

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA CINÉTICA MEDIANTE LA COMPRESIÓN DE AIRE PARA LA SOBREALIMENTACIÓN DE UN MOTOR DE AUTOMÓVIL.

David Alejandro Solano Galarza

Jorge Luis Zurita Caicedo

RESUMEN

Los sistemas de recuperación de energía cinética utilizan la energía del vehículo que normalmente es disipada al ambiente mediante el sistema de frenos, recuperándola y almacenándola para su posterior utilización en distintas aplicaciones de tal forma que el uso de energía es optimizado. El sistema de recuperación utilizado en este proyecto, almacena energía en forma de aire comprimido para posteriormente enviarlo controladamente al motor y buscar una sobrealimentación momentánea que permita una inyección extra de potencia al vehículo durante 6 segundos. Se realizaron varias pruebas para evaluar la eficacia y eficiencia del sistema y, en base a un análisis de resultados, poder establecer conclusiones y recomendaciones con el fin de evaluar las potenciales aplicaciones de un sistema de este tipo.

ABSTRACT

The kinetic energy recovery system uses vehicle energy which in normal circumstances is dissipated to the environment by the breaking system; instead, it is recovered and stored for its posterior employment in several purposes optimizing the energy usage. The energy recovering system used in this project stores energy as compressed air and after its storage process the air is guided in a controlled fashion to the vehicle engine looking forward a momentary engine overfeeding, providing extra power for 6 seconds. Five tests were executed in order to evaluate the system's performance and draw conclusions and recommendations based in data and results analysis looking for potential applications for this type of energy recovery system.

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de energía en el mundo se dispara a medida que la cantidad de población y el desarrollo avanzan con el tiempo, mientras que las reservas de la fuente principal de energía (los hidrocarburos), fuente no renovable, se consumen ávidamente llevando a la civilización a caminar hacia un futuro inevitable en donde los hidrocarburos existirán simplemente como un recuerdo de una época en la que se desperdiciaba energía con sistemas poco eficientes pero baratos con la idea de que el petróleo nunca se iba a acabar.

Esta idea ha cambiado en los últimos años y se están buscando alternativas para reducir paulatinamente nuestra dependencia del petróleo. Fuentes renovables que en la actualidad todavía no son una seria competencia en términos de densidad energética ni costos frente a los hidrocarburos se desarrollan pero cuyo avance tecnológico en poco tiempo suena prometedor.

En vista de esta realidad energética que vivimos, otro aspecto al que también se le ha empezado a dar mayor importancia es a la eficiencia. Es importante desarrollar sistemas que disipen cada vez menos energía, es decir que se requieran menos

energía para lograr su objetivo. En este caso, los sistemas de recuperación de energía cinética recogen la energía que normalmente es desechada al ambiente y la almacenan para aprovecharla nuevamente.

II. MARCO TEÓRICO

Energía.

La energía se define de manera práctica como la capacidad para realizar trabajo, los tipos más comunes que existen en la naturaleza son: *la energía cinética*, que depende básicamente del estado de movimiento del cuerpo o partícula, *la energía potencial*, que se encuentra en función de su posición o condición y *energía calórica*, cuyo estado o nivel está ligado a la temperatura del cuerpo.

El aire comprimido tiene energía potencial, denominada energía neumática, debido a que, por encontrarse restringido en un recipiente con un volumen determinado a una presión mayor que la que se encuentra el exterior de dicho recipiente, tiene la capacidad potencial de realizar trabajo. La energía neumática almacenada, viene dada en función de su volumen y la presión.

Sistemas de recuperación de energía cinética automotrices.

En la industria automotriz el sistema de recuperación de energía cinética o KERS por sus siglas en inglés (Kinetic energy recovery system), es una aplicación relativamente nueva que poco a poco va ganando protagonismo por los resultados obtenidos en la reducción de consumo de combustibles.

Estos sistemas recuperan energía cinética del vehículo al momento de frenar, la

transforma para su almacenamiento para posteriormente volver a ser utilizada para ayudar a impulsar el vehículo reduciendo el trabajo que debe realizar el motor y reduciendo el consumo de combustible hasta en un 30% en los mejores casos.

Existen dos sistemas de recuperación más utilizados: *Sistema eléctrico*. Aquí, un generador-motor eléctrico transforma la energía cinética en eléctrica y luego es almacenada en un batería, para su descarga la energía sufre el proceso inverso de transformación entregando la energía almacenada en energía mecánica. *Sistema mecánico*. Utiliza un volante de inercia como medio para almacenar energía en donde su carga viene dada por su masa y la velocidad de giro; en la etapa de carga a medida que el vehículo pierde velocidad, el volante recibe la energía cinética vehicular y aumenta su velocidad angular. En la etapa de descarga el volante pierde energía a medida que la entrega al vehículo.

Sobrealimentación de motores.

La sobrealimentación de motores tiene como objetivo aumentar la eficiencia volumétrica de los motores mediante el suministro de aire a una presión mayor a la atmosférica aumentando la cantidad de aire que ingresa a los cilindros en la etapa de admisión, teniendo como resultado, una elevación del rendimiento del motor (aumento de potencia y torque).

Se utilizan dos sistemas convencionales para sobrealimentación: *Turbocompresor*, que acciona el compresor aprovechando los gases de escape del vehículo y el *Supercargador*, que comprime el aire utilizando energía directamente del motor mediante un sistema de acople.

III. DISEÑO DEL SISTEMA

El sistema es diseñado con el fin de cumplir con su objetivo; es decir que debe recuperar energía durante la etapa de frenado, luego almacenarla como aire comprimido en un recipiente y finalmente descargar el aire en el motor de forma controlada para sobrealimentarlo.

El sistema, para tener un desglose de trabajo más claro y facilidad de diseño por partes, se divide en subsistemas tal como indica la figura:

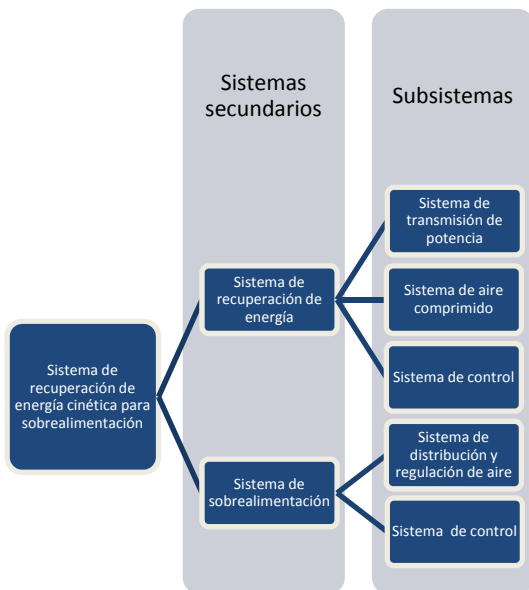


Figura 1. Sistema principal, secundarios y subsistemas

Se seleccionan y fabrican, según es el caso, los elementos constituyentes de los subsistemas de acuerdo a las cargas que se presentan durante el trabajo, requerimientos y las restricciones de diseño siendo las más importantes el costo y el espacio disponible dentro del vehículo.

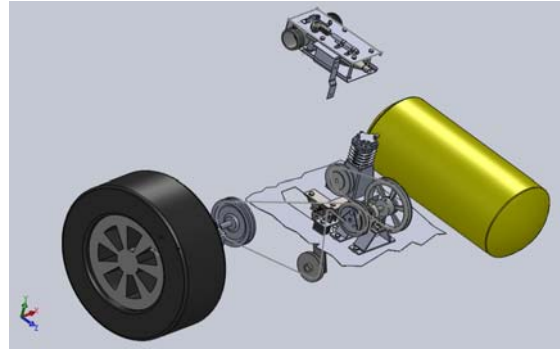


Figura 2. Modelo del sistema

Tanto el sistema de recuperación como el de sobrealimentación, cuentan con un sistema de control cada uno e independientes el uno del otro. El control del sistema de recuperación tiene un interruptor principal que enciende el sistema y que activa el sistema cada vez que se acciona el freno. Este sistema también cuenta con un interruptor de recuperación permanente que mantiene el sistema activo en cualquier momento independiente del freno. El sistema de sobrealimentación también está equipado con un interruptor principal y activa el sistema (enviando aire al motor), cuando se acciona el acelerador.

El sistema de control prevé la desactivación automática cuando la presión en el tanque alcanza 135 psi y cuando el vehículo se encuentra en reversa, evitando de esta manera que el compresor gire en sentido contrario a su funcionamiento normal.

IV. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA

Para la construcción y posterior montaje del sistema, se tomó en consideración el espacio disponible en el vehículo lo que fue necesario disminuir el diámetro de la

tubería diseñada de tal forma que quepa en el espacio designado y por la misma razón se colocó un tanque de almacenamiento de menor volumen al diseñado.



Figura 3. Montaje del sistema en el vehículo

V. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se elaboró un plan de pruebas con el objetivo de obtener datos y poder evaluar el comportamiento y desempeño del sistema mediante la obtención su eficiencia y eficacia, parámetros fundamentales para poder sacar las conclusiones y recomendaciones para este proyecto realizado.

Una vez realizadas las pruebas y analizados los datos obtenidos, se pudo establecer que el sistema de recuperación tiene una eficiencia del 41% y que la eficacia depende de la velocidad del vehículo. Es muy probable que la mayoría de las pérdidas se produzcan en el sistema de transmisión del sistema debido a que en bajas revoluciones tiende a vibrar.

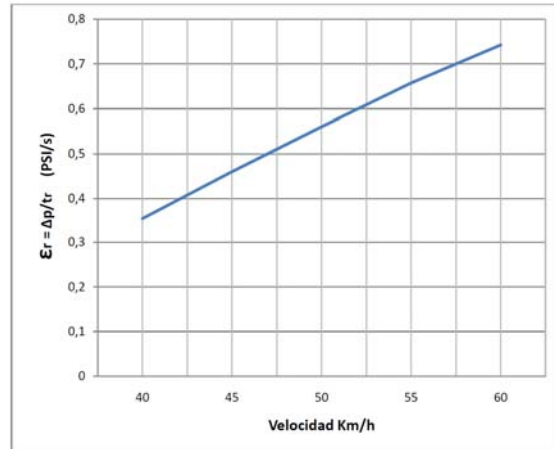


Figura 4. Eficacia del sistema de recuperación

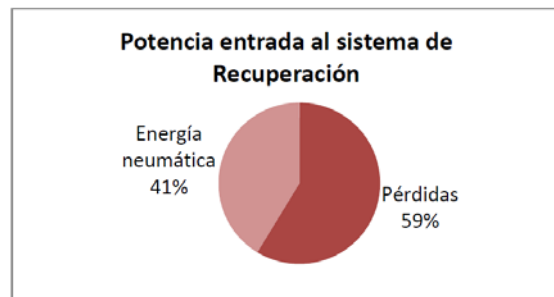


Figura 4. Eficiencia del sistema de recuperación

El sistema de sobrealimentación no resultó eficaz debido a la reducción del tamaño de la tubería instalada en relación con la diseñada. Dicho cambio provocó que el caudal de salida sea mucho menor al requerido por el motor al girar en altas revoluciones y provocando una gran pérdida de presión, reduciendo la eficiencia del sistema hasta un máximo de 25%.

El sistema de sobrealimentación puede ser configurado como el proveedor principal de aire del motor o como un apoyo de suministro extra de aire para el sistema de admisión propio del vehículo; en esta última configuración tampoco se

logró un aumento significativo del rendimiento del motor.

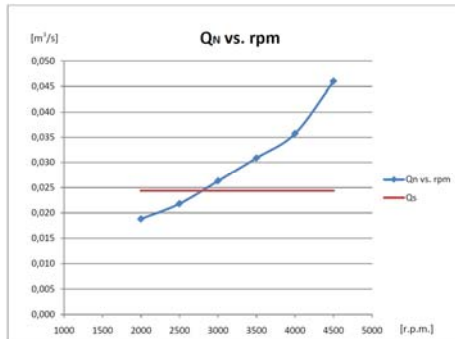


Figura 5. Caudal requerido por el motor (en azul) y caudal que suministra el sistema de sobrealimentación (en rojo) vs rpm

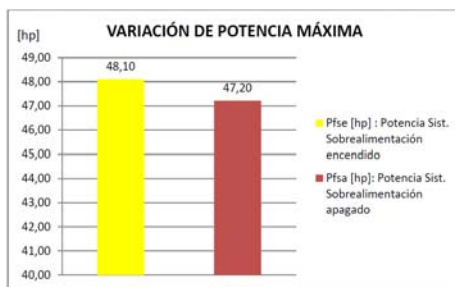


Figura 6. Comparación de potencia con el sistema de sobrealimentación prendido y apagado (como suministro extra de aire).

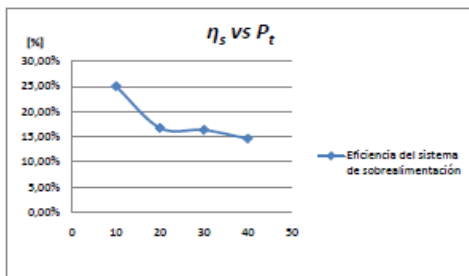


Figura 7. Eficiencia del sistema de sobrealimentación vs. Presión del tanque

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se cumplió con el objetivo de diseñar un sistema de recuperación de energía cinética mediante la compresión de aire.
- El sistema de recuperación tiene una eficiencia relativamente baja debido a las pérdidas en la transmisión de potencia y su eficacia depende de la velocidad del vehículo (a mayor velocidad, mayor eficacia).
- El sistema de sobrealimentación instalado tiene baja eficiencia debido a las pérdidas de presión en el ducto utilizado, lo cual no permite cubrir el requerimiento de aire del motor.
- El sistema de sobrealimentación no es eficaz, lo cual demuestra que no es posible sobrealimentar un motor de automóvil con aire comprimido almacenado en un tanque en las condiciones y con los elementos utilizados en este trabajo.
- Se recomienda usar el aire almacenado para otro tipo de aplicaciones diferentes a la sobrealimentación como: accionamiento de herramientas neumáticas, sistemas neumáticos de suspensión, inflado de llantas, etc.
- Mejorar el sistema de control del sistema de recuperación de energía de tal forma que se pueda aumentar su eficacia, para lo cual se recomienda usar un sistema de transmisión que permita mantener la velocidad de giro del compresor constante a cualquier velocidad del vehículo.
- Cuando se requiera sobrealimentar un motor de automóvil, se recomienda utilizar un compresor de flujo continuo.