OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN CAMIONES A TRAVÉS DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

OPTIMIZATION OF FUEL CONSUMPTION IN TRUCKS THROUGH AN ELECTRONIC DEVICE

M. C. P. Torres Falcón[1]
O. Rodríguez Abreo[2]
E. Bravo Morales[3]
M. I. Uribe Cruz[4]

RESUMEN

La velocidad en la conducción por las carreteras ya sea por transportistas o por particulares, ha sido un factor poco estudiado, no obstante, el no mantenerla bajo control podría causar graves daños. Por lo menos en México, esta problemática se ve reflejada en accidentes, daños a carreteras, baja eficiencia de la vida del motor, de las llantas, bajo rendimiento de combustible y altas emisiones de CO_2, entre otros. En 2014, fue programado en C++ un prototipo para el ahorro de combustible en tracto camiones para su uso en las unidades de transporte terrestre de carga (UTTC) de nueve empresas transportistas de carga a nivel nacional. Este prototipo contaba con funciones, tales como: tipo de terreno y tipo de carretera por el que transita la unidad, así como las siguientes variables: torque del motor, caja de transmisión, la ruta, la potencia disponible, la potencia requerida y algunas otras variables. Se propone ahora diseñar un sistema embebido con un microcontrolador PIC 16F877A, para el ahorro de combustible en tracto camiones. Este dispositivo proporciona al conductor la velocidad a la que debe conducir en carretera. Con la aplicación del microcontrolador PIC 16F877A, se obtuvieron ahorros de combustible de hasta el 20%.

ABSTRACT

The speed of driving on the roads, either by carriers or by individuals, has been a factor little studied, however, the serious damage caused by not keeping it under control. At least in Mexico, this problem is reflected in accidents, damage to roads, low efficiency in the life of the engine, tires, low fuel efficiency and high CO_2 emissions, among others. In 2014, it was programmed in C ++, for use in the land cargo transport units (UTTC) of nine cargo transport companies nationwide. The prototype was designed based on the type of terrain and type of road the unit travels through, as well as the following variables: engine torque, gearbox, route, available power, required power and some other variables. It is now proposed to design an embedded system with a PIC 16F877A microcontroller to save fuel on truck tractors. This device provides the driver with the speed at which he must drive on the road. With the application of the PIC 16F877A microcontroller, fuel savings of up to 20%.

ANTECEDENTES

El propósito de este trabajo fue diseñar un dispositivo electrónico, un microcontrolador PIC 16F877A, por parte de estudiantes de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura (ITM) de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ). El fin es optimizar el consumo de combustible en tracto camiones, mediante el cálculo de la velocidad a la que debe conducir un operador. La pregunta de investigación es, ¿puede el operador mantener la velocidad óptima para ahorrar diésel?

[1] Profesora-Investigadora de la Universidad Politécnica de Querétaro. consuelo.torres@upq.mx
[2] Profesor-Investigador de la Universidad Politécnica de Querétaro. omar.rodríguez@upq.edu.mx
[3] Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura de la Universidad Politécnica de Querétaro. 119033584@upq.edu.mx
[4] Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de Manufactura de la Universidad Politécnica de Querétaro. 019031356@upq.edu.mx

La sede para la realización de este estudio fue la ciudad de Querétaro, contando con la colaboración de un experto en la operación de camiones de carga que fue contactado vía telefónica por la limítate de la sana distancia derivado de la situación actual de la pandemia. Este estudió contribuyó en la formación en el desempeño de habilidades blandas de estudiantes de la ITM, como en el proceso de aprendizaje en el diseño y construcción del dispositivo digital.

Se decidió incursionar en este sector de la economía mexicana, por su importante participación en el producto interno bruto, que asciende al 58%, razón de sobra para en una primera instancia, aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad acerca de tecnología de la información, a las necesidades de los sectores productivos, que en este caso compete al hombre – camión (HC) y pequeños transportistas (PT) (Torres, 2015).

Como se sabe, el combustible no es del todo económico, en realidad este incrementa su valor todos los días, pero el ahorro de combustible no es solo una idea que se viene pensando desde su consumo, es una necesidad que hablando de manera social, económica y laboral todos necesitan, en la actualidad existen técnicas de conducción, vehículos con Inteligencia Artificial (IA), por eso se ha buscado la solución óptima que puede beneficiar a estos factores.

"¡Más potencia! ¡Menos combustible!" Estas afirmaciones prometedoras se pegan en el embalaje de dispositivos y aditivos de ahorro de combustible. A pesar de que no muchos creen en ellas no significa que no se pueda lograr (Automaticburner, 2013).

Gracias a este tipo de preguntas, el equipo de trabajo se enfocó en desarrollar un dispositivo portátil que te ayude a controlar este ahorro. Pero estos nos guían a más preguntas como:

- ¿Hay muchos dispositivos como estos?
- ¿Cuáles son las técnicas para ahorrar combustible?
- ¿Qué tan seguro podría ser nuestro dispositivo?
- ¿Hay muchos dispositivos como estos?

Después de una ardua investigación, se encontraron algunos "dispositivos" cuyo propósito es el mismo, tales como:

Scan Gauge

Si el automóvil fue fabricado después de 1996, tiene un puerto OBD-II. OBD es la abreviatura de diagnóstico a bordo, y es un estándar de la industria para la interfaz con el equipo de diagnóstico utilizado por los mecánicos para reparar y mantener el sistema de control de emisiones. Un mecánico conecta su herramienta de escáner en este puerto para verificar los códigos de problemas que hacen que se encienda la luz de chequeo de motor. Se puede usar el Scan Gauge, y se conecta al mismo conector, está diseñado para montarse en el tablero. Scan Gauge funciona como una herramienta de escaneo, proporcionándole códigos de problemas. Este dispositivo se ha implementado únicamente en automóviles.

Kiwi

Kiwi está más orientado al consumidor que el Scan Gauge. Este dispositivo fácil de usar tiene la mayoría de las mismas funciones de herramienta de escaneo y computadora de viaje, pero utiliza una pantalla LED orgánica en color en lugar de una simple lectura alfanumérica.

Utiliza su pantalla para darle lecturas en tiempo real sobre el ahorro de combustible. Pero a diferencia del Scan Gauge, realiza un seguimiento de cosas como la suavidad de su aceleración, cuánto usa los frenos e incluso si está acelerando demasiado lento (lo que puede desperdiciar gas al mantenerlo en velocidades más bajas y menos eficientes por más tiempo). (Allen, 2009).

Combustible magnético

Este sistema consiste en un par de imanes que crea un flujo magnético a través de la tubería de combustible, que cambia el estado molecular de las moléculas de hidrocarburos y conduce a un estado cargado. Esto permite una vaporización más fácil y da como resultado una combustión más completa (Aries *et al.*, 2018).

Los imanes tienen poco impacto en el combustible que fluye a través de la tubería y que no altera su estado molecular. Como no se agrega energía al combustible y la eficiencia de combustión total de un motor moderno en términos de energía liberada por el combustible es cercana al 99%.

Este sistema es simple, eficaz y garantiza el ahorro de combustible líquido. Esto es posible al reducir el nivel de consumo en los quemadores de gas al producir un aumento de calorías. Se basa en acondicionar el combustible para alinear las moléculas en la ignición, lo que permite un significativo ahorro. Con esto, es posible una mezcla eficiente de oxígeno y se obtiene un alto rendimiento calórico tras su instalación. Pueden ser utilizados en cualquier tipo de motor, de gasolina o diésel, tanto de combustible líquido como para quemadores de gas.

Actualmente, en México se tienen Unidades de Transporte Terrestre de Carga (UTTC), con antigüedad de 6 a 17 años, las cuales representan un 85% del total. Este factor, además de la conducción a exceso de velocidad y la sobrecarga, provoca bajos rendimientos en el combustible (diésel), así como, el incremento de emisiones contaminantes a la atmósfera, además de accidentes y daños a las carreteras nacionales.

La Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, señala en su artículo 39 de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, que los vehículos destinados al servicio de autotransporte están obligados a contar con dispositivos de control gráficos o electrónicos de velocidad máxima (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2017).

La digitalización en el sector transporte de carga en México es incipiente, de ahí la motivación de generar un ambiente de aprendizaje entre estudiantes de ingeniería, y operadores de tracto camiones.

La puesta en práctica del dispositivo electrónico, además de que incentivó a los alumnos, se propició un ambiente de enseñanza- aprendizaje entre universidad y el sector productivo, mediante la interacción entre docentes y estudiantes con el operador de la unidad de carga.

En este trabajo se presenta una técnica de enseñanza-aprendizaje mediante la práctica de la puesta en marcha de un microcontrolador PIC de bajo costo, diseñado y armado, por estudiantes de ingeniería con la respectiva asesoría de sus docentes.

La alfabetización digital requerida para este proyecto se puede manejar en función de los requerimientos mínimos que se necesitan para el desarrollo de este sistema, la habilidad primaria demandada es la lógica de programación, esto debido a que el prototipo propuesto se basa en la programación de un microcontrolador.

El poder emplear la programación para la resolución de problemas, el procesar el problema en función de un diagrama de flujo y pensar en un proceso estructurado son habilidades necesarias para la construcción del sistema, todas estas basen fueron adquiridas mediante la asignatura de Lógica de Programación, que proporciona los fundamentos del lenguaje en C (base de muchos lenguajes de programación) y que fue indispensable para la programación de los microcontroladores de este proyecto (Microchip Technology, 2013).

Este tipo de materias tienen un reto adicional ya que no solo se trata del manejo del software y el aprendizaje de la sintaxis de las instrucciones, sino del razonamiento empleado para el uso de los comandos, esto es debido a que las instrucciones básicas de C y su sintaxis pueden ser aprendidas en un tiempo relativamente corto, sin embargo, la lógica para utilizar las sentencias solo se puede dominar con la práctica y la resolución de múltiples problemas, incluso se puede resolver un problema con diferentes programas que aunque pueden ser eficaces habrá algunas formas de programar que resultaran más eficiente.

El manejo de la programación para los estudiantes de la ITM es un reto adicional, ya que el contacto con la programación no es tan amplio como en otras ingenierías y aunque se cuentan con las bases adecuadas, la falta de práctica deteriora el conocimiento adquirido.

Se adaptaron los conocimientos del programa DEV C++ al software PIC C Compiler, además, se estudió la constitución interna del PIC 16f877A para interpretar las instrucciones del compilador, para esto se recibió el apoyo de los asesores, ya que estos temas no se revisan en las materias propias. Los microcontroladores pueden programarse en el lenguaje ensamblador, un lenguaje de bajo nivel, sin embargo, dados los requerimientos del prototipo no era necesario aumentar la complejidad del proyecto ya que en el lenguaje C se logran procesar todos los datos del sistema.

El proyecto desarrollado en este trabajo aporta una ventaja con respecto a los ya existentes, que incluso sólo se han adaptado a los automóviles. Es un prototipo no invasivo, desde el punto de vista: mecánico, químico o físico.

Este trabajo es la continuación del estudio propuesto por Torres (2015), en donde se plantea la optimización del combustible con el desarrollo en hojas de cálculo. El estudio presenta la validación del modelo estadístico de optimización de combustible a nivel nacional para muestras pequeñas.

METODOLOGÍA

La metodología presentada en este proyecto considera una pedagogía activa centrada en el estudiante, basada en la solución de problemas en contexto. En este sentido, se propuso disminuir la brecha digital en el sector transporte de carga en México, mediante de la intervención y actuar de estudiantes de ingeniería. El problema en contexto que se decidió abordar fue el del transporte de carga por carretera, desde una óptica de enseñanza-aprendizaje, entre estudiante y operador del transporte.

Se presenta en este proyecto, la automatización de la metodología propuesta por Torres (2015), mediante el dispositivo electrónico, microcontrolador PIC; programado por los estudiantes de ingeniería. Se llevaron a cabo las pruebas de campo y la recopilación de datos, en la ruta Querétaro- Nuevo Laredo- Querétaro.

El prototipo consta de un microcontrolador como cerebro, el cual desarrolla tres principales funciones, primero lee los sensores que se implementan en el camión, procesa esa información y por medio de un sistema de ecuaciones y calcula la velocidad óptima a la que debe ir el vehículo para maximizar el aprovechamiento del combustible, finalmente, el microcontrolador envía la información a un display LCD (Microchip Technology, 2013).

Esto implica manejar algunos módulos del microcontrolador como lo es el módulo serial para la comunicación, la configuración de los pines de propósito general entero otros.
Se consideraron dos elementos para medir el grado de conocimiento del Alfabeto Digital:

Manejo de softwares esenciales

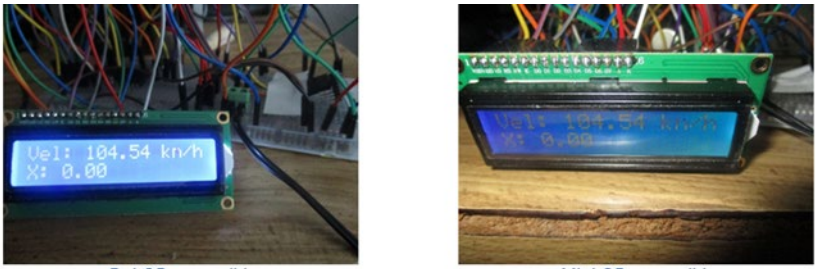
Descripción de armado del prototipo
Los materiales que se utilizaron para el armado de este prototipo son los siguientes:

1. Arduino Nano
2. Pantalla
3. Batería de litio 7.4v 900mah dos celdas
4. Protoboard
5. Acelerómetro y giroscopio
6. Potenciómetro
7. Transistor
8. Tarjeta de memoria SD
9. Teclado
10. Cable USB tipo A al cable USB
11. Cable DuPont Macho - Hembra / Macho - Macho
12. Arduino Pro Mini
13. Soldadura y Cautín

El proceso de armado del prototipo fue el siguiente:
Teniendo los materiales necesarios para la elaboración del prototipo, el primer paso fue soldar los pines para la LCD de 16x2 y el giroscopio/acelerómetro MPU6050 después se comenzó con el desarrollo de circuito en la protoboard, para este primero se realizó la instalación del microcontrolador PIC 16F877A en la protoboard, teniendo en cuenta la referencia de orientación en la cual se realiza el armado del prototipo, después se hizo la

instalación de los componentes restantes los cuales fueron el acelerómetro, la pantalla LCD, el transistor y el potenciómetro; de igual forma colocado de manera correcta, tomando como referencia el microcontrolador.

Después de eso se procedió a realizar las conexiones necesarias por medio de jumperes (cable DuPont) macho-hembra y macho-macho; se realizaron las conexiones entre los pines del microcontrolador y los pines de los componentes, ya que, todos estos serían controlados por medio de éste. Teniendo ya las conexiones necesarias se procedió a realizar la conexión de nuestra fuente de alimentación la cual consta de una batería de tipo litio de 7.4v 900mah dos celdas con Xt60. Con esto se concluyó por completo el armado del prototipo en la protoboard. Ver Figura 1.



D. LCD encendido MI. LCD encendido

Figura 1. *Armado del dispositivo*

Para montar el armado del prototipo fue usada una caja de proyecto, en esta se realizaron cortes a medida de la pantalla LCD (16x2) para, posteriormente, instalarla en la caja. Para los cortes se utilizó un dremel 3000. Por último, se verificó si eran adecuadas las medidas del corte para su posterior instalación.

Conocimiento informativo. Tecnología digital

Fue elaborada una presentación en Microsoft Office Power Point, insertando el audio en cada diapositiva para después convertirla a video. Se utilizó la plataforma de YouTube para la difusión de este (https://youtu.be/iWE_UxSWoiU).

El desarrollar este video generó algunas expectativas, entre ellas se tuvo la incertidumbre si fuéramos capaces de cumplir de manera correcta con la encomienda de igual forma estuvo latente el temor a no lograrlo, ya que nunca se había hecho un video de esta magnitud, puesto que teníamos en mente que solo las personas preparadas como doctores podrías hacer este tipo de trabajos. El crear este medio de comunicación fue un acierto para tener un video de calidad en relación con el contenido.

El asesoramiento de docentes expertos favoreció que el desarrollo del producto estudiado contara con índices de calidad, que confluyeron en una mejora del audio, así como, mejora de tomas para la explicación del prototipo.

Se trabajó con un camión articulado tipo T3S2 (tractor de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes), como se muestra en la Figura 2, debido a que en este tipo de unidad se llevó a cabo el estudio de campo, y porque a nivel nacional, representa el 55% respecto a los demás tipos de unidades de transporte terrestre de carga en México.

Figura 2. *Unidad de transporte terrestre de carga tipo T2 S2*
Tomada de NOM-012-SCT-2-2017

La metodología presentada involucra la pendiente, la resistencia al piso y resistencias aerodinámicas (Fitch, 1994, Chunxia y Seungju, 2005, Morales *et al*., 1995). Para el consumo de combustible y la estimación de emisiones de CO_2, los modelos son propuestos por Torres (2015) y por Zadek y Schulz (2010).

RESULTADOS

Se llevó a cabo un recorrido de 914 km de Querétaro - Nuevo Laredo - Querétaro en un camión Kenworth con Motor Detroit D-15. El operador de la unidad generaba un consumo de combustible de 294 litros sin la implementación del dispositivo, posteriormente al utilizar el dispositivo, siguiendo la misma ruta antes mencionada y utilizando las mismas variables y posibles contratiempos, el mismo operador registró un consumo de 234 litros, lo que arrojó una reducción del 20% en el consumo de combustible, lo que traducido a pesos mexicanos representó $1,189.20 M.N.

CONCLUSIONES

Se llevaron a cabo experiencias de innovación educativa en la formación de dos estudiantes de ingeniería.

El proyecto digital propuesto representa la aplicación de los conocimientos obtenidos en un sector de suma importancia en México, como lo es el transporte de carga. Con la posible implementación de este estudio se podrían reducir emisiones y ahorrar combustible mediante un procesamiento digital.

Este trabajo podría aplicar a nivel nacional, mediante la política pública adecuada, dado el requerimiento por ley que se enuncia en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, respecto a la obligatoriedad de los operadores de contar con dispositivos de control gráficos de velocidad máxima.

BIBLIOGRAFIA

Allen, M. (2009). 3 Gas Gadgets that Really Work: DIY Auto. *Popular Mechanics*. https://www.popularmechanics.com/cars/howto/a3775/4294223/.

Allen, M. (2011). 6 driving tactics to save gas this Summer. *Popular Mechanics*. https://www.popularmechanics.com/cars/a6827/6-driving-tactics-to-savegas-thisweekend/.

Arias, R., Silveira, Y., Campos, M. y Falcón, J. (2018). Efecto de un campo magnético en la tensión superficial del diésel y su atomización. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 22*(1), pp. 25-34. https://www2.uned.es/ribim/volumenes/Vol22N1Abril2018/V22N1%20A03.pdf

Aroche, E. (5 de enero de 2018). Diario mueren en México 32 personas en accidentes viales; foto multas sí han reducido las víctimas. *Animal Político*. https://www.animalpolitico.com/2018/01/accidentes-viales-fotomultas-victimas/

Automaticburner (2013). The cost of speeding: save a little time, spend a lot of money. https://medium.com/auto-burner/the-cost-of-speeding-save-a-little-time-spend-a-lot-of-money-fd056b86d56e

Chunxia, F. & Seungju, Y. (2005). *Data Needs for a Proposed Modal Heavy-Duty Diesel Vehicle*. 98th AWMA Meeting. Minneapolis, MN, USA Paper 1072.

Diario Oficial de la Federación (2017). Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017

Fitch, J. (1994). *Motor Truck Engineering Handbook*. Society of Automotive Engineers

Jacob, B. & Feypell, V. (2010) Improving truck safety: Potential of weight-in-motion technology. *International Association of Traffic and Safety Sciences - IATSS Research, vol 34*, pp. 9-15. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S038611121000004X

Microchip Technology Inc. (2001-2013). *PIC16F84A 18-pin enhanced Flash/EEPROM 8-bit microcontroller.* https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/35007C.pdf

Torres M, (2015). *Construcción de una prueba de congruencia mediante la extensión de la prueba Ji-Cuadrada para validar modelos teóricos*. [Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional]. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21463/TESIS%20Mar%C3%ADa%20del%20Consuelo%20Patricia%20Torres%20Falc%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Uherek, E., Borken-Kleefeld, J., Balkanski, Y. & Halenka, T. (2010). Transport impacts on atmosphere and climate: Land Transport. *Atmospheric Environment, vol 44*(37), pp. 4772-4816. https://www.researchgate.net/publication/230717491_Transport_Impacts_on_Atmosphere_and_Climate_Land_Transport

Zadek, H. & Schulz R (2010). Methods for the calculation of CO_2 emissions in logistics activities. In W. Dangelmaier, A., Blecken, R., Delius & S., Klöpfer (Eds.). *Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics. Vol. 46.* Springer publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-12494-5_24