Licenciatura: Ingeniería Mecánica.

Dar la importancia a la mecánica y no a la programación, en el orden de ideas del título.

Desarrollo de un programa de computación en Python para evaluar la eficiencia energética de vehículos pesados de combustión interna y eléctricos.

Modalidad: Proyecto Tecnológico.

Versión: Primera

Trimestre Lectivo: 23P

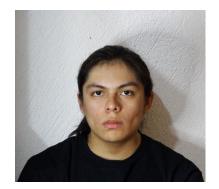
Datos del alumno:

Serranía Reinada Manuel Alejandro

Matrícula: 2192001506

Correo: al2192001506@azc.uam.mx

Firma _____



Asesor: Dr. Nicolás Domínguez Vergara

Categoría: Titular C (Tiempo completo.

Contratación indeterminada)

Departamento de adscripción: Sistemas

Teléfono: 5553189532, Ext 120

Correo electrónico: ndv@azc.uam.mx

Firma.

Asesor: Ing. José Luis Pantoja Gallegos

Categoría Titular A (Tiempo completo,

Contratación indeterminada)

Departamento de adscripción: Sistemas

Teléfono: 5553189532, Ext 117

Correo electrónico: jpg@azc.uam.mx

Firma.

Fecha: 29/09/2023

Serranía Reinada Manuel Alejandr	
Domínguez Vergara Nicolás	

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la

Pantoja Gallegos José Luis

1. Introducción.

Con la creciente preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero, surge la necesidad de abordar el desafío relacionado con la modelación del movimiento, consumo de combustible y emisiones de vehículos pesados en México. En respuesta a esta problemática, se plantea desarrollar una solución integral y accesible en forma de un programa de computadora en lenguaje Python, que sea amigable.

En la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), se creó el software UAMmero, una herramienta en lenguaje C que modela el comportamiento de vehículos pesados de combustión interna, calculando su consumo de diésel y emisiones. Sin embargo, se identifica una limitación significativa: la imposibilidad de ejecutar UAMmero en dispositivos móviles, que son ampliamente utilizados por diversos actores clave como fabricantes, funcionarios gubernamentales y operadores de vehículos pesados. Esta carencia de movilidad en la herramienta existente motiva la búsqueda de una solución más adaptable a la realidad actual.

El enfoque propuesto radica en el desarrollo de un nuevo software, enriquecido con capacidades mejoradas y adaptabilidad a dispositivos móviles, que permita modelar tanto vehículos de combustión interna como vehículos pesados eléctricos. La inclusión de esta última categoría es esencial, ya que se está observando un aumento en la adquisición de vehículos eléctricos por parte de algunas empresas en México. Este nuevo software no solo resolverá las limitaciones de UAMmero, sino que también incorporará gráficas de mayor calidad gracias al uso de Python.

El proyecto consiste en la construcción de un programa informático en Python que modele el movimiento de un vehículo pesado de combustión interna o eléctrico a lo largo de una trayectoria en un ciclo de manejo. Se obtendrá la fuerza de tracción necesaria que debe ejercer el motor para vencer las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo a determinada rapidez y de estos resultados se obtendrá la energía que se debe proporcionar al motor. Muchos de los resultados se mostrarán de manera gráfica para su rápida evaluación y comprensión.

2. Antecedentes.

En 2009, Lara, C. *et al* propusieron una metodología para estimar las emisiones de vehículos en diferentes ciudades de la República Mexicana [1] donde mediante software se simulaban los resultados de emisiones en diferentes calles principales en algunas ciudades del país. De este trabajo se pretende consultar la lista de contaminantes considerados emisiones vehiculares.

En 2016, Domínguez, N. *et al* crearon un software que ayuda con el cálculo de combustible y emisiones contaminantes de vehículos pesados [2]. De este trabajo se busca obtener datos acerca de las carreteras de la República Mexicana, así como información de la transmisión y del motor de diferentes modelos de vehículos pesados.

En 2020, Sánchez, L. *et al* hicieron una investigación y un reporte acerca del estado de la movilidad eléctrica en México, donde se aborda el consumo energético en el sector transporte de México, así como los vehículos híbridos y eléctricos. De este trabajo se puede consultar qué vehículos eléctricos se usan en México.

3. Justificación.

La falta de diésel de ultra bajo azufre (UBA) ha impedido la implementación de una norma de consumo de combustible para vehículos pesados en México. Sin embargo, se prevé que la disponibilidad de diésel UBA en un futuro cercano permitirá el funcionamiento de motores más eficientes, lo que a su vez facilitaría el establecimiento de una normativa en esta área. Una vez que se implemente esta normativa, este programa servirá como herramienta para comprobar que se cumpla la norma en cuanto a emisiones y consumo de diésel mediante simulación. Esto es importante debido a que México importa una parte considerable de su diésel y gran parte del gas natural para generar su electricidad, por lo que reducir el consumo de combustible y electricidad en vehículos pesados no solo contribuirá a la reducción de emisiones, sino que también disminuirá la dependencia energética del país.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Desarrollar un software en lenguaje Python para evaluar el consumo de diésel y emisiones de bióxido de carbono para vehículos pesados de combustión interna y el consumo eléctrico de vehículos eléctricos pesados.

Objetivos particulares.

Formular el modelo matemático para el cálculo del par o torque y las revoluciones por minuto del motor de un vehículo pesado a lo largo de un recorrido en un ciclo de manejo o de una carretera.

Revisar modelos matemáticos de transmisiones y motores de vehículos pesados de combustión interna y eléctricos.

Implementar los algoritmos para el cálculo del consumo de combustible y las emisiones de bióxido de carbono de los vehículos pesados de combustión interna y desarrollar los algoritmos de consumo eléctrico de los vehículos pesados eléctricos.

Desarrollar el software en lenguaje Python para el cálculo de la energía necesaria para mover los vehículos pesados de combustión interna y eléctricos.

Comprar los resultados obtenidos de consumo de combustible y emisiones obtenidos en el programa con programas como GEM y VECTO con parámetros similares.

5. Descripción técnica.

Se utilizará el lenguaje de programación Python para el desarrollo de este proyecto. Se busca que el software funcione de la siguiente manera:

Fase 1. Introducción de datos al programa.

En esta primera etapa se obtendrán los datos de las características de diferentes clases de vehículos pesados, como son las masas y momentos de inercia de las llantas, la transmisión, los embragues, los diferenciales y los motores de combustión interna y eléctricos (el tren motriz). También se obtendrán los parámetros del ciclo de manejo en el que operarán los vehículos, es decir, la rapidez respecto al tiempo de la simulación del recorrido de los vehículos en zonas urbanas (parte 1 del ciclo de manejo) y en carreteras de mediana rapidez (parte 2 del ciclo de manejo) y en carreteras de alta rapidez (parte 3 del ciclo de manejo). También se obtendrán coeficientes de fricción de las llantas con el pavimento, el coeficiente aerodinámico de los vehículos, el área efectiva transversal a la dirección de movimiento de los vehículos y otros parámetros físicos de los vehículos. También se obtendrán los mapas del consumo de energía de

los vehículos en función del torque o par del motor y de las revoluciones por minuto (rpm) que se requiera del motor para que el vehículo se mueva con la rapidez descrita en el ciclo de manejo.

Se crearán los archivos con estos datos que se incorporarán al programa en Python. También se desarrollará el algoritmo para que el usuario escoja las características del vehículo a probar y las características del recorrido del vehículo (ángulo de inclinación del recorrido).

Fase 2. Cálculo de fuerza.

Se desarrollarán los algoritmos que se incorporarán al programa en Python para resolver la ecuación de movimiento del vehículo, que es la segunda ley de Newton, Fuerza es igual a masa por aceleración (F = m * a), en donde la fuerza consiste en la fuerza de tracción que proporciona el motor, y las fuerzas de rodamiento, de la pendiente, inercial y aerodinámica. La masa se obtiene sumando la masa de todos los componentes de la cabina y el tráiler o tráileres más la masa de la carga transportada. La aceleración se obtiene de la rapidez del ciclo de manejo descrita en la fase 1, pero modificada si la masa de la carga es muy grande o la pendiente por la que el vehículo se mueve es grande. La ecuación se resuelve avanzando en el tiempo en intervalos de tiempo dt.

Se codificarán en Python los algoritmos necesarios para resolver la ecuación de movimiento del vehículo.

Fase 3. Obtención de resultados.

El cálculo de fuerza y aceleración se realiza cada instante de tiempo (dt) para tener en cuenta los cambios que se van presentando en el ciclo de manejo. A partir de ellos se obtienen diferentes gráficas como la gráfica de rapidez del vehículo contra rpm del motor, las fuerzas sobre el vehículo, el torque y la potencia del motor, la distancia recorrida y el consumo de combustible. Con los resultados del torque y los rpm del motor se obtiene el consumo de energía del motor, o sea, el consumo de diésel en el caso de vehículos de combustión interna y de electricidad en el caso de vehículos eléctricos para las tres partes del ciclo de manejo. Del consumo de diésel en el caso de los motores de combustión interna se obtienen las emisiones de bióxido de carbono. Los valores de las variables mencionadas en esta fase en cada instante de tiempo se guardarán en archivos para su posterior análisis y graficación.

Se realizarán comparaciones con resultados del GEM (de la EPA de Estados Unidos) y del VECTO (de la Unión Europea) para parámetros similares. Además, se comparará con los resultados de UAMmero (de la UAM Azcapotzalco) que está escrito en C y que usa algoritmos diferentes.

Fase 4. Gráficas.

Usando las librerías "matplotlib" y "numpy" de Python, se desplegarán los resultados gráficamente para su fácil comprensión.

6. Normatividad.

[EPA-HQ-OAR-2022-0985; FRL-8952-01- OAR] Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles—Phase 3: Es una norma de Estados Unidos de América (EE. UU.) que propone límites para el consumo energético de los vehículos pesados de combustión interna y eléctricos y las emisiones de gases de efecto invernadero para los vehículos pesados de combustión interna [4]. Como se establece en la norma, su cumplimiento se realiza por medio de un software que simula el movimiento del vehículo en un ciclo de manejo. La norma es apropiada para vehículos que recorren las carreteras de EE. UU., con máximos de carga y pendientes en las carreteras de ese país.

Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 setting CO2 emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC: Es una norma de la Unión Europea que igualmente propone límites para las emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente CO2) para completar los objetivos propuestos en el Acuerdo de París [5]. Esta norma nos ayudará a establecer posibles parámetros que se podrían proponer como aceptables dentro del programa para un vehículo pesado basándonos en resultados límite obtenidos en el software correspondiente a la unión europea: VECTO.

Heavy-duty trucks in India: technology potential and cost-effectiveness of fuel-efficiency technologies in the 2025–2030 time frame: Es una norma desarrollada para los vehículos pesados de la India que igualmente explica el proceso que se planea llevar a cabo para reducir las emisiones así como para implementar vehículos tanto híbridos como eléctricos en la India [6]. De esta norma podemos consultar las consideraciones que se hacen a la hora de analizar los vehículos pesados eléctricos y las ventajas que estos pueden tener.

En México no existe una norma de ese tipo, tampoco existe una herramienta apropiada para el cálculo del consumo de energía de los vehículos en las carreteras del país con las cargas que se transportan. En México, muchos vehículos de carga son de doble remolque y por lo tanto, más largos que en EE. UU. También tienen una masa mayor que los de ese país, además transportan cargas más grandes que las permitidas por la norma de aquel país y muchos recorridos son sobre montañas con pendientes considerables. Es por ello que este proyecto se encamina al desarrollo de una herramienta para obtener el cálculo del consumo de energía en situaciones reales de la operación de los vehículos en México y para certificar el cumplimiento de una norma que debería comenzar a diseñarse en México en el año 2025, cuando se disponga de diésel UBA y se tengan más estaciones de recarga eléctrica.

7. Cronograma de actividades.

UEA para la(s) que se solicita(n) autorización.

Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

Trimestre solicitado para inicio de la vigencia: 23-O

	Actividades del trimestre 23-O	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Formular el modelo matemático para el cálculo de par o torque y las revoluciones por minuto (rpm) del motor de un vehículo pesado a lo largo de un recorrido en un ciclo de manejo.												
2	Revisar modelos matemáticos de transmisiones y motores de vehículos pesados de combustión interna y eléctricos.												
3	Implementar los algoritmos para el cálculo de consumo de combustible y emisiones de bióxido de carbono para vehículos pesados y consumo eléctrico para vehículos pesados eléctricos.												
4	Desarrollar el software en Python para el cálculo de energía necesaria para mover los vehículos pesados.												
5	Probar el software con diferentes condiciones para depurar errores y analizar su funcionamiento.												
6	Elaborar y entregar el reporte final												

8. Entregables.

Programa en Python.

Reporte Final. del proyecto de integracipon.

- 9. Referencias bibliográficas.
- [1] Lara, C., Mendoza, J., López, M., Téllez, R., Martínez, W., y Alonso, E., 2009, "Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana", ISSN 0188-7297, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- [2] Pantoja, J., Domínguez, D., y Domínguez, N., 2022, "El programa computacional UAMmero para evaluar el rendimiento de combustible y las emisiones contaminantes de vehículos pesados", ISSN 2007-3283, Programación Matemática y Software, México.
- [3] Sánchez, L., Fabela, M., Hernández, J., Flores, O., Vázquez, D., y Cruz, M., 2020, "ESTADO DEL ARTE DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN MÉXICO", ISSN 0188-7297, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.
- [4] "Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles—Phase 3", 2023, Environmental Protection Agency (EPA), Estados Unidos de América.
- [5] "Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 setting CO2 emission performance standards for new heavy-duty vehicles and amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC", 2019, Official Journal of the European Union. Unión Europea.
- [6] "Heavy-duty trucks in India: technology potential and cost-effectiveness of fuel-efficiency technologies in the 2025–2030 time frame", 2023, International Council On Clean Transportation (ICCT). India.

10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

Computadora.

Google Colaboratory para desarrollar y correr el programa.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Congreso Internacional de Ingeniería Física organizado por la UAM Azcapotzalco.

Aparte se pretende publicar un artículo en IOSR Journal of Mechanical and civil Engineering (IOSR-JMCE) antes de que termine el trimestre 2023 Otoño. https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce.html