



Informe 03: Laboratorio de Máquinas

“Motores de combustión interna — Plena Carga”

Nombre: Constanza Puentes Vergara

Asignatura: Laboratorio de máquinas ICM557-3

Escuela Ingeniería Mecánica PUCV

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Ayudante: Ignacio Ramos

Fecha de entrega: 02 de Octubre del 2020

Índice

Portada:

Informe 03: Laboratorio de Máquinas	1
“Motores de combustión interna – Plena Carga”	1
Introducción	3
Desarrollo	4
Procedimiento de ensayo.....	4
Instalación	4
Equipo a ensayar	5
Principales Parámetros	5
Datos previos.....	6
Fórmulas y ecuaciones empíricas.....	6
Procedimiento de adquisición de datos sugerido.....	7
Tabla de valores medidos.....	7
Propuesta de trabajo de investigación aplicada	8
Pregunta 1.-.....	13
Pregunta 2.-.....	15
Pregunta 3.-.....	15
Conclusiones	17
Bibliografía	18
Anexos	19

Introducción

Para hacer un análisis óptimo de los diferentes motores de combustión interna, es necesario comprender a fondo con qué variaciones podremos encontrarnos comparándolo en la vida real con datos de catálogo, para un sinfín de parámetros diferentes a la hora del análisis.

En este documento se describe los procedimientos para determinar el funcionamiento a plena carga de un motor de combustión interna de la Escuela de ingeniería mecánica; tenemos como objetivos: Analizar el comportamiento de los parámetros fundamentales de operación de un motor Diésel, como su 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, así como también comparar los valores y curvas obtenidas con las proporcionadas por el fabricante del motor.

Desarrollo

A continuación, se presenta el Ensayo de un motor diésel a plena carga.

Procedimiento de ensayo

El procedimiento de ensayo se realizará de acuerdo a la norma ENGINE RATING CODE DIESEL – SAE J270, este documento proporciona las directrices para efectuar los cálculos necesarios e indica de forma coherente los factores de corrección de unidades. En el caso de las unidades para el sistema técnico de ingeniería se deben usar los factores de conversión adecuados. En caso de hacer conversiones realizarlas de forma correcta para no acumular errores, tenga cuidado con el uso de las unidades y cifras significativas. La mayoría de las formulas están tomadas de la norma indicada, salvo las relativas al torque, estas se indican por separado para cada uno de los sistemas de unidades.

Instalación

La instalación cuenta con el siguiente equipamiento:

- Dinamómetro mecánico Heenan & Froude serie G
- Mesa universal de montaje de motores
- Sistema de alimentación del freno:
 - Motobomba.
 - Piping.
 - Pozo.
- Sistema volumétrico de medición del consumo de combustible y de alimentación de combustible:
 - Estanque de 25 litros
 - Probeta graduada a 125 cm^3 y a 250 cm^3
 - Filtros

Equipo a ensayar

Se ensayará un motor diésel, de tres cilindros, marca Deutz, modelo F3L912, para más detalle ver la (se recomienda tener precaución al buscar datos del motor en internet, ya que existen con la misma nomenclatura diversas variantes, como por ejemplo F4L912 o F3L912)

Principales Parámetros

La mayoría de las ecuaciones son empíricas y corresponden a lo indicado en la norma, hay que tener mucho cuidado con dar algún sentido físico a las constantes, principalmente corresponden a factores de corrección inherentes a los sistemas de unidades que se presentan en la Tabla 1.

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>

Tabla 1: Parámetros y datos que nos servirán para cálculos posteriores

Datos previos

Previo a realizar el experimento es útil contar con la siguiente información.

- Determinar el volumen de la bureta a ensayar: **125cm^3**
- Gravedad específica del combustible Diésel: **$0,85$ [-]**
- Número de tiempos del motor: **Motor de 4 tiempos**
- Número de vueltas por ciclo del cigüeñal: **Dos**
- La constante del dinamómetro: **200 [-] (Sistema inglés)**

Fórmulas y ecuaciones empíricas

- Ecuación 1: Potencia al freno: $bp = \frac{N*L}{K}$
- Ecuación 2: Presión media efectiva: $b MEP = \frac{E*a}{D*N} * bp$
- Ecuación 3: Torque: $T = \frac{bp*5,252}{N}$ (sistema inglés)
 $T = \frac{60*1000*bp}{2*\pi*N}$ [Nm] (Sistema internacional)

Desarrolle usted una formula dimensionalmente coherente para sacar el consumo específico en las siguientes unidades $[\frac{gr}{kWh}]$

- $Ce = \frac{\dot{m}}{\text{Pentregada por el motor}} [\frac{gr}{kWh}]$

Procedimiento de adquisición de datos sugerido

1. Poner en funcionamiento el registrador de temperaturas.
2. Poner en marcha el motor y paulatinamente ir acelerándolo y poniendo carga hasta llegar a la plena carga a 100 [rpm]. Tolerancia de la velocidad de rotación ± 5 [rpm] y el acelerador permanece a fijo a fondo durante todo el ensayo.
3. Una vez conseguida la estabilidad y cada alumno claro con su función, iniciar la primera tanda de mediciones. Las lecturas instantáneas (Velocidad de rotación, indicación de la balanza del dinamómetro, y temperaturas, se deben tomar una vez que se haya consumido la mitad del volumen de la probeta de combustible. La indicación la debe dar el ayudante.
4. Una vez tomadas las lecturas quitar la carga de forma que el motor se acelere a 1.100 ± 5 [rpm]. Tomar las lecturas de acuerdo al procedimiento del punto anterior.
5. Continuar el ensayo aumentando la velocidad en 100 ± 5 [rpm]. Continuar hasta llegar a la velocidad en que la potencia cae notoriamente.

Tabla de valores medidos

Registre los datos de acuerdo al siguiente esquema, tabule y grafique:

- Número de medición.
- Lectura del dinamómetro.
- Velocidad del motor.
- Tiempo de medición del consumo de combustible.
- Registre también las temperaturas de admisión, descarga, ambiental y Carter de aceite.
- Registre la variación de presión en la succión.

Valores Medidos										
N°	Velocidad Referencia	Velocidad Real	Carga Freno	Vcomb	tcons	Tamb	Tadm	Taceite	Tesc	Δpadm
	[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

Tabla 2: Valores medidos en el ensayo del motor

Propuesta de trabajo de investigación aplicada

Obtenga su propio gráfico de potencia, torque y consumo específico, construya un gráfico similar y compare con el que se presenta en el ANEXO 1,2.

Cilindrada, dato de tabla = 2827 cm³ , dato obtenido Anexo 3.

N°	Bp	Bmep	Torque	F.Másico	Potencia	Ce
	[-]	[-]	[Nm]	[gr/hr]	[kWh]	[gr/kWh]
1	22,80	9,66	217,25	3863,64	22,80	169,49
2	25,35	9,76	219,63	4346,59	25,35	171,49
3	33,93	10,27	231,09	5884,62	33,93	173,44
4	36,08	10,21	229,66	6169,35	36,08	171,01
5	37,87	10,06	226,32	6270,49	37,87	165,57
6	44,79	9,06	203,88	7650,00	44,79	170,79
7	43,52	8,40	189,08	7650,00	43,52	175,78

Tabla 3: Tabla de datos obtenidos mediante fórmulas

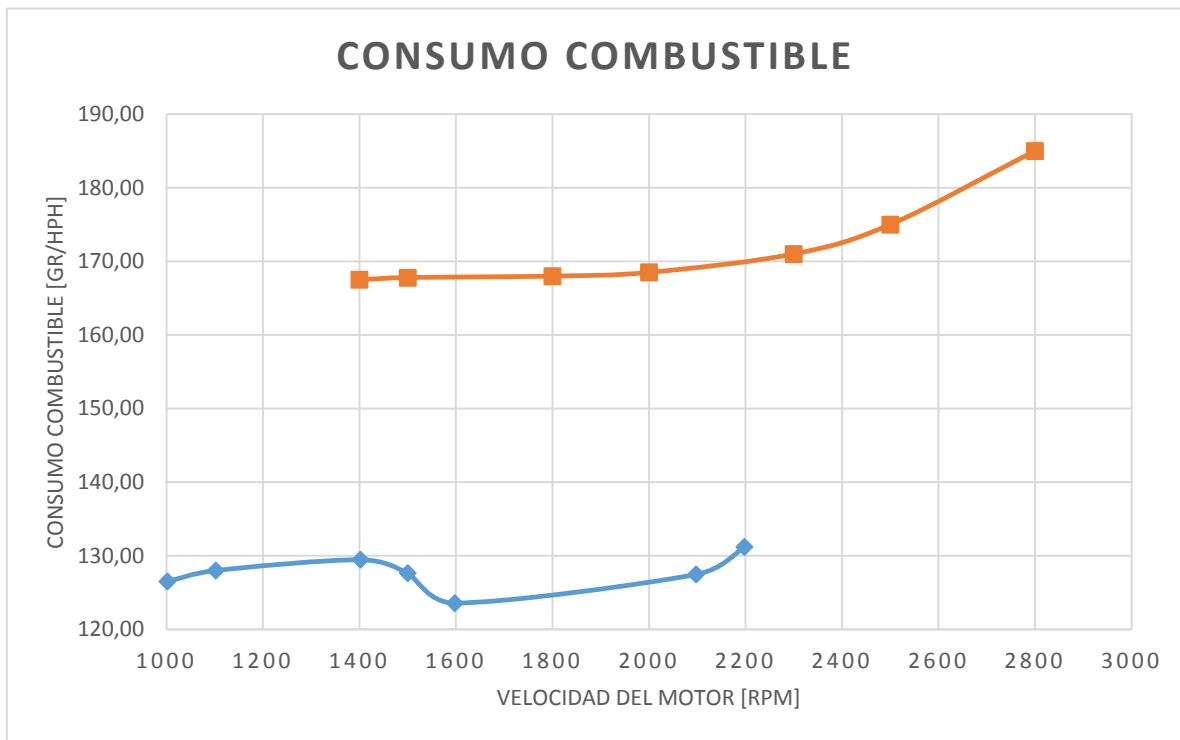


Gráfico 1: Consumo combustible ensayo vs. anexo

Velocidad Real	Ce		Velocidad Real	Ce,ANEXO
[rpm]	[gr/HPh]		[rpm]	[gr/HPh]
1002	126,53		1400	167,5
1102	128,02		1500	167,8
1402	129,47		1800	168
1500	127,66		2000	168,5
1598	123,60		2300	171
2098	127,49		2500	175
2198	131,22		2800	185

Tabla 4: Tablas de datos para Consumo combustible real y Consumo combustible F3L 912 anexo, en unidades de [gr/HPh]

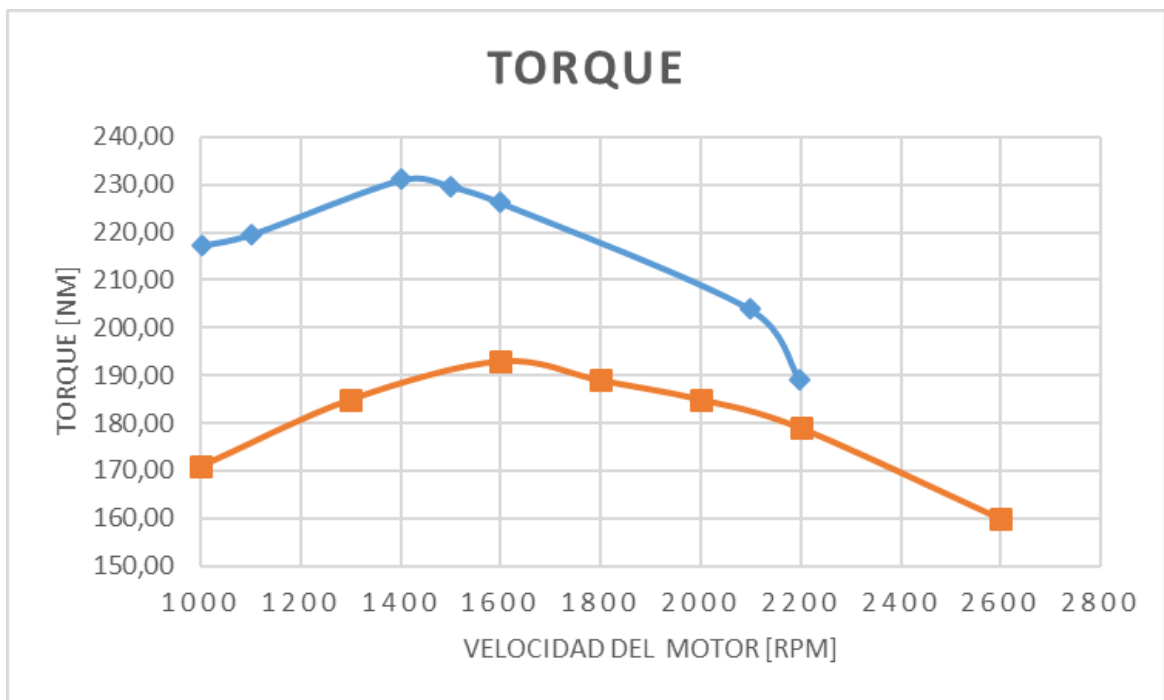


Gráfico 2: Torque vs velocidad del motor, para datos del ensayo y del anexo

Velocidad Real	Torque		V.anexo	Torque
[rpm]	[Nm]		[rpm]	[Nm]
1002	217,25		1000	171
1102	219,64		1300	185
1402	231,10		1600	193
1500	229,67		1800	189
1598	226,33		2000	185
2098	203,88		2200	179
2198	189,08		2600	160

Tabla 5: Datos para gráfico de torque vs. rpm

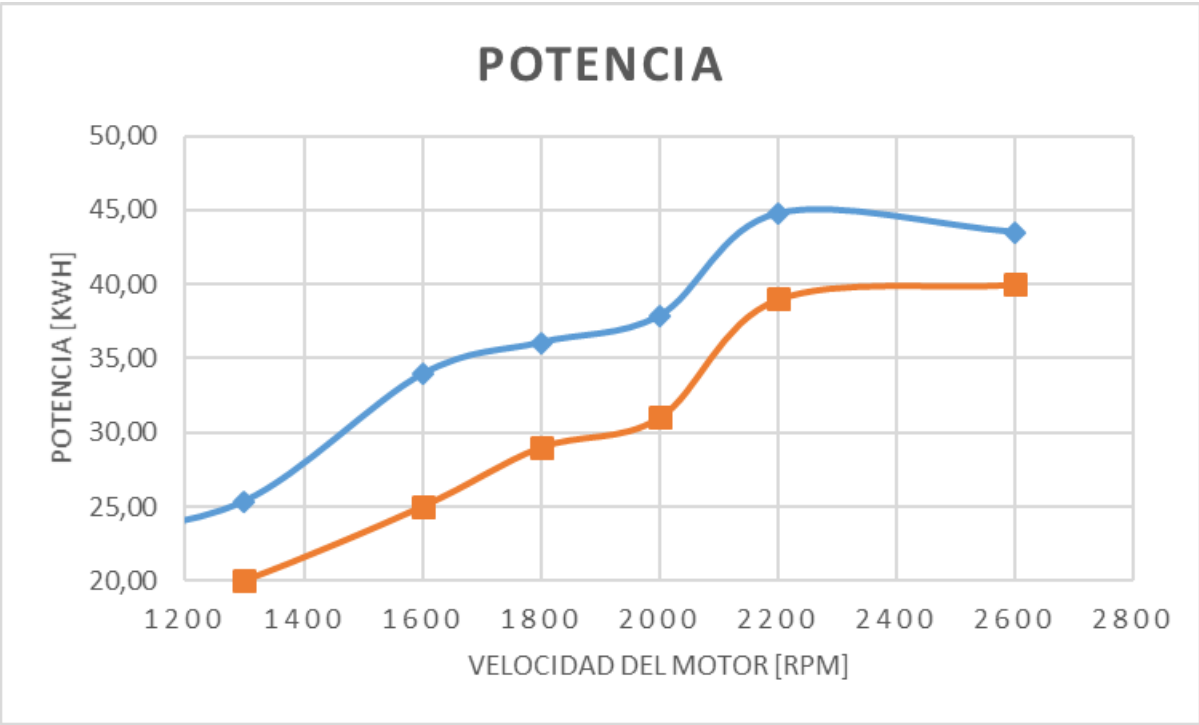


Gráfico 3: Potencia vs. velocidad del motor para el ensayo y anexo

Velocidad anexo	Potencia		V.anexo	Potencia
[rpm]	[kWh]		[rpm]	[kWh]
1400	22,80		1000	16
1500	25,35		1300	20
1800	33,93		1600	25
2000	36,08		1800	29
2300	37,87		2000	31
2500	44,79		2200	39
2800	43,52		2600	40

Tabla 6: Datos para el gráfico potencia vs. rpm

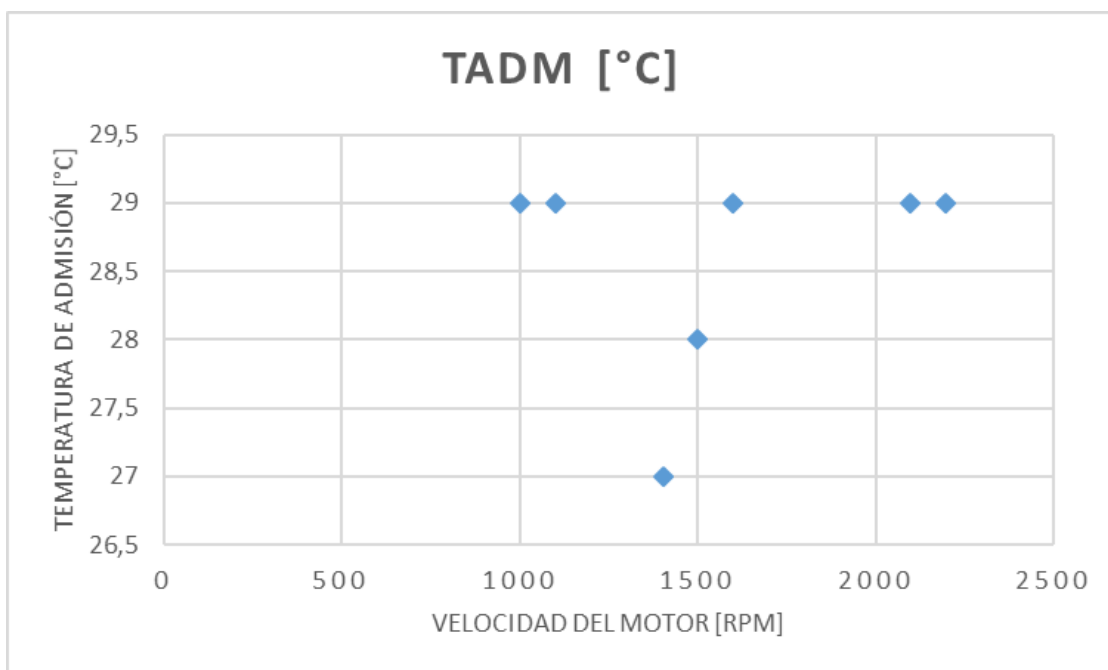
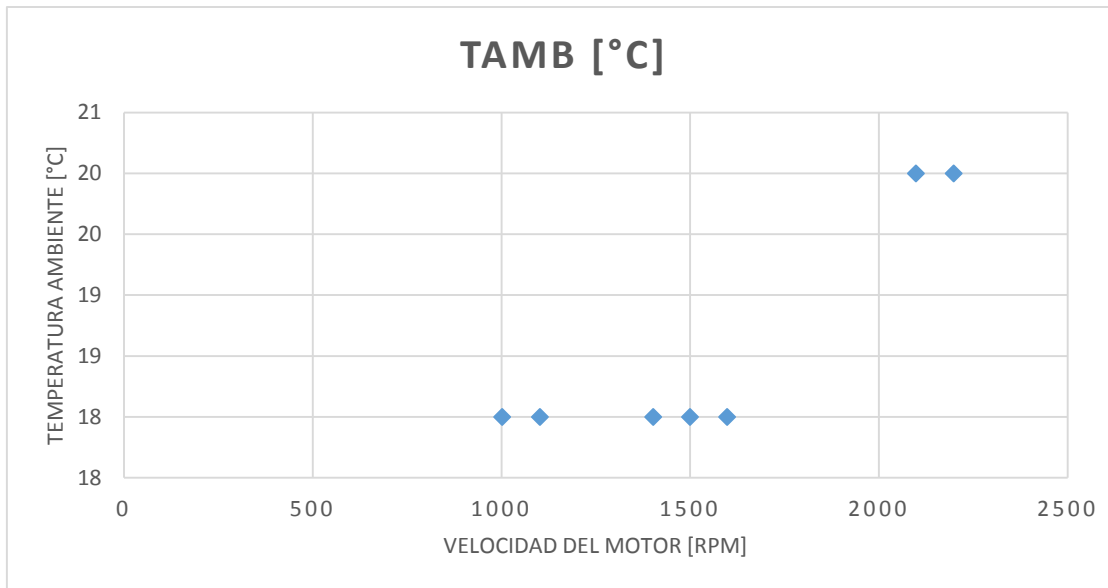
- Para todos los gráficos recién señalados, se les adjunta la tabla de valores de los cuales fueron analizados para su gráfico correspondiente, donde la curva naranja, para todos los casos, representan los datos entregados por el anexo 2.
- Se analiza que, en todos los casos, si bien, las curvas se asemejan en su trayectoria, no son iguales en sus datos. Aunque podemos decir que tiene un comportamiento similar al que nos muestran las tablas de las curvas del motor por catálogo.
- Para el caso del consumo de combustible, nuestro motor en el ensayo, tuvo un consumo mucho mejor (menor) del esperado, podría ser una posibilidad el mantenimiento oportuno o la exigencia que se le presentó a diferencia de un motor convencional para uso diario.
- Para el caso de Torque y potencia, nuestro motor puesto a ensayo, obtuvo niveles superiores a los que nos presentan las curvas del anexo 2. Si bien, sus lineaciones con las curvas del anexo son relativamente cercanas, podríamos deducir que nuestro motor cumple más de lo esperado.

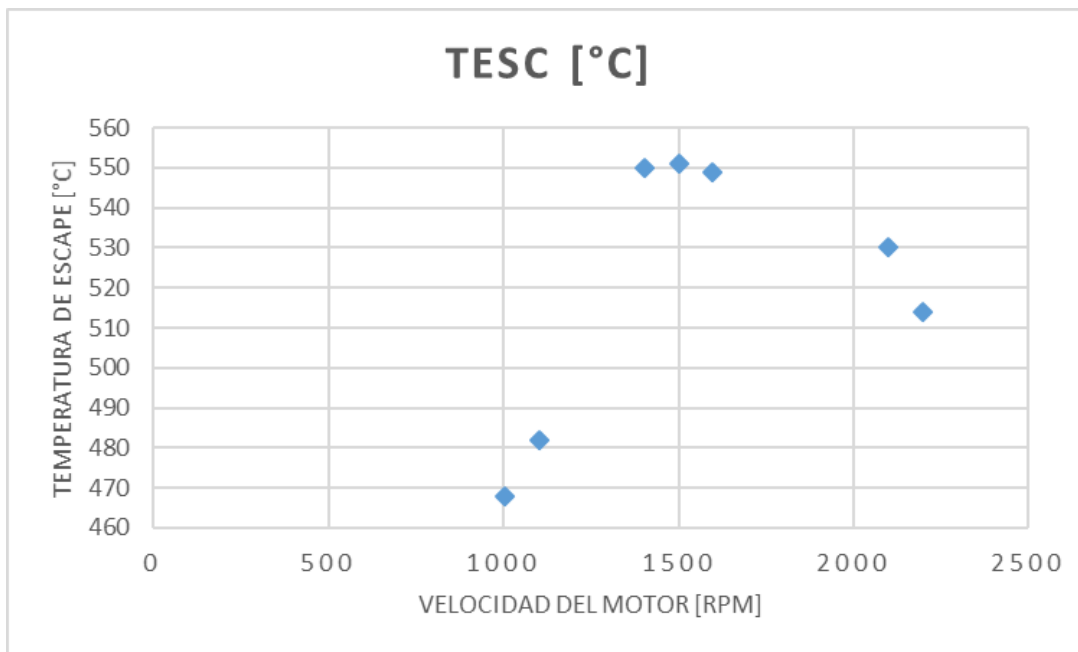
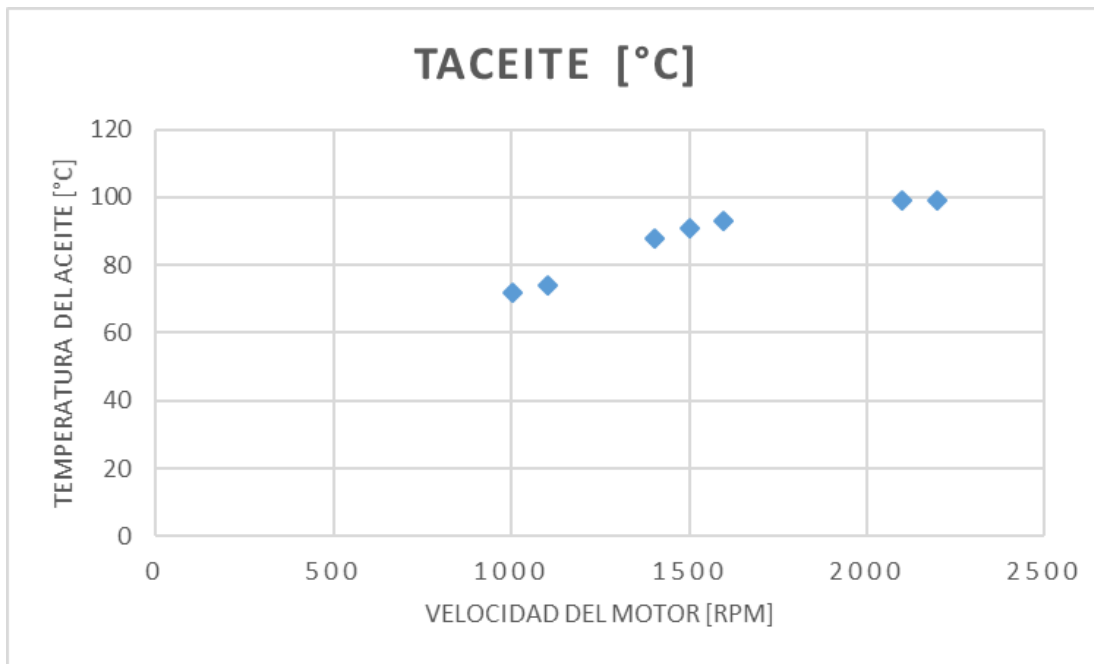
Suponga que obtiene mediante un análisis en CDF una serie de datos, grafique estos datos sobre las curvas obtenidas experimentalmente, comente (mire los datos de la gráfica como se presentan superpuestas sobre la curva los puntos obtenidos, ver anexo1)

- En el caso que tuviéramos datos, para poder realizar un análisis en CFD (Dinámica de fluidos computacional), podríamos obtener curvas con mucho menor rango de error que las obtenidas experimentalmente en nuestro ensayo realizado con el motor a plena carga, pues es una de las facilidades que tiene este tipo de rama para poder analizar estos tipos de problemas.

Pregunta 1.-

- Grafique las temperaturas y explique su comportamiento.





- En el gráfico la de temperatura del aceite claramente, tiene un comportamiento usual, pues este debe tender a aumentar a medida que la velocidad del motor aumenta, lo mismo ocurre con la temperatura ambiente, pues le estamos agregando calor al entorno, por medio del funcionamiento de nuestro motor.
- Para el caso de la temperatura de admisión, tiene una leve baja, la cual podríamos explicar o intentar explicar de alguna forma estos datos inusuales por la falta de más datos para poder hacer un buen análisis de gráficos o bien, por alguna irregularidad que ocurrió al momento de tabular los datos.
- Por último, la temperatura de escape, en un previo análisis puedo observar que si bien, los valores son prudentes y dentro de los rangos esperados para las temperaturas que manifiestan de escape para los motores, al final de las revoluciones analizadas por el motor, se nota una caída en sus valores, que pudiera ser, para este caso, por la razón de estabilidad que llega en las revoluciones, pero personalmente, creo que existe una falta de cantidad de datos para poder hacer un análisis más profundo respecto a esto.

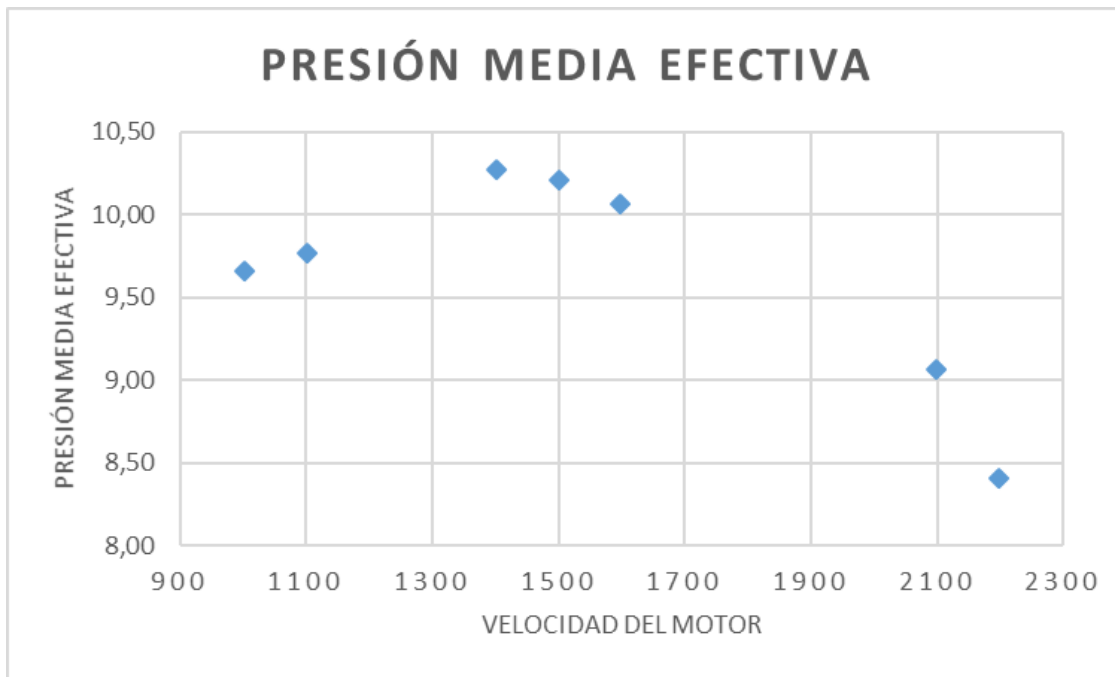
Pregunta 2.-

- ¿Qué diferencia hay entre Torque y Potencia?

Debemos entender primero que, torque y potencia, a pesar de su similitud y semejanza que uno les encuentra, hasta cuando hablamos a menudo de esto en el día a día, no son iguales en significado. El torque es la fuerza que tiene en este caso el motor para poder hacer girar o mover, en cambio la potencia es su velocidad o poder que tiene para mover el motor, y esta depende del torque y las revoluciones que tenga el motor. La potencia la podríamos ejemplificar con las marchas que tiene un vehículo mecánico al hacerlo andar.

Pregunta 3.-

- Grafique la presión media efectiva. ¿Qué significado tiene?



- La presión media se puede definir como una función del llenado del cilindro y cómo es que se aprovecha el combustible que llega al motor. Según el comportamiento de estos pocos datos que se obtuvo del ensayo, se podría decir que sería mejor que las presiones a medida que las revoluciones del motor aumenta, no caigan de forma significativa, para poder tener un mejor aprovechamiento del combustible para el motor.

Conclusiones

Cada vez que nos vemos enfrentados a realizar análisis sobre funcionamiento de diferentes áreas dentro de la ingeniería mecánica, es de suma importancia para nosotros lograr establecer e identificar todas las diferencias y posibles diferencias a las cuales nos veremos enfrentados a lo largo de nuestro futuro profesional, en relación con lo que nos diga la teoría o los catálogos que tendremos que evaluar.

Al analizar diferentes parámetros en este documento, se establecieron las diferencias y posibles causas de estas en comparación con catálogos e información de documentos facilitadas por nuestros docentes.

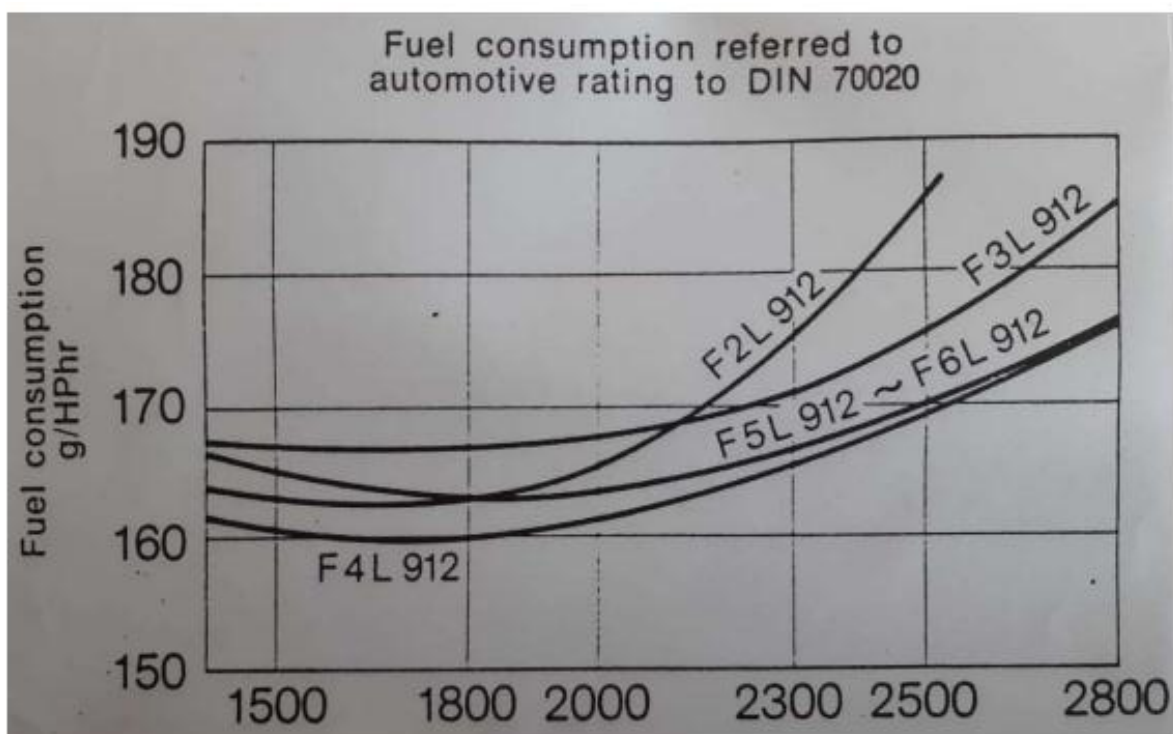
También, se logró comparar analíticamente datos reales obtenidos en un ensayo de un motor a plena carga, en comparación con lo descrito por los documentos recién mencionados.

Bibliografía

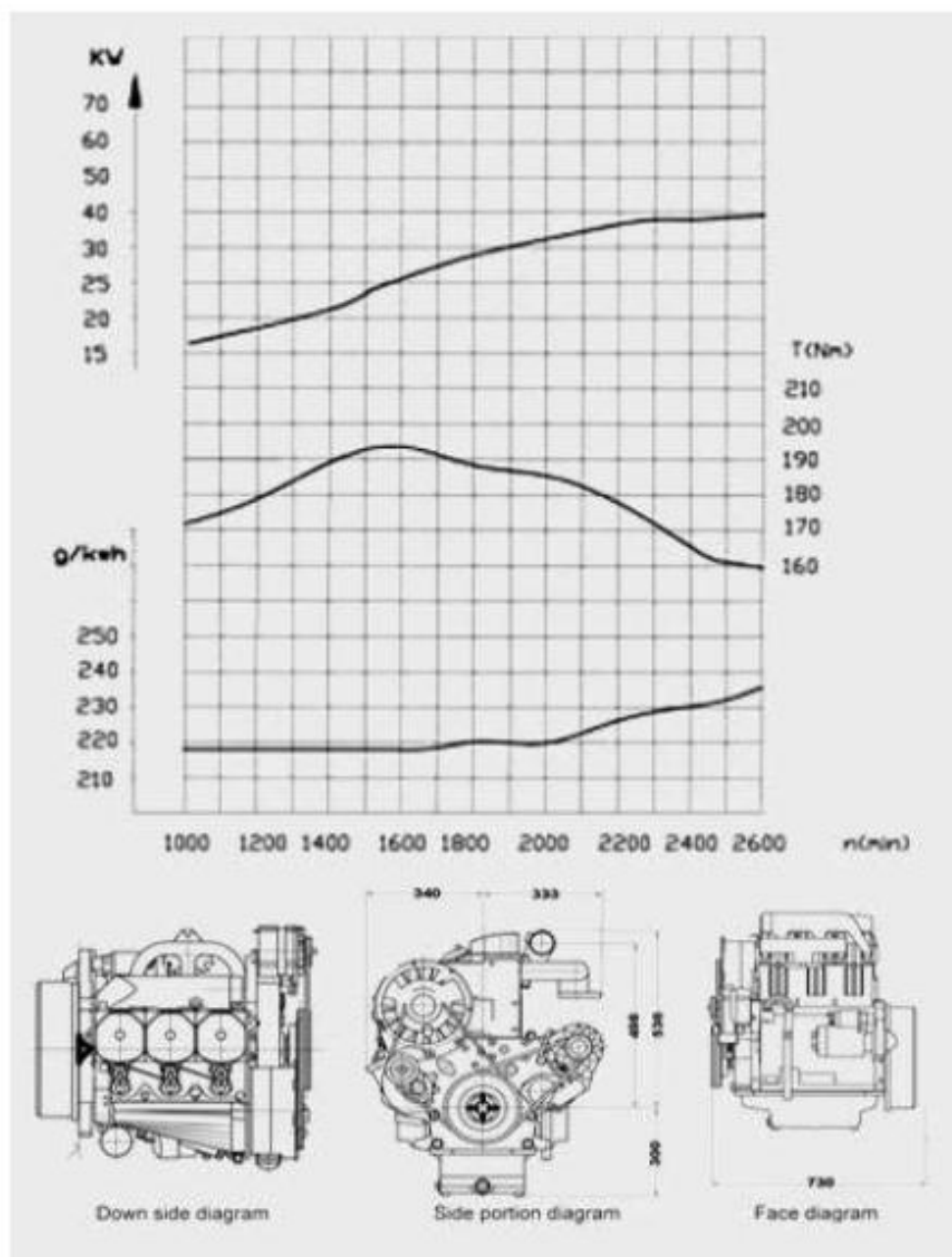
- Society of Automotive Engineers, Engine Rating Code - Diesel J270, SAE International, 1971.
- Y. A. Çengel y M. A. Boles, Termodinámica, Ciudad de México: McGraw-Hill, 2012.

Anexos

Anexo 1, Consumo de combustible motores DEUTZ



Anexo 2, Curvas motor F3L 912



Anexo 3, Datos técnicos motor F3L 912

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 [cm³]	2827	3770	4712	5655
Relación de compresión [ε]			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 ⁵⁾	300 ⁵⁾	380 ⁵⁾	410 ⁵⁾
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. [litr.]	9,0 ³⁾	12,0 ³⁾	13,5 ³⁾	14,5 ³⁾
Cantidad de primer cambio de aceite con filtro aprox. [litr.]	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 escap 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.