



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“ESTUDIO DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE MOTOR DEL VEHICULO
HIBRIDO TOYOTA PRIUS AÑO 2010 “,**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

CHRISTIAN ANDRES CAÑARTE CASAL

GUAYAQUIL – MARZO 2016

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

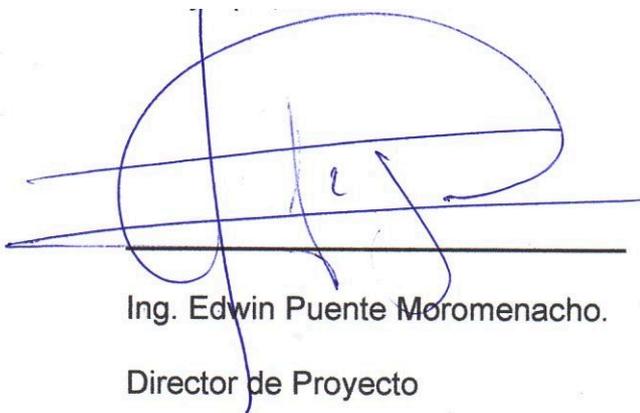
Ing. Edwin Puente

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE MOTOR DEL VEHICULO HIBRIDO TOYOTA PRIUS AÑO 2010 “**, realizado por el estudiante: **CHRISTIAN ANDRES CAÑARTE CASAL**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Christian Andres Cañarte Casal, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Marzo 2016



Ing. Edwin Puente Moromenacho.
Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Christian Andres Cañarte Casal

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: “**ESTUDIO DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE MOTOR DEL VEHICULO HIBRIDO TOYOTA PRIUS AÑO 2010**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Marzo 2016.



Christian Andres Cañarte Casal

C.I. 0914149430

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Christian Andres Cañarte Casal

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“ESTUDIO DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE MOTOR DEL VEHICULO HIBRIDO TOYOTA PRIUS AÑO 2010 “**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Marzo 2016



Christian Andres Cañarte Casal

C.I. 0914149430

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia, por el apoyo que me han brindado para poder llegar hasta éste momento en el cual uno se ha dedicado y trabajado como así también darme motivación en los momentos más difíciles para poder realizar uno de los logros más importantes de mi vida.

Así también a mis maestros de la Universidad Internacional Del Ecuador en especial los que me guiaron y apoyaron a realizar este proyecto y quienes han contribuido a mi desarrollo educativo y poder lograr ser un profesional en la rama de la ingeniería automotriz.

Christian Andres Cañarte Casal

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que hicieron posible y contribuyeron a la realización de esta investigación la cual es un proceso para poder acreditar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.

Christian Andres Cañarte Casal

PRÓLOGO

En el área automotriz es necesario realizar análisis técnicos, para poder determinar el funcionamiento correcto automotor utilizando equipos

tecnológicos con la cual nos permite realizar mediciones de potencia tal como es el “dinamómetro”.

Con este tipo de estudios podemos realizar los estudios científicos y elaborar cuadros comparativos y podemos realizar reparaciones y en el caso investigativo realizar mejoras en el funcionamiento y eficiencia en los componentes de los vehículos.

Es necesario contar con este tipo de tecnología que nos permite realizar innovaciones y mejoras en el área automotriz dado que con el avance cada vez más acelerado de los descubrimientos y avances científicos tenemos que siempre mantenernos a la vanguardia y esta herramienta nos permite una amplia gama de investigación.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	v
PRÓLOGO	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN GENERAL	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
RESEÑA GENERAL	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación	2
1.4. Hipótesis	3

CAPÍTULO II	4
MARCO TEORICO	4
2.1. Dinamómetro.....	4
2.1.1. Características del dinamómetro.....	5
2.1.2. Definición del dinamómetro.....	5
2.2. TOYOTA PRIUS 2010.....	8
2.2.2. Componentes Básicos del Sistema Hibrido.	10
2.2.3. Reseña.....	10
2.2.4. Funcionamiento básico del motor de combustión interna.	11
2.2.5. Sistema VVT-i y Ciclo Atkinson.....	12
2.2.6. Cuerpo de aceleración motorizada.....	13
2.2.7. Sensor de posición de pedal del acelerador.	13
2.2.8. Tanque aislado de refrigerante caliente	14
2.2.9. Sistemas eléctricos.	14
2.2.10. Motor Generador 1 (MG1).....	15
2.2.11. Motor generador 2 (MG2).....	15
2.2.12. Inversor de HV (Alto Voltaje).....	16
2.2.13. Batería de alto voltaje.....	16
2.2.14. Modos de control del sistema Hibrido.	17
2.2.14.1. Detenido.	17

2.2.14.2.	Arranque a baja velocidad.....	18
2.2.14.3.	Conducción Normal.....	19
2.2.14.4.	Pedal a fondo y máxima velocidad.....	20
2.2.14.5.	Desaceleración o frenado.....	21
2.2.14.6.	Reversa.....	21
2.2.14.7.	Pantalla de monitor de energía.....	22
2.2	Situación actual del vehículo.....	23
2.2.1	Parámetro Teórico.....	23
2.2.2	Parámetro Real.....	24
2.2.3	Comparación de Parámetros.....	24
2.3.	Combustible.....	24
2.3.1.	Normas INEN para el combustible.....	25
2.3.	Curvas características de motor.....	26
2.3.1.	Torque (T).....	26
2.3.2.	Potencia al freno (Pf).....	26
2.3.3.	Consumo específico de combustible (CEC).....	27
2.3.4.	Rendimiento volumétrico (η_v).....	27
2.3.5.	Rendimiento térmico (η_t).....	29

CAPITULO III	31
TOMA DE MUESTRAS	31
3.1. Seguridad.....	31
3.1.1. Correas de sujeción.	31
3.2. Toma de muestras	35
3.2.1. Modo activo de prueba (Active test mode)	35
3.2.2. Toma 1	37
3.3. Tabla de datos	37
CAPITULO IV	40
COMPARACION DE DATOS	40
4.1. Datos de fabricante.	40
4.2. Datos obtenidos de la prueba.	40
CAPÍTULO V	43
CONCLUSIONES Y RESULTADOS	43
5.1. Conclusiones.....	43
5.2. Recomendaciones.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	46

ANEXO 1.....	46
BLOQUE DE RODILLO.....	46
ANEXO 2:.....	47
SENSOR ÓPTICO DE REVOLUCIONES POR MINUTO	47
ANEXO 3.....	48
MÓDULO DE COMUNICACIÓN DE DINAMÓMETRO	48
GLOSARIO DE TÉRMINOS	49

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Dinamómetro de chasis.....	5
Figura 2. Trabajo realizado	7
Figura 3. Componentes del sistema Híbrido	10
Figura 4. Toyota Prius 2010	11
Figura 5. Cuerpo de aceleración motorizado	13
Figura 6. Circuito de refrigerante aislado	14
Figura 7. Motor Generador 1 (MG1).....	15
Figura 8. Inversor de alto voltaje	16
Figura 9. Batería de alto voltaje.....	17
Figura 10. Modo detenido	18
Figura 11. Modo arranque a baja velocidad	19
Figura 12. Modo Normal de manejo	20

Figura 13. Pedal a fondo máxima velocidad	20
Figura 14. Desaceleración y frenado.....	21
Figura 15. Modo de Reversa.....	22
Figura 16. Monitoreo de consumo de energía.....	22
Figura 17. Modo de sujeción FWD (Tracción delantera).....	32
Figura 18. Modo de sujeción RWD (Tracción Posterior)	32
Figura 19. Sujeción de Correas.....	33
Figura 20. Correas sujeción posterior	33
Figura 21. Correa de sujeción al poste del elevador	34
Figura 22. Correas Sujeción delanteros.....	34
Figura 23. Pruebas dinamómetro	35
Figura 24. Modo mantenimiento en panel indicación	36
Figura 25. Curva de potencia MPH vs. HP.....	37
Figura 26. Datos de prueba.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de dinamómetro Dyno X 2WD	5
Tabla 2. Rendimiento de consumo de combustible.....	9
Tabla 3. Especificaciones del Motor de combustión Interna	12
Tabla 4. Especificaciones de batería de alto voltaje.....	17
Tabla 5. Compresión de cilindro.....	23
Tabla 6. Compresión de cilindros en seco	24
Tabla 7. Comparación de prueba de compresión	24
Tabla 8. Requisitos para la gasolina	25

Tabla 9. Recopilación de datos	38
Tabla 10. Curva de potencia (kW).....	41
Tabla 11. Curva de Torque	42

RESUMEN GENERAL

Se realizó un estudio de análisis del desempeño del sistema de impulsión del sistema híbrido del Toyota Prius 2010, para poder obtener este tipo de mediciones es necesario utilizar un equipo llamado dinamómetro y nos permite realizar un análisis de curvas torque potencia entregado por los motores del sistema Power Split hacia las ruedas del vehículo.

Dentro de este estudio se efectuó una comparación entre los parámetros del fabricante y los obtenidos por las pruebas ya que el vehículo posee su recorrido del respectivo uso que se le ha dado desde su salida del concesionario.

Para el análisis se realizó diferentes tipos de pruebas, con la finalidad de simular las condiciones de manejo normales del vehículo, para obtener dichos resultados y realizar comparaciones con los datos obtenidos. Toda esta información la obtuvimos revisando manuales de servicio de fabricante y verificándolo físicamente.

Se pudo determinar el estado del vehículo y si se encuentra en óptimas condiciones con un desgaste dentro de los parámetros normales según fabricante.

ABSTRACT

We perform a study to analyze the performance of the Powertrain system of Toyota Prius hybrid system 2010, to do this type of measurement is necessary to use a device called a dynamometer this device allows us to analyze curves torque delivered by the engines of the “Power Split” system to the vehicle wheels.

In this study we did a comparison between the manufacturer parameters and the results obtained by the tests because the vehicle has been used since leaving the dealership.

We analyzed different types of tests, in order to simulate normal driving conditions of the vehicle, to obtain those results and make comparisons with the data. All this information is obtained by reviewing service manuals manufacturer and physically verifying it.

This could determine the status of the vehicle and if it is in good condition with wear within normal parameters according to manufacturer.

INTRODUCCIÓN

El estudio y análisis del Toyota Prius 2010 efectuando las pruebas en el dinamómetro para determinar su desempeño y eficiencia según su desgaste por el uso del vehículo.

Para esta prueba es totalmente necesario contar con un dinamómetro ya que para poder determinar la potencia del vehículo sea nuevo o usado es la única forma de obtener un resultado exacto ya que físicamente se ejecuta este tipo de prueba y no son valores teóricos que se suelen tomar en cuenta para estas situaciones.

Utilizando el método científico ya que para este caso se puede cuantificar los valores exactos se justificarán todos los parámetros necesarios ya que usaremos el dinamómetro para realizar las pruebas de eficiencia y desempeño de potencia.

Y para finalizar el estudio y análisis de curvas de desempeño y eficiencia del Toyota Prius 2010 concluyo que tiene el diseño de este vehículo es muy moderno dado que utiliza un sistema hibrido de motores eléctricos y combustión interna para minimizar los gases contaminantes.

CAPÍTULO I

RESEÑA GENERAL

En este capítulo está compuesto por los objetivos y elementos para realizar el estudio de las curvas características de motor del vehículo híbrido Toyota Prius año 2010.

1.1. Antecedentes.

Hoy en día en el mundo moderno, los motores de combustión interna son puestos a prueba para determinar su desempeño de potencia y torque. Para determinar este desempeño, los dinamómetros e instrumentos asociados son utilizados. La instalación de dinamómetros se ha vuelto muy importante en la industria automotriz. En general se pueden utilizar tres métodos para evaluar el desempeño del motor:

- Prueba realizando con un dinamómetro
- Prueba del motor del vehículo tomando en consideración un dinamómetro de chasis.
- Utilizando una pista de pruebas para vehículos.

Así también para esta investigación se utilizó un vehículo Toyota Prius de segunda generación dadas la características de este vehículo híbrido por su avanzada tecnología y ser pioneros en los sistemas híbridos. Este vehículo ya

tiene su tiempo de ser utilizado y recorrido siendo así que comprobamos su potencia para poder comparar con las del fabricante.

En el mercado Ecuatoriano encontramos el combustible Súper que sería el recomendado por para el funcionamiento de los vehículos Prius aun así este combustible no cumpla los requerimientos mínimos de calidad recomendados por el fabricante.

1.2. Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Analizar el desempeño de potencia del Toyota Prius del año 2010.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- a) Determinar el desempeño de potencia del vehículo analizado.
- b) Comparar los resultados obtenidos con los parámetros dados por el fabricante.

1.3. Justificación.

Se ha realizado esta investigación científica para determinar los parámetros normales del vehículo híbrido Toyota Prius del año 2010 con la finalidad de poder evaluar el desgaste típico de este tipo de vehículo con tecnología híbrida ya que este sistema tiene la habilidad de funcionar e impulsar el vehículo en ciertas situaciones con el motor de combustión interna apagado utilizando la energía almacenada en su batería de alto voltaje para alimentar los motores eléctricos que proporciona el impulso para el vehículo aprovechando la alta eficiencia que proveen estos tipos de motores eléctricos, con esto se alarga la vida útil del motor de combustión interna ya que no trabaja continuamente mientras se utiliza el vehículo. Así

también depende de estado de la batería de alto voltaje ya que las baterías al pasar el tiempo de trabajo pierde su capacidad para almacenar energía y su tiempo agotamiento de la misma se incrementa descargándose más rápido pero esto no perjudica la entrega de potencia de impulso ya que más bien afecta al consumo de combustible dado que enciende con más frecuencia el motor de combustión interna para poder cargar la batería de alto voltaje. Con este estudio pudimos analizar y comparar los parámetros reales de este vehículo determinado con los del fabricante y así determinar el correcto funcionamiento del vehículo.

1.4. Hipótesis.

De tener un resultado de acuerdo a lo que el fabricante determina, encontraremos que el vehículo se mantiene en óptimas condiciones y está dentro de la tendencia normal de operación también depende si respetaron el programa de mantenimiento y fue utilizado correctamente, en caso de tener un valor totalmente desfasado, se debe determinar las variables del mismo, ya sea la conducción, nivel de desgaste de los componentes entre otros factores estos resultados deben ir de acuerdo el kilometraje que ha sido utilizado y su nivel de desgaste normal.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Dinamómetro.

Para este estudio se utilizó un dinamómetro de chasis modelo 2WD Dyno X del fabricante Dynocom Industries este equipo se utiliza para medir la fuerza que un motor está aplicando a un eje para hacerlo girar (Torque). Este equipo tiene un freno magnético que utiliza solenoides de corrientes de Eddy para generar resistencia al giro de los rodillos, que está conectado por un eje al freno de Eddy, que es impulsado por las ruedas del vehículo. Este magnetismo se incrementa y se disminuye dependiendo de la corriente aplicada a las bobinas del freno de Eddy, esta corriente puede ser medida y con esto calcular cuanta se necesita para hacer una fuerza determinada de resistencia para frenar los rodillos del dinamómetro y con cálculos ya establecidos y comprobados se puede calcular las fuerzas de torque y obtener resultados. En la siguiente figura 1 se muestra el dinamómetro Dyno X 2WD.



Figura 1. Dinamómetro de chasis

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

2.1.1. Características del dinamómetro.

En la tabla 1 se muestra las características del dinamómetro Dyno X 2WD (tracción en dos ruedas).

Tabla 1. Características de dinamómetro Dyno X 2WD

ESPECIFICACION	DATOS
Max Peso de Eje:	6500 libras
Max Potencia:	800 HP
Velocidad máxima:	155 + mph
Vehículo Rango de Pista:	16 " (mínimo dentro) - 86 " (máximo)
Distancia entre ejes máxima:	86"
Max Estado Torque Estable:	1.800 pies libras por retardador
Max Dinámica de par:	5.000 pies libras por eje
Requerimientos eléctricos:	220/240 VAC @ 25AMPs

Fuente: Dynocom Industries

Editado por: Christian Cañarte

2.1.2. Definición del dinamómetro.

Es un dispositivo que sirve para medir torque, fuerza, o potencia de un eje rotativo. La velocidad del eje es medida con un tacómetro, mientras que la fuerza rotativa de un eje es medida con una escala o con otro método.

Potencia se puede apreciar por un instrumento o calculado a partir del torque y la velocidad de giro del eje.¹

2.1.3. Tipos de dinamómetros.

Según Kiledar dice que existen varios tipos de dinamómetros:

- “- Dinamómetros de chasis: Utilizan rodillos que están conectados a motor eléctrico al freno, estos rodillos entran en contacto con las ruedas del vehículo que tengan la tracción y así pudiendo medir la fuerza ejercida por el impulso.

- Dinamómetros de motor: Estos dinamómetros se utilizan para medir la potencia de los motores están conectados directamente con el eje de salida del motor.

El uso más común para un dinamómetro es para determinar la potencia de un motor eléctrico o motor de un vehículo, camión u otro tipo de vehículo.

Un dinamómetro que se conecta directo al eje de motor es un dinamómetro de motor. Un dinamómetro que tiene rodillos que giran por medio de las llantas del vehículo se lo llama dinamómetro de chasis, este tipo de dinamómetro es muy usado por la industria automotriz para la

¹ Kiledar, J. S. (2012). *Dynamometer Theory and Application ton engine*. Dallas: Xlibris Corporation.

acumulación de millas, emisiones, economía de combustible, y pruebas de mejoras de desempeño.²

2.1.4. Historia del dinamómetro

Los dinamómetros son utilizados para medir potencia hace tiempo atrás. Durante el siglo XVIII, James Watt introduce la unidad de medida de potencia para comparar la potencia de los motores a vapor. Esta unidad de medida se la conoce como el “Caballo de Fuerza”. Esta determinaba cuanta potencia se necesita para poder mover 550 libras de peso a una distancia de un pie en un segundo.³ Como se demuestra en la figura 2.



Figura 2. Trabajo realizado

Fuente: Dynamometer: Theory and Application to Engine Testing

Editado por: Christian Cañarte

Si pensamos en un buen dinamómetro que tiene el propósito de realizar las pruebas en un motor, hay que tomar en cuenta las siguientes características:

- Medios de control de torque.

² Killedar, J. S. (2012). *Dynamometer Theory and Application ton engine*. Dallas: Xlibris Corporation.

³ Killedar, J. S. (2012). *Dynamometer Theory and Application ton engine*. Dallas: Xlibris Corporation.

- Medios de medición de torque
- Medios de medición de velocidad.
- Medios de disipar potencia.

2.2. TOYOTA PRIUS 2010

2.2.1. Historia del Prius

Prius es una palabra Latina que significa “Primer”. Toyota escogió este nombre porque el Prius es el predecesor de los vehículos que vendrán a futuro. El rápido aumento de población y la creciente economía en las últimas décadas ha resultado en un incremento en consumo de combustibles fósiles a nivel mundial. Enfrentando desafíos para crear vehículos amigables con el medio ambiente Toyota produce el primer vehículo de fabricación masiva con sistema híbrido.

El sistema híbrido es la nueva ola del futuro y hoy en día hay más motivos por el cual comprar uno de estos vehículos. Dueños de los Prius u otro tipo de vehículo híbridos gasolina – eléctricos pueden ser elegidos para descuentos de impuestos gubernamentales como incentivos por ser vehículos limpios.

En forma simple, un sistema híbrido combina la mejor forma de operación de un motor eléctrico y un motor de combustión interna. Sistemas híbridos más sofisticados, como el del Sistema híbrido Toyota, recupera energía que de otra forma se pierde como calor en los frenos y lo utiliza para cargar la batería y reemplazar la potencia del motor de combustión interna. Estas técnicas sofisticadas permiten al Sistema híbrido Toyota a alcanzar una superior

eficiencia de combustible y una mayor reducción en gases contaminantes (CO₂).

Cuando el Prius fue lanzado por primera vez al mercado en el 2001 fue escogido como el mejor vehículo de pasajeros diseñado. El Prius fue escogido por ser el primer vehículo híbrido con capacidad de 5 personas y su equipaje, y fue el mayor económicamente y medio ambiente amigable vehículo disponible para ese entonces en el mercado. Después en el año 2004, apareció una segunda generación de Prius que ganó el prestigioso premio de Vehículo del año nominado por la revista Motor Trend como así también ganó el premio por vehículo mejor diseñado del 2004.⁴

El tren de impulsión **Sistema Híbrido Toyota** (THS) en el Prius original y en la segunda generación el sistema híbrido Toyota II (THSII) ambos ofrecían buenos rangos de eficiencia de combustible y extremadamente limpio en emisiones. Como se demuestra en la tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento de consumo de combustible

THS (2001-2003)		THSII (2001-2003)	
Ciudad	52 mpg	Ciudad	60 mpg
Autopista	45 mpg	Autopista	51 mpg
SULEV		AT-PZEV	

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: **Christian Cañarte**

CARB: California Air Resources Board → regulación de California

SULEV: Super Ultra Low Emission Vehicle → categoría de control de emisión

⁴ Toyota. (2004). *Toyota Technical Training Hybrid system*. Japan: Toyota.

AT-PZEV: Advance Technology Partial Zero Emissions Vehicle → categoría de control de emisión



Figura 3. Componentes del sistema Híbrido

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.2. Componentes Básicos del Sistema Híbrido.

En la figura 4 se puede apreciar la ubicación de los componentes más importantes del sistema híbrido.

- Motor de combustión interna
- Motor Generador 1 (MG1)
- Motor Generador 2 (MG2)
- Juego de Engranajes planetarios
- Inversor
- Módulo de control de batería de alto voltaje
- Batería de alto voltaje

2.2.3. Reseña.

El Toyota Prius es un vehículo de pasajeros diseñado para la ciudad. Este vehículo posee una característica muy particular la cual puede circular dependiendo ciertos factores con el motor de combustión interna apagado

siendo uno de los pioneros que emplean este sistema de vehículo eléctrico pero no podemos decir que totalmente eléctrico por que en algún momento necesitara cargar sus baterías y en este modo utiliza el motor de combustión interna como “generador” para poder cargar sus baterías.



Figura 4. Toyota Prius 2010

Fuente: Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

2.2.4. Funcionamiento básico del motor de combustión interna.

El motor de combustión interna es uno de las dos fuentes de poder del Prius. Tiene un motor de 1.8 litros de 4 cilindros en línea con sistema VVT-i y cuerpo motorizado de aceleración e incluye un numero de modificaciones que ayudan a mantener el balance entre rendimiento, eficiencia de consumo de combustible y limpio de gases contaminantes. Otro aspecto interesante de este motor es su ciclo Atkinson que permite variar la relación de compresión con respecto a la del ciclo de expansión. Otra característica que tiene este motor es un tanque aislado de almacenaje de refrigerante que permite mantener el líquido refrigerante caliente tres días para así evitar los HC contaminantes durante el momento de arranques en frio permitiendo circular este refrigerante caliente por medio de una bomba eléctrica. Para este tipo de motor son las siguientes características que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones del Motor de combustión Interna

Modelo	2010 Prius
Tipo de motor	2ZR-FXE I4
No. de cilindros	4 en línea
Mecanismo de Válvulas	16v DOCH, con cadena (VVTi)
Cámara de combustión	Pentroof
Múltiple de admisión	Flujo cruzado
Sistema de alimentación combustible	SFI
Cilindraje	1798 cc (1.8 litro)
Relación de compresión	13,0:1
Max Potencia motor IC	73 kW (98 HP)
Max Torque motor IC	142 Nm (105 lb ft)
Max Potencia todos motores	100 kW (134 HP)
Max Torque todos los motores	207 Nm (153 lb ft)
Orden de encendido	1-3-4-2
RON	91
MON	87
Grado de aceite	API SJ, SL, EC or ILSAC
Regulación de emisiones	SULEV
Regulación de emisiones evaporativos	AT-PZEV, ORVR

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.5. Sistema VVT-i y Ciclo Atkinson.

El VVT-i (Tiempo variable de válvula con inteligente) que permite al sistema de control del motor poder ajustar independientemente el tiempo de apertura y cierre de la válvula de admisión. Este motor tiene la característica de poder funcionar con un tiempo de válvula convencional o con un tiempo de válvulas de ciclo Atkinson, variando el “cilindraje” del motor.

“En el motor de ciclo Atkinson, la válvula de admisión es dejada abierta en el ciclo de compresión. Mientras la válvula se encuentra abierta, parte del volumen es forzado vuelta a la admisión. Esto crea un efectiva disminución del

“cilindraje” del motor. Conjuntamente con la variación del sistema VVT-i convencional y Atkinson el motor logra un mejor rendimiento de eficiencia del combustible y también poder entregar la máxima potencia del motor cuando se requiere”.⁵

2.2.6. Cuerpo de aceleración motorizada.

“El acelerador en el Prius, no existe cable de aceleración conectado al cuerpo de mariposa a su vez la ECM revisa el sensor de posición de pedal de aceleración para determinar la demanda del conductor, con esto la ECM calcula exactamente cuánto abrir la mariposa de aceleración para el régimen determinado controlándolo con un motor eléctrico y la mariposa cambia su ángulo”.⁶ En la figura 6 podemos apreciar el cuerpo de aceleración motorizado.

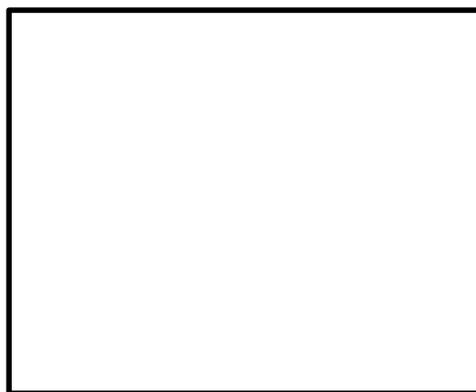


Figura 5. Cuerpo de aceleración motorizado

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.7. Sensor de posición de pedal del acelerador.

El sensor de posición de pedal de aceleración está montado sobre el pedal. Se utiliza dos circuitos integrados tipo Hall para detectar la posición del

⁵ Toyota, 2004, Toyota Technical training Hybrid system 00401-TH071-V3

⁶ Toyota, 2004, Toyota Technical training Hybrid system diagnosis 00401-TH072-V2

acelerador diferentes señales se detectan dependiendo de las posiciones del pedal. El módulo HV ECU siempre está monitoreando este sensor para poder detectar algún tipo de mal funcionamiento.

2.2.8. Tanque aislado de refrigerante caliente

Este sistema fue implementado desde la generación 2004 del Prius. Este tanque puede almacenar el refrigerante a una temperatura de 80 grados Celsius durante 3 días. Cuando se enciende el motor en frío, el sistema usa una bomba de agua auxiliar para forzar el refrigerante caliente hacia dentro del motor. Esta “precalentada” permite reducir emisiones de HC en arranque en frío.

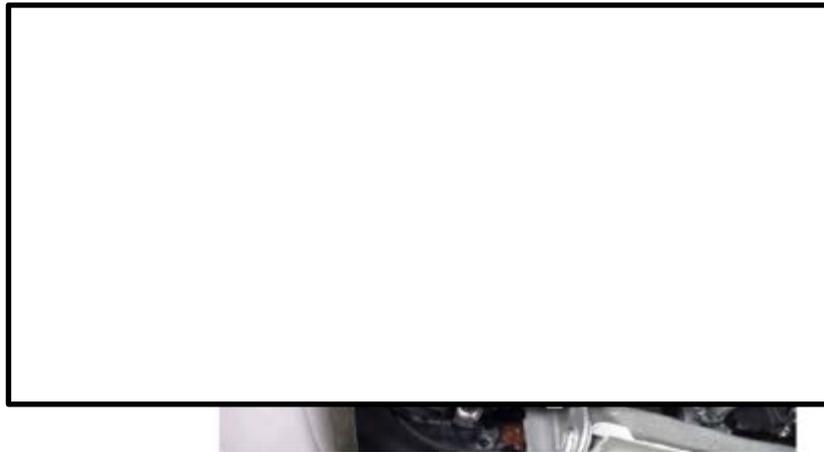


Figura 6. Circuito de refrigerante aislado

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.9. Sistemas eléctricos.

Dado que este vehículo utiliza motor generadores para cargar sus baterías y poder aportar impulso al vehículo y poder hacer actuar a sus accesorios cuenta con varios componentes electrónicos que permiten esta modalidad.

2.2.10. Motor Generador 1 (MG1).

El motor generador1 (MG1) opera como elemento de control para los engranajes planetarios del Power splitting. Este recarga la batería de alto voltaje como así también proporciona electricidad para impulso al motor generador 2 (MG2). El MG1 controla continuamente la función variable de transmisión del eje de impulsión y también opera como motor de encendido para el motor de combustión interna.⁷ En la figura 8 podemos apreciar el motor MG1.



Figura 7. Motor Generador 1 (MG1)

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.11. Motor generador 2 (MG2).

El MG2 es utilizado para impulsar el vehículo a bajas velocidades y aporta impulso a altas velocidades. Este motor en altas demandas de potencia ayuda al motor de combustión interna para mejorar rendimiento e incrementar la potencia total enviada hacia las ruedas. Este motor también funciona como generador en situaciones de frenado para aprovechar esa energía que se

⁷ Toyota, 2004, Toyota Technical training Hybrid system 00401-TH071-V3

desperdiciaría si utilizar las pastillas de freno para disminuir la velocidad del vehículo.

2.2.12. Inversor de HV (Alto Voltaje).

La corriente entre el MG1, MG2 y la batería de alto voltaje es controlada por el inversor. Este inversor convierte el alto voltaje de la batería de corriente directa a corriente alterna, y también rectifica el alto voltaje de corriente alterna de los generadores MG1, MG2 para recargar la batería de alto voltaje.

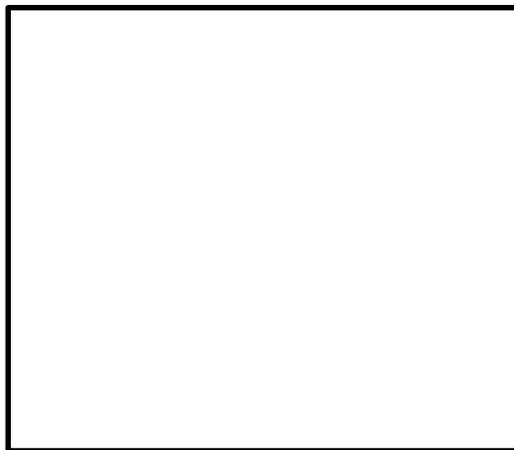


Figura 8. Inversor de alto voltaje

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.13. Batería de alto voltaje.

La batería almacena la energía recuperada por el MG2 durante el frenado regenerativo como así también la energía producida por el MG1. La batería provee de energía cuando el motor de combustión interna se encuentra apagado y cuando se exige al vehículo toda su potencia. En la tabla 4 se puede apreciar Las características de las baterías de alto voltaje y en la figura 5 se puede apreciar la batería de alto voltaje.

Tabla 4. Especificaciones de batería de alto voltaje

MODELOS	
THS (2001-2003 Prius)	THS II (2004-later Prius)
38 NiMH módulos	28 NiMH módulos
Voltaje total: 273,6 V	Voltaje total: 201,6 V

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte



Figura 9. Batería de alto voltaje

Fuente: Manual Toyota Technical training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14. Modos de control del sistema Híbrido.

Este vehículo tiene la particularidad de combinar el accionamiento de los motores eléctricos y de combustión interna para determinadas situaciones o regímenes del vehículo.

2.2.14.1. Detenido.

Si el vehículo está completamente cargado y no está en movimiento, el motor de combustión interna puede encontrarse apagado. El motor de CI arrancaría si el módulo detecta que la batería de alto voltaje necesita cargar.

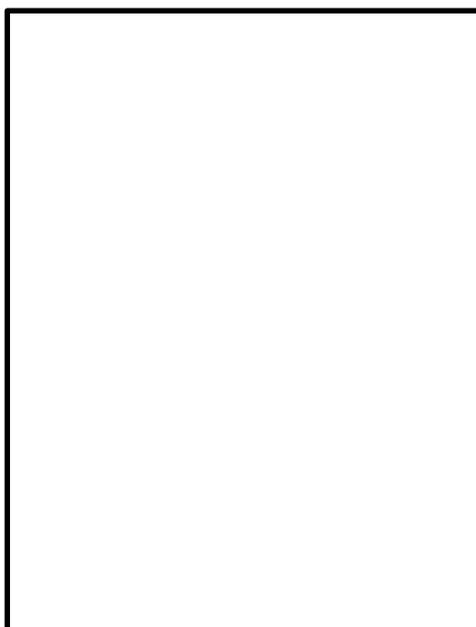


Figura 10. Modo detenido

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

- A. MG2: Motor electric 2
- B. Planetarios: transmisión
- C. MG1: Motor eléctrico 1
- D. Engine: Motor de combustión interna
- E. Inverter: Inversor de alto voltaje
- F. HV ECU: Modulo de control de alto voltaje
- G. HV Battery: Betería de alto voltaje

2.2.14.2. Arranque a baja velocidad.

En el arranque a baja velocidad con carga mínima y poca aceleración en el pedal, Solo el MG2 gira para dar impulso al vehículo. El motor CI no arranca y el vehículo se mueve y funciona solo eléctrico. El MG1 gira neutral y no aporta generación ni impulso.

En este caso el vehículo puede moverse con el motor de combustión apagado y se debe tomar en cuenta que el vehículo no hace el ruido



característico del motor encendido así que las personas no pueden escuchar el motor.

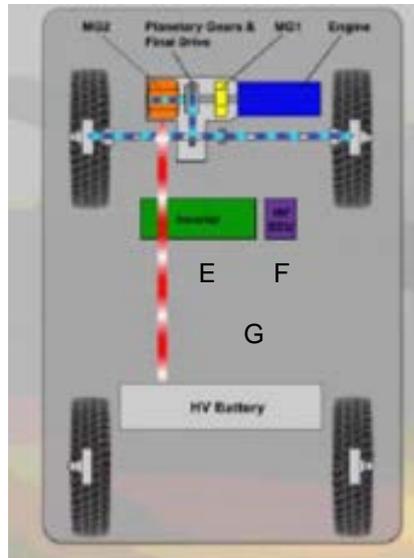


Figura 11. Modo arranque a baja velocidad

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14.3. Conducción Normal.

Durante la conducción normal a baja velocidad (15 – 40 Mph), el motor CI enciende y entrega potencia. El MG2 gira y funciona como motor dando impulso. El MG1 gira para el mismo sentido que el motor CI y trabaja como generador para abastecer de energía al MG2.

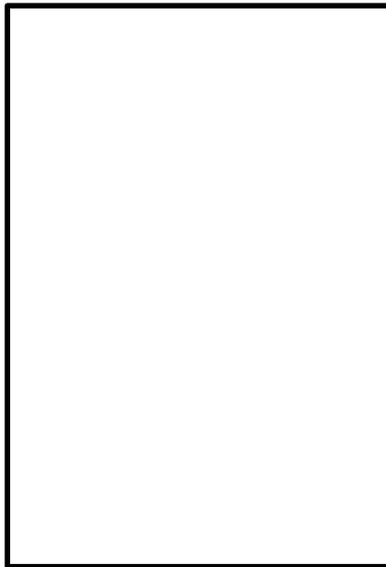


Figura 12. Modo Normal de manejo

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14.4. Pedal a fondo y máxima velocidad.

Para máxima aceleración o velocidad sobre los 100 Mph, el motor MG2 aporta impulso a las ruedas conjuntamente con el motor CI. La batería de alto voltaje proporciona electricidad al motor MG2. El motor MG1 también recibe electricidad de la batería de alto voltaje y gira en reversa para crear un efecto de sobre marcha para máxima velocidad.

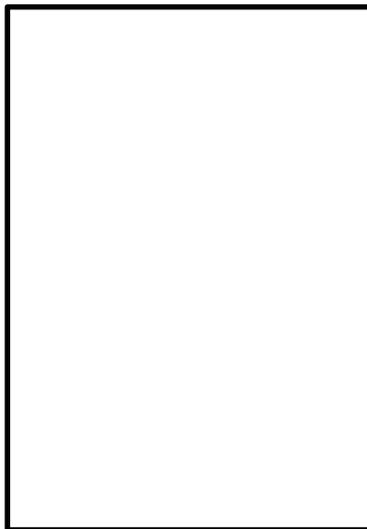


Figura 13. Pedal a fondo máxima velocidad

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14.5. Desaceleración o frenado.

De pronto que el piloto deja de presionar el pedal aceleración, el MG2 se convierte en generador. El MG2 es girado por la llantas y genera electricidad que recarga la batería la batería de alto voltaje. Este proceso se lo llama freno regenerativo. Así como el vehículo desacelera, el motor CI se detiene y el MG1 gira para mantener la relación de cambio de la transmisión.

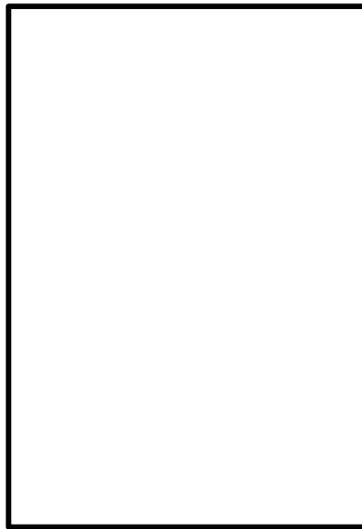


Figura 14. Desaceleración y frenado

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14.6. Reversa.

Cuando el vehículo se mueve en reversa, MG2 gira en reversa como motor eléctrico. El motor de CI se encuentra apagado. MG1 gira neutral y no genera electricidad.

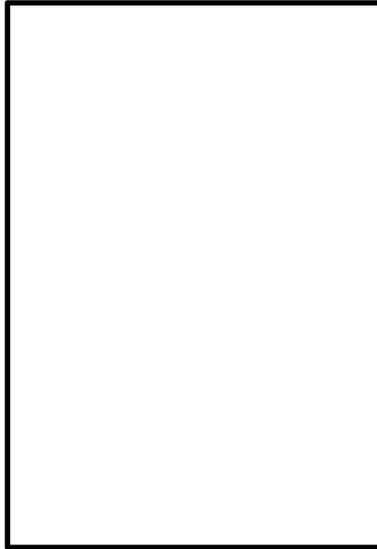


Figura 15. Modo de Reversa

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2.14.7. Pantalla de monitor de energía.

Esta pantalla sirve para que el usuario pueda saber cómo el estilo de manejo puede incrementar la eficiencia del uso de combustible mostrando cuando el vehículo rueda en un modo más limpio.



Figura 16. Monitoreo de consumo de energía

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por: Christian Cañarte

2.2 Situación actual del vehículo.

2.2.1 Parámetro Teórico.

Dado el uso que este vehículo ya posee se lo encuentra en buenas condiciones pero aun así para esta investigación se realizó una prueba de compresión para saber el estado de funcionamiento del motor de combustión interna.

- **Compresión de cilindro:** Para este vehículo los parámetros normales para el motor de combustión interna se aprecia en la tabla 5:

Tabla 5. Compresión de cilindro

Presión nominal	882 Kpa (128 psi)
Presión mínima	686 Kpa (99 psi)
Diferencia entre cilindros	entre 98 Kpa (14 psi)

Fuente: Manual Toyota Technical Training

Editado por Christian Cañarte

Para esta prueba es necesario contar con la interface de diagnóstico de este vehículo o realizar el procedimiento de modo de inspección sin scanner para poder medir la potencia de los motores y poder activar el modo de prueba del vehículo (Engine Active Test). Se procede con la interface de diagnóstico a activar el modo "Inspection mode" una vez activado este modo el vehículo procede a activar el motor a 1000 RPM muy independientemente del régimen de carga que se le está aplicando al vehículo.

- **Aceite de motor**

Este motor de combustión interna utiliza un aceite 10W30 con una capacidad de 4.2 litros.

2.2.2 Parámetro Real.

Para este análisis se procedió a realizar las pruebas de compresión de cilindros utilizando en modo “Prueba de motor activa” y los resultados obtenidos se los presenta en la tabla 6:

Tabla 6. Compresión de cilindros en seco

Cil #1	126 psi
Cil #2	127 psi
Cil #3	125 psi
Cil #4	124 psi

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

2.2.3 Comparación de Parámetros.

Tabla 7. Comparación de prueba de compresión

Cilindro	Real	Teórico
Cil #1	126 psi	128 psi normal - 99 psi mínimo
Cil #2	127 psi	128 psi normal - 99 psi mínimo
Cil #3	125 psi	128 psi normal - 99 psi mínimo
Cil #4	124 psi	128 psi normal - 99 psi mínimo

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por Christian Cañarte

2.3. Combustible.

Dado que este vehículo necesita un combustible de alta calidad en el mercado ecuatoriano se encuentra la gasolina Super que se aproximaría al combustible que exige el fabricante para el funcionamiento de este vehículo especialmente para conservar en buen estado el convertidor catalítico que viene equipado.

2.3.1. Normas INEN para el combustible.

Normas Ecuatorianas que deben ser seguidas para la producción de gasolina para los motores de ciclo Otto, esta norma incluye gasolina comercializada tanto la de producción nacional como la importada.

Bajo los siguientes parámetros en la tabla 8 tendremos las especificaciones para combustibles de gasolina súper y extra. ⁸

- Requerimientos para Gasolina Súper

Tabla 8. Requisitos para la gasolina

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	METODO DE ENSAYO
Número de octano Research	RON	90	...	NTE INEN 2102
Destilación 10%	°C	...	70	NTE INEN 926
Destilación 50%	°C	77	121	NTE INEN 927
Destilación 90%	°C	.....	190	NTE INEN 928
Punto Final	°C	...	220	NTE INEN 929
Residuo de destilación	%	.....	2	NTE INEN 930
Relación vapor - Líquido, a 60°C	....	.....	20	NTE INEN 932 - ASMT D 5188
Presión de vapor	kPa	.....	56 ^o	NTE INEN 928 - ASMT D 2953 - ASMT D 5191
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50°C)	....	.....	1	NTE INEN 927
Contenido de Gomas	mg/100cm ³	.....	4.0	NTE INEN 933
Contenido de Azufre, W ^s	%	.....	0,1	NTE INEN 929 - ASTM D 4294
Contenido de Aromáticos	%	.....	35.0	NTE INEN 2252 ASTM 6730
Contenido de Benceno	%	.....	2.0	ASTM D 3606 - ASTM D 5580 - ASTM D 6277
Contenido de Olefinas	%	.....	25.0	NTE INEN 2252 ASTM D 6277
Estabilidad de Oxidación	min.	240	....	NTE INEN 934
Contenido de Oxígeno	%		2.7	ASTM D 4815 - ASTM D 5845
Contenido de Plomo	mg/l	.....		ASTM D 3237 - ASTM D 5185
Contenido de Manganeso	mg/l	.....		ASTM D 5185
Contenido de Hierro	mg/l	.....		ASTM D 5185

Fuente: <http://www.aeade.net/web/images/stories/descargas/biblioteca/norma5.pdf>

Editado por: Christian Cañarte.

⁸ Normalización y regularización de combustibles INEN 2012

2.3. Curvas características de motor

2.3.1. Torque (T)

También llamado momento de una fuerza, en física - la tendencia de una fuerza para rotar un cuerpo. El torque, considerando su eje de rotación, es igual a la magnitud de un componente de la fuerza del vector acostado en un plano perpendicular al eje, multiplicado por la distancia más corta entre el eje y la dirección del componente de la fuerza, sin considerar su orientación.⁹

$$T = \frac{HP \times 5252}{RPM}$$

HP: Caballos de fuerza

5252: 500 ft-lbs / sec

= 33000 ft-lbs / min

HP= (torque * rpm * 2 π) / 33000 /min

= 33000/ (2 * 3.1416) → 5252

2.3.2. Potencia al freno (Pf)

La potencia de salida de los motores se llama también potencia al freno (BHP) debido al equipo de freno usado para mantener la velocidad del motor en el valor conveniente mientras se efectúa la medición de la potencia. Cuando por ejemplo la potencia de un motor está estimada en 300 HP (223,8 kW) ésta es realmente la potencia al freno. O sea, la potencia que el motor puede

⁹ Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.

producir a una cierta velocidad con la mariposa del carburador totalmente abierta.¹⁰

Formula:

$$\text{BHP} = T * \frac{2.\pi.N}{60}$$

BHP: Caballos de fuerza al freno

N: RPM

T: Torque

2.3.3. Consumo específico de combustible (CEC)

Es la cantidad de combustible que el motor de combustión interna necesita para cada unidad de trabajo entregado y se lo expresa en kilogramos por kilovatio hora.¹¹

$$\text{CEC} = \frac{mc}{Pf} \text{ kg}/(\text{kW}.h)$$

mc= flujo másico del combustible

Pf= Potencia al freno

2.3.4. Rendimiento volumétrico (η_v)

Se le llama rendimiento volumétrico al porcentaje de presión de llenado de un cilindro.”

¹⁰ Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.

¹¹ Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.

$$\eta v = \frac{ma}{mD} * 100\%$$

ma= consumo másico de aire real en kg/h

mD= consumo de aire teórico en kg/h

$$ma = \frac{\pi * D^2}{4} * C * \sqrt{\frac{2 * C1 * ho * Pa}{Ra * Ta}} * 3600$$

ma= consumo másico de aire real, en kg/h

D= Diámetro del orificio de admisión: 0.055 m.

C= Coeficiente de descarga: 0.62

C1= Constante referida al fluido del manómetro (N/m²)/mmH₂O

Ho= Altura del manómetro, en mm.H₂O

Pa= Presión atmosférica Pa

Ra= Constante del aire Nm/(kg. °K)

Ta= Temperatura ambiente °K

$$VD = n * \frac{\pi * D^2}{4} * L * \frac{N}{60 * k2} * 3600$$

VD= volumen de aire teórico consumido por el motor m³/h

n= número de cilindros del vehículo

D= dinamómetro del cilindro en m

L= carrera del pistón en m

N= revoluciones a las que gira el motor (RPM)

K2= 2 para motores de 4 tiempos

$$\rho_{\text{aire}} = \frac{mD}{VD}$$

ρ_{aire} = densidad del aire

mD= consumo másico de aire teórico en Kg/hr

VD= volumen de aire teórico consumido m³/hr

mD= $\rho_{\text{aire}} \cdot VD$

2.3.5. Rendimiento térmico (η_t)

El rendimiento térmico nos demuestra el nivel de aprovechamiento del poder calórico del combustible.¹²

$$\eta_t = \frac{Pf}{mc * Q_{\text{neto}}} * 3600 * 100\%$$

Pf= potencia al freno, kW

mc= consumo másico de combustible, en kg/hr

Q_{neto}= poder calórico de la gasolina

¹² Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.

CAPITULO III

TOMA DE MUESTRAS

Dentro de este capítulo analizara la obtención de muestras necesarias para realizar el estudio de la curva de desempeño.

3.1. Seguridad.

Para este tipo de pruebas es importante tomar en cuenta las seguridades necesarias para evitar accidentes en el área de trabajo ya que se utiliza un dinamómetro que permite hacer girar las ruedas del vehículo a altas revoluciones y si el vehículo llega a salir de los rodillos en ese régimen puede ocasionar daños al vehículo, accidentes fatales y daños al área de trabajo.

3.1.1. Correas de sujeción.

Para esta prueba se utilizan correas ajustables para asegurar el vehículo al dinamómetro, al elevador de 4 postes y al suelo. Depende la tracción del vehículo el patrón que se utiliza para cruzar las correas y como así también depende de los ganchos de sujeción que venga equipado el vehículo. Son 4 correas del lado del dinamómetro y 2 correas del lado opuesto del dinamómetro. Como se puede observar en la figuras 17, 18, 20, 21 y 22.



Figura 17. Modo de sujeción FWD (Tracción delantera)

Fuente: Dynocom Industries

Editado por: Christian Cañarte

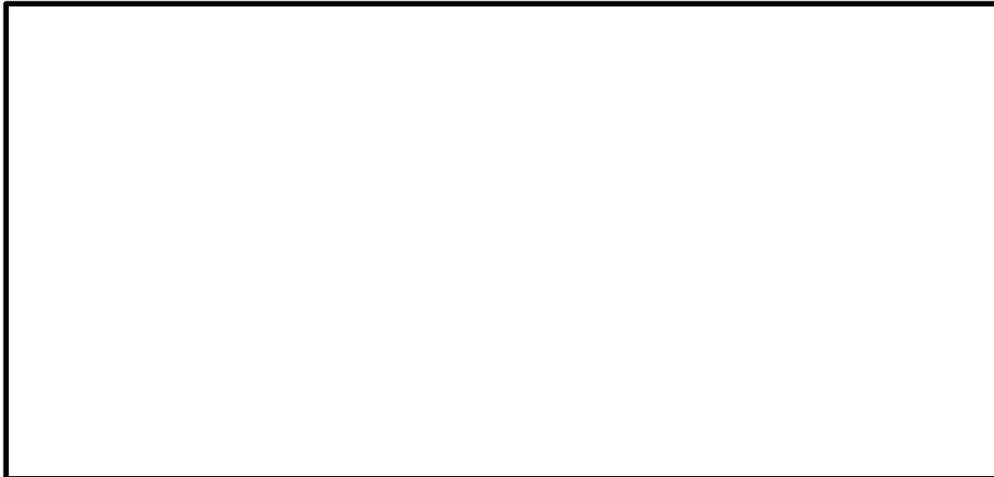


Figura 18. Modo de sujeción RWD (Tracción Posterior)

Fuente: Dynocom Industries

Editado por: Christian Cañarte

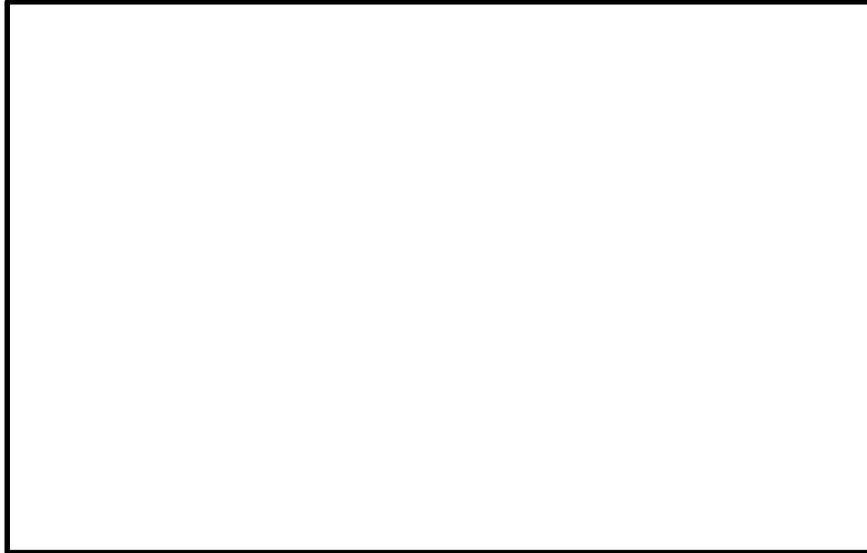


Figura 19. Sujeción de Correas

Fuente: Dynocom Industries

Editado por: Christian Cañarte



Figura 20. Correas sujeción posterior

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

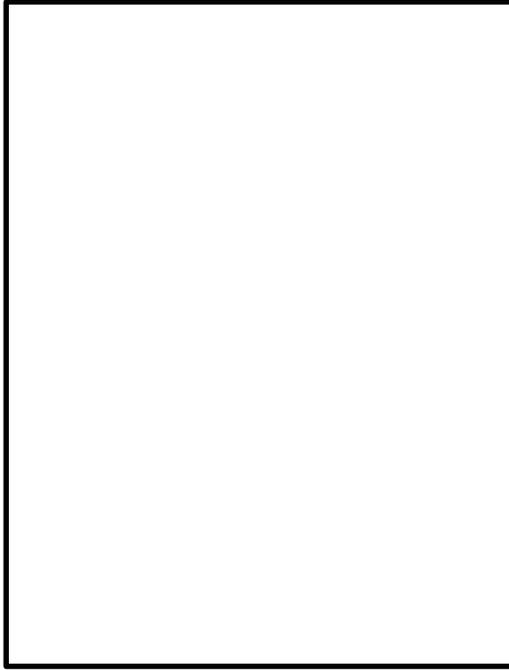


Figura 21. Correa de sujeción al poste del elevador

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte



Figura 22. Correas Sujeción delanteros

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

La posición de las correas de seguridad pueden variar dependiendo de las características del vehículo si es tracción trasera o delantera así como también si es en las cuatro ruedas tomando en cuenta que para ese tipo de

vehículos necesitan un dinamómetro especial con otros rodillos para poder realizar una prueba en las 4 ruedas. Lo importante es que el vehículo debe quedar bien asegurado con las correas de sujeción. El fabricante Dynocom recomienda un patrón de sujeción como se observa en la figura 19 pero todos los vehículos son diferentes y esto puede variar la forma de ubicar los ganchos de las correas.

3.2. Toma de muestras

En este estudio tomamos una sola muestra que nos resulta una gráfica (curva de potencia) con sus ejes velocidad de ruedas (MPH) vs. Potencia (HP) dado que este vehículo por ser híbrido no se puede determinar una gráfica con RPM del motor ya que para entregar la máxima potencia combina la fuerza de motor de combustión interna y motor eléctrico.

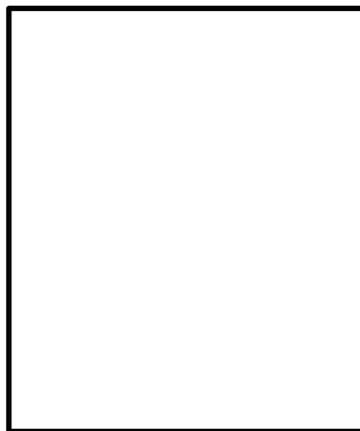


Figura 23. Pruebas dinamómetro

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Fotografiado por: Christian Cañarte

3.2.1. Modo activo de prueba (Active test mode)

Este vehículo viene equipado con sistema de control de tracción que al momento que se realizó la prueba este detectó que las ruedas posteriores

del vehículo no giraban y las delanteras así este limitaba la aceleración del vehículo, siendo necesario la activación de modo de prueba de deshabilita el control de tracción:

Procedimiento para activar el modo inspección:

1. Presionar 2 veces "Start" (sin frenar).
2. Presionar 2 veces acelerador a fondo.
3. Poner palanca en Neutro (N).
4. Frenar.
5. Presionar 2 veces acelerador a fondo.
6. Presionar botón de Parking (P).
7. Presionar 2 veces acelerador a fondo.



Figura 24. Modo mantenimiento en panel indicación

Fuente: Taller Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

3.2.2. Toma 1

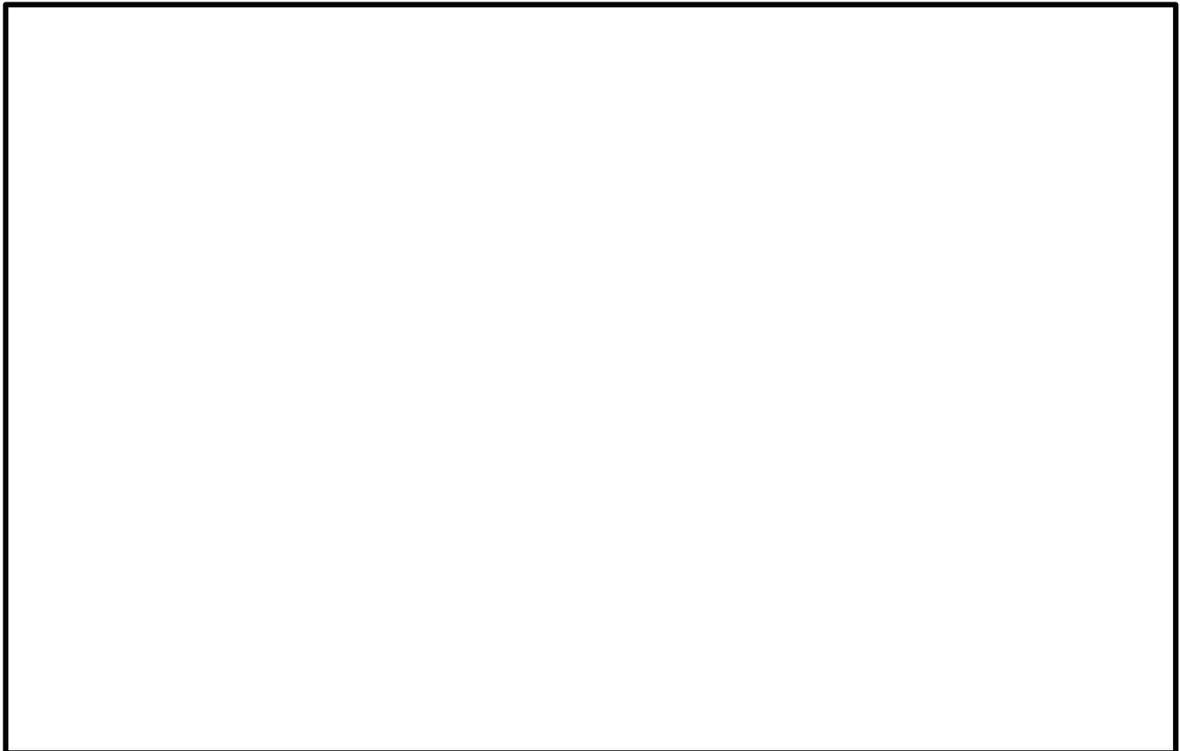


Figura 25. Curva de potencia MPH vs. HP

Fuente: Dynocompute X Software (Dinamometro)

Editado por: Christian Cañarte

Donde se pudo determinar un máximo de potencia de 116 HP a 68 MPH, para tomar esta muestra se llegó a una velocidad máxima de 90 millas por hora y dado que el dinamómetro tiene como velocidad máxima de 5000 Revoluciones por minuto la toma se llegó hasta esa velocidad. En glosario se explica el significado de cada ítem del cuadro de curva.

3.3. Tabla de datos

Con los datos obtenidos en la prueba se realiza la tabla 9 de recopilación de datos.

Tabla 9. Recopilación de datos

MPH	RPM	Torque (Nm)	Watt	Pf salida (kW)
29	1950	38,61	7881,99	7,88
30	2017	62,67	13235,79	13,24
31	2084	80,07	17474,22	17,47
32	2151	93,74	21117,79	21,12
33	2218	103,06	23943,40	23,94
34	2286	108,73	26025,44	26,03
35	2353	112,26	27661,32	27,66
36	2420	114,72	29074,13	29,07
37	2487	116,47	30338,23	30,34
38	2555	117,85	31527,96	31,53
39	2622	119,16	32717,70	32,72
40	2689	119,88	33758,71	33,76
41	2756	120,05	34651,01	34,65
42	2824	119,71	35394,60	35,39
43	2891	118,89	35989,46	35,99
44	2958	117,63	36435,62	36,44
45	3025	116,18	36807,41	36,81
46	3092	114,58	37104,84	37,10
47	3160	113,04	37402,27	37,40
48	3227	111,34	37625,35	37,63
49	3294	109,72	37848,42	37,85
50	3361	108,37	38145,86	38,15
51	3429	106,24	38145,86	38,15
52	3496	105,22	38517,65	38,52
53	3563	103,63	38666,37	38,67
54	3630	102,10	38815,08	38,82
55	3697	100,82	39038,16	39,04
56	3765	99,59	39261,23	39,26
57	3832	98,40	39484,31	39,48
58	3899	97,06	39633,03	39,63
59	3966	95,78	39781,74	39,78
60	4034	94,71	40004,82	40,00
61	4101	94,37	40525,33	40,53
62	4168	95,23	41566,34	41,57
63	4235	98,75	43797,10	43,80
64	4303	104,80	47217,58	47,22
65	4370	112,94	51679,09	51,68
66	4437	121,63	56512,38	56,51
67	4504	129,74	61196,96	61,20
68	4571	136,84	65509,75	65,51
69	4639	142,67	69302,03	69,30
70	4706	147,27	72573,80	72,57

71	4773	150,85	75399,42	75,40
72	4840	153,45	77778,88	77,78
73	4908	155,69	80009,64	80,01
74	4975	157,15	81868,60	81,87
75	5042	158,15	83504,48	83,50
76	5109	158,57	84842,93	84,84
77	5176	158,16	85735,23	85,74
78	5244	156,94	86181,38	86,18
79	5311	155,09	86255,74	86,26
80	5378	153,02	86181,38	86,18
81	5445	149,57	85289,08	85,29
82	5513	146,20	84396,78	84,40
83	5580	143,04	83578,84	83,58
84	5647	140,33	82983,97	82,98
85	5714	137,93	82537,82	82,54
86	5782	136,08	82389,11	82,39
87	5849	134,64	82463,46	82,46
88	5916	133,47	82686,54	82,69
89	5983	132,56	83058,33	83,06

Fuente: Dynocompute X Software

Editado por: Christian Cañarte

CAPITULO IV

COMPARACION DE DATOS

En este capítulo daré a conocer los diferentes datos obtenidos en la toma de muestras y como estos pueden llegar a variar según lo que dice el fabricante.

4.1. Datos de fabricante.

El Toyota Prius de tercera generación año 2010 posee un poder neto híbrido de 134 HP (100kW), cual consiste en que el motor de combustión interna y el motor eléctrico aporten impulso a las ruedas del vehículo según información del fabricante.

4.2. Datos obtenidos de la prueba.

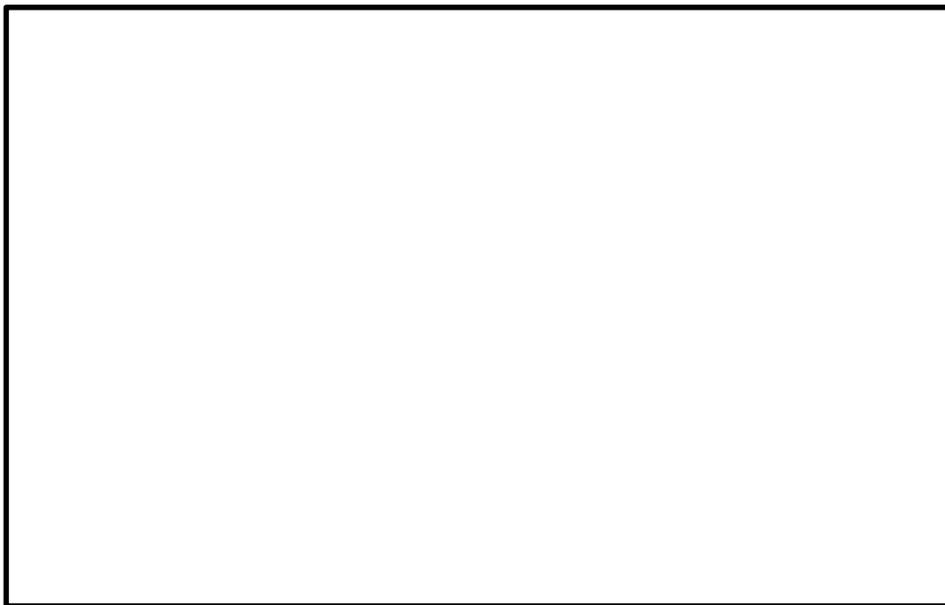


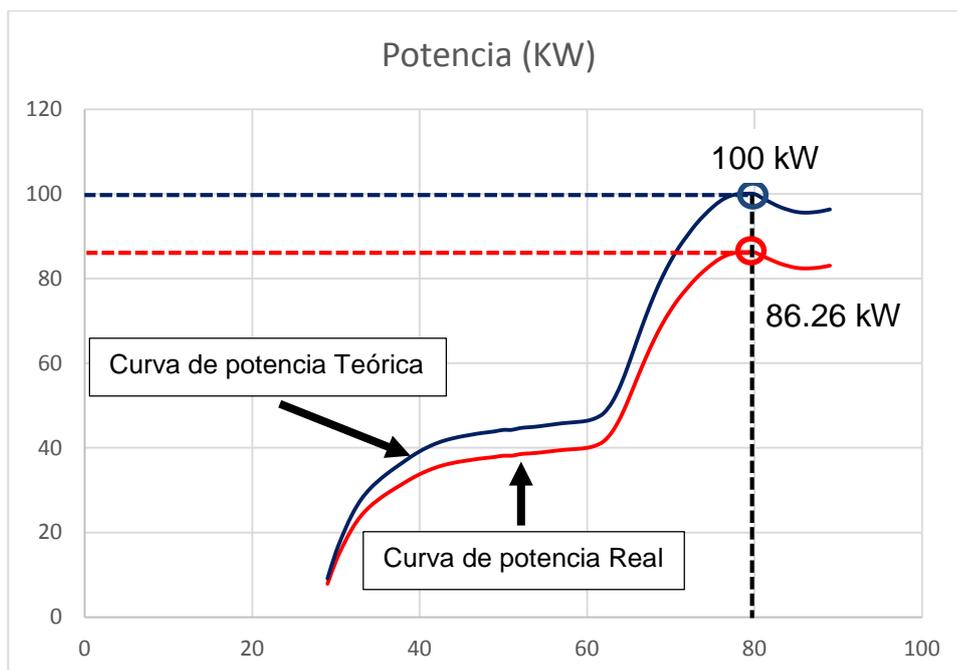
Figura 26. Datos de prueba

Fuente: Dynocompute X Software (Dinamometro)

Editado por: Christian Cañarte

El Resultado de la prueba fue de 116.0 HP a 76 MPH como pico de potencia, en la curva se puede apreciar del punto **A** hasta el punto **B** la aportación de impulso solo del motor de combustión interna y del punto **B** al punto **C** se puede observar un incremento de potencia ya que el motor eléctrico complemento la potencia del motor de combustión interna activando el modo dual hibrido. Tomando los datos del torque obtenidos de la prueba en dinamómetro se utilizó las fórmulas para elaborar las curvas de potencia y torque que para el caso de potencia se lo puede apreciar en la tabla 10 y se comparó con el determinado por el fabricante se debe tomar en cuenta que 1 kW = 1.34 HP para esta tabla y para Torque se lo aprecia en la Tabla 11.

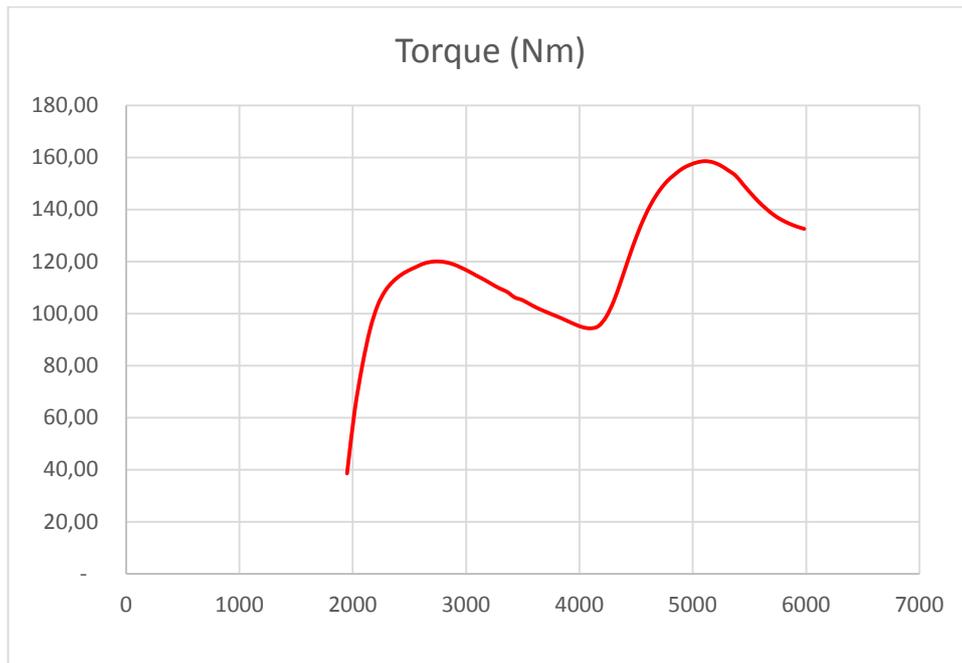
Tabla 10. Curva de potencia (kW)



Fuente: Dynocompute Software

Elaborado por: Christian Cañarte

Tabla 11. Curva de Torque



Fuente: Dynocompute Software

Elaborado por: Christian Cañarte

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RESULTADOS

5.1. Conclusiones.

Dado los resultados de las pruebas de las curvas de potencia y su comparación con los parámetros del fabricante podemos determinar que el vehículo se encuentra dentro del rango normal de operación concluyendo gracias a los datos obtenidos en el dinamómetro de chasis en diferentes regímenes que se probó este vehículo cumplió todas las expectativas que se esperaban obtener. También este tipo de vehículos híbridos dependen mucho de la vida útil de la batería de alto voltaje para poder entregar una óptima potencia al momento de requerir impulso para el vehículo.

También hay que tomar en cuenta que para este caso no se pudo calcular las curvas de Rendimiento volumétrico, Rendimiento Térmico y consumo específico de combustible ya que este vehículo posee un sistema híbrido el cual con los dos motores, motor eléctrico y motor de combustión interna, aportan potencia al impulso de las ruedas al momento que se realizó la prueba en el dinamómetro y este vehículo para llegar a su tope de potencia en caballos de fuerza que especifica el fabricante necesita el impulso de los dos motores en modo dual. Así también no se utilizó el sensor de RPM ya que este solo indica Revoluciones del motor de combustión interna y en el momento que el motor eléctrico empieza a aportar impulso ocasionaría un desfase en la lectura de la de prueba y no serían valores reales.

5.2. Recomendaciones.

- Para este tipo de pruebas se recomienda siempre realizar un pre chequeo de los componentes del vehículo para poder determinar con precisión la información y resultados obtenidos al momento de realizar las pruebas en el dinamómetro.
- Así como también tomar en cuenta el procedimiento de la utilización del dinamómetro de chasis y las normas de seguridad para poder evitar algún tipo de accidente al momento de realizar las pruebas.
- Se debe contar con todos los accesorios de medición dependiendo de lo que se quiere obtener como resultados y así la prueba se más precisa.
- Contar con una computadora que sea compatible con el software del dinamómetro.
- También se recomienda revisar la presión de aire de los neumáticos para que en el momento que se exige la demanda de potencia los neumáticos no pierdan adherencia a los rodillos del dinamómetro y existan perdidas de potencia.
- Conocer los parámetros y características del vehículo que recomienda el fabricante.
- Tener cuidado con los cables de todo el sistema de dinamómetro ya que son delicados y no existe repuesto en el mercado ecuatoriano.

BIBLIOGRAFÍA

Crouse, W. H. (1993). *Mecanica del Automovil*. Madrid: Boixar Editor.

Industries, D. (2014). *Introduction to chassis Dyno operation*. Dallas: Dynocom Industries.

Industries, D. (2015). *Dynocom system training*. Dallas: Dynocom Industries.

Killedar, J. S. (2012). *Dynamometer Theory and Application ton engine*. Dallas: Xlibris Corporation.

Monterrey, T. d. (2014). *Seminario de geometria de motor*. Toluca: Tec Monterrey.

Ñ., U. P. (s.f.). Incidencia del tipo de gasolina, aditivos y equipos optimizadores de combustibles.

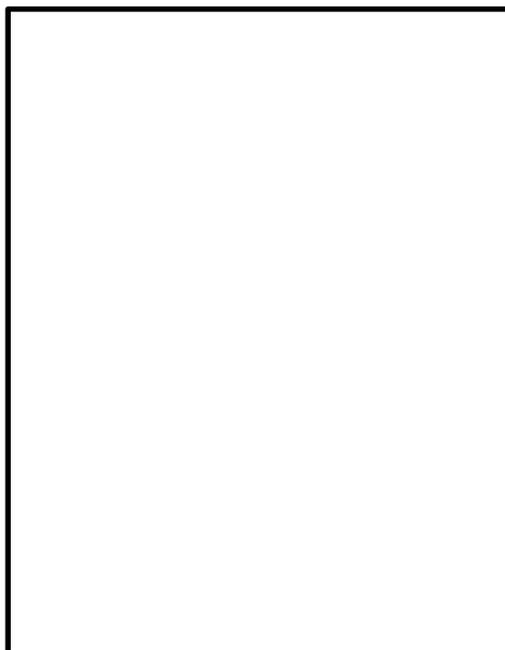
Toyota. (2004). *Toyota Technical Training Hybrid system*. Japan: Toyota.

Toyota. (2004). *Toyota Technical Training Hybrid system diagnosis*. Japan: Toyota.

ANEXOS

ANEXO 1

BLOQUE DE RODILLO



Anexo 1 Control Remoto

Fuente: Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

Con este control se puede operar el dinamómetro desde dentro del vehículo como podemos apreciar en la fotografía el botón rojo de “Stop” le aplica resistencia al giro de los rodillos que permite que el vehículo pueda salir o entrar sobre los rodillos.

ANEXO 2:
SENSOR ÓPTICO DE REVOLUCIONES POR MINUTO



Anexo 2 Sensor Óptico

Fuente: Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

Este sensor es necesario para poder captar la velocidad de giro del motor. Para lograrlo se pega una cinta reflectiva en la polea del cigüeñal y se apunta la luz roja del sensor óptico en dirección de la cinta reflectiva esta no debe estar más lejos de 1 metro y un ángulo máximo de 45 grados con respecto a la cinta, si se superan estos parámetros el sensor no responderá y no captará revoluciones por minuto del motor de combustión interna.

ANEXO 3

MÓDULO DE COMUNICACIÓN DE DINAMÓMETRO



Anexo 3 Interface del dinamómetro

Fuente: Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil

Elaborado por: Christian Cañarte

Este módulo es el centro de comunicación con el dinamómetro entre los accesorios del dinamómetro, la computadora y el freno de Eddy. Siempre los conectores deben estar fijos y bien conectados para que no existan fallas de lectura en el momento que se toma la prueba.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Pf: Potencia al freno.

Másico: número de masa.

Hibrido: Funciona con dos tipos de motores (eléctrico y combustión interna).

CI: motor de combustión interna.

MG1: Motor generador 1.

MG2: Motor generador 2.

Power Splitting: Transmisión de planetarios característica del Toyota Prius.

MPH: Millas por hora.

KPH: Kilómetros por hora.

WATT: Unidad de potencia del sistema internacional.

HP: Caballos de Fuerza.

FWD: Tracción en ruedas delantera.

RWD: Tracción en ruedas posteriores.

Run: número de toma de prueba.

Title: Nombre de la toma de prueba.

Date: Fecha de la toma de muestra.

Time: Hora de toma de prueba.

RO: rueda sobre rodillos.

Type: Tipo de prueba para este caso.

Max Power: Potencia máxima en caballos de fuerza.

Max Engine Power: Potencia máxima de caballos de fuerza.

Temperature: Temperatura de ambiente.

Pressure: Presión atmosférica.

Humidity: Humedad del ambiente.

Description: detallar la prueba realizada.

Pickup: Tipo de sensor de captación de revoluciones por minuto.

THS: Sistema híbrido Toyota.

VVTi: Tiempo variable de válvulas.

RPM: Revoluciones por minuto.

Control de tracción: Es una asistencia de manejo que evita que las ruedas del vehículo patinen en condiciones resbalosas y no perder control del mismo.