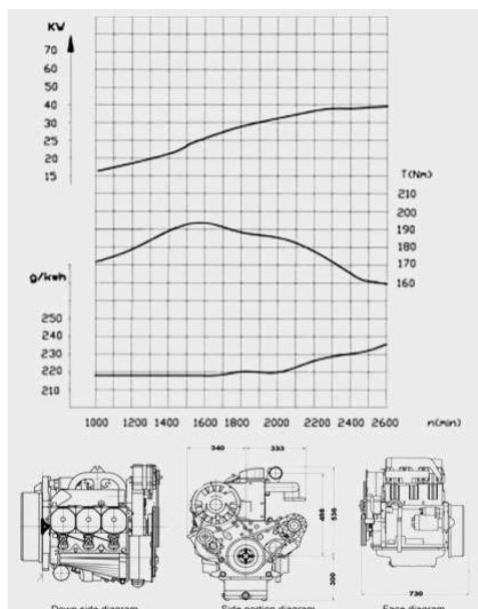


Figura 5: Gráfico del Fabricante

3.4.1. Consumo específico de combustible.

Si bien el comportamiento del gráfico obtenido por las ecuaciones es distinto al obtenido por las ecuaciones, el rango de valores sigue estando dentro del rango de valores dados por el fabricante. La función generada a partir del consumo específico del combustible se puede dar debido a la cantidad de puntos medidos, el fabricante debe tomar un número elevado de medidas, mientras que en el laboratorio solo se midieron siete.

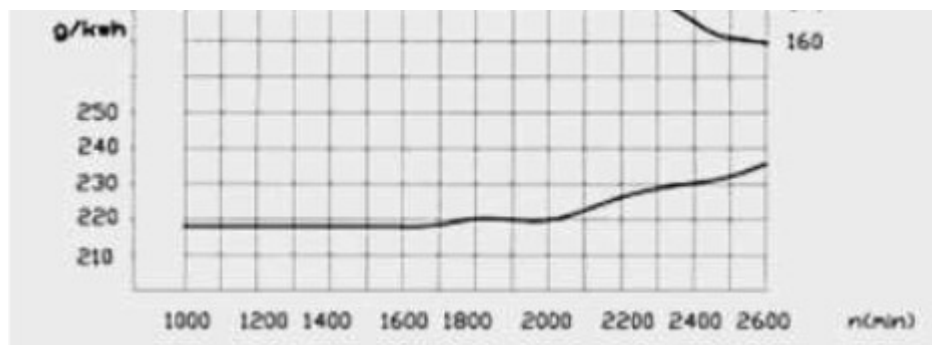


Figura 6: Consumo específico de combustible por el fabricante

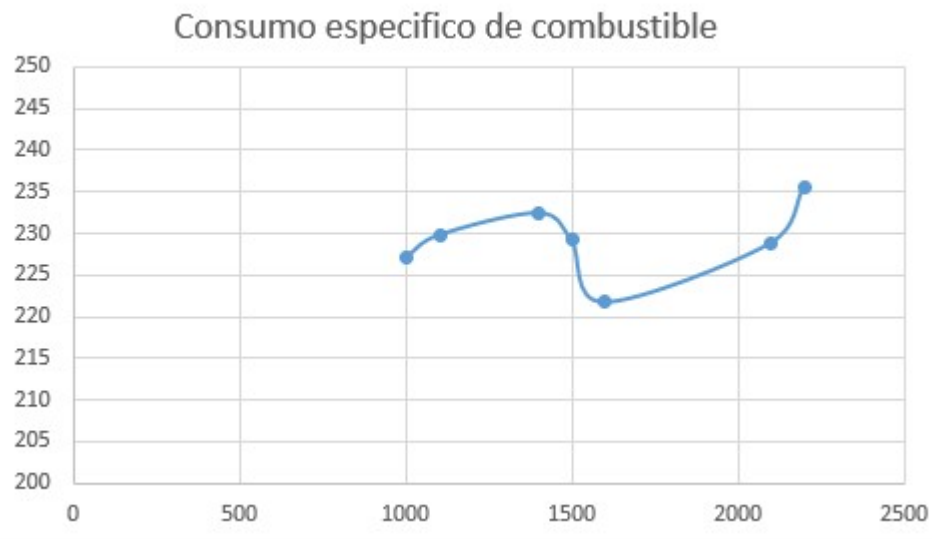


Figura 7: Consumo específico de combustible obtenido de los valores medidos

3.4.2. Torque

En el caso del torque, podemos ver un comportamiento similar en ambos gráficos y en un mismo rango de valores. En el gráfico de la Fig.9, obtenido por las ecuaciones se alcanza un pico de 172[Nm] a una velocidad aproximada de 1500[rpm], en comparación al gráfico del fabricante que alcanza un pick mayor a los 190[Nm], siendo un error aproximado del 9 %. Esto se debe que el eje alcanza su velocidad critica en ese punto, luego de eso el torque comienza a disminuir, debido a que el eje supero su frecuencia natural

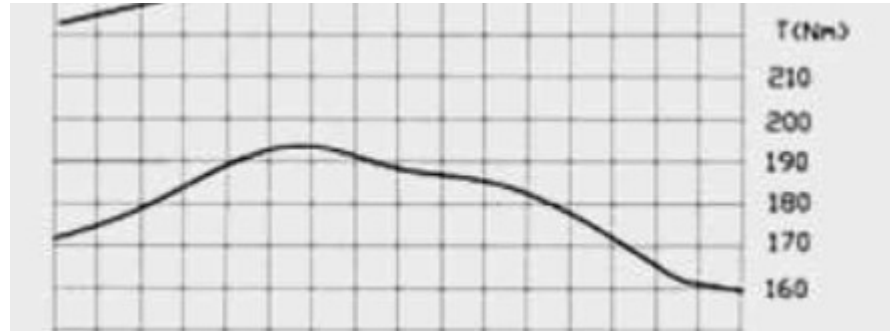


Figura 8: Torque otorgado por el fabricante

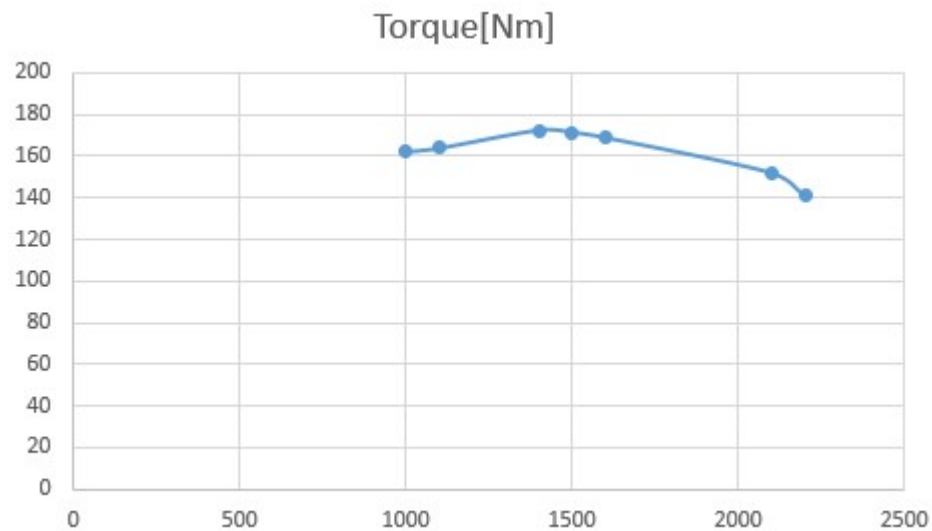


Figura 9: Torque obtenido de los valores medidos

3.4.3. Potencia

La potencia efectiva, se aprecia que va aumentando, el aumento depende de la carga de freno y las rpm. Comparando con la gráfica proporcionada por el fabricante, se observa que las curvas se encuentran casi superpuestas, variando muy poco entre ambos datos, alcanzo una mayor potencia en el caso del fabricante. En la figura 11 podemos observar un pick en la potencia un poco después de las 2000 [rpm] que luego comienza a descender.

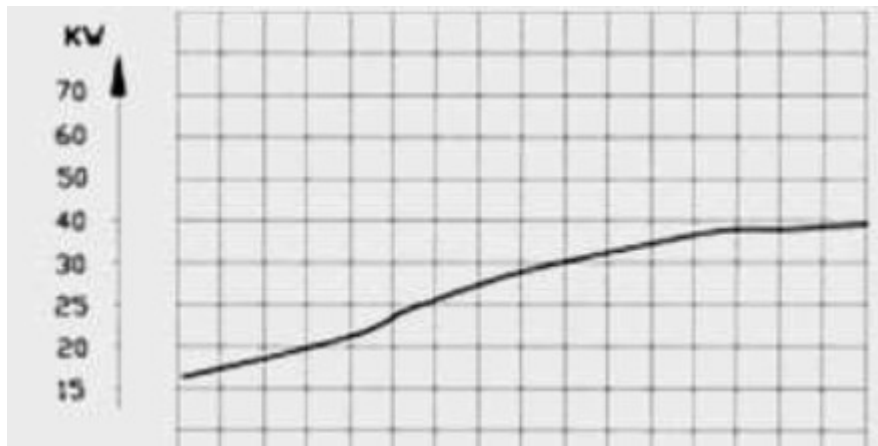


Figura 10: Torque otorgado por el fabricante

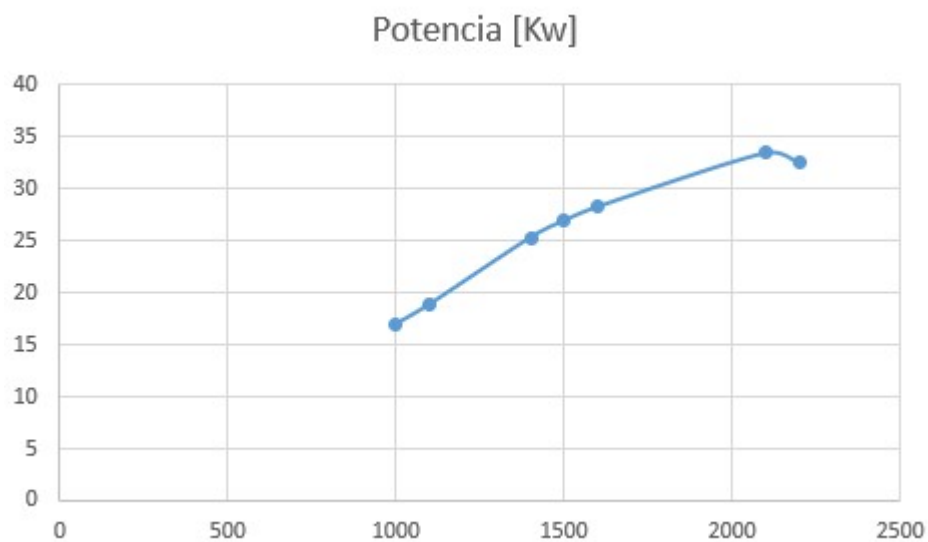


Figura 11: Torque obtenido de los valores medidos

3.4.4. Presión Media Efectiva

Representa el valor ficticio que debería tener la presión de los gases en el interior de un cilindro sin rozamiento para que desarrollase un trabajo equivalente al que se obtiene a la salida del cigüeñal. Este valor depende de la carga de freno y podemos observar que tiene valores similares al torque, variando por menos de la unidad, lo que da como resultado un gráfico bastante similar al de torque de la figura 9.

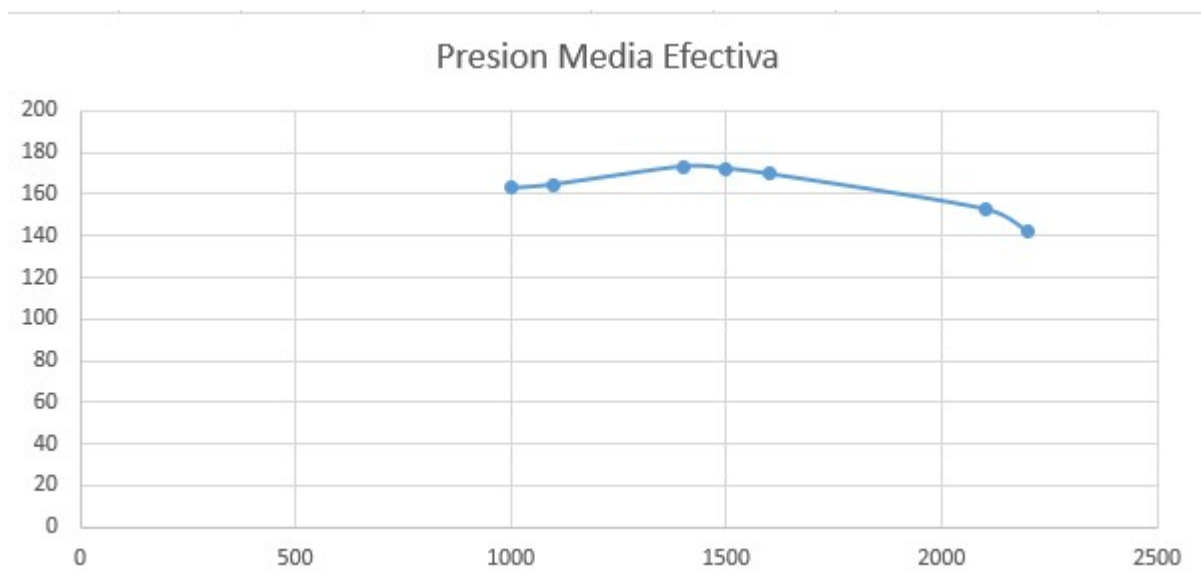


Figura 12: Presión media efectiva

4. Conclusiones

El torque y la potencia son dos indicadores del funcionamiento del motor, nos dicen cuanta fuerza puede producir y con qué rapidez puede trabajar. Los valores de torque y potencia que publican los fabricantes cumplen normas internacionales las cuales pueden variar según el origen del motor, y lo que leemos en las especificaciones se trata de los valores máximos.

Podemos apreciar que las curvas de potencia, torque y consumo específico de combustible son similares y los valores máximos presentan un error menor al 10 %. Podemos observar igualmente que el valor máximos de torque y potencia no se presentan a las mismas revoluciones, siendo para el caso del torque a unos 1400[rpm] y para la potencia a unos 2100[rpm].