

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DETERMINACIÓN DEL TIPO DE DINAMÓMETRO ÓPTIMO PARA
UN VEHÍCULO SHELL ECO MARATHON DE LA CATEGORÍA
PROTOTIPO**

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA

AUTOR:

Miguel Vitos Fabián Vera Lema

ASESOR:

Dr. Julio César Cuisano Egúsqiza

Lima, agosto del 2020

Resumen

La competición Shell Eco Marathon reúne equipos estudiantiles de todo el mundo para poder hallar el vehículo más eficiente energéticamente. La necesidad de los equipos de medir el desempeño del vehículo antes de la competencia genera la necesidad de contar con equipos de medición adecuados para cuantificar el desempeño de un vehículo prototipo. Sin embargo, es necesario seleccionar el dinamómetro adecuado, entre la gran variedad existente, para las condiciones de uso y el contexto del grupo estudiantil. Por este motivo, el objetivo de este trabajo de investigación es determinar el tipo de dinamómetro óptimo para un vehículo Shell Eco Marathon de la categoría prototipo. La metodología que se emplea para este fin, es la de realizar una revisión y análisis de los tipos de dinamómetros actuales y evaluar, bajo el contexto y los requerimientos planteados, cual es la opción ideal. Este análisis y posterior evaluación culmina con resultados que pueden ser agrupados en tres distintos conjuntos. Uno en donde los tipos de dinamómetros se encuentran sobredimensionados, otro en donde no cumplen con los requerimientos, y finalmente un punto medio en el cual existe un balance entre la capacidad en cumplir con los requisitos sin sobrepasar el presupuesto de un grupo estudiantil. Es así que se concluye que los dinamómetros de corrientes parásitas de Foucault serían la opción ideal dada su exactitud, precisión y capacidad de simular la carga de carretera.

Contenido

Resumen.....	i
Contenido	ii
Índice de Figuras	iii
1. Introducción	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo general:.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Marco teórico	5
3.1. Dinamómetro de chasis.....	5
3.2. Dinamómetro.....	6
4. Metodología	7
4.1. Revisión de dinamómetros según los medios adoptados para absorber la potencia mecánica ...	7
4.2. Evaluación de los tipos de dinamómetros según el contexto de un grupo estudiantil de la competición Shell Eco Marathon	10
5. Resultados	12
Conclusiones.....	15
Bibliografía	16

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Vehículo de la clase Concepto Urbano de la competencia Shell Eco Marathon.....	2
Figura 2. Vehículo de la clase Prototipo de la competencia Shell Eco Marathon.....	2



1. Introducción

La competencia Shell Eco Marathon busca, año tras año, encontrar el vehículo más eficiente energéticamente. A través de sus distintas categorías, impulsa a los equipos estudiantiles participantes a optimizar al máximo vehículos prototipos o conceptos urbanos que utilizan diferentes fuentes de energía: combustibles fósiles, baterías eléctricas o celdas de hidrógeno (“How The Shell Eco-marathon Works”, s/f).

En la prueba principal, el desafío del kilometraje, es donde el jurado clasifica la eficiencia energética de cada uno de estos vehículos, en su respectiva categoría, según los resultados obtenidos. Es así que, el desafío del kilometraje reta a los equipos a conducir sus vehículos un número determinado de vueltas alrededor de un circuito, tras las cuales su consumo de combustible es medido. Finalmente, los equipos que registren la mayor eficiencia energética según clase de vehículo y categoría energética, serán premiados (“Regional competitions”, s/f).

Entre las dos clases de vehículos, es la categoría prototipo la que resalta por su desempeño ultra eficiente en términos energéticos. Esto se debe a que, a diferencia de los vehículos de concepto urbano, estos no deben preocuparse por las necesidades de confort del conductor ni de requerimientos específicos como espacio para equipaje y limpiaparabrisas (“How The Shell Eco-marathon Works”, s/f). Este último puede ser observado en la **Figura**

1.



Figura 1. Vehículo de la clase Concepto Urbano de la competencia Shell Eco Marathon. Tomado de “Make the Future Live Day 5 | Flickr” .

Los vehículos prototipos de la Shell Eco Marathon, como se observa en la **Figura 2**, maximizan la eficiencia energética reduciendo al máximo las dimensiones, el peso y la resistencia aerodinámica. Sin embargo, aspectos de gran importancia que no pueden ser apreciados a simple vista son la eficiencia del motor, del tren motriz y de la transmisión de potencia entre la rueda y el asfalto.



Figura 2. Vehículo de la clase Prototipo de la competencia Shell Eco Marathon. Tomado de “DSC_3417 | Shell Eco-marathon | Flickr”.

Para poder evaluar estos últimos aspectos, es posible realizar pruebas en pista contando con la instrumentación adecuada. Sin embargo, la mayoría de equipos no cuentan con las instalaciones ni los instrumentos necesarios para poder realizar un circuito significativo. Es por este motivo que se recurren a equipos capaces de simular la carga de carretera sin la necesidad de que el vehículo este en movimiento sobre la pista. Estos son los dinamómetros de chasis.

Esta característica fundamental de los dinamómetros de chasis es conseguida gracias a un dinamómetro o freno, el cual ofrece resistencia a la rueda motriz del vehículo. De esta forma, un vehículo prototipo puede ser evaluado bajo una simulación de carga de carretera o en condiciones estables de operación.

Sin embargo, existe una gran variedad de dinamómetros o frenos, los cuales poseen diferentes tipos de propiedades que les otorgan ventajas y desventajas para ciertos usos específicos. Es por ello, que en el presente trabajo se busca determinar el tipo de dinamómetro óptimo para un vehículo Shell Eco Marathon de la categoría prototipo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Determinar el tipo de dinamómetro óptimo para un vehículo Shell Eco Marathon de la categoría prototipo.

Es necesario indicar que el presente trabajo realizará la evaluación de las diferentes tecnologías de dinamómetros o frenos disponibles de manera cualitativa gracias a la recopilación de bibliografía especializada en el tema en cuestión. Las condiciones de un equipo de la competencia Shell Eco Marathon, como un bajo presupuesto monetario promedio, serán tomadas en consideración durante la evaluación.

2.2. Objetivos específicos

- Revisar la información actual sobre el desarrollo tecnológico de dinamómetros.
- Analizar las ventajas y desventajas de cada tipo de dinamómetro.
- Evaluar cada tipo de dinamómetro dentro del contexto de un equipo estudiantil

3. Marco teórico

Los conceptos más importantes han sido definidos a continuación con la finalidad de facilitar la comprensión del presente trabajo.

3.1. Dinamómetro de chasis

Un dinamómetro de chasis “es un equipo de prueba equipado con rodillos para las ruedas de un vehículo, que es capaz de proporcionar entrada de impulsión y salida de medición, como potencia y par en las ruedas.” (“Chassis dynamometer definition and meaning | Collins English Dictionary”, s/f).

Según Martyr y Plint (2007), el uso de esta tecnología se ha desarrollado enormemente en los últimos tiempos debido a dos principales factores. En primer lugar, se encuentra el factor técnico. Los usuarios de vehículos actuales demandan, en mayor medida a través del tiempo, mejores motores, transmisiones y sistemas de manejo del vehículo. De esta forma, la necesidad de realizar estas pruebas constantemente y de forma altamente repetible ha impulsado el perfeccionamiento de estos equipos. Más aún, el aumento en la cantidad de los parámetros y condiciones de trabajo que se desean evaluar también han tenido un aspecto positivo.

En segundo lugar, Martyr y Plint (2007) también resaltan el aspecto legislativo. Los requerimientos legales son cada vez más exigentes tanto para vehículos nuevos como para usados en diferentes áreas como consumo de combustible, emisiones contaminantes, desempeño de frenos, etc.

Es de esta manera que los dinamómetros de chasis actuales pueden llegar a abarcar, como equipo de medición, cuartos enteros para poder controlar en su totalidad las condiciones externas al vehículo en sí. Pero más importante aún es su capacidad de simular la carga de

carretera. Está representa la resistencia al movimiento que experimenta un vehículo al desplazarse por la pista. Esto permite eliminar la necesidad de equipar un vehículo con costosos instrumentos de medición de desempeño y realizar un circuito real de manejo, el cual incluye un sinfín de variables no controlables.

3.2. Dinamómetro

Por otro lado, un dinamómetro es “cualquiera de una serie de instrumentos para medir la potencia o la fuerza.” (“Dynamometer definición y significado | Diccionario Inglés Collins”, s/f). En nuestro caso, consideraremos al dinamómetro como el freno de potencia, el cual permite la medición de las variables antes mencionadas.

Según Martyr y Plint (2007), los primeros dinamómetros fueron desarrollados en las primeras décadas del siglo pasado y consistían de frenos de cuerdas refrigerados con agua. Cabe resaltar que, a pesar de que eran extremadamente peligrosos dado el riesgo de rotura de las cuerdas, eran capaces de dar mediciones relativamente exactas de la potencia. Sus sucesores fueron los frenos Prony. Estos dependían igualmente de la fricción y del enfriamiento con agua. Sin embargo, dado el uso de zapatas en lugar de cuerdas, eran significativamente más seguros.

Actualmente se encuentra una gran cantidad de dinamómetros o frenos de potencia que poseen características únicas y son utilizados según los requerimientos del vehículo específico con el cual se desea experimentar. Entre estos se encuentran los dinamómetros o frenos hidráulicos, los dinamómetros hidrostáticos, los dinamómetros de motores eléctricos, los dinamómetros de fricción y los dinamómetros de freno de aire. Todos estos serán desarrollados en mayor medida en los siguientes apartados.

4. Metodología

En el presente trabajo, la metodología escogida consistió, en primer lugar, en la revisión de características de cada tipo de dinamómetro o freno de potencia de mayor uso actualmente. De esta forma, se poseería suficiente información para el siguiente paso. En segundo lugar, se realizó un análisis de cada tecnología revisada tomando en cuenta el contexto específico de los grupos estudiantiles de la competición Shell Eco Marathon. Finalmente, los resultados de este último análisis fueron evaluados para concluir en el dinamómetro óptimo para estos vehículos prototipos bajo las condiciones dadas.

4.1. Revisión de dinamómetros según los medios adoptados para absorber la potencia mecánica

En primer lugar, se encuentra el dinamómetro hidráulico. Según Martyr y Plint (2007), este consiste en un rotor cilíndrico que gira dentro de una carcasa estanca. Esta carcasa contiene orificios toroidales por donde circula el fluido hidráulico y le permite a este estar en contacto con el estator y el rotor. Es así que, cuando el rotor gira, genera vórtices en estos orificios debido a la fuerza centrífuga y, por lo tanto, causa que el fluido hidráulico oponga resistencia al movimiento del rotor y transfiera la potencia a la carcasa. Esta resistencia puede ser regulada gracias a compuertas para variar la intensidad de los vórtices, aunque esta tecnología ya se encuentra obsoleta, o gracias a una válvula que regule la cantidad de agua.

Las ventajas de esta tecnología con la segunda forma de regulación de carga enunciada son, según Martyr y Plint (2007), la capacidad de cambiar de carga a una velocidad media, el control automático que se puede implementar y la capacidad de soportar sobrecargas. Además, se resalta su capacidad de realizar mediciones a vehículos de alta potencia y alta velocidad de giro, su capacidad de sostener pruebas de larga duración y el bajo costo de adquisición y

mantenimiento (“About Dynamometers”, s/f). Como desventaja Martyr y Plint (2007) anuncian la necesidad es un sistema de circulación de agua y el riesgo al daño por corrosión y cavitación. Conjuntamente, carece de buena capacidad para realizar pruebas a baja velocidad de giro o pruebas de torque estático (“About Dynamometers”, s/f).

En segundo lugar, se encuentran los dinamómetros hidrostáticos. Según Martyr y Plint (2007), estos consisten en bombas hidráulicas de desplazamiento positivo y carrera fija. Su uso no es muy extendido y dentro de sus ventajas presenta poder desarrollar máximo torque con nula velocidad de giro. Sin embargo, presenta un mayor número de desventajas como ser mecánicamente complejo, ruidoso y de alto valor monetario.

Por otro lado, se presentan los dinamómetros basados en motores eléctricos. Según Martyr y Plint (2007) todos ellos poseen la característica común de que la potencia absorbida es transformada en potencia eléctrica a través de sus circuitos de potencia. La energía perdida en la transformación se manifiesta en forma de calor, generando que todas las variaciones de estos requieran un sistema de refrigeración de aire o agua (mayormente). Debido a las diferentes prestaciones de cada una de las variaciones, cada uno se examinará como uno tipo independiente.

Por lo tanto, en tercer lugar, se encuentran los dinamómetros de corriente continua. Estos poseen como ventajas, según Martyr y Plint (2007), la capacidad de absorber potencia en cualquier dirección de giro, devolver la potencia absorbida a la red eléctrica y ser una tecnología altamente desarrollada. Además, se debe considerar su excelente capacidad de trabajo a bajas y nulas velocidades de giro, la facilidad de encendido, velocidad de respuesta de cambio de carga y, sobre todo, su gran capacidad de simular carga de carretera (“About Dynamometers”, s/f). Las principales desventajas son, según Martyr y Plint (2007), su alta

inercia y la necesidad de mantenimiento constante. Asimismo, tiene un alto costo y un menor desempeño a altas cargas y altas velocidades de giro carretera (“About Dynamometers”, s/f).

En cuarto lugar, se presenta el dinamómetro de corriente alterna. Estos poseen, como ventaja poseen según Martyr y Plint (2007), una menor inercia que los de corriente continua, la capacidad de absorber potencia en cualquier dirección de giro y devolver la potencia absorbida a la red eléctrica. Además, al igual que con los dinamómetros de corriente continua, se debe considerar su excelente capacidad de trabajo a bajas y nulas velocidades de giro, la facilidad de encendido, velocidad de respuesta de cambio de carga, su gran capacidad de simular carga de carretera y su bajo costo de mantenimiento. (“About Dynamometers”, s/f). La principal desventaja es, según Martyr y Plint (2007), el alto costo. Asimismo, tiene un alto costo y un menor desempeño a altas cargas y altas velocidades de giro carretera (“About Dynamometers”, s/f).

En quinto lugar, se encuentran los dinamómetros de imanes permanentes. Según Martyr y Plint (2007), este posee la desventaja de ser de un costo muy elevado y de grandes dimensiones considerando los demás tipos. Sin embargo, posee excelentes prestaciones ya que presenta la menor inercia, la mejor respuesta dinámica en cuanto a variación de torque en el tiempo, excelente capacidad de simulación de carga, pequeñas dimensiones, capacidad de absorber potencia en cualquier sentido de giro y devolver la potencia absorbida a la red eléctrica. Esto se debe a que representan el último avance tecnológico de este sector y aún siguen utilizando la misma tecnología de control que los motores de corriente alterna.

En sexto lugar, se presentan los dinamómetros de corrientes parásitas de Foucault. Según Martyr y Plint (2007), estos poseen como desventaja la mayor necesidad de refrigeración, ya que toda la potencia se disipa en corrientes parásitas y tienen altos tiempos de respuesta a cambios de carga. Como ventaja, poseen baja inercia, capacidad para realizar pruebas de larga

duración, gran capacidad para simular carga de carretera, buen desempeño con altas cargas y altas velocidades de giro (“About Dynamometers”, s/f).

En séptimo lugar, se encuentran los dinamómetros de fricción. Según Martyr y Plint (2007), su uso es poco común debido a las limitaciones mecánicas y altas necesidades de refrigeración. Además, posee un alto tiempo de respuesta de carga y baja estabilidad de carga a una velocidad de giro determinada (“About Dynamometers”, s/f). Esto causa que sea incapaz de simular una carga de carretera. Como ventaja se puede destacar su buen desempeño a bajas velocidades de giro.

Por último, en octavo lugar, se presenta el dinamómetro de freno de aire. Martyr y Plint (2007) destacan la posibilidad de un menor costo con un dinamómetro basado en motor eléctrico. Sin embargo, la complejidad en su construcción y control de acuerdo a los requerimientos del usuario pueden ser más significativos negativamente.

4.2. Evaluación de los tipos de dinamómetros según el contexto de un grupo estudiantil de la competición Shell Eco Marathon

La evaluación de los tipos de dinamómetro debe ser en función al vehículo, usuarios y lugar en el cual se desarrollarán las mediciones. Es por esto que se ha considerado como principal factor el contexto de un grupo estudiantil de la competición Shell Eco Marathon. De esta manera, se tomará como requerimientos el bajo costo dado que se trata de un presupuesto estudiantil, la facilidad de uso ya que en su mayoría será utilizado y desarrollado por estudiantes y los bajos requerimientos de potencia dados por los vehículos prototipo que pueden llegar apenas a desarrollar 3 HP de potencia.

Para complementar esta evaluación se tomará como referencia la experiencia de colegas y profesionales de distintos sectores. Estos sectores abarcan la competición Shell Eco

Marathon, como los trabajos presentados por Garcia, Janning, Lui y Purvis (2012) y Su, Shiao y Yang (2008); el ámbito comercial, como los documentos de Kothale, Jagtap y Choudhari (2016), Mate y Dhande (2014), Shenoy, Kumar y Anthony (2016) y Su et al. (2008); y el ámbito de investigación, con trabajos de investigación como los de Irimescu, Mihon y Pădure (2011) y Yang, Deng, Deng, y Huang (2018).



5. Resultados

Se procederá a mostrar los resultados de la evaluación de cada uno de los tipos de dinamómetros, para que, finalmente, en el siguiente apartado se concluya con la determinación del dinamómetro óptimo para un vehículo prototipo de la competencia Shell Eco Marathon.

En primer lugar, el dinamómetro de hidráulico puede ser utilizado de la mejor manera por un grupo estudiantil de esta competición debido al bajo costo de adquisición y la posibilidad de implementar un control automático. Sin embargo, la alta capacidad para sobrellevar sobrecargas sería una ventaja inutilizada dados los bajos números de potencia que poseen normalmente los vehículos prototipos, al igual que la capacidad de sostener pruebas de larga duración. Y la necesidad de un sistema de circulación de agua y el riesgo por daños de corrosión y cavitación podría mermar el bajo costo inicial. De todas maneras, cabe resaltar que este fue elegido por Garcia et al. (2012) y que consideraron que la confiabilidad y la posibilidad de control se sobreponían sobre otras opciones como un dinamómetro de fricción, de corriente continua o de corrientes parásitas.

En segundo lugar, el dinamómetro hidrostático no presenta ninguna característica ideal para el contexto dado. Su capacidad de generar el torque máximo con nula velocidad de giro no sería de gran utilidad y la complejidad y el alto valor monetario termina por desestimarlos como una opción a seguir.

En tercer lugar, se encuentran los dinamómetros de corriente continua. Su gran capacidad de simular carga fue aprovechada por Su et al. (2008) para poder realizar mediciones de desempeño de motocicletas eléctricas con las condiciones de resistencia de carretera de diferentes autopistas. De igual forma, Yang et al. (2018) fue capaz de simular un ciclo de conducción para poder determinar de forma exacta y precisa las emisiones contaminantes que emitiría un vehículo en condiciones reales de operación. Es así que se puede observar el gran

potencial que poseería un dinamómetro de corriente continua para un grupo Shell Eco Marathon, siendo capaz de simular los circuitos de la competición antes del verdadero evento. Sin embargo, esto posee un gran costo y no se encuentra, en la mayoría de casos, dentro del presupuesto de un grupo estudiantil. Es por esto que los ejemplos encontrados se desarrollan en mayor medida en el ámbito profesional y de investigación.

En cuarto lugar, los dinamómetros de corriente alterna poseen características similares a los de corriente continua por lo que, a pesar de las enormes ventajas, la imposibilidad de adquisición juega un papel fundamental en la evaluación final de esta opción.

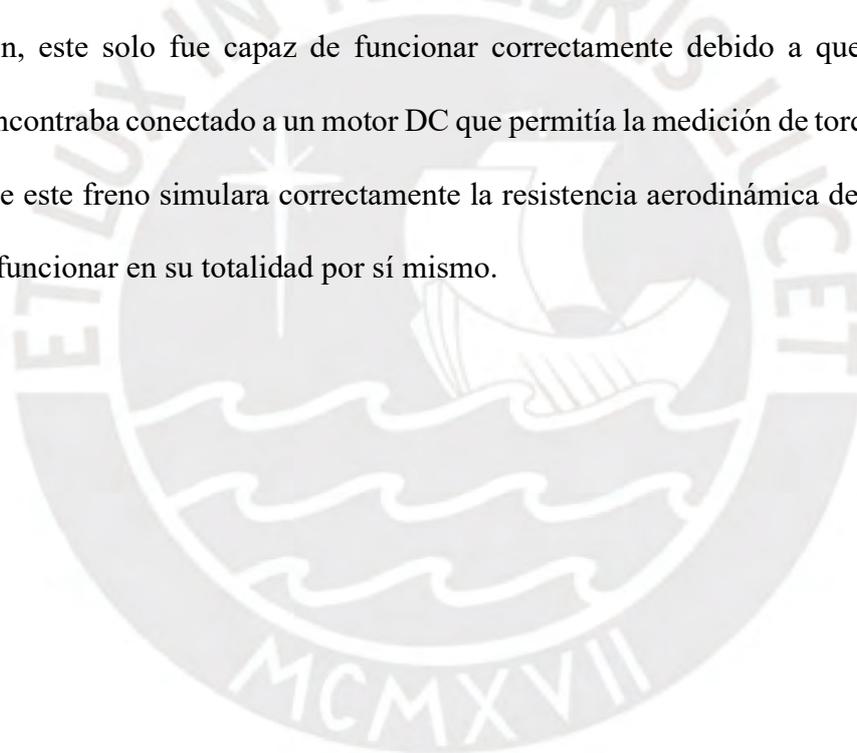
En quinto lugar, de igual manera que con ambos casos anteriores, las prestaciones de un dinamómetro de chasis de imanes permanente sobrepasan con creces las necesidades de un grupo estudiantil con un vehículo prototipo de baja potencia. Este elevado desempeño, llega con un alto costo, lo cual imposibilita esta opción ideal.

En sexto lugar, se encuentra el dinamómetro de corrientes parásitas. Este es ampliamente utilizado tanto en el ámbito comercial como de investigación y hasta para la misma competencia. Estos son los casos de Mate y Dhande (2014) y Kothale et al. (2016), que utilizaron este dinamómetro para poder optimizar los trabajos de puesta a punto de vehículos ya que les permite poseer una gran exactitud en sus mediciones; Irimescu et al. (2011), lo empleó para mediciones de eficiencia de la transmisión de vehículos automotrices gracias a su capacidad de simular la carga de carretera; y Perchín García (2014), quien eligió este dinamómetro para su propio dinamómetro de chasis enfocado en vehículos de la competencia Shell Eco Marathon debido al bajo mantenimiento, exactitud de medición y capacidad de simulación de carga. Es así que, podemos observar las grandes prestaciones que otorga este dinamómetro a un menor costo que los anteriormente mencionados de la categoría de frenos

eléctricos. Por este motivo, este dinamómetro se presenta como una gran alternativa para estos vehículos de grupos estudiantiles.

En séptimo lugar, los dinamómetros de fricción si incapaces de llegar al grado de simulación requerida por un grupo estudiantil y las grandes necesidades de refrigeración merman la simplicidad del mecanismo. Por ello, no es una opción viable para pruebas de un prototipo Shell Eco Marathon.

Finalmente, el dinamómetro de freno de aire, a pesar de haber sido utilizado por Hadi Anuar Mohd Fakharuzi et al. (2014) en un dinamómetro para un prototipo de la competición Shell Eco Marathon, este solo fue capaz de funcionar correctamente debido a que la rueda del vehículo se encontraba conectado a un motor DC que permitía la medición de torque. Entonces, a pesar de que este freno simulara correctamente la resistencia aerodinámica del vehículo, no era capaz de funcionar en su totalidad por sí mismo.



Conclusiones

Se puede concluir, de los análisis y evaluaciones realizadas a los distintos tipos de dinamómetros disponibles actualmente, que el aspecto más importante en la determinación del dinamómetro ideal para un grupo estudiantil es el contexto y los requerimientos del vehículo para el cual se desarrollan.

Las enormes capacidades de los equipos hidráulicos, de corriente continua, de corriente alterna y de imanes permanentes resulta superar excesivamente los requerimientos puntuales de un vehículo prototipo. Este sobredimensionamiento genera un sobre costo, que en un equipo estudiantil para la competición Shell Eco Marathon puede significar tener que sacrificar un presupuesto destinado a mejoras de componentes actuales de sus prototipos.

Por otro lado, la dificultad que representa implementar dinamómetros de menor costo como los de fricción debido al sistema de refrigeración de agua y el de aire debido a la incapacidad de medir el torque sin un componente adicional debilita cualquier disminución en el costo de adquisición inicial y aumenta los costos de diseño y adaptación a las necesidades del prototipo.

Es por ello que, finalmente, se determina que el freno de corrientes parásitas de Foucault representa la opción ideal de dinamómetro para un grupo estudiantil de las características ya mencionadas, dada su simplicidad de uso, su exactitud y su gran capacidad de simulación de carga. Además, el costo no representa una limitación como lo sería con un dinamómetro de corriente continua.

Bibliografía

About Dynamometers. (s/f). Recuperado el 25 de junio de 2020, de

https://www.dynomitedynamometer.com/dynamometer/about_dynamometers.htm

Chassis dynamometer definition and meaning | Collins English Dictionary. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de

<https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/chassis-dynamometer>

DSC_3417 | Shell Eco-marathon | Flickr. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de

https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/48980979226/

Dynamometer definición y significado | Diccionario Inglés Collins. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de

<https://www.collinsdictionary.com/es/diccionario/ingles/dynamometer>

Garcia, J., Janning, S., Lui, T., & Purvis, K. (2012). *Supermileage Chassis Dynamometer*.

Recuperado de

<https://pdfs.semanticscholar.org/9444/5e298af360084eae5a1599570146635a1931.pdf>

Hadi Anuar Mohd Fakharuzi, M., Mohd Harussani Syed Omar, S., Arthur Ward, T., Chee

Sheng, O., Hanapi, S., Imran Sainan, K., & Alam, S. (2014). *DESIGN AND TESTING OF INERTIA DYNAMOMETER FOR PROTOTYPE FUEL CELL ELECTRIC VEHICLE*. Recuperado de

http://eprints.um.edu.my/13147/1/DESIGN_AND_TESTING_OF_INERTIA_DYNAMOMETER.pdf

How The Shell Eco-marathon Works. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de

<https://www.makethefuture.shell/en-gb/shell-eco-marathon/how-it-works>

Irimescu, A., Mihon, L., & Pădure, G. (2011). Automotive transmission efficiency measurement using a chassis dynamometer. *International Journal of Automotive Technology*, 12(4), 555–559. <https://doi.org/10.1007/s12239-011-0065-1>

Kothale, S., Jagtap, V. P., & Choudhari, C. S. (2016). Design of Chassis Dynamometer for Light Motor Vehicle of Service Stations. *International Research Journal of Engineering and Technology*. Recuperado de www.irjet.net

Make the Future Live Day 5 | Team Green Team Twente, race nu... | Flickr. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/48206172926/in/album-72157709140908012/

Martyr, A., & Plint, M. A. (Michael A. (2007). *Engine testing : theory and practice*. Butterworth-Heinemann.

Mate, N. R., & Dhande, P. D. Y. (2014). Design and Development of Two Wheeler Retarder Type Dynamometer Portable Test Platform. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(2). Recuperado de <https://www.ijert.org/design-and-development-of-two-wheeler-retarder-type-dynamometer-portable-test-platform>

Perchín García, L. (2014). *Diseño mecánico de un banco de potencia para la prueba del prototipo de la Shell Eco-marathon*. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/22950>

Regional competitions. (s/f). Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://www.makethefuture.shell/en-gb/shell-eco-marathon/competitions/regional->

competitions

Shenoy, G. G., Kumar, S., & Anthony, J. (2016). Chassis Dynamometer: A New Product Development Based on Customer Requirements. *National Conference on Advances in Mechanical Engineering Science*. Recuperado de <http://www.ijettjournal.org>

Su, D.-T., Shiao, Y.-S., & Yang, J.-L. (2008). Design and implementation of a chassis dynamometer for testing battery-powered motorcycles. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 7, 879–889.

Yang, Z., Deng, B., Deng, M., & Huang, S. (2018). An Overview of Chassis Dynamometer in the Testing of Vehicle Emission. *MATEC Web of Conferences*, 175, 2015. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817502015>

